

Sticef

*Sciences et technologies de l'information et de la communication
pour l'éducation et la formation*

Recueil 2014

Volume 21

dont les numéros spéciaux

Les Environnements Personnels d'Apprentissage : entre description et conceptualisation

*sous la direction de
Bernadette Charlier,
Monique Grandbastien,
France Henri et Daniel Peraya*

Évaluation dans les jeux sérieux

*sous la direction de
Pierre-André Caron,
Sébastien George et Julian Alvarez*



Sticef

Sticef

Recueil 2014

Volume 21

© ATIEF, 2015

ISBN 978-2-9552774-1-6

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes des paragraphes 2 et 3 de l'article L. 122-5, d'une part, que les « *copies et reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective* » et, d'autre part, sous réserve de mention du nom de l'auteur et de la source, que « *les analyses et les courtes citations justifiées par le caractère critique, polémique, pédagogique, scientifique ou d'information* », « *toute représentation ou reproduction totale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur, ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite* » (article L. 122-4). Une telle représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.



Sommaire

Éric BRUILLARD • Éditorial7

Aina LEKIRA, Christophe DESPRÉS, Pierre JACOBONI,
Dominique PY • Rendre compte au tuteur des effets
de ses interventions à l'aide de méta-indicateurs..... 9

Ecaterina PACURAR, Nargis ABBAS • Analyse des intentions
d'usage d'un ENT chez les enseignants de lycées professionnels 33

Claver NIJIMBERE • Apprendre l'informatique
par la programmation des robots : cas de Nao 63

Numéro spécial • **Les Environnements Personnels d'Apprentissage : entre description et conceptualisation**

Sous la direction de Bernadette Charlier,
Monique Grandbastien, France Henri et Daniel Peraya

Daniel PERAYA, Bernadette CHARLIER,
France HENRI, Monique GRANDBASTIEN • Éditorial 113

France HENRI • Les environnements personnels d'apprentissage,
étude d'une thématique de recherche en émergence 121

Jean HEUTTE • Persister dans la conception de son environnement
personnel d'apprentissage : Contributions et complémentarités
de trois théories du self (autodétermination, auto-efficacité,
autotélisme-flow) 149

Cédric FLUCKIGER • L'analyse des Environnements Personnels
d'Apprentissage sous l'angle de la discontinuité instrumentale..... 185

Sommaire

Bernadette CHARLIER • Les Environnements Personnels d'Apprentissage : des instruments pour apprendre au-delà des frontières.....	211
Daniel PERAYA, Philippe BONFILS • Détournements d'usages et nouvelles pratiques numériques : l'expérience des étudiants d'Ingémédia à l'Université de Toulon.	239
Annie JÉZÉGOU • L'agentivité humaine : un moteur essentiel pour l'élaboration d'un environnement personnel d'apprentissage ..	269
Nicolas ROLAND, Laurent TALBOT • L'environnement personnel d'apprentissage : un système hybride d'instruments	287
Brigitte DENIS, Noémie JORIS • Environnements Personnels d'Apprentissage : exploration des représentations et usages d'étudiants de l'enseignement supérieur	317
Denis GILLET, Na LI • Des environnements personnels d'apprentissage et de leur intégration dans la formation universitaire.....	347
Monique GRANDBASTIEN, Samuel NOWAKOWSKI • Connaissances embarquées pour personnaliser les environnements d'apprentissage : Application à la plate-forme OP4L.....	369
Stéphanie MAILLES-VIARD METZ, Émilie VAYRE, Chrysta PELISSIER • Scénario pédagogique pour la réalisation d'une maquette d'EPA par des étudiants de 1 ^{re} année de Licence : une aide à l'autorégulation de l'apprentissage ?.....	391

Numéro spécial •

Évaluation dans les jeux sérieux

Sous la direction de Pierre-André Caron,
Sébastien George et Julian Alvarez

Pierre-André CARON, Sébastien GEORGE, Julian ALVAREZ • Introduction au numéro spécial « Évaluation dans les jeux sérieux.....	421
Sébastien KUBICKI, Denis PASCO, Ingrid ARNAUD • Utilisation en classe d'un jeu sérieux sur table interactive avec objets tangibles pour favoriser l'activité des élèves : une évaluation comparative en cours préparatoire	431

Michel GALAUP, Chantal AMADE-ESCOT • Évaluer les usages didactiques d'un <i>serious game</i> à partir de l'analyse de l'action conjointe : le cas Mecagenius®	461
Damien DJAOUTI • Utilisation de plateformes génériques de mesure analytique pour l'évaluation de <i>serious games</i> : une expérimentation	483
Jean HEUTTE, Michel GALAUP, Catherine LELARDEUX, Pierre LAGARRIGUE, Fabien FENOUILLET • Étude des déterminants psychologiques de la persistance dans l'usage d'un jeu sérieux : évaluation de l'environnement optimal d'apprentissage avec Mecagenius®	519
Mathieu MURATET, Élisabeth DELOZANNE, Fabienne VIALLET, Patrice TORGUET • Étude de l'intégration d'un jeu sérieux pour l'enseignement de la programmation dans différents contextes universitaires.....	553
Sébastien GEORGE, Christine MICHEL, Audrey SERNA, Luca BISOGNIN • Évaluation de l'impact d'un jeu sérieux en réalité mixte	589
Karim SEBAHA, Aarj Mahmood HUSSAAN, Architecture et modèles génériques pour la génération adaptative des scénarios de jeux sérieux. Application : Jeu d'évaluation et de rééducation cognitives.....	615
Tribune •	
Vincent FAILLET • La pédagogie inversée : recherche sur la pratique de la classe inversée.....	651
Comités.....	667



Éditorial Recueil 2014

► **Éric Bruillard** (Rédacteur en chef de STICEF)

Depuis son lancement, STICEF est une revue pluridisciplinaire francophone d'accès libre et gratuit en ligne, accompagnée d'un recueil annuel sur papier reprenant toutes les publications de l'année écoulée. Comme nous l'avions annoncé dans le précédent éditorial, ce recueil papier, est remplacé à partir de cette année par un fichier que nous mettons à disposition sur notre site. En effet, les contraintes pour produire un livre sur support papier ont peu à peu été jugées trop fortes, alors que les pratiques de lecture sur Internet se sont beaucoup développées. Le comité de rédaction a préféré abandonner la publication papier et moderniser son mode de fonctionnement, puis revoir à terme, son mode de publication en ligne. Mais cela ne change en rien le fonctionnement scientifique de la revue et son rayonnement.

Contenu du recueil 2014

Le présent recueil, le douzième, est très fourni : 21 articles, deux introductions et une rubrique. Il se compose de deux numéros spéciaux : *Les Environnements Personnels d'Apprentissage : entre description et conceptualisation*, coordonné par Bernadette Charlier, Monique Grandbastien, France Henri et Daniel Peraya ; *Évaluation dans les jeux sérieux*, sous la direction de Pierre-André Caron, Sébastien George et Julian Alvarez. Nous renvoyons aux introductions de ces numéros spéciaux pour une présentation générale des différents articles.

Concernant les autres articles (hors numéros spéciaux), ils complètent les numéros spéciaux en ouvrant sur d'autres thématiques : la conception de méta-indicateurs pour rendre compte au tuteur des effets de ses interventions (Aina Lekira, Christophe Després, Pierre Jacoboni, Dominique Py), l'analyse des intentions d'usage d'un ENT chez les enseignants de lycées professionnels (Ecatarina Pacurar, Nargis Abbas) et enfin

Éric Bruillard

l'apprentissage de l'informatique par la programmation des robots, le cas de Nao (Claver Nijimbere).

Signalons la rubrique écrite par Vincent Faillet sur l'analyse d'une pratique de la classe inversée au lycée. Elle permet de revoir pas mal d'idées reçues.

Le nombre d'articles sélectionnés, le dynamisme associé aux numéros spéciaux témoignent d'une revue attractive. La publication de recherches en langue française reste d'actualité.

Nous remercions vivement les différents comités de STICEF pour leur travail et toutes les personnes qui n'en font pas partie et qui ont relu les soumissions qui nous sont parvenues.

Enfin, une période de transformation est souvent propice au renouvellement et j'ai décidé d'arrêter ma responsabilité de rédacteur en chef de STICEF, charge qui est maintenant confiée à Sébastien George. Je lui souhaite la meilleure réussite possible.



Rendre compte au tuteur des effets de ses interventions à l'aide de méta-indicateurs

► **Aina LEKIRA, Christophe DESPRÉS, Pierre JACOBONI, Dominique PY** (LIUM – Le Mans)

■ **RÉSUMÉ** • Dans cet article, nous étudions la question du soutien à apporter au tuteur en situation de tutorat médiatisé. Notre objectif est de fournir au tuteur des informations sur les effets de ses interventions auprès des apprenants. Pour cela, nous proposons une approche fondée sur les indicateurs, en introduisant la notion de méta-indicateur. La particularité des méta-indicateurs est de suivre l'évolution des valeurs des indicateurs. Afin d'évaluer notre proposition, nous avons cherché à mesurer l'impact des informations fournies au tuteur par les méta-indicateurs, à la fois, sur l'activité du tuteur et sur celle de l'apprenant. Nous avons, ainsi, réalisé des expérimentations en contexte écologique dans le domaine de l'apprentissage de la programmation orientée objet. Les résultats tendent à montrer une amélioration des effets des interventions du tuteur et un impact bénéfique sur l'activité des apprenants.

■ **MOTS-CLÉS** • tutorat, effet des interventions, indicateurs.

■ **ABSTRACT** • *In this paper, we study how to support a human tutor who regulates the learner's activity, in the framework of mediated tutoring. Our goal is to provide the tutor with information about the effect of his/her interventions. To achieve this, we propose an indicator-based approach and introduce the notion of meta-indicator. The distinguishing feature of meta-indicators is that they follow the evolution of indicators' values. In order to evaluate our proposal, we have tried to measure the impact of the information provided by meta-indicators, both on tutor activity and learner activity. We have conducted experiments, in ecological context, in the domain of object-oriented programming. The results suggest an improvement of the effects of tutoring interventions and a positive impact on learners' activity.*

■ **KEYWORDS** • *tutoring, effects of interventions, indicators*

1. Introduction

En situation d'apprentissage, le tuteur est celui qui suit, assiste et conseille l'apprenant. Il joue un rôle fondamental puisqu'il veille au bon déroulement du processus d'apprentissage à travers la régulation de l'activité de l'apprenant.

Nous nous intéressons aux situations dans lesquelles l'activité de tuteurat est partiellement ou totalement instrumentée et où le tuteur accompagne un groupe d'apprenants dans la réalisation de leurs activités au travers d'un dispositif informatique. Dans ces situations, le tuteur a besoin de percevoir l'activité de l'apprenant afin d'adapter au mieux ses actions tutorales. Les travaux de recherche qui se sont intéressés à ce problème ont abouti à la réalisation d'outils permettant de visualiser un certain nombre d'indicateurs, témoins de l'activité de l'apprenant. Ces indicateurs donnent des informations relatives à l'apprenant telles que sa progression ou son état d'avancement (France *et al.*, 2007 ; Guéraud *et al.*, 2009), son profil (Lefèvre, 2009), ses performances (Mazza et Dimitrova, 2007), son parcours (Després, 2001), sa production (Delorme & Loosli, 2006) ou son style d'apprentissage (Bousbia *et al.*, 2009). L'intérêt des indicateurs réside dans le fait qu'ils fournissent des informations pédagogiquement pertinentes. Ils réduisent ainsi le temps que le tuteur passe à visualiser le travail accompli par chaque apprenant (Labat, 2002).

Certains systèmes donnent au tuteur la possibilité, après avoir observé l'activité de l'apprenant, d'intervenir en entrant en communication avec lui (Després, 2001). Ces interventions tutorales sont de nature différente et les auteurs abondent en catégorisation à ce sujet puisqu'elles peuvent être relatives à des questions d'évaluation, d'organisation, de gestion etc. Elles dépendent des rôles et des fonctions du tuteur et du dispositif de formation mis en place (Glikman, 2011). Les travaux qui abordent ce thème présentent différentes classifications des interventions tutorales en fonction de l'accompagnement que le tuteur réalise auprès de l'apprenant (Denis, 2003 ; Garrot, 2008 ; Glikman, 2011 ; Guillaume, 2009 ; Lebel, 1993 ; Quintin, 2008). Une intervention du tuteur peut viser à attirer l'attention de l'apprenant sur un point précis, à corriger une erreur survenue dans l'activité de l'apprenant ou encore à expliquer une notion à l'apprenant.

Cependant, la plupart des environnements de tutorat médiatisé ne donnent au tuteur aucune information concernant les répercussions de son intervention. Le tuteur doit, lorsque le système le permet, aller chercher lui-même cette information ou la déduire en examinant l'historique

de l'activité de l'apprenant ou ses productions. Cette charge supplémentaire devient trop importante lorsqu'il encadre plusieurs apprenants.

Notre objectif est de pallier ce manque d'information en fournissant au tuteur un retour sur les effets de ses interventions afin qu'il puisse évaluer ses stratégies de remédiation (Denis, 2003) et les ajuster (Capa-Aydin *et al.*, 2009 ; Zimmermann, 2000) si besoin en intervenant de nouveau.

L'atteinte de notre objectif nécessite une mesure des effets des interventions du tuteur. Dans le cadre de notre travail, nous nous limitons aux situations où le tuteur intervient avec une intention de remédiation sur une situation qui ne correspond pas aux attendus pédagogiques. Cela traduit généralement l'existence d'un problème ou d'une difficulté dans la réalisation de l'activité de l'apprenant.

De notre point de vue, mesurer les effets d'une intervention tutorale consiste donc à comparer ce qui s'est réellement passé à ce qui est souhaité par le tuteur. Pour effectuer cette mesure, il est nécessaire d'identifier d'une part, l'effet escompté de l'intervention et d'autre part, les conséquences réellement observées. Il convient donc de répondre aux deux questions de recherche suivantes : comment identifier la situation attendue par le tuteur ? Comment identifier les conséquences de son intervention ?

Pour répondre à ces questions, nous proposons d'exploiter les indicateurs issus de l'analyse de la trace d'activité de l'apprenant et d'observer leur évolution dans le temps.

Après une présentation de la notion d'indicateur en section 2, nous détaillons notre proposition, basée sur le concept de méta-indicateur, en section 3. La section 4 est consacrée à une mise en œuvre de ces méta-indicateurs dans le domaine de la programmation objet. Enfin, nous décrivons les expérimentations conduites en milieu écologique et analysons leurs résultats en section 5.

2. Les indicateurs

Le réseau d'excellence européen Kaléidoscope a effectué un travail fédérateur dans le domaine des indicateurs, notamment via les projets ICALTS (*Interaction and Collaboration Analysis supporting Teachers and Students Self-regulation*) (Dimitracopoulou *et al.*, 2004 ; Harrer *et al.*, 2004 ; Jermann & Dimitracopoulou, 2004), IA (Dimitracopoulou *et al.*, 2005) et DPULS (*Design Patterns for recording and analysing Usages of Learning Systems*) (DPULS, 2005). Nous nous appuyons sur les résultats issus de ces travaux.

Un indicateur est défini comme « un observable signifiant sur le plan pédagogique, calculé ou établi à l'aide d'observés, et témoignant de la qualité de l'interaction, de l'activité et de l'apprentissage dans un EIAH » (Choquet & Iksal, 2007). Un indicateur possède plusieurs attributs tels que son nom, sa valeur, sa forme (numérique, littérale ou graphique), le concept qui caractérise l'aspect de l'interaction que représente l'indicateur, l'objectif visé par l'indicateur, le moment de l'utilisation de l'indicateur, les utilisateurs finaux de l'indicateur, etc. (Dimitracopoulou *et al.*, 2004 ; Dimitracopoulou *et al.*, 2005).

Les travaux issus des projets ICALTS et IA (Dimitracopoulou *et al.*, 2004 ; Dimitracopoulou *et al.*, 2005) introduisent également la notion d'indicateur calibré. Un indicateur est qualifié de « calibré » lorsque, parmi les valeurs qu'il peut prendre, certaines sont jugées conformes aux attendus pédagogiques et d'autres non. Ces indicateurs possèdent donc un « domaine de validité » défini comme l'ensemble des valeurs conformes. La figure 1 donne un exemple d'un indicateur calibré appelé « équilibre entre la conversation et l'action » qui mesure, dans le cadre d'une activité collaborative, le rapport entre le temps passé par deux apprenants à communiquer entre eux et le temps passé à effectuer des actions pour réaliser l'activité. Cet indicateur est répertorié dans Dimitracopoulou *et al.* (2004).

Table 1. High level indicators

	Indicator name	Purpose	Refers to	Value Form/Status	IAI Users	Time of use
AI	Conversation and action balance	Social & indirectly cognitive-strategies students' awareness of their team collaborative mode	Group of two members	Form: color coded visualized Status: Calibrated value	The group of students (without separating participation of each member)	On the fly

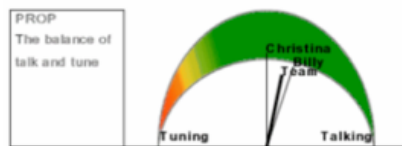


Figure 1 • Indicateur « Conversation and Action Balance »

Pour répondre aux questions de recherche énoncées dans la section précédente, nous nous appuyons sur cette notion d'indicateur calibré. Nous nous intéressons aux interventions du tuteur en réaction à des situations où les attendus pédagogiques ne sont pas atteints. Ces situations sont caractérisées par le fait qu'au moins un indicateur prend une valeur qui n'appartient pas à son domaine de validité.

3. Rendre compte des effets des interventions du tuteur à l'aide de méta-indicateurs

Nous nous plaçons dans le cadre d'un environnement de tutorat médiatisé avec des indicateurs calibrés et considérons les situations où le tuteur intervient parce que les attendus pédagogiques ne sont pas atteints. Ces interventions consistent en un échange entre le tuteur et l'apprenant par des moyens de communication textuels ou audio. Au cours de cet échange, le tuteur peut par exemple rappeler des notions de cours, signaler une erreur ou un oubli, etc.

Notre objectif consiste à mesurer automatiquement les effets de l'intervention tutorale. Cela consiste à estimer l'écart entre la situation attendue et la situation réelle (cf. figure 2). Pour estimer l'écart, il nous faut donc déterminer la situation attendue et la situation réelle. Il nous faut également identifier ce qui a poussé le tuteur à intervenir, puisque identifier la situation attendue implique de savoir la raison pour laquelle le tuteur est intervenu. Pour cela, nous nous appuyons sur les indicateurs calibrés et nous définissons une « situation critique » comme une situation dans laquelle au moins l'un des indicateurs prend une valeur qui n'appartient pas à son domaine de validité. La situation attendue est celle où les indicateurs à l'origine de l'intervention ont retrouvé une valeur conforme et retournent dans leurs domaines de validité. L'écart peut être mesuré en calculant la différence entre les valeurs d'indicateurs attendues et les valeurs réellement observées.

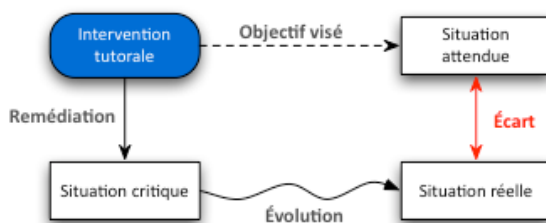


Figure 2 • Situations caractéristiques

3.1. Indicateurs et domaine de validité

Nous considérons des indicateurs calibrés dont les valeurs peuvent aussi bien être numériques que symboliques. La plupart des travaux de recherche, notamment ceux du réseau Kaléidoscope, portent sur des indicateurs dont le domaine de validité est un ensemble de valeurs. Cependant, lorsqu'un indicateur prend des valeurs numériques, il peut aussi être

utile de représenter son domaine de validité comme l'ensemble des valeurs supérieures ou inférieures à une valeur donnée (un seuil) ou bien comme l'ensemble des valeurs comprises entre deux bornes (un intervalle). Le tableau 1 récapitule les types de domaines de validité possibles selon la nature de la valeur de l'indicateur.

Le tableau 2 présente des exemples d'indicateurs correspondant à chaque type de domaine de validité, avec leurs valeurs de validité.

Tableau 1 • Domaines de validité possibles pour un indicateur en fonction de la nature de sa valeur

Domaine de validité Nature de la valeur de l'indicateur	Seuil	Intervalle	Ensemble
Symbolique			X
Numérique	X	X	X

Tableau 2 • Exemples d'indicateurs de chaque type de domaine de validité

Besoin d'observation	Indicateur	Domaine de validité	Valeurs valides
Vérifier que les apprenants ne passent pas trop de temps sur un exercice	Temps passé sur un exercice donné	Seuil	< 15 minutes
S'assurer qu'un apprenant n'est ni trop en retard ni trop en avance par rapport au groupe	Progression d'un apprenant par rapport à la progression moyenne du groupe (en nombre de questions traitées)	Intervalle	[-2 ; 2]
Vérifier que le type de retour d'une fonction est un réel	Type de retour de la fonction	Ensemble	{float, double}

3.2. Méta-indicateurs

Afin de mesurer l'effet d'une intervention, nous devons suivre l'évolution de la valeur des indicateurs pédagogiques à l'origine de cette intervention. Nous proposons pour cela de créer des indicateurs dont le but est de rendre compte de cette évolution. Pour cela, nous introduisons la notion de *méta-indicateur*, que nous définissons comme un indicateur portant sur des indicateurs pédagogiques. Un méta-indicateur prend des valeurs symboliques qui indiquent le succès, l'échec ou l'effet mitigé

d'une intervention tutorale, selon que les indicateurs qui l'ont motivée ont évolué positivement ou non depuis l'intervention.

Lorsqu'une intervention tutorale est motivée par un seul indicateur, trois cas sont possibles :

- si l'indicateur a pris une nouvelle valeur appartenant à son domaine de validité, le méta-indicateur vaut **Succès** ;
- si la valeur de l'indicateur est restée identique depuis l'intervention, le méta-indicateur vaut **Sans effet** ;
- enfin, si la valeur de l'indicateur a évolué depuis l'intervention, mais que la nouvelle valeur n'appartient pas au domaine de validité, la valeur du méta-indicateur dépend du type de domaine de validité de l'indicateur. Si ce domaine est de type seuil ou intervalle, il est possible de distinguer deux cas selon que la nouvelle valeur de l'indicateur est plus proche (**Amélioration**) ou plus éloignée (**Détérioration**) du domaine de validité que l'ancienne valeur. Si ce domaine est de type valeur ou ensemble, il n'est pas possible de qualifier l'évolution et le méta-indicateur vaut simplement **Effet non qualifiable**.

Le tableau 3 récapitule les valeurs que peut prendre un méta-indicateur en fonction du type du domaine de validité de l'indicateur dont il suit l'évolution.

Tableau 3 • Valeurs possibles pour un méta-indicateur en fonction de son domaine de validité

Domaine de validité Valeur du méta-indicateur	Seuil	Intervalle	Ensemble
Succès	X	X	X
Sans effet	X	X	X
Amélioration	X	X	
Détérioration	X	X	
Effet non qualifiable			X

3.3. Calcul des méta-indicateurs

Cette section détaille la manière dont est calculé un méta-indicateur en fonction du type de domaine de validité de l'indicateur qui a entraîné l'intervention.

3.3.1. Indicateurs avec un domaine de validité de type seuil

Lorsque le domaine de validité de l'indicateur est exprimé par un seuil, il faut déterminer si la nouvelle valeur de l'indicateur est au delà (respectivement en deçà) du seuil.

Le calcul du méta-indicateur se fait comme décrit dans la règle 1, pour un seuil représentant un minimum.

Règle 1 : Calcul de la valeur du méta-indicateur lorsque l'indicateur dont il suit l'évolution a un domaine de validité de type seuil (cas d'un seuil minimum)

```
si indicateur.nouvelleValeur > indicateur.seuilDeReference alors
    MI.valeur ← Succès
sinon si indicateur.nouvelleValeur = indicateur.ancienneValeur alors
    MI.valeur ← Sans effet
sinon si indicateur.seuilDeReference - indicateur.nouvelleValeur | < | indicateur.seuilDeReference - indicateur.ancienneValeur | alors
    MI.valeur ← Amélioration
sinon
    MI.valeur ← Détérioration
```

3.3.2. Indicateurs avec un domaine de validité de type intervalle

Lorsque le domaine de validité de l'indicateur est exprimé par un intervalle, il faut déterminer si la nouvelle valeur de l'indicateur appartient à cet intervalle.

Le calcul du méta-indicateur se fait comme décrit dans la règle 2.

Règle 2 : Calcul de la valeur du méta-indicateur lorsque l'indicateur dont il suit l'évolution a un domaine de validité de type intervalle

```
si indicateur.nouvelleValeur ∈ indicateur.intervalleDeReference alors
    MI.valeur ← Succès
sinon
    si indicateur.ancienneValeur < indicateur.intervalleDeReference.borneInf alors
        d1 ← | indicateur.intervalleDeReference.borneInf - indicateur.ancienneValeur |
    sinon
        d1 ← | indicateur.intervalleDeReference.borneSup - indicateur.ancienneValeur |
    si indicateur.nouvelleValeur < indicateur.intervalleDeReference.borneInf alors
        d2 ← | indicateur.intervalleDeReference.borneInf - indicateur.nouvelleValeur |
    sinon
        d2 ← | indicateur.intervalleDeReference.borneSup - indicateur.nouvelleValeur |

    si d1 = d2 alors
        MI.valeur ← Sans effet
    sinon si d1 > d2 alors
        MI.valeur ← Amélioration
    sinon
        MI.valeur ← Détérioration
```

3.3.3. Indicateurs avec un domaine de validité de type ensemble

Lorsque le domaine de validité de l'indicateur est exprimé par un ensemble, il suffit de déterminer si la nouvelle valeur de l'indicateur appartient à cet ensemble pour déterminer la valeur du méta-indicateur.

Le calcul du méta-indicateur se fait comme décrit dans la règle 3.

Règle 3 : Calcul de la valeur du méta-indicateur lorsque l'indicateur dont il suit l'évolution a un domaine de validité de type ensemble

si $indicateur.nouvelleValeur \in indicateur.ensembleDeReference$ alors

MI.valeur ← Succès

sinon si $indicateur.nouvelleValeur = indicateur.ancienneValeur$ alors

MI.valeur ← Sans effet

sinon

MI.valeur ← Effet non qualifiable

3.4. Mesure des effets d'une intervention tutorale déclenchée par plusieurs indicateurs

Les sections précédentes décrivent le calcul de méta-indicateurs attachés à une intervention déclenchée par un indicateur unique. Or, une intervention tutorale peut être déclenchée par plusieurs indicateurs. Dans ce cas, il est nécessaire de suivre l'évolution de chacun de ces indicateurs pour pouvoir déterminer la valeur du méta-indicateur.

Pour traiter ce cas, nous introduisons un indicateur que nous qualifions de *méta-indicateur composite* (MIC) car il est composé de plusieurs méta-indicateurs. Chacun de ces méta-indicateurs suit l'évolution de l'un des indicateurs à l'origine de l'intervention. La valeur du MIC est déduite des valeurs de tous les méta-indicateurs qui le composent. Cinq cas sont possibles :

- si tous les méta-indicateurs valent Succès, le MIC vaut Succès et l'intervention est considérée comme effective ;
- si au moins l'un des méta-indicateurs vaut Amélioration ou Succès et si tous les autres prennent leur valeur dans {Succès, Amélioration, Sans effet, Effet non qualifiable} alors le MIC vaut Amélioration et l'intervention est considérée comme ayant eu un effet positif ;
- si au moins l'un des méta-indicateurs vaut Détérioration et si tous les autres prennent leur valeur dans {Détérioration, Sans effet, Effet non qualifiable} alors le MIC vaut Détérioration et l'intervention est considérée comme ayant eu un effet négatif ;

- si tous les méta-indicateurs qui composent le MIC valent Sans effet alors le MIC vaut Sans effet et l'intervention est considérée comme n'ayant eu aucun effet ;
- dans tous les autres cas, le MIC vaut Effet non qualifiable et l'intervention est considérée comme ayant eu un effet mitigé.

La règle 4 décrit le calcul de la valeur du MIC. Les données d'entrée sont les valeurs des méta-indicateurs qui composent le MIC. En sortie, la règle fournit la valeur du MIC.

Règle 4 : Calcul de la valeur d'un méta-indicateur composite

Données : Les méta-indicateurs (MI) qui composent le méta-indicateur composite (MIC)

Résultat : Valeur du MIC

si \forall MI, MI.valeur = Succès **alors**
MIC.valeur \leftarrow Succès

sinon si (\exists MI_a tel que MI_a = Succès ou MI_a = Amélioration) et (\forall MI \neq MI_a, MI \in {Succès, Amélioration, Sans effet, Effet non qualifiable}) **alors**
MIC.valeur \leftarrow Amélioration

sinon si (\exists MI_d tel que MI_d = Détérioration) et (\forall MI \neq MI_d, MI \in {Détérioration, Sans effet, Effet non qualifiable}) **alors**
MIC.valeur \leftarrow Détérioration

sinon si \forall MI, MI.valeur = Sans effet **alors**
MIC.valeur \leftarrow Sans effet

sinon
MIC.valeur \leftarrow Effet non qualifiable

4. Mise en œuvre

Afin de démontrer la faisabilité de notre proposition, nous l'avons opérationnalisée dans le cadre de l'apprentissage de la programmation orientée objet. Pour cela, nous avons utilisé HOP3X [HOP3X, 2010], un EIAH tracé, développé au LIUM (Laboratoire d'Informatique de l'Université du Maine). Nous avons identifié et modélisé un ensemble d'indicateurs calibrés à partir de besoins d'observation exprimés par les enseignants. Ces indicateurs, ainsi que les méta-indicateurs, ont été implantés dans l'environnement. Enfin, différents outils et fonctionnalités ont été ajoutés à l'environnement pour permettre au tuteur de visualiser les indicateurs et les méta-indicateurs.

4.1. L'environnement HOP3X

L'environnement HOP3X permet au tuteur de suivre en temps réel l'activité individuelle de programmation de plusieurs apprenants. HOP3X est constitué d'un serveur (HOP3X-SERVEUR) et de deux clients : le client étudiant (HOP3X-ÉTUDIANT) et le client enseignant (HOP3X-ENSEIGNANT).

HOP3X-SERVEUR assure la collecte et la sauvegarde des traces d'interaction des participants à la session d'apprentissage. Les traces sauvegardées sont celles de l'activité de l'apprenant à travers toutes les actions qu'il effectue pour réaliser son activité (ex : création d'un fichier, insertion d'un texte, compilation, etc.) mais également celles de l'activité du tuteur à travers ses interventions.

HOP3X-ÉTUDIANT permet à l'apprenant de réaliser une activité de travaux pratiques. L'interface de l'environnement HOP3X-ÉTUDIANT présente l'énoncé pédagogique sous forme d'une succession de questions et de consignes se rapportant à ces questions. L'apprenant peut écrire un programme dans un langage supporté par Hop3x (Java, C, Ruby, NXC, etc.), compiler et exécuter son programme.

HOP3X-ENSEIGNANT permet au tuteur de suivre en temps réel l'activité de chaque apprenant.

4.2. Les activités pédagogiques

Nous nous sommes intéressés à la première séance de travaux pratiques liée à l'unité d'enseignement « Programmation Orientée Objet et Java », dispensée aux étudiants de troisième année de Licence Informatique à l'université du Maine.

L'énoncé du TP comporte douze questions. Les concepts à mettre en œuvre à travers cet énoncé concernent les classes, les méthodes, les instances, les messages, l'encapsulation et le polymorphisme. Le tableau 4 donne un exemple des questions à traiter.

Tableau 4 • Exemples de questions du TP

Travaux pratiques - Énoncé	
Question 1	Écrire la classe <u>Point</u> composée de deux champs (valeurs réelles) représentant les coordonnées (x, y) d'un point
Question 2	Redéfinir la méthode <u>equals</u> pour la classe Point
Question 3	Ajouter un comportement que l'on appellera <u>distance</u> , permettant à un objet de la classe Point de calculer la distance qui le sépare d'un autre point
Question 4	Un triangle étant défini par trois points, écrire la classe <u>Triangle</u>
Question 5	Ajouter un comportement, que l'on appellera <u>périmètre</u> , permettant de calculer le périmètre d'un triangle

4.1. Identification, définition et modélisation des indicateurs

Les indicateurs pédagogiques utilisés dans HOP3X ont été identifiés et définis à partir des besoins d'observation issus des énoncés présentés dans la section précédente et des objectifs d'activité, puis ils ont été modélisés et implantés dans l'environnement.

Les besoins d'observation ont été identifiés à partir de deux sources : l'équipe pédagogique et un corpus de traces.

D'une part, l'équipe pédagogique a exprimé ses attendus pédagogiques à partir des objectifs de l'activité et des énoncés. Elle en a déduit ses besoins d'observation et les a répartis en trois catégories : *doit faire* (ce que l'étudiant doit impérativement inclure dans sa production), *devrait penser à faire* (ce que l'étudiant devrait, idéalement, inclure dans sa production) et *ne doit pas faire* (les erreurs typiques).

D'autre part, nous avons constitué un corpus de traces issus d'expérimentations en contexte écologique sur l'énoncé présenté dans la section précédente. Ce corpus nous a permis d'extraire, après analyse, des besoins d'observations liés aux difficultés des apprenants. Ce travail a permis d'enrichir les besoins d'observation de la catégorie « ne doit pas faire » avec les erreurs les plus fréquemment observées.

Tableau 5 • Exemples d'indicateurs définis à partir de besoins d'observation

Question 5			
Intitulé	Ajouter un comportement, que l'on appellera <u>perimetre</u> , permettant de calculer le périmètre d'un triangle		
	Doit faire	Devrait penser à faire	Ne doit pas faire
Besoins d'observation	écrire une méthode <i>public float/double perimetre()</i>	utiliser la méthode <i>distance</i> écrite à la question 3	écrire la méthode avec un argument <i>Triangle</i>
Indicateurs	Visibilité de la méthode <i>périmètre</i> , qui a pour domaine de validité { <i>public</i> } Type de la méthode <i>périmètre</i> , qui a pour domaine de validité { <i>float, double</i> } Nombre d'arguments de la méthode <i>périmètre</i> , qui a pour domaine	- Utilisation d'une méthode d'instance qui a pour domaine de validité { <i>distance</i> }	Présence d'un argument de type <i>Triangle</i> dans la méthode <i>périmètre</i> , qui a pour domaine de validité { <i>faux</i> }

L'identification et la définition des indicateurs s'appuient sur la catégorisation des besoins d'observation. Ainsi, pour la catégorie *doit faire* ou *devrait faire*, un besoin d'observation peut entraîner l'identification et la définition d'un ou plusieurs indicateurs. Concernant la catégorie *ne doit pas faire*, deux cas peuvent se présenter. Lorsque le besoin d'observation identifié est la négation d'un autre besoin d'observation de la catégorie *doit faire* ou *devrait penser à faire*, il n'est pas nécessaire de créer un indicateur supplémentaire. Dans les autres cas, un indicateur est déduit du besoin d'observation.

Nous illustrons ces trois cas sur l'exemple de la question 5 du TP dans le tableau 5.

Au total, 71 indicateurs ont été définis pour le TP.

Pour modéliser les indicateurs, le choix s'est porté sur le méta-langage générique UTL (Choquet & Iksal, 2007), lequel est associé à un calculateur d'indicateurs utilisant le langage DCL4UTL (Pham Thi Ngoc, 2011). En effet, UTL permet la description de données nécessaires à l'analyse des traces, indépendamment du langage de scénarisation et du format de représentation des différentes traces (Choquet & Iksal, 2007). Il permet également de définir des besoins d'observation et de spécifier les moyens techniques pour acquérir les données à observer. Un indicateur est décrit en détaillant les données nécessaires à son obtention ainsi que l'usage qui va en être fait.

UTL permet la description d'indicateurs selon trois facettes : *DEFINING*, *GETTING* et *USING*. La facette *DEFINING* concerne la modélisation du besoin d'observation et la facette *GETTING*, la modélisation du moyen d'observation. La facette *USING* concerne l'utilisation faite de la donnée observée. Concrètement, pour modéliser les indicateurs, nous avons utilisé un éditeur disponible en ligne (EditeurUTL, 2012) et permettant de décrire les indicateurs UTL à partir des trois facettes conformément au modèle d'information d'un indicateur établi dans (Choquet & Iksal, 2007).

4.2. Outils et fonctionnalités destinés au tuteur

Pour que le tuteur puisse visualiser les indicateurs liés à l'activité de l'apprenant et les méta-indicateurs liés à ses interventions, nous avons enrichi le client HOP3X-ENSEIGNANT en lui ajoutant deux espaces : l'espace *indicateurs* et l'espace *interventions*.

BASTIEN

Indicateurs spécifiques

Intitulé	Loc	Cause	Q	H
Le type de retour de la méthode intersection n'es...	projet tp1 - cl...	double	11	11:49:...
Absence de setter dans la classe Droite	classe Droite -...		11	11:49:...
Absence de setter dans la classe Triangle	classe Triangle...		11	11:49:...
Absence de setter dans la classe Point	classe Point -...		11	11:49:...
La méthode intersection n'utilise pas la méthode...	projet tp1 - cl...	intersectio...	11	11:49:...
Absence de getter dans la classe Triangle	classe Triangle...		11	11:49:...

Indicateurs Transversaux

Nom	Valeur	Loc	Q	H
Temps moyen par question	13.895282		... SQ	11:...
Pourcentage de commentaires JavaDoc	14.285714 - 14.285714...	Projet tp1 -...	... SQ	11:...
Avancement par rapport au groupe	-4.357143		... SQ	09:...
Pourcentage de variables d'instance...	100.0 - 100.0 - 0 - 100.0	tp1 - classe...	... SQ	11:...
Fréquence d'exécution	0.17084028		... E	11:...
Avancement moyen du groupe	5.357143		... SQ	09:...

Zone des Indicateurs

Figure 3 • Zone des indicateurs dans HOP3X-ENSEIGNANT

4.2.1. L'espace indicateurs

Afin de réguler l'activité d'un apprenant, le tuteur a besoin de visualiser les indicateurs le concernant et d'intervenir si nécessaire. L'espace *indicateurs* est ainsi constitué de :

- la zone dans laquelle sont affichés les indicateurs. Pour ne pas encombrer cette zone, seuls les indicateurs dont la valeur est hors du domaine de validité sont affichés.
- la zone de communication qui offre au tuteur les outils pour intervenir en mode texte ou en mode audio auprès de l'apprenant. Lorsque le tuteur intervient, il peut sélectionner au préalable le ou les indicateurs qui motivent son intervention (Lekira *et al.*, 2011). Dans ce cas, l'intervention est liée aux indicateurs qui l'ont déclenchée et un méta-indicateur est automatiquement créé.
- la zone d'alerte qui informe le tuteur en permanence de l'apparition de situations critiques dans l'activité d'un apprenant autre que celui qu'il est en train d'observer. En effet, pendant que le tuteur suit un apprenant particulier, des situations critiques peuvent apparaître chez d'autres apprenants.

Etudiant	Contenu	Type	Heure	Enseignant	Etat
WIJDANE	2011 Java TP1G1/WIJDA...	Audio	11:10:...	Christophe D...	EN_A...
ESTEBAN	Tu as écrit : Point p = (Point) o; Et...	Texte	11:07:...	Christophe D...	EFFIC...
VINCENT	Ce serait bien qu'on puisse aussi c...	Texte	11:05:...	Christophe D...	EFFIC...
GUILLAUME	Ce serait bien qu'on puisse aussi co...	Texte	11:00:...	Christophe D...	EFFIC...
REMI	Tu as écrit : { iffo instanceof Point...	Texte	10:58:...	Christophe D...	
SULLIVAN	2011 Java TP1G1/SULLIVANE...	Audio	10:53:...	Christophe D...	NON...
REMI	Tu as écrit : Point point1; Point poi...	Texte	10:47:...	Christophe D...	
ESTEBAN	Dans la classe Point, il faut redéfinir...	Texte	10:41:...	Christophe D...	EFFIC...
NICOLAS	2011 Java TP1G1/NICOLAS...	Audio	10:35:...	Christophe D...	EFFIC...
ESTEBAN	Il faut redéfinir equals. Toi tu l'as su...	Texte	10:30:...	Christophe D...	EFFIC...
BASTIEN	2011 Java TP1G1/BASTIEN...	Audio	10:26:...	Christophe D...	
ESTEBAN	2011 Java TP1G1/ESTEBAN...	Audio	10:24:...	Christophe D...	EFFIC...
ESTEBAN	2011 Java TP1G1/ESTEBAN...	Audio	10:20:...		

Figure 4 • Zone des interventions dans HOP3X-ENSEIGNANT

4.2.2. L'espace interventions

L'espace *interventions* permet de visualiser les interventions précédentes et d'estimer leur effectivité, grâce aux méta-indicateurs. Un code couleur aide le tuteur à identifier rapidement les effets réels de son intervention : vert pour les interventions effectives, rouge pour les interventions n'ayant pas eu d'effet (ou un effet négatif) et orange pour toutes les autres (effet mitigé ou positif).

Lorsqu'une intervention n'a pas été effective, le tuteur a la possibilité de ré-intervenir en sélectionnant cette intervention via l'interface. Cette action a pour effet de lier la nouvelle intervention à l'intervention sélectionnée. Une ré-intervention est considérée comme une intervention qui porte sur la même situation critique que la première intervention effectuée, appelée intervention initiale.

Par ailleurs, le tuteur peut visualiser l'historique de l'intervention. Pour cela, il a accès au détail de l'intervention initiale et des ré-interventions ainsi qu'à l'historique des valeurs du méta-indicateur et de l'évolution des indicateurs.

4.2.3. Exemple de séquence d'intervention

Nous donnons un exemple de séquence d'interventions en nous appuyant sur la question 1 présentée dans le tableau 4. L'apprenant doit écrire une classe Point comportant deux variables d'instance représentant les coordonnées réelles x et y d'un point. Afin de respecter le principe d'encapsulation, la visibilité de ces deux variables doit être « private ».

Dans un premier temps, l'étudiant déclare ces variables avec une visibilité « public » :

```
public float x,y ;
```

Le tuteur sélectionne l'indicateur « Visibilité des variables d'instance » de la question 1 et envoie un message texte à l'étudiant : « Ta classe Point ne respecte pas le principe d'encapsulation car tes variables d'instance sont publiques ». L'étudiant réagit en supprimant le modificateur « public ».

```
float x,y ;
```

Quelques minutes plus tard, le tuteur constate, grâce au méta-indicateur, que son intervention n'a pas eu l'effet escompté. Il ré-intervient donc en envoyant un second message à l'étudiant : « Il ne suffit pas que tes variables ne soient pas publiques, il faut les protéger ». À ce moment, l'étudiant ajoute le modificateur « private ».

```
private float x,y ;
```

L'intervention est désormais considérée comme effective et le méta-indicateur associé vaut *succès*.

5. Expérimentations et évaluation

L'hypothèse à la base de notre travail est que les informations fournies par les méta-indicateurs permettent au tuteur d'intervenir plus efficacement. Afin de vérifier cette hypothèse, nous avons conduit deux séries d'expérimentations, l'une avec méta-indicateurs et l'autre sans, et nous avons analysé leurs résultats. Les données recueillies ont été comparées afin de déterminer, d'une part, si les méta-indicateurs améliorent le taux de succès des interventions du tuteur et, d'autre part, si cette amélioration de l'efficacité du tuteur a un impact positif sur l'activité et les productions des apprenants (Lekira *et al.*, 2012).

5.1. Protocole et données recueillies

La première expérimentation a impliqué deux tuteurs et trente-six étudiants de licence informatique à l'université du Maine. La deuxième expérimentation a impliqué quarante-cinq étudiants de licence informatique à l'université du Maine et quatre tuteurs dont deux ayant participé à la première. Chaque séance a duré trois heures.

Par la suite, nous appellerons « groupe I » le groupe ayant participé à l'expérimentation où les tuteurs avaient uniquement à leur disposition les indicateurs et « groupe IMI » le groupe ayant participé à l'expérimen-

tation où les tuteurs avaient à leur disposition les indicateurs et les méta-indicateurs.

Aux cours de ces expérimentations, toutes les traces d'activité des apprenants et des tuteurs ont été recueillies. Pour la suite de l'analyse, nous exploitons principalement :

- les valeurs successives prises par les indicateurs et méta-indicateurs aux cours des sessions, pour chaque apprenant ;
- les interventions des tuteurs et leur objet (indicateurs à l'origine de l'intervention).

Au total, 216 interventions ont été effectuées dans le groupe I et 267 dans le groupe IMI.

5.2. Effet des méta-indicateurs sur les interventions des tuteurs

Afin de mesurer l'apport des méta-indicateurs sur l'activité du tuteur, nous distinguons deux catégories d'interventions : les interventions uniques et les séquences d'interventions. Une intervention unique est exclusivement composée de l'intervention initiale. Une séquence d'interventions est une série d'interventions ayant le même objet (le même ensemble d'indicateurs), composée de l'intervention initiale et des ré-interventions qui lui succèdent. Cette définition ne tient pas compte de la durée entre deux interventions consécutives, mais uniquement de l'objet de l'intervention ; autrement dit nous considérons que deux interventions font partie de la même séquence dès lors qu'elles ont exactement le même objet, quel que soit le laps de temps qui les sépare. Une séquence d'interventions est un succès, si au terme de la séquence, elle a eu l'effet escompté et que l'apprenant finit par résoudre le problème pour lequel le tuteur est intervenu.

Dans le groupe IMI, nous considérons qu'il y a ré-intervention lorsque le tuteur intervient en sélectionnant l'une de ses interventions qui n'a pas réussi. Dans le groupe I, où les tuteurs ne disposaient pas des méta-indicateurs, nous considérons que lorsqu'un tuteur intervient plusieurs fois de suite en sélectionnant exactement le même ensemble d'indicateurs, il s'agit d'une séquence d'interventions ayant le même objet.

Les méta-indicateurs fournissent au tuteur des informations sur le résultat de ses interventions. En cas d'échec, ils rappellent au tuteur qu'un apprenant n'a toujours pas résolu une situation critique sur laquelle il était intervenu. Le tuteur est ainsi incité à ré-intervenir. Par conséquent, nous pouvons supposer que fournir au tuteur des informations sur les effets de ses interventions à travers les méta-indicateurs va augmenter le

taux global d'interventions efficaces (hypothèse Ha) et que cette augmentation est due à l'accroissement du nombre d'interventions efficaces du fait des ré-interventions (hypothèse Hb).

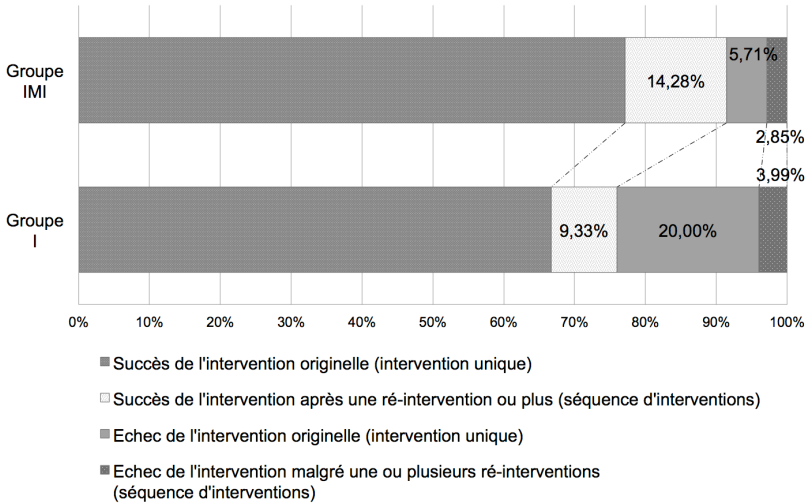


Figure 5 • Répartition des interventions tutorales pour les deux groupes

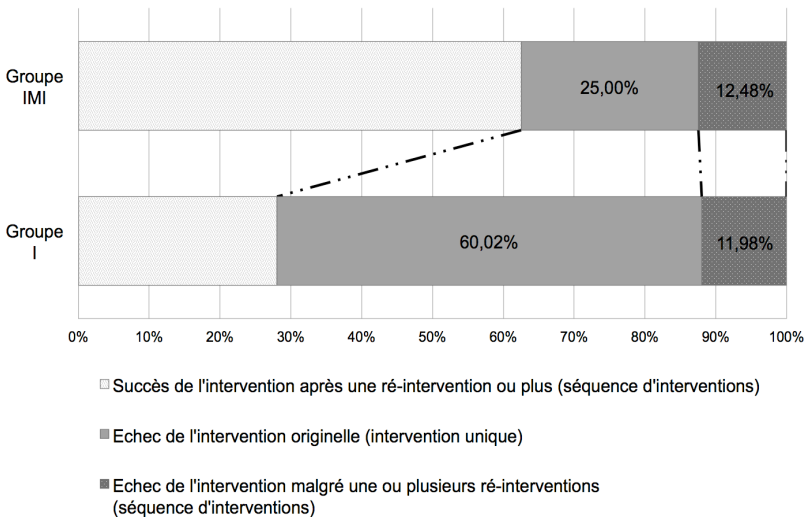


Figure 6 • Répartition des ré-interventions tutorales pour les deux groupes

Comme le montre la figure 5, 75,99 % (66,66 % + 9,33 %) de toutes les interventions (nous tenons compte à la fois des interventions uniques et des séquences d'interventions) ont eu du succès pour le groupe I. Pour le groupe IMI, ce taux est de 91,42 % (77,14 % + 14,28 %). Ces chiffres montrent une hausse de 15,43 points du taux global d'interventions réussies.

Cette différence est statistiquement significative. Pour le vérifier, nous avons utilisé un test de comparaison de proportion (z-test). Pour un risque d'erreur $\alpha = 5\%$, avec l'hypothèse $H_0 : p_1 \geq p_2$ et $H_1 : p_1 < p_2$, $T = 6,43 > u_{0,95} = 1,64$.

Ce résultat valide notre hypothèse H_a : fournir au tuteur des informations sur les effets de ses interventions à travers les méta-indicateurs augmente le taux global d'interventions effectives.

Considérons maintenant l'hypothèse H_b : l'augmentation du taux global d'interventions effectives est due aux ré-interventions. Comme nous nous intéressons ici à l'impact des ré-interventions sur l'augmentation du taux d'interventions effectives, nous écartons les interventions qui ont été effectives du premier coup afin de ne prendre en compte que les cas où les interventions initiales ont échoué (cf. figure 6).

On observe tout d'abord que le taux de ré-intervention augmente : il passe de 39,98 % (28 % + 11,98 %) dans le groupe I à 75 % (62,52 % + 12,48 %) dans le groupe IMI. Plus précisément, c'est la proportion de séquences d'interventions réussies qui augmente (elle passe de 28 % à 62,52 %), tandis que la proportion de séquences d'intervention qui échouent reste stable. D'autre part, la proportion d'interventions uniques qui échouent décroît dans les mêmes proportions : elle passe de 60,02 % à 25 %. Nous interprétons ces évolutions symétriques comme une conséquence directe de la présence des méta-indicateurs. Lorsqu'une intervention initiale échoue, le méta-indicateur rappelle au tuteur que la situation critique n'a pas été résolue et l'incite à ré-intervenir, plusieurs fois si nécessaire, jusqu'à ce que le problème soit surmonté. Les méta-indicateurs ont donc pour effet de réduire le taux d'interventions uniques sans effet, et d'augmenter d'autant le taux de séquences d'interventions réussies. Ce résultat valide ainsi l'hypothèse H_b .

Par ailleurs, une observation, qui conforte nos hypothèses, concerne le temps de réaction du tuteur entre deux interventions. Ce temps diminue lorsque le tuteur a des méta-indicateurs à sa disposition. En effet, nous avons constaté que le temps entre l'intervention initiale et les ré-interventions qui y sont liées est de 34 minutes en moyenne pour le

groupe I (entre 7 minutes et 120 minutes) tandis qu'il est de 13 minutes seulement pour le groupe IMI (entre 2 et 34 minutes).

5.3. Effets des méta-indicateurs sur l'activité de l'apprenant

Afin de déterminer si l'amélioration du taux de réussite des interventions du tuteur a un impact positif sur l'activité de l'apprenant, nous examinons si les apprenants résolvent mieux les situations critiques auxquelles ils sont confrontés lorsque le tuteur dispose des méta-indicateurs.

Parmi toutes les situations critiques rencontrées, certaines évoluent positivement, c'est-à-dire que les valeurs des indicateurs sont redevenues conformes à la fin de la session. Par ailleurs, certaines situations critiques sont résolues sans intervention du tuteur, lorsque l'étudiant s'auto-corrige. Pour pouvoir mesurer l'impact de l'amélioration du taux de réussite des interventions du tuteur sur l'activité de l'apprenant, nous nous intéressons aux situations critiques qui ont fait l'objet d'une intervention tutorale. Les deux groupes sont homogènes si l'on considère le nombre de situations critiques apparues par session : en moyenne, par étudiant, il y en a eu 16,85 pour le groupe I et 16,79 pour le groupe IMI.

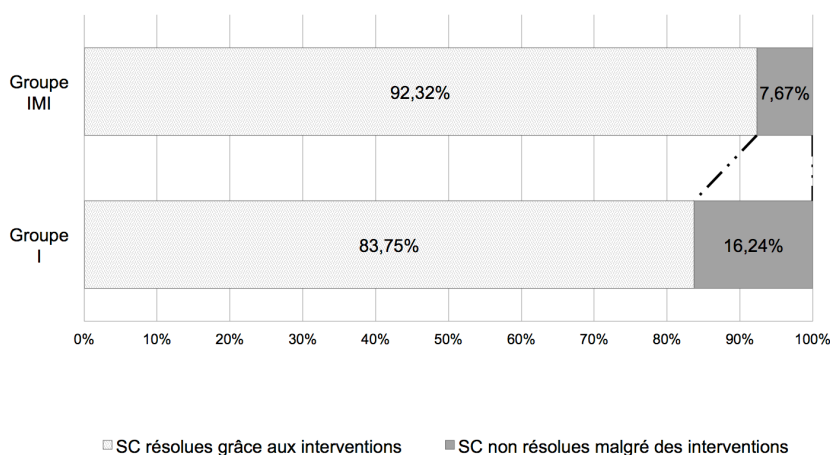


Figure 7 • Répartition des situations critiques pour les deux groupes

La figure 7 montre la distribution des situations critiques qui ont fait l'objet d'une intervention tutorale en fonction de leur résolution à la fin de la session. Le taux de résolution passe de 83,74 % à 92,32 % entre le groupe I et le groupe IMI. Cette augmentation est probablement due aux interventions effectives, dont le nombre a augmenté avec l'introduction

des méta-indicateurs (cf. section précédente). La différence est statistiquement significative ($T = 4,95$).

Cependant, pour le groupe IMI, il y a 7,67 % de situations critiques non résolues malgré une intervention tutorale. Cette catégorie correspond aux interventions auprès d'apprenants qui avaient de très grandes difficultés en programmation.

Ces résultats tendent à prouver que l'introduction des méta-indicateurs, qui induisent une meilleure réussite des interventions tutorales, a un impact positif sur les productions des apprenants car ils ont mieux surmonté leurs difficultés lorsque les tuteurs avaient un feedback sur leurs interventions.

6. Conclusion

Dans cet article, nous nous sommes intéressés à rendre compte des effets des interventions du tuteur lorsque cette intervention concerne une remédiation. Afin de fournir cette information au tuteur, nous nous sommes appuyés sur les indicateurs calibrés. Nous avons introduit la notion de méta-indicateurs : une variable qui permet de mesurer les effets d'une intervention tutorale en assurant le suivi des indicateurs concernés. Le calcul de la valeur d'un méta-indicateur repose sur les valeurs et le domaine de validité des indicateurs à l'origine de l'intervention.

Afin d'opérationnaliser et de montrer la faisabilité de notre proposition, celle-ci a été mise en œuvre dans le domaine de la programmation orientée objet à travers l'EIAH HOP3X. Nous avons ainsi mené différentes expérimentations dont l'objectif était d'observer dans l'usage l'impact des méta-indicateurs sur l'activité du tuteur et sur celle de l'apprenant. Les résultats de ces expérimentations ont montré que de telles informations amélioraient le taux de réussite des interventions du tuteur. Par ailleurs, cette amélioration tend à avoir un effet positif sur l'activité et les productions de l'apprenant puisque ce dernier résout mieux les situations critiques auxquelles il est confronté lorsque le tuteur dispose de retours sur les effets de ses interventions.

Nous avons proposé quatre règles de calcul des méta-indicateurs. Dans ces règles, il n'est fait référence ni au domaine d'apprentissage, ni au type d'activité, ni à l'EIAH utilisé. Pour le calcul d'un méta-indicateur, il n'est tenu compte que du domaine de validité des indicateurs dont il suit l'évolution. De ce fait ces méthodes de calcul sont génériques et notre proposition peut s'appliquer à n'importe quel EIAH disposant d'indicateurs calibrés avec un domaine de validité. Par conséquent, il est pos-

sible de réutiliser notre proposition, dans le cadre de son champ d'application qui recouvre les EIAH disposant d'indicateurs calibrés avec un domaine de validité, en implémentant les méthodes de calcul génériques des méta-indicateurs, en concevant une interface de visualisation de ces méta-indicateurs et en mettant en place un système qui permet de lier les indicateurs calibrés aux interventions tutorales.

Une perspective ouverte par ce travail concerne la capitalisation de l'expérience du tuteur. L'objectif est de réutiliser les interventions tutorales et notamment, les interventions effectives. Pour cela, nous proposons de suggérer au tuteur des interventions effectives lorsqu'il se retrouve devant une situation critique similaire à une autre déjà traitée efficacement.

BIBLIOGRAPHIE

BOUSBIA N., LABAT J.-M., REBAI R. et BALLA A. (2009). Indicators for deducting the learner's learning style: case of the navigation typology indicator. *Proceedings of the 9th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'09)*, p. 485-389.

CHOQUET C., IKSAL S. (2007). Modélisation et construction de traces d'utilisation d'une activité d'apprentissage: une approche langage pour la ré-ingénierie d'un EIAH. *Revue Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation*, Vol. 14. Disponible sur internet : http://sticef.univ-lemans.fr/num/vol2007/14-choquet/sticef_2007_choquet_14.htm (consulté le 8 juillet 2013).

CAPA-AYDIN Y., SUNGUR S. et UZUNTIRYAKI E. (2009). Teacher self-regulation: examining a multidimensional construct. *Educational Psychology*, Vol. 29 n° 3, 345-356.

DELORME F. et LOOSLI G. (2006). Un outil générique pour l'analyse automatique et la visualisation de productions d'apprenants. *Actes du colloque international sur les Technologies de l'Information et de la Communication pour les Enseignements d'ingénieur et dans l'industrie (TICE'06)*.

DENIS B. (2003). Quels rôles et quelle formation pour les tuteurs intervenant dans des dispositifs de formation à distance ? *Distance et savoirs*, Vol. 1 n° 1, 19-46.

DESPRÉS Ch. (2001). *Modélisation et conception d'un environnement de suivi pédagogique synchrone d'activités d'apprentissage à distance*. Thèse de l'université du Maine, Le Mans.

DIMITRACOPOULOU A., MARTINEZ A., DIMITRIADIS Y., MORCH A., LUDVIGSEN S., HARRER A., HOPPE U., BARROS B., VERDEJO F., HULSHOF C., JONG de T., FESAKIS G. and al. (2004). *State of the art on interaction analysis : interaction analysis indicators*. Délivrable D26.1 du JEIRP (Jointly Executed Integrated Research Project) ICALTS (Interaction and Collaboration Analysis

Supporting Teachers' and Students' Self-regulation) du réseau européen Kaleidoscope.

DIMITRACOPOULOU A., KOLLIAS V., HARRER A., MARTINEZ A., PETROU A., DIMITRIADIS Y., ANTONIO J., BOLLEN L., WICHMANN A. (2005). *State of the art on interaction analysis*. Délivrable D.31.1 du JEIRP (Jointly Executed Integrated Research Project) IA (Supporting Participants in Technology-based Learning Activities) du réseau européen Kaléidoscope.

DPULS (2005). *DPULS: Design Patterns for recording and analysing Usages of Learning Systems*. Rapport technique du réseau européen Kaléidoscope.

Editeur UTL (2012). <http://eiah.univ-lemans.fr/UTL/UTL.xml>

FRANCE L., HÉRAUD J.-M., MARTY J.-C. et CARON T. (2007). Visualisation et régulation de l'activité des apprenants dans un EIAH tracé. *Actes de la conférence Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH'07)*, Lausanne, Suisse.

GARROT E. (2008). *Plateforme support à l'interconnexion de communauté de pratiques. Application au tutorat avec TE-CAP*. Thèse de doctorat, Institut National des Sciences Appliquées (INSA), Lyon.

GLIKMAN V. (2011). Tuteur à distance : une fonction, un métier, une identité ? *Le tutorat en formation à distance*, Bruxelles, Éditions De Boeck, coll. « Perspectives en éducation et formation » p. 137-158.

GUÉRAUD V., ADAM J., PERNIN J., CALVARY G. et DAVID J. (2004). L'exploitation d'objets pédagogiques interactifs à distance : le projet FORMID. *Revue Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation*, vol. 11. Disponible sur internet : http://sticef.univ-lemans.fr/num/vol2004/gueraud-03/sticef_2004_gueraud_03.htm (consulté le 8 juillet 2013).

GUÉRAUD V., ADAM J., LEJEUNE A., MANDRAN N., VÉZIAN N. et DUBOIS M. (2009). Expérimentation d'un environnement flexible pour la supervision de travaux pratiques basés sur des simulations. *Acte de la conférence Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH'09)*, Le Mans, France, p. 279-286.

GUILLAUME N. (2009). Un modèle d'animation : vision synthétique des fonctions tutorales. *Tutorales, la revue de t@d, la communauté de pratiques des tuteurs à distance*, n° 2, 7-17.

HARRER A., BARROS B., BOLLEN L., DIMITRACOPOULO A., FESAKIS G., HULSHOF C., KOLLIAS V., MALZAHN N., MARTINEZ A., MORCH A. et PETROU A. (2004). *Unified framework on interaction analysis*. Délivrable D26.2.2 du JEIRP ICALTS du réseau européen Kaléidoscope.

Hop3x (2010). <http://eiah.univ-lemans.fr/HOP3X/HOP3X.xml>

ILSAL S., CHOQUET C. et PHAM THI NGOC D. (2010). A generic modeling of indicator with UTL: the collaborative action function example. *2nd International Conference on Computer Supported Education*, Valencia, Spain, p. 114-119.

JERMANN P. et DIMITRACOPOULO A. (2004). *Future research directions*. Délivrable D26.3 du JEIRP ICALTS du réseau européen Kaléidoscope.

LABAT J.M. (2002). EIAH : quel retour d'informations pour le tuteur. *Colloque International sur les Technologies de l'Information et de la Communication pour les Enseignements d'Ingénieurs et dans l'industrie (TICE'02)*, Lyon, France.

LEBEL C. (1993). *L'autonomie de l'étudiant à distance : représentations discursives de tuteurs*. Thèse de l'université de Montréal, Canada.

LEFRÈVRE M. (2009). *Processus unifié pour la personnalisation des activités pédagogiques : méta-modèle, modèles et outils*. Thèse de l'université de Lyon.

LEKIRA A. (2012). *Rendre compte des effets des interventions du tuteur à travers une approche orientée indicateurs*. Thèse de l'université du Maine, Le Mans, France.

LEKIRA A., DESPRÉS C. et JACOBONI P. (2011). Supporting the identification of teachers' intention through indicators. *3rd International Conference on Computer Supported Education*, Noordwijkerhout, Pays-Bas, Vol. 2, p. 111-116.

LEKIRA A., DESPRÉS C. et JACOBONI P. et PY D. (2012). Supporting teachers to enhance teachers' and students' performance. *12th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, Rome, Italie.

MAZZA R. et DIMITROVA V. (2007). Coursevis: a graphical student monitoring tool for facilitating instructors in web-based distance courses. *International Journal in Human-Computer Studies*, Vol. 65 n° 2, p. 125-139.

PHAM THI NGOC D. (2011). *Spécification et conception de services d'analyse de l'utilisation d'un environnement informatique pour l'apprentissage humain*. Thèse de l'université du Maine, Le Mans.

QUINTIN J.-J. (2008). *Accompagnement tutoral d'une formation collective via internet. Analyse des effets de cinq modalités d'intervention tutorale sur l'apprentissage en groupes restreints*. Thèse de l'université de Mons-Hainaut (Belgique) et de l'université Stendhal Grenoble III (France).

ZIMMERMAN B. (2000). Attaining self-regulation: a social cognitive perspective. *Handbook of Self-regulation*, p. 13-38.



Analyse des intentions d'usage d'un ENT chez les enseignants de lycées professionnels

► **Ecaterina PACURAR** (LISEC, Université de Strasbourg),
Nargis ABBAS (Université de Sargodha, Pakistan)

■ **RÉSUMÉ** • Cette recherche interroge l'intention d'usage des ENT par des enseignants du secondaire. Un cadre théorique basé sur des approches de l'ingénierie pédagogique est utilisé pour proposer un modèle hypothétique ayant comme variable expliquée l'intention d'utilisation pédagogique d'une technologie éducative. Il prend comme variables exogènes la différence de sexe, les disciplines d'enseignement, l'utilisation des ordinateurs dans un cadre privé et la maîtrise technique perçue, afin de mesurer le degré de significativité de ces dernières sur l'intention d'intégration de l'ENT à l'école. Le modèle a été testé à partir des données obtenues suite à une enquête sur l'usage de l'ENT déployé dans l'Académie de Strasbourg. Pour le traitement de données nous avons utilisé les statistiques descriptives, l'analyse de variance (ANOVA) et la modélisation par équation structurelle. Les résultats obtenus tendent à mettre en évidence que l'ENT est perçu par les enseignants de notre enquête, avant tout comme un « outil de communication » via la messagerie, ou encore comme moyen de répondre aux usages prescrits par l'institution.

■ **MOTS-CLÉS** • représentations des enseignants, attitudes, utilisabilité, utilité

■ **ABSTRACT** • *This research analyzes the intention use of digital work environment (DWE) by the secondary school teachers in France. It was investigated if there are significant correlations between teachers DWE intention use, subject teaching and gender difference. A theoretical framework is used to propose a hypothetical model. The gender, the subject teaching, the use of computers at home and the technical skills are the exogenous variables in this hypothetical model in order to measure the degree of significance of these variables on the intention use of DWE in secondary school. A survey research design was adopted to collect the data on the DWE use from the Academy of Strasbourg Institution. Descriptive statistics and ANOVA was used to measure the difference among the groups. While structural equation modeling technique was used to test and validate the proposed model. The results tend to demonstrate that the DWE is perceived primarily as a "communication tool" or as a means to achieve the prescribed uses by the academic institutions.*

■ **KEYWORDS** • *teacher beliefs, attitudes, usability, usefulness*

1. Contexte, objet de recherche

À partir des premières initiatives de déploiement des Environnements Numériques de Travail (ENT) en 2003 et l'introduction du schéma directeur dès 2006 (MEN, 2008), plusieurs partenariats académies-collectivités territoriales ont été formalisés autour d'une volonté commune de généraliser les ENT à moyen terme à l'ensemble des établissements scolaires (MEN, 2012). Depuis 2003, le développement de l'ENT de l'Académie de Strasbourg a été réalisé dans le cadre du projet ENTEA retenu suite à un appel à projets par le Ministère de l'Éducation Nationale (Zender, 2011). De plus, l'Académie de Strasbourg menait déjà une expérimentation depuis 2002 et présentait un projet ambitieux d'espace numérique de travail au périmètre très large, intégrant les activités de toutes les composantes de l'établissement : la pédagogie, la vie scolaire, la communication, l'administration et s'adressant à l'ensemble de la communauté : enseignants, parents, personnels administratifs. La phase d'expérimentation de l'ENT développé dans le cadre du projet ENTEA a débuté avec 15 établissements en 2004 pour s'achever en 2007 avec 45 établissements, avec le concours de l'ENT de la société mulhousienne Infostance. Puis, en avril 2007, l'ENT Scolastance, produit d'Infostance, est choisi comme outil de généralisation. Enfin, le projet ENTEA2 met en œuvre la généralisation planifiée de 2007 à 2010 et la dernière vague dans l'Académie de Strasbourg, a été mise en place à la rentrée 2010 (ENTEA, 2010).

Par ailleurs, en 2010, s'agissant des lycées sur le plan national, 5 régions avaient un niveau de déploiement de l'ENT dans plus de 50 % des établissements et 16 étaient en phase de généralisation (Zender, 2010). Dans ce contexte de généralisation des ENT sur le territoire français, des recherches ont été conduites dans plusieurs académies, comme l'Académie de Grenoble, de Lyon, de Rouen ou encore celle de Nancy. Elles portaient sur l'étude des perceptions des enseignants sur ces environnements numériques (Puimatto, 2006) et l'intégration de ces outils dans les pratiques pédagogiques et de gestion de classe (Genevois & Poyet, 2010) ainsi que leur impact sur la relation des personnels de l'éducation avec les familles d'enfants scolarisés (Schneeweile, 2012 ; Voulgre, 2011).

Notre recherche a été réalisée en 2009-2013 dans le contexte de la généralisation de l'ENT dans l'Académie de Strasbourg. Elle porte sur l'analyse des intentions d'intégration de l'ENT Scolastance dans les pratiques des enseignants de lycées. Par ailleurs, dans l'Académie de Strasbourg, 15 établissements étaient dotés de l'ENT dès 2003, il y en avait déjà

45 en 2007 et 41 % des établissements disposent de cet outil depuis plus de 4 ans (Zender, 2010).

Une première partie de ce texte introduit le contexte et l'objet de la recherche. Dans une seconde partie sont passés en revue des travaux antérieurs sur les perceptions et pratiques des enseignants du secondaire avec les ENT et d'autres outils numériques tels que Internet, web 2.0. Ces recherches interrogent l'influence de facteurs extrinsèques (âge, différences de sexe, disciplines d'enseignement) et intrinsèques (attitude envers l'ordinateur, autonomie, formation aux outils numériques) sur l'intégration des outils numériques dans les situations d'enseignement-apprentissage en classe. Une troisième partie décrit des éléments de problématique, les objectifs de recherche ainsi qu'une proposition de modèle hypothétique construit à partir des questions de recherche. Enfin, la dernière partie présente la démarche méthodologique ainsi que l'analyse et la discussion des résultats d'une enquête quantitative sur l'usage de l'ENT Scolastance et des entretiens auprès des enseignants, en concluant sur les perspectives de recherches à court et moyen terme.

2. Environnements numériques et les enseignants du secondaire

2.1. Les ENT à l'école : quelles fonctionnalités pour quels usages ?

En France, depuis l'introduction du plan informatique pour tous, le ministère de l'éducation nationale œuvre à l'intégration de l'outil informatique dans les enseignements, et « cette action ministérielle s'est trouvée cadrée dans des plans d'action gouvernementaux (Programme d'action gouvernementale pour la société de l'information 1997-2002, Pour une république numérique dans la société de l'information 2002-2007) » (Durpaire *et al.*, 2012). Pour atteindre cet objectif ont été mises en place, dès 2000, les premières opérations de dotation d'ordinateurs portables pour les élèves : le « cartable électronique » de Savoie (Ginioux & Narcy, 2002) et le « cartable des Landes » (Jaillet & Daguët, 2002). D'autres projets visant l'introduction des technologies dans les établissements scolaires ont contribué à la conception et au développement des Espaces Numériques de Travail (ENT). Cet espace numérique intégrateur s'inscrit dans la continuité des précédents réseaux numériques d'éducation et favorise le nomadisme en permettant un accès distant via le web. Censé offrir des « bouquets de services numériques » (MEN, 2010), l'ENT apparaît comme un moyen pour moderniser le fonctionnement de

l'établissement scolaire (Bruillard, 2011). Son principal atout est de constituer un point d'accès unique au système d'information et à l'ensemble des ressources de l'établissement scolaire (Genevois & Poyet, 2010 ; Puimatto, 2006). Cependant, des travaux de recherche sur l'intégration de l'ENT dans les établissements d'enseignement secondaire contribuent à observer que « sous cette apparente unicité, l'ENT fait coexister quatre environnements dont les logiques apparaissent dissemblables » (Genevois & Poyet, 2009). On retrouve ainsi emboîtés l'environnement informatique (englobant des fonctionnalités qui reposent sur des métaphores), celui d'information et de communication, de l'enseignement et de l'apprentissage, et l'environnement éducatif (qui dépasse le cadre de l'établissement). Or, comme le remarquent Genevois et Poyet (2010), les relations entre ces environnements et leurs utilisateurs révèlent des communautés de pratique dont les logiques entrent en contradiction. Ces observations amènent ces chercheurs à interroger les effets d'usage de l'ENT sur le changement de l'organisation de l'école dans son rapport au temps et à l'espace.

D'autres recherches menées dans le contexte français portent sur l'impact des ENT dans les activités d'enseignement-apprentissage en classe, sur le processus de déploiement de ces technologies (Puimatto, 2006) ainsi que sur l'étude des discours et des actions des acteurs impliqués (Voulgre, 2011). Une cartographie de ces recherches qui se sont déroulées ou qui sont en cours, est présentée dans une récente synthèse proposé par Bruillard (2011). On y retrouve des recherches s'inscrivant en sciences de l'information et de la communication (Bruillard, 2011), en sciences de gestion (Missonier, 2008) et en sciences de l'éducation, notamment avec les travaux récents de Voulgre (2011) et Schneewele (2012).

Situés dans une approche systémique, les travaux de Voulgre (2011) interrogent les services offerts par l'ENT et la perception de leurs utilisateurs, enseignants, élèves mais aussi parents, sur l'utilité pédagogique et également sur la gestion de la classe et de la relation avec les parents. Le cadre théorique utilisé s'appuie sur le « carré de Padi » proposé par Wallet (2010) avec lequel sont croisées des approches complémentaires telles la théorie de l'activité (Engeström, 1987) et la théorie instrumentale, pour la mise en évidence des écarts entre usages prescrits et usages réels (Bruillard, 1997 ; Rabardel, 1995). Les résultats de cette recherche inter-cas (cinq établissements d'enseignement secondaire) basée sur une approche métho-

dologique qualitative, amènent à conclure que le potentiel pédagogique en lien avec les ENT n'est que partiellement exploité (Voulgre, 2011).

Dans une même visée concernant le déploiement des ENT et l'étude de leur impact sur les pratiques pédagogiques, de gestion de classes et la relation école-famille, Schneewele (2012) a conduit ses travaux de thèse sur l'académie de Nancy-Metz. L'auteur s'est intéressé à comprendre les usages émergents de l'ENT, en procédant à une décomposition du processus d'appropriation. Il précise que ces recherches répondent également à une commande institutionnelle dont l'objectif politique est tourné vers l'encouragement et la stimulation des usages de ce type d'outil. Le cadre théorique s'appuie sur la proposition du modèle DAME (Modèle Dynamique d'Acceptation pour l'Éducation) qui est une extension du modèle d'acceptation d'une technologie (TAM – *Technology Acceptance Model* (Davis, 1989) en prenant en compte les concepts d'utilité, d'utilisabilité, d'accessibilité et de représentation sociale de l'ENT. L'étude, basée sur une approche quantitative prédictive (utilisant la modélisation par équation structurelle), avait pour objectif d'analyser l'usage du cahier de textes par les élèves, leurs enseignants et leurs parents. L'auteur considère que pour favoriser l'adoption d'un l'ENT et donc son acceptabilité dans le cadre des activités quotidiennes d'enseignement, il est essentiel que sa prise en main ainsi que la plus-value liée à son usage soient pleinement perçues. Ses résultats amènent, entre autres, à conclure que lorsqu'il y a usage répété, « une dépendance à l'ENT peut s'installer lorsque celui-ci devient essentiel au bon déroulement de son activité, qu'elle soit professionnelle ou d'apprentissage, ce qui est notamment le cas pour les fonctionnalités : cahier de textes et espace d'informations » (Schneewele, 2012).

2.2. Disciplines d'enseignement et différence de sexe : quelle influence sur l'intention d'usage des outils numériques ?

Les pratiques pédagogiques des enseignants du secondaire avec les technologies numériques ont été aussi observées par des chercheurs du domaine, et en particulier l'usage des environnements pour la gestion des apprentissages (De Smet *et al.*, 2012 ; Franklin, 2007 ; Lonn & Teasley, 2009 ; Sang *et al.*, 2010 ; Sørebo *et al.*, 2009 ; Wozney *et al.*, 2006) ou encore l'usage d'Internet, du Web 2.0 et des outils interactifs de projection de supports de cours (Chen, 2010 ; Chien *et al.*, 2012 ; Ertmer *et al.*, 2012 ; Ward & Parr, 2010). Ces recherches questionnent, selon des approches qualitatives et quantitatives, les facteurs extrinsèques (le genre, la discipline d'enseignement, l'expérience d'enseignement avec et sans techno-

logies, l'âge, l'accès à l'ordinateur, l'utilisabilité perçue des outils de communication, de gestion de contenu) et les facteurs intrinsèques (la formation à l'utilisation des TICE, l'attitude des enseignants envers l'enseignement et les technologies, l'auto-efficacité avec les technologies) qui influent sur l'intégration de ces technologies dans des situations d'enseignement-apprentissage par des enseignants du secondaire. Elles étaient réalisées en utilisant des cadres conceptuels issus de la psychologie du comportement humain telles que la théorie de l'autodétermination (Gagné & Deci, 2005), la théorie du comportement planifié (Ajzen & Fishbein, 1977) ainsi que des concepts tels que l'attitude, l'utilité, l'utilisabilité (Tricot *et al.*, 2003) et l'auto-efficacité (Bandura, 1977). Comme le souligne Bouabeng-Andoh (2012), les résultats de ces recherches amènent à observer une variation du degré de significativité de l'influence de l'âge et la différence de sexe sur l'intention d'intégration des outils numériques dans les pratiques d'enseignement chez les enseignants du secondaire.

Afin de pouvoir poser le questionnement en lien avec notre objet de recherche nous recentrons le propos, dans ce qui suit, sur la question de l'influence des disciplines d'enseignement et de la différence de sexe sur l'intégration de ces environnements numériques par les enseignants dans leurs activités pédagogiques.

La question du genre, et en particulier, la relation entre la différence de sexe et l'utilisation de l'ordinateur par les enseignants, a été discutée dans de nombreux travaux (Adams, 2002 ; Busch, 1995 ; Norris *et al.*, 2003 ; Volman & van Eck, 2001 ; Wozney *et al.*, 2006 ; Yukselturk & Bulut, 2009). Dans les années 2000, les résultats des recherches sur ce questionnement ont révélé un faible niveau d'utilisation de l'ordinateur chez les enseignantes. Ceci s'expliquait par un intérêt et des compétences limités mais également par des problèmes d'accès (Volman et van Eck, 2001). Si les problèmes d'accès étaient bien présents dans le passé autant dans le milieu urbain que rural des pays européens et également dans d'autres pays, leur fréquence a diminué au fil du temps (Becta, 2008). Les résultats d'autres recherches plus récentes montrent que les enseignants utilisent plus les outils numériques dans leur processus d'enseignement et d'apprentissage que les enseignantes (Kay, 2006 ; Wozney *et al.*, 2006). Cependant les résultats sont variables en fonction des attitudes envers les outils numériques, des contextes culturels et de structure d'école et de l'équipement en infrastructure technologique (Hsu & Kuan, 2013). Ainsi, Kay (2006) dans son étude observe les attitudes des enseignantes et ensei-

gnants envers les outils numériques, avant et après leur implémentation dans un établissement scolaire. Les résultats de sa recherche montrent qu'il y avait une relation significative entre la différence de sexe et l'attitude envers les outils numériques uniquement avant l'implémentation de la technologie dans l'établissement scolaire : les enseignants avaient un niveau d'attitude positive plus élevé que les enseignantes. Wozney, Venkatesh et Abrami (2006) ont interrogé la relation entre la différence de sexe et la fréquence d'utilisation de certaines fonctionnalités des ordinateurs. Leurs résultats les conduisent à observer que les enseignants déclarent utiliser plus fréquemment l'ordinateur pour des activités de communication, d'analyse et de création, que les enseignantes. En revanche, les enseignantes déclaraient utiliser l'ordinateur plus fréquemment pour la préparation de leur activité d'enseignement que les enseignants (Wozney *et al.*, 2006). Ces résultats sont également observés dans une récente étude réalisée par Hsu et Kuan (2013) sur l'impact des facteurs multiniveaux sur l'intégration des outils numériques par des enseignants taiwanais. Hsu et Kuan (2013) remarquent que les enseignants obtiennent des scores élevés sur l'intégration des outils numériques dans leur pratique tandis que les enseignantes en obtiennent sur l'utilisation d'outils de traitement de texte et d'Internet. Aucune différence de sexe n'est observée sur l'utilisation des outils de communication et sur le développement professionnel (Hsu et Kuan, 2013).

D'autres recherches se sont intéressées à étudier les relations entre l'attitude des enseignants envers les outils numériques et l'intégration de ces outils dans leurs disciplines d'enseignement. Ainsi, dans le cadre d'un projet sur les communautés de pratiques, Sutherland *et al.* (2004) interrogent le processus d'intégration des outils numériques dans différentes disciplines d'enseignement telles les mathématiques, les langues, l'histoire et la géographie. Les résultats montrent que la plupart des enseignants de mathématiques étaient prêts à intégrer la technologie dans leur enseignement. Les enseignants en langues modernes avaient également développé des stratégies d'intégration de ces outils dans leur enseignement tandis que le travail avec les outils numériques en histoire et géographie était plus varié (Sutherland *et al.*, 2004). Lors d'une recherche sur l'utilisation des technologies numériques et des média dans des écoles suédoises, Jedeskog (2005) constate que les enseignants en mathématiques, en sciences et en langues intègrent plus facilement les technologies dans leur pratique que ceux d'autres disciplines d'enseignement. Ward et Parr (2010) analysent l'influence des facteurs sociodémographiques sur différents types d'usage professionnel (préparation et planification des

séances) et personnel des enseignants dans des écoles secondaires en Nouvelle Zélande. Ces chercheurs observent des différences significatives entre les disciplines d'enseignement et l'utilisation des outils numériques dans la préparation et la planification des séances. Ainsi, en ce qui concerne les disciplines fondamentales, mathématiques, sciences, langues et sciences sociales, on constate un faible niveau d'utilisation du numérique chez les enseignants d'écoles dont les élèves proviennent de familles aisées par rapport aux autres écoles. Une autre recherche réalisée par Erixon (2010) dans le contexte académique suédois étudie dans quelle mesure les enseignants utilisent des technologies numériques dans leur pratiques d'enseignement et quels impacts elles auraient sur le contenu de cours. Parmi les disciplines enseignées, celles où l'usage est le plus fréquent sont l'histoire, la géographie et les études sociales. Erixon (2010) observe qu'en arts et musique, les enseignants se montraient également impliqués dans l'utilisation des technologies telles que le caméscope et les technologies mobiles. Ceci s'explique par l'ouverture des enseignants participants à cette étude sur la culture des jeunes et l'utilisation des technologies modernes (Erixon, 2010).

3. Éléments de problématique et hypothèses

La présente contribution décrit notre recherche sur l'analyse des intentions d'intégration de l'ENT Scolastance dans les pratiques des enseignants de lycées. Elle se situe dans la problématique de généralisation des ENT dans les établissements d'enseignement secondaire en interrogeant la relation entre des facteurs tels que discipline d'enseignement, différence de sexe ou encore la maîtrise technique perçue, l'usage personnel quotidien et l'intention des enseignants à intégrer ces technologies dans leurs pratiques.

Comme nous l'avons décrit dans le paragraphe 2 ci-dessus, ce questionnement fait l'objet de nombreux travaux en France et dans d'autres pays. Parmi ces différents travaux, certains contribuent à une meilleure compréhension du processus d'acceptation et d'utilisation des fonctionnalités des ENT par les enseignants. Des résultats de ces travaux ont montré que les enseignants déclarent utiliser les fonctionnalités de gestion de classe, le cahier de textes ainsi que l'espace de communication (Genevois & Poyet, 2010 ; Schneeweile, 2012). L'intérêt que les parents portent à l'utilisation du cahier de textes en ligne a également été constaté (Schneeweile, 2012). Cependant, d'autres résultats font apparaître que le potentiel pédagogique en lien avec les ENT n'est que partiellement exploité (Voulgre, 2011). Ces constatations s'accordent avec celles de nom-

breuses études sur l'intégration effective des TIC à l'école (Balanskat *et al.*, 2006 ; Karsenti *et al.*, 2008 ; Larose & Jaillet, 2009).

D'autres recherches sur l'intégration des technologies éducatives considèrent que les facteurs exogènes et endogènes influencent leur usage (Chaptal, 2007 ; Drent & Meelissen, 2008). Ainsi, les résultats des travaux sur la différence de sexe (facteur exogène) et les attitudes envers les ordinateurs (facteur endogène) varient en fonction des contextes culturels, de la perception des enseignants de leurs compétences techniques ou encore des structures d'écoles (Hsu & Kuan, 2013). On observe ces dernières années, une réduction de l'écart entre sexes quant à l'utilisation de l'ordinateur et plus généralement, des technologies numériques. Autant les femmes que les hommes en font quotidiennement un usage personnel voire professionnel (Norris *et al.*, 2003). Par ailleurs, une perception positive de la qualité d'une technologie peut contribuer à la réduction des inégalités de sexe (Kay, 2006).

La discipline d'enseignement est considérée comme un facteur endogène qui influence la perception des enseignants sur la plus-value pédagogique des technologies numériques (Ruthven *et al.*, 2005). La relation entre technologies et disciplines d'enseignement a été observée comme étant positivement perçue par des enseignants en arts et musique, en géographie et en langues (Erixon, 2010 ; Wikan & Molster, 2011). En sciences et en mathématiques, les résultats varient en fonction des perceptions sur l'amélioration de la qualité de présentation du contenu de cours et sur la plus-value en termes d'apprentissage (Ward & Parr, 2010 ; Wikan & Molster, 2011).

À partir de ces différents constats, quelques questions émergent en lien avec notre objet de recherche : les enseignants du secondaire ayant accès à l'ENT Scolastance font-ils un usage des outils institutionnels ? Quelle place donnent-ils dans leur pratique aux outils de communication ou encore aux ressources numériques accessibles depuis l'ENT de leur établissement ? Y a-t-il des relations d'association entre des facteurs exogènes (tels que la différence de sexe, l'expérience d'enseignement) et des facteurs endogènes (disciplines d'enseignement, utilisabilité, utilité), et leur attitude par rapport à l'intégration des fonctionnalités de l'ENT Scolastance dans leur pratique ? Font-ils un usage pédagogique de l'ENT ? Ces questions ont contribué à l'élaboration d'hypothèses et à une proposition de formalisation d'un modèle hypothétique.

H1) *Il y a un effet significatif de la différence de sexe sur la relation entre l'acceptation de l'utilisation des outils institutionnels (saisie des notes, saisie des*

absences, édition des bulletins de notes et relevé des notes) et l'intention d'usage effectif de l'ENT.

H2) Il y a un effet significatif de la différence de sexe sur la relation entre la persévérance dans l'utilisation de l'ENT (malgré des difficultés techniques rencontrées) et l'intention de son intégration dans les pratiques pédagogiques des enseignants du secondaire. À travers la vérification de cette hypothèse, nous nous sommes intéressées à observer le comportement des enseignants et notamment l'intention d'acceptation de l'ENT lorsqu'ils se trouvent face à des problèmes techniques (par exemple, difficulté de paramétrage/personnalisation de la page d'accueil ou encore d'accès aux outils institutionnels).

H3) Il y a un effet significatif de la différence de sexe sur la relation entre l'acceptation d'utilisation de l'espace collaboratif de l'ENT et des outils de communication et l'intention de son intégration dans les pratiques pédagogiques.

H4) Il y a un effet de causalité des pratiques quotidiennes avec des environnements numériques (Internet, messagerie électronique) sur l'intention d'intégration de l'ENT dans les pratiques pédagogiques.

H5) Il y a une différence significative de la variable « discipline d'enseignement » sur l'utilisation des outils institutionnels et de communication.

4. Intention d'intégration d'un ENT : objectifs de recherche et proposition d'un modèle hypothétique

Afin d'obtenir des éléments de réponse à nos questions de recherche, nous orientons les réflexions autour d'un modèle regroupant trois dimensions : sociodémographique, pédagogique et technique. L'objectif général de cette recherche est de vérifier si l'articulation entre ces trois dimensions a une influence significative sur l'intention des enseignants à intégrer l'ENT Scolastance dans leur pratique d'enseignement. Deux objectifs spécifiques ont également été visés. Premièrement nous souhaitons estimer l'effet de causalité sur la variable « persévérance des enseignants avec l'ENT » et observer s'il y a un effet direct ou indirect de l'ensemble des variables indépendantes sur l'intention d'acceptation de l'ENT. Deuxièmement cette étude visait à observer s'il y a des effets liés aux différences de sexe et de discipline enseignée sur l'intention des enseignants à intégrer l'ENT dans leur pratiques malgré les difficultés techniques rencontrées. Pour atteindre ces objectifs, nos hypothèses, présentées ci-dessus, ont été vérifiées en utilisant des corrélations entre les variables du modèle (tableau 1) ainsi que la modélisation par équation structurelle, en particulier l'analyse en piste causale (figure 2). Puis nous avons testé les effets de cau-

salité de la variable modératrice « différence de sexe » en utilisant l'analyse de variance (figures 3 et 4).

4.1. Quelques apports théoriques

Dimension sociodémographique (DS) : cette dimension prend en compte les facteurs exogènes tels l'âge, la différence de sexe, l'expérience d'enseignement (figure 1). Lin (2008) à travers ses résultats de recherche, affirme que le sentiment d'efficacité des enseignants avec ces technologies dépend largement de leurs expériences et valeurs culturelles et sociales. Les nombreuses recherches sur la différence de sexe dans la relation des enseignants avec les technologies font observer des résultats variables en fonction du contexte et des valeurs culturelles mais également en fonction des catégories de ces technologies (traitement de texte, communication, simulation de calcul) et la finalité de l'usage professionnel ou personnel (Hsu & Kuan, 2013 ; Li & Kirkup, 2008). Cette nature variée des résultats des recherches antérieures nous amène à nous interroger sur l'existence d'associations entre la différence de sexe et les pratiques des enseignants avec l'ENT Scolastance. Ainsi, nous considérons la différence de sexe et l'âge comme des variables exogènes intégrées dans le modèle proposé (figure 1). À partir de cette dimension sont intégrés dans le modèle hypothétique les variables « la différence de sexe » et « l'âge ».

Dimension pédagogique (DP) : cette dimension prend en compte, dans la proposition du modèle hypothétique, l'espace collaboratif et les outils de communication. Plusieurs recherches sur la relation entre les représentations constructivistes des enseignants et l'intégration des TICE ont montré qu'elle sont un facteur important pour déterminer l'usage de l'ordinateur en classe, aussi bien chez des enseignants confirmés que des stagiaires (Rhéaume & Laferrière, 2002 ; Sang *et al.*, 2010 ; Taylor *et al.*, 1994). Sur ces mêmes questions, Honey et Moeller (1990), avaient montré que les enseignants adoptant des approches pédagogiques centrées sur l'élève, réussissent à intégrer dans leur pratique, des outils collaboratifs et des ressources numériques, sauf dans les cas où l'appropriation par l'enseignant n'est pas effective (Honey et Moeller, 1990). L'un de nos objectifs était ainsi d'observer si les enseignants mettent en œuvre des approches d'enseignement constructivistes lorsqu'ils utilisent l'ENT Scolastance, en particulier l'espace collaboratif et les outils de communication avec les élèves. Dans notre modèle, l'espace collaboratif et les outils de communication sont intégrés dans « Espaces pédagogiques » (figure 1). Dans la dimension pédagogique de notre approche se retrouvent également la variable « discipline d'enseignement ». Des recherches sur ce sujet

montrent que ces facteurs endogènes ont un effet significatif sur l'intégration de technologies par les enseignants (Hsu & Kuan, 2013 ; O'Dwyer *et al.*, 2004 ; Tondeur *et al.*, 2008).

Dimension technique (DT) : cette dimension fait référence aux concepts de l'utilisabilité (facilité d'utilisation, de prise en main) et de l'utilité perçue par les enseignants. Ces concepts ont été intégrés dans des nombreux travaux sur l'acceptation des technologies pour la formation (Sche-welle, 2012 ; Sorebo *et al.*, 2009 ; Tricot *et al.*, 2003 ; Wozney *et al.*, 2006). Nous considérons l'environnement technique comme un pré-requis regroupant l'accès à la technologie, le soutien en cas de difficultés techniques et la temporalité nécessaire à l'intégration de la technologie et ceci dans le but d'en faire un usage effectif. Dans notre étude, l'utilisabilité de l'ENT Scolastance et le niveau de persévérance dans son utilisation malgré les difficultés techniques rencontrées sont des facteurs significatifs, influant sur l'intention des enseignants à intégrer dans leur pratique. À partir de cette dimension, sont intégrés dans le modèle les facteurs « Persévérance avec l'ENT » et « pratiques quotidiennes » avec l'ordinateur et d'autres outils.

Rappelons ainsi que les éléments issus des différentes approches présentées ci-dessus, ont été utilisés pour la construction du modèle dont la description suit.

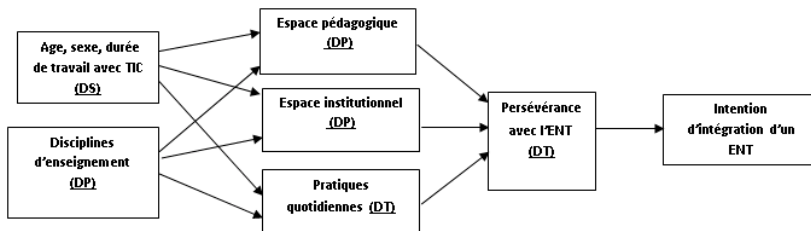


Figure 1 • Proposition d'un modèle hypothétique basé sur l'articulation des dimensions contextuelle, pédagogique et technique

4.2. Proposition d'un modèle hypothétique

Le modèle présenté sur la figure 1 est basé sur une approche de modélisation par équation structurelle (Chen, 2010 ; Sang *et al.*, 2010). Il a comme particularité un regroupement des facteurs sociodémographiques, pédagogiques (disciplines, ressources, espace collaboratif) et institutionnels (saisie de notes et absence). Par ailleurs, il prend en compte l'accès à la technologie et en particulier à l'ENT ainsi que l'usage privé et profes-

sionnel qui en est fait par les enseignants. L'Intention d'intégration d'un ENT par les enseignants, malgré les difficultés techniques rencontrées, représente la variable-réponse (variable expliquée), dans cette approche.

Rappelons qu'à travers ce modèle, nous avons vérifié si l'articulation entre ces dimensions a une influence significative sur la persévérance des enseignants avec l'ENT et sur leur intention d'usage effectif de ce même environnement numérique : y-a-t-il des effets liés aux différences de sexe, d'âge, de discipline enseignée sur l'intention de l'intégration de l'ENT dans leur pratiques ? Pour atteindre cet objectif, nos hypothèses ont été vérifiées en utilisant les corrélations entre les facteurs ainsi que la modélisation par équation structurelle, en particulier l'analyse en piste causale (figure 2). Puis nous avons testé les effets de causalité de la variable modératrice « différence de sexe ».

5. Démarche de méthodologie

Afin de tester nos hypothèses dans des conditions propices à l'obtention de résultats fiables, nous avons mis en œuvre une démarche méthodologique mixte s'appuyant sur des approches empiriques quantitatives et qualitatives. L'analyse des résultats obtenus suite à l'enquête quantitative par questionnaires réalisée auprès des enseignants des lycées professionnels et technologiques de l'Académie de Strasbourg fait l'objet du présent texte. L'inférence statistique était basée sur un échantillonnage aléatoire. Sur 41 établissements (lycées professionnels et technologiques), sollicités par courriel, 71 % ont proposé notre questionnaire à leurs enseignants. Le taux de retour est de 24,5 %. Notre échantillon valide était composé de 430 enseignants de lycée ayant répondu à cette enquête.

En nous appuyant sur le modèle proposé dans le paragraphe 4 nous avons construit un questionnaire structuré en trois parties concernant l'Espace institutionnel (espace de saisie d'absences, de notes, cahier de texte), l'Espace pédagogique (ressources numériques et outils de communication, l'espace collaboratif) et la Persévérance dans l'utilisation de l'ENT Scolastance, malgré d'éventuelles difficultés techniques rencontrées par les enseignants interrogés. Le questionnaire était composé de trente questions portant sur l'usage quotidien de l'ordinateur, des outils institutionnels et de communication, et sur l'utilisabilité de l'ENT Scolastance et sa maniabilité (Betrancourt, 2007 ; Tricot *et al.*, 2003). Les variables endogènes étaient ce que les enseignants disent de l'usage quotidien de l'environnement numérique, les outils institutionnels (absences, notes, bulletin de notes, relevé de notes, cahier de texte en ligne et papier), de communication (messagerie, forum), de persévérance dans l'utilisation de

l'ENT (difficultés lors de la prise en main de l'ENT, persistance de difficultés, autonomie dans la résolution des problèmes techniques) ainsi que l'usage de l'espace collaboratif et de ressources numériques (Kiosque numérique, BCDI, etc). Les variables exogènes étaient l'âge, la différence de sexe, l'expérience avec l'ordinateur, les disciplines académiques.

Une deuxième étape de notre cadre méthodologique consistait en une série d'entretiens semi-directifs auprès de 19 enseignants volontaires sur les 430 participants à l'enquête par questionnaire. L'objectif de cette démarche qualitative était d'introduire une approche complémentaire, compréhensive, dans l'interprétation des résultats obtenus suite à l'enquête quantitative.

6. Traitement des résultats: approches quantitative et qualitative

Dans le traitement statistique de ces données nous avons utilisé les statistiques descriptives, corrélations, analyse de variance (ANOVA) et modélisation par analyse structurelle (Quinn & Keough, 2002 ; Vaus, 2002). Les traitements statistiques ont été réalisés en utilisant le logiciel SPSS V. 17 pour les statistiques descriptives et l'analyse de variance et AMOS V.16 pour l'analyse en piste causale dans la modélisation par équation structurelle (Arbuckle, 2007). Précisons que l'analyse de variance ANOVA est utilisée pour comparer s'il y a différence significative entre deux ou plusieurs groupes.

6.1. Analyse de corrélations

Une analyse bi-variée entre les différentes variables du modèle a également été mise en place. Le tableau 1 page suivante regroupe les valeurs de la matrice de corrélation, les moyennes ainsi que les déviations standard (SD), N représentant la part des répondants sur la totalité de l'échantillon.

Comme nous l'observons sur le tableau 1, il y a des relations significatives positives entre l'usage quotidien de l'environnement numérique (Internet, ENT) et l'intention d'intégration de l'ENT par les enseignants malgré les difficultés techniques rencontrées (Persévérance des enseignants avec l'ENT). De même, il y a une relation significative positive entre l'usage qui est fait par les enseignants, des outils de communication et de l'espace collaboratif, et l'impact de l'ENT sur la persévérance des enseignants avec l'ENT. Cependant, on observe sur la figure 2 qu'il y a une relation significative négative entre l'usage des outils institutionnels et l'intention d'acceptation de l'ENT malgré les difficultés techniques rencontrées.

Tableau 1 • Moyenne, Déviation standard, Corrélations entre les variables du modèle

	N	Moyenne	DS	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
(1) Outils Institutionnels	419	1.4487	.63707	1						
(2) Ressource Numérique	424	.2052	.53517	.25	1					
(3) Espace Communication	354	2.1977	.76791	.066	.106*	1				
(4) Espace Collaboratif	420	.3667	.48247	.177**	.209**	.266**	1			
(5) Usage quotidien	426	2.0822	.57009	.054	.035	.412**	.128**	1		
(6) Persévérance des enseignants avec l'ENT	411	1.7056	1.00654	.083	.178**	.287**	.310**	.160**	1	
(7) Intention d'acceptation	400	5.3100	2	-.097	.066	.081	.072	.187**	.057	1

* $p < .05$
 ** $p < 0.01$

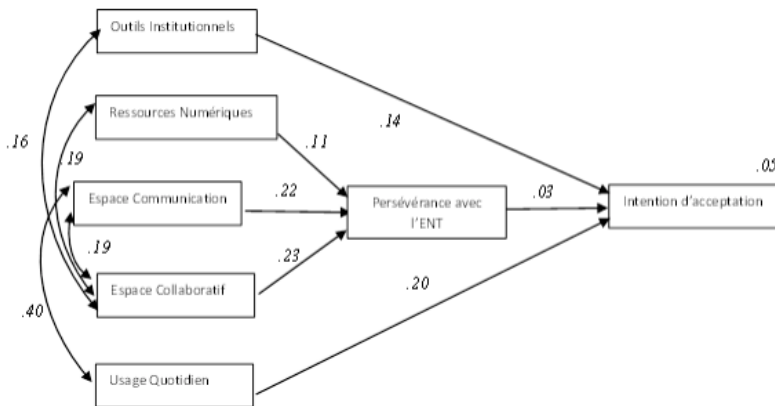


Figure 2 • Pistes causales du modèle proposé

6.1. Modélisation par équation structurelle

Afin de tester notre proposition, nous avons utilisé une modélisation par équation structurelle, en occurrence, et l'analyse en piste causale. Avant de décrire nos résultats sur le test du modèle proposé, nous donnons quelques considérations théoriques sur la technique de modélisation

par équation structurelle. Lorsqu'on utilise cette approche pour tester un modèle, quatre niveaux se distinguent : spécification, identification, estimation et test (Byrne, 2010 ; Hair *et al.*, 2010 ; Loehlin, 2004 ; Schumacker & Lomax, 2004). Le premier niveau, la spécification, concerne le modèle hypothétique qui est construit à partir des questions de recherche en lien avec une revue de littérature. Ceci implique le processus de sélection des variables et une proposition de leur relation dans le modèle (Schumacker et Lomax, 2004, p.62). Le deuxième niveau se réfère à l'identification de la structure de données. La validité de cette étape dépend du résultat d'estimation (troisième niveau). Le nombre des points (données) doit être supérieur ou égal au nombre de paramètres dans le modèle. Si cette condition n'est pas satisfaite, le logiciel AMOS n'autorise pas le passage à l'étape de test du modèle. La dernière étape implique le test du modèle. Ainsi, lorsqu'on utilise la technique de modélisation par équation structurelle, l'objectif est d'explorer le degré de significativité statistique du modèle proposé. En effet, il s'agit de tester dans quelle mesure un modèle théorique est supporté et vérifié par les données de l'échantillon d'une étude.

Dans notre cas, nous avons traité les données d'un échantillon de 430 enseignants de lycée de l'Académie de Strasbourg. Cette taille d'échantillon impose de suivre les recommandations des chercheurs en statistique, en ne se limitant pas aux seules valeurs du test du Chi-carré normé. Nous avons donc intégré dans le processus de test, les valeurs d'autres indices tels le NFI, CFI, RMSEA, ce qui améliore la qualité d'ajustement dans le test de notre modèle (Hair *et al.*, 2010 ; Lomax, 1983 ; Tabachnick & Fidell, 2007). En effet, nous étions intéressées à déterminer le meilleur modèle parmi ceux présentés dans le tableau 2.

Tableau 2 • Évaluation de l'ajustement des modèles valides

Modèle	χ^2	Df	P	CMIN/df	NFI	CFI	RMSEA
1	10.937	8	0.206	1.367	0.949	0.984	0.029
2	15.347	9	0.082	1.705	0.928	0.966	0.040
3	15.488	10	0.115	1.549	0.927	0.970	0.035
4	16.320	11	0.013	1.484	0.923	0.971	0.033
5	21.300	12	0.046	1.775	0.900	0.950	0.042
6	21.109	11	0.032	1.913	0.901	0.945	0.046

L'un de nos objectifs spécifiques était d'estimer l'effet de causalité sur la variable « persévérance des enseignants avec l'ENT » et d'observer s'il y a effet direct et indirect de l'ensemble des variables indépendantes sur

l'intention d'acceptation de l'ENT. Le $\chi^2 = 16,320$ (df = 11), $p < 0,013$ est significatif : il est évident que pour un grand échantillon comme le nôtre, $N = 430$, la valeur du chi-carré peut être significative (Tabachnick & Fidell, 2007). Par conséquent nous constatons que le chi-carré « normé » (normed chi-square), *i.e.*, $\chi^2 / df = 1.484$ est dans la limite acceptable. En plus, les mesures d'ajustement incrémental, l'Index normé d'ajustement (Normed fit index) $NFI = 0,923$, l'Index d'ajustement comparatif (Comparative fit index) $CFI = 0,971$ et l'Erreur moyenne quadratique (Root Mean square error of approximation) $RMSEA = 0,033$ montrent que nos données valident bien le modèle. En outre, les coefficients en piste causale pour les variables ressources numériques, usage de l'espace collaboratif et de communication ont un effet significatif direct sur la variable « persévérance dans l'utilisation de l'ENT » alors que les pratiques quotidiennes avec des outils numériques et l'utilisation des outils institutionnels ont un effet significatif direct sur l'intention d'acceptation de l'ENT dans les pratiques pédagogiques.

Suite aux résultats obtenus, nous pouvons conclure que notre première hypothèse a été validée. Dans le modèle de la figure 2 on observe que parmi les cinq variables indépendantes, l'usage des ressources numériques, des outils de communication et de l'espace collaboratif, prédisent indirectement, à travers la variable « Persévérance dans l'utilisation de l'ENT », l'intention d'intégration de l'ENT dans les pratiques des enseignants, tandis que les variables « espaces institutionnels » et « pratiques quotidiennes avec des outils numériques » la prédisent directement.

Par ailleurs, nos données ont validé plusieurs modèles (tableau 2). En appliquant le test de différence de chi-carré (Hair *et al.*, 2010), les résultats affichés dans le tableau 2 indiquent que les modèles 2, 4 et 5 sont meilleurs que les autres. Le modèle 4 est le meilleur de tous.

6.2. Vérification des hypothèses pour la différence de sexe et la discipline d'enseignement

Pour la vérification de nos hypothèses, nous utilisons les pistes causales illustrées sur les figures 3 et 4 ainsi que les valeurs des coefficients de régression linéaire indiqués sur ces mêmes figures. Ainsi, en ce qui concerne la première hypothèse (H1) « Il y a un effet significatif des différences de sexe sur la relation entre l'acceptation d'utilisation d'outils institutionnels (saisie des notes, saisie des absences, édition des bulletins de notes et le relevé des notes) et l'intention d'intégration de l'ENT dans les pratiques des enseignants », les valeurs du coefficient de régression ($\beta = -15$ pour hommes ; $\beta = -07$ pour femmes) montrent que la différence

de sexe a une influence négative mais pas significative pour les relations de causalité entre l'usage des outils institutionnels et l'intention d'acceptation de l'ENT par les enseignants. Ceci amène à conclure que lors de la rencontre d'une difficulté technique, l'abandon est préféré par les deux catégories de sujets. Cependant, ce sont plus les femmes qui abandonnent l'usage des outils institutionnels que les hommes.

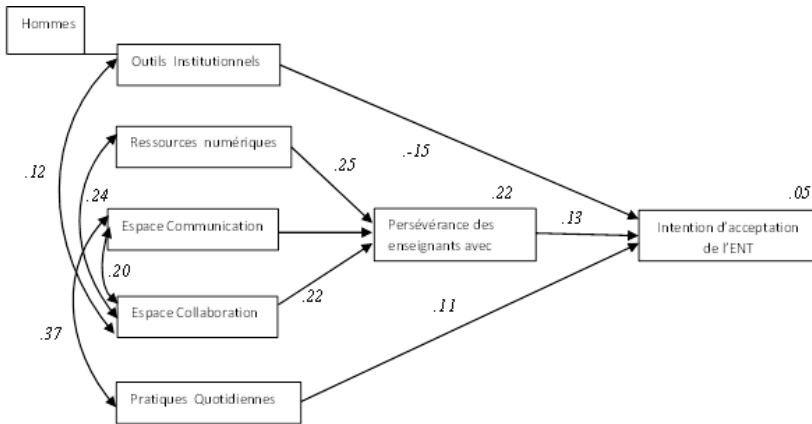


Figure 3 • Influence du genre (catégorie-hommes) sur les relations entre variables

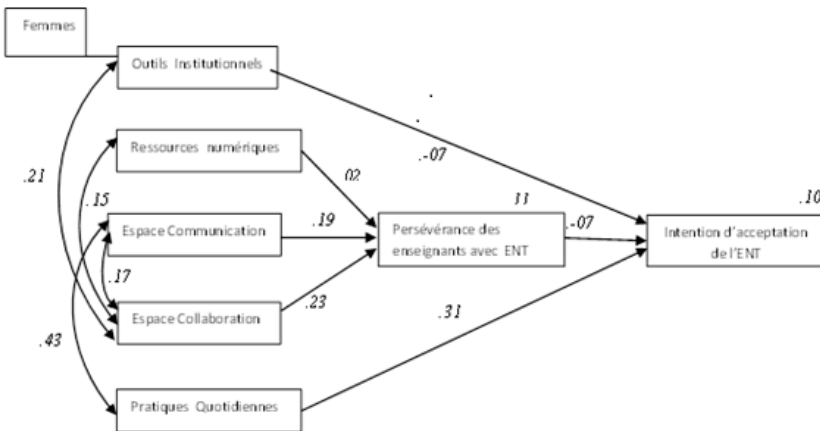


Figure 4 • Influence du genre (catégorie-femmes) sur les relations entre variables

L'hypothèse 2 (H2) « Il y a un effet significatif de la variable 'différence de sexe' sur la relation entre la persévérance dans l'utilisation l'ENT (malgré des difficultés techniques rencontrées) et l'intention de son intégration dans les pratiques pédagogiques des enseignants du secondaire » est également vérifiée dans cette étude. Ainsi, comme montrent les figures 3 et 4, la variable « différence de sexe » influe sur l'intégration de l'ENT dans les pratiques pédagogiques, en ce sens que contrairement aux enseignantes, cette relation se montre positive mais pas significative pour les enseignants. Ce contraste peut s'expliquer par le fait que les enseignantes, en situation de difficulté technique, abandonnent l'utilisation des fonctionnalités intégrées dans l'ENT. Alors que pour les enseignants qui déclarent intégrer l'ENT dans leur pratique pédagogique, l'intention d'usage effectif augmente. En ce qui concerne l'hypothèse 3 (H3) « Il y a un effet significatif indirect de la variable "différence de sexe" sur la relation entre l'acceptation d'utilisation de l'espace collaboratif de l'ENT et des outils de communication et l'intention de son intégration dans les pratiques pédagogiques » les résultats obtenus indiquent l'existence d'une influence significative directe de l'usage de ces outils sur la persévérance dans l'intégration de l'ENT dans les pratiques pédagogiques, autant pour les enseignants que pour les enseignantes. En revanche, nous n'avons pas trouvé d'effet significatif indirect sur l'intention d'intégration de l'ENT par les deux catégories d'enseignants interrogés. Les résultats obtenus suite à l'analyse en pistes causales pour tester l'hypothèse 4 (H4) « Il y a un effet de causalité de pratiques quotidiennes avec des environnements numériques (comme Internet, courriel) sur l'intention d'intégration de l'ENT dans les pratiques pédagogiques » tendent vers la validation de celle-ci (figure 2).

L'hypothèse 4 est également validée selon les résultats illustrés sur les figures 3 et 4. En effet, pour les enseignantes, cette relation de causalité est significative pour $\beta = ,31$ mais elle ne l'est pas pour les enseignants. Chez les enseignantes, contrairement aux enseignants, l'usage quotidien de l'ordinateur augmente le niveau d'intention d'acceptation de l'ENT malgré les difficultés techniques.

Afin de vérifier la dernière hypothèse (H5) « Il y a une différence significative de la variable « disciplines » sur l'usage d'outils institutionnels et usage d'outils de communication », nous avons utilisé la technique d'analyse de variance (ANOVA). Les résultats obtenus nous amènent à considérer qu'il y a un effet significatif des disciplines d'enseignement sur l'utilisation des fonctionnalités de l'ENT et particulièrement sur

l'utilisation d'outils de communication pour $F(4, 343) = 3,782$, $p < 0,001$. De plus, nous précisons que, parmi les disciplines, le domaine « Professionnel » ($M = 2,231$, $SD = 0,514$) a un effet plus significatif sur l'usage des outils de communication dans l'ENT. En revanche, il n'y a pas d'effet significatif de cette même variable sur l'usage des outils institutionnels.

6.3. Traitement et interprétation des entretiens

Nos résultats obtenus à partir de l'enquête quantitative sont complétés par une série d'entretiens menés auprès de dix-neuf enseignants de lycée professionnels de l'Académie de Strasbourg. Les entretiens ont été réalisés dans la période 2010-2013. Cet échantillon s'est constitué selon une approche par « volontariat », les répondants n'étant pas en conflit d'intérêt avec l'équipe de chercheurs.

6.3.1. Procédure de traitement

Les entretiens ont été enregistrés puis retranscrits par nos soins afin de rendre le contenu accessible à une analyse thématique. Ces données ont été traitées par analyse catégorielle de contenu (L'Écuyer, 1990). Une première série de lectures successives du corpus constitué des retranscriptions de ces dix-neuf entretiens a permis de dégager des catégories thématiques et de constituer notre grille d'analyse. Nous avons ainsi pu observer que le discours se structurait autour de thèmes sur l'utilisation des outils institutionnels (absences, bulletin de notes), de communication (messagerie électronique) et pédagogiques, intégrés dans l'ENT Scolastance.

Dans cette recherche, nous considérons le cahier de texte et l'espace collaboratif comme éléments pédagogiques de l'ENT Scolastance.

Nous avons pris en compte les disciplines d'enseignement des enseignants interrogés et les arguments qu'ils donnaient quant au choix d'utiliser l'ENT, notamment la fréquence d'utilisation et le type de pratique qu'ils avaient.

6.3.2. Interprétation des résultats

L'échantillon interrogé regroupait des enseignants en mathématiques, en histoire-géographie, en langues, en économie-gestion, en commerce et en physique et biotechnologie. Il était constitué de 13 hommes et 6 femmes dont l'expérience d'enseignement variait de sept à trente-cinq ans. Nous avons constaté à travers les discours, que la fréquence d'utilisation des outils intégrés varie de « tous les jours » à « jamais ». À l'exception de 2/19 enseignants, tous les autres déclaraient utiliser systématiquement (tous les jours) l'outil de gestion des absences et le bulletin

de notes. Le cahier de texte était également utilisé par une grande majorité des interviewés. Parmi les dix-neuf qui déclaraient l'utiliser systématiquement, deux enseignants disaient le faire « parce que c'est obligatoire (ens_9_math ; ens_1_géogr)».

Par ailleurs, les perceptions des enseignants sur la dimension pédagogique de l'ENT, ont été repérées dans le contenu des entretiens. Ainsi, le cahier de texte, l'espace collaboratif et les ressources numériques telles que l'encyclopédie Kiosque Numérique Educatif (KNE), ont été perçus par leurs utilisateurs – enseignants interrogés – comme étant des outils numériques à finalité pédagogique. En enseignement des langues, les enseignants disent utiliser le cahier de texte numérique en y intégrant pour leurs élèves, des pièces jointes de type application Webquest. Cependant, des problèmes d'incompatibilité logicielle liés aux documents joints du cahier de texte numérique, sont évoqués par des enseignants en mathématiques. Ces enseignants utilisent leurs cahiers de texte en joignant des documents personnels, spécifiques à leur discipline d'enseignement, dont le format n'est pas toujours compatible avec les logiciels de traitement de texte disponibles sur les ordinateurs en classe.

L'espace collaboratif et l'encyclopédie KNE sont également intégrés dans la pratique pédagogique des enseignants interrogés notamment en mathématiques, en économie-gestion et en histoire et géographie. Dans l'espace collaboratif, les fonctionnalités de stockage et de partage de documents avec les élèves, sont utilisées pour faire, par exemple, des corrections de devoirs. En revanche, les enseignants en langues, déclaraient ne pas utiliser ces fonctionnalités (collaboratives et espace-ressources KNE) en raison de problèmes techniques rencontrés en classe ou d'un manque de maîtrise d'utilisation techno-pédagogique de ces outils numériques.

7. Discussions et limites de recherche

Les résultats de cette étude montrent que la généralisation de l'ENT Scolastance dans les établissements d'enseignement secondaire est perçue par les enseignants participants à notre enquête comme une étape de transition dans le processus d'intégration des technologies numériques dans les pratiques d'enseignement et d'apprentissage. Nous souhaitions savoir quels espaces de l'ENT Scolastance étaient utilisés et dans quelle mesure les enseignants – utilisateurs potentiels de cet environnement numérique – les intégraient dans leurs pratiques pédagogiques. Des hypothèses liées aux relations entre la différence de sexe et l'utilisation d'outils intégrés dans l'ENT, ont été posées et vérifiées par les résultats obtenus suite à notre enquête quantitative par questionnaires fermés. L'existence

de différences entre les disciplines d'enseignement en rapport avec l'utilisation d'outils de communication ou institutionnels, a également fait l'objet de cette étude.

Les résultats obtenus par rapport à la différence de sexe montrent que l'utilisation de l'espace collaboratif et des outils de communication a un effet significatif direct sur l'intention d'intégration de l'ENT Scolastance autant dans les pratiques des enseignantes que dans celles des enseignants. Cependant, les enseignantes qui rencontraient des difficultés de maîtrise technique ou des problèmes d'accès au matériel informatique, abandonnaient l'utilisation des fonctionnalités intégrées dans l'ENT. Alors que chez les enseignants qui ont déclaré persévérer dans l'utilisation des fonctionnalités de l'ENT malgré les difficultés de maîtrise technique rencontrées, l'intention d'usage effectif augmente. Nous avons également observé chez les enseignantes, contrairement aux enseignants, que l'usage quotidien de l'ordinateur augmente le niveau d'intention d'acceptation de l'ENT malgré les difficultés techniques.

Des résultats similaires ont été observés par Kay (2006) dans une étude sur le genre et les attitudes des enseignants envers les technologies numériques. En effet, ses résultats montraient une influence significative du genre sur les attitudes des enseignants, uniquement avant l'implantation d'un environnement numérique dans l'école. Les enseignants interrogés avaient des attitudes plus positives que les enseignantes envers les technologies (Kay, 2006). Alors que l'ENT Scolastance était implanté depuis plusieurs années, des résultats de notre étude amènent à constater que les enseignants abandonnent moins que les enseignantes l'utilisation des fonctionnalités de gestion de classe (absences, cahier de texte, bulletin de notes), de communication et de collaboration.

La perception des enseignants sur l'utilisabilité et l'utilité du cahier de texte, des espaces d'information et de communication d'un ENT, a également fait l'objet d'études récentes (Genevois & Poyet, 2010 ; Schneewele, 2012 ; Voulgre, 2011). Nos résultats corroborent ces études par des observations sur l'utilisation du cahier de texte, de la gestion des absences et du bulletin de notes. Les outils à visée « pédagogique » tels que l'espace collaboratif et de ressources de type encyclopédie accessibles via l'ENT Scolastance ne s'avèrent que partiellement intégrés par les enseignants interrogés. Les non-utilisateurs soulignent, notamment dans leurs entretiens, des problèmes d'utilisabilité et d'utilité pédagogique. En revanche, les enseignants potentiellement intéressés précisent vouloir d'avantage les utiliser si leur fonctionnement devient stable du point de vue technique.

Dans une direction similaire à celle des travaux de Voulgre (2011), ces constats amènent à considérer que le potentiel pédagogique en lien avec les ENT n'est que partiellement exploité.

La question sur les différences significatives entre les disciplines d'enseignement et l'utilisation des fonctionnalités de l'ENT a été traitée dans le cadre de cette contribution. Les résultats indiquent qu'il y a une différence significative entre les disciplines d'enseignement et l'utilisation des outils de communication. Rappelons que parmi les disciplines des enseignants interrogés, le domaine « Professionnel » a un effet plus significatif sur l'usage des outils de communication dans l'ENT. En revanche, il n'y a pas d'effet significatif de cette même variable sur l'usage des outils institutionnels. Ce résultat est probablement lié au profil de lycées, technologique et professionnel, utilisé dans ce travail. En prenant en compte l'approche qualitative de ce travail, les discours des entretiens soulignent que les enseignants des disciplines à visée professionnelle, auxquelles forment les établissements de notre étude, utilisent souvent l'espace de communication sur l'ENT pour communiquer avec les élèves stagiaires se trouvant dans leurs entreprises d'accueil.

Le lien entre la discipline d'enseignement et l'utilisation pédagogique de l'espace collaboratif et du cahier de texte fait aussi l'objet de discussion à partir des résultats des entretiens. Bien que statistiquement nos données ne révèlent pas de différences de discipline dans l'utilisation du cahier de texte numérique, les entretiens nous font remarquer quelques éléments d'usage chez des enseignants en géographie et en langues. Ainsi, en langues, histoire et géographie, les enseignants disent ne pas savoir utiliser techniquement l'espace collaboratif mais perçoivent l'utilité pédagogique du cahier de texte numérique, en l'utilisant avec des applications interactives pour les élèves. De plus, en langues, les enseignants interrogés perçoivent le potentiel didactique des ressources numériques et disent en faire un usage systématique dans leur séance de cours. En revanche, des enseignants en mathématiques utilisent l'espace collaboratif et de stockage pour la correction des devoirs ou pour la mise à disposition des élèves des ressources complémentaires au cours. Ces observations corroborent celles de Sutherland *et al.* (2004), Jedeskog (2005) et Erixon (2010).

Limites de cette recherche

Cette contribution présente les résultats d'une recherche sur les pratiques pédagogiques des enseignants avec les technologies numériques et en particulier avec l'ENT Scolastance développé dans le cadre du projet ENTEA2 (Environnement Numérique de Travail en Alsace). Elle tente

d'apporter des éléments de réponse à des questions liées à l'influence de différence de sexe et des disciplines d'enseignements sur l'utilisation de cet ENT par des enseignants de lycées technologiques et professionnels dans l'Académie de Strasbourg.

Néanmoins, elle présente des limites conceptuelles et méthodologiques. En ce qui concerne les aspects conceptuels, notre recherche utilise les concepts d'utilité, utilisabilité et pratique pédagogique et interroge les perceptions des enseignants sur ces trois concepts liés aux technologies numériques. Si l'étude des deux premiers concepts peut se réaliser selon une approche quantitative d'enquête par questionnaire, ce n'est pas le cas dans l'étude des pratiques pédagogiques. Telles que nous les avons bien définies, les pratiques pédagogiques sont en lien avec les élèves. Pour augmenter la fiabilité conceptuelle et méthodologique et la qualité des résultats d'une recherche similaire, un protocole d'expérimentation qui intègre les élèves s'impose donc.

En ce qui concerne les aspects méthodologiques, les limites se situent au niveau de la taille de l'échantillon pour les entretiens. De plus une approche mixte (quantitative et qualitative) longitudinale apportera des éléments pertinents dans la compréhension des résultats observés sur l'évolution des pratiques pédagogiques chez les enseignants et les élèves.

8. Conclusion

Nous concluons cette première étude en soulignant que les résultats obtenus tendent à mettre en évidence que l'ENT est perçu avant tout comme un « outil de communication » via la messagerie, ou encore comme moyen de répondre aux usages prescrits par l'institution (saisie des notes, des absences, des remarques sur les bulletins...). De plus, ces résultats montrent l'existence d'associations entre sexe et discipline, d'une part, les outils institutionnels, de communication et difficultés techniques, d'autre part. L'utilisation des TICE par les enseignants (femmes et hommes) des différentes disciplines n'est pas fortement ancrée dans les pratiques pédagogiques en classe ou dans la conception des supports de cours (Zender, 2010). Par ailleurs, les résultats de l'analyse thématique des entretiens auprès d'un échantillon de dix-neuf enseignants de lycées professionnels nous amène à observer la tendance de leur argumentation sur le non-usage de l'ENT Scolastance à des fins pédagogiques (manque de formation pédagogique avec ces environnements numériques, problèmes techniques rencontrés pendant les séances en classe). Ainsi, ils regrettent la dimension verticale dans les usages prescrits qui s'adressent à un enseignant imaginaire et qui ne répondent pas à des besoins réels éprouvés et

ressentis au quotidien dans leur pratique pédagogique. À partir de ces considérations, nous interrogeons l'écart entre la nature prescriptive de l'utilisation et celle déclarée, à savoir s'il y a un lien entre les attitudes des enseignants envers l'utilisation des TICE et en particulier de l'ENT Scolastance et l'intégration de ces outils dans les pratiques des enseignants. Ou alors, les enseignants ressentent-ils un besoin de formation pas tant technique que de nature réflexive, visant l'accompagnement à l'intégration effective dans leurs pratiques pédagogiques ?

Les résultats de l'analyse de nos entretiens (N = 19) ont montré que les pratiques avec les technologies, y compris avec l'ENT, sont loin d'être systématiques ou généralisées. Des enseignants sont passés au « tout numérique » dans certaines disciplines : histoire et géographie, langues vivantes, technologie ou sciences physiques. D'autres n'en font aucun usage, par manque de pratique, par inexpérience ou par absence de familiarité avec les outils numériques : un tel manque interroge les élèves et les parents d'élèves qui ne comprennent pas pourquoi les usages d'outils aussi performants ne sont pas généralisés.

Remerciements

Nous tenons remercier chaleureusement Sylvie Zender, Professeure au Lycée Oberlin à Strasbourg pour sa contribution très efficace lors de la mise en place de l'enquête ainsi que tous les enseignants des lycées professionnels de l'Académie de Strasbourg qui ont participé à cette recherche.

BIBLIOGRAPHIE

ADAMS N. (2002). Educational computing concerns of postsecondary faculty. *Journal of Research on Technology*, Vol. 34 n° 3, 285-303.

AJZEN I., FISHBEIN M. (1977). Attitude-behavior relations: À theoretical analysis and review of empirical research. *Psychological Bulletin*, Vol. 84, 888-918.

ARBUCKLE J.L. (2007). *Amos 16.0 User's Guide*. Chicago: SPSS

BALANSKAT À., BLAMIRE R., KEFALA S. (2006). *The ICT Impact Report: À review of studies of ICT impact on schools in Europe*. European Schoolnet: Education and Culture.

BANDURA À. (1977). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, Vol 84 n° 2, 191-215.

BECTA (2008). Web 2.0 technologies for learning. The current landscape – opportunities, challenges and tensions, May 2008, http://dera.ioe.ac.uk/1474/1/becta_2008_web2_currentlandscape_litrev.pdf (consulté le 10/09/2013)

BETRANCOURT M. (2007). L'ergonomie des TICE, quelles recherches pour quels usages sur le terrain ?, dans Charlier B., Peraya D. (Eds) *Regards croisés sur la recherche en technologie de l'éducation*, De Boeck, Bruxelles, 2007.

BOUABENG-ANDOH C. (2012). Factors influencing teachers' adoption and integration of information and communication technology into teaching: À review of the literature. *International Journal of Education and Development using Information and Communication Technology (IJEDICT)*, Vol. 8 n° 1, 136-155.

BRENNAN R., MCFADDEN M, LAW E. (2001). *Review of research: All that glitters is not gold: online delivery of education and training*. Australian National Training Authority, Leabrook, South Australia: NCVET.

BRUILLARD E. (1997). « L'ordinateur à l'école : de l'outil à l'instrument ». In Pochon L.-O., Blanchet À., (eds.). *L'ordinateur à l'école : de l'introduction à l'intégration*, IRDP, Neuchâtel, (Version légèrement modifiée publiée comme Point de vue dans *Sciences et Techniques Éducatives*, Vol. 5 n° 1, 99-118.

BRUILLARD E. (2011). Le déploiement des ENT dans l'enseignement secondaire : entre acteurs multiples, dénis et illusions. *Revue française de pédagogie*, n° 177, 101-130.

BUSCH T. (1995). Gender differences in self-efficacy and attitudes toward computers. *Journal of Educational Computing Research*, Vol. 12, 147-158.

BYRNE B.M. (2001). *Structural equation modeling with AMOS. Basic concepts, applications, and programming*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

CHAPTAL À. (2007). Usages prescrits ou annoncés, usages observés. Réflexions sur les usages scolaires du numérique par les enseignants. *Document numérique*, Vol. 10, 81-106.

CHEN R.J. (2010). Investigating models for preservice teachers' use of technology to support student-centered learning. *Computers & Education*, n° 55.

CHIEN Y.T., CHANG C.Y., YEH T.K., CHANG K.E. (2012). Engaging pre-service science teachers to act as active designers of technology integration: À MAGDAIRE framework. *Teaching and Teacher Education*, Vol. 28 n° 4, 578-588.

DAVIS F.D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, Vol. 13 n° 3, 319-339.

DE SMET S., BOURGONJON J., DE WEVER B., SCHELLENS T., VALCKE M. (2012). Researching instructional use and the technology acceptance of learning management systems by secondary school teachers. *Computers & Education*, Vol. 58, 688-696.

DURPAIRE J.-L., DOUAULT D., LHÉRÉTE À., PEREZ M. (2012). Le plan « un collegien, un ordinateur portable » dans le département des Landes. Rapport n°2012-148.

EDUCNET (2012). Accessible depuis : <http://www.educnet.education.fr/services/ent> (consulté le 10/09/2013)

ENGESTRÖM Y., (1987). *Learning by expanding : an activity-theoretical approach to developmental research*, Orienta-Konsultit, Helsinki, ISBN : 10-9519593322.

ENTEÀ (2010). Accessible depuis : <http://projets-ent.com/2010/06/18/entea-un-ent-en-alsace/> (consulté le 10/09/2013)

ERIXON P.-O. (2010). School subject paradigms and teaching practice in lower secondary Swedish schools influenced by ICT and media. *Computer & Education*, Vol. 54, 1212-1221.

ERTMER P., OTTENBREIT-LEFTWICH À., SADIK O., SENDURUR E., SENDURUR P. (2012). Teacher beliefs and technology integration practices: A critical relationship. *Computers & Education*, Vol. 59, 423-435.

FIELD À. (2009). *Discovering Statistics Using SPSS* (3 ed.). London: SAGE Publications Ltd.

FRANKLIN C. (2007). Factors that influence elementary teachers' use of computers. *Journal of Technology and Teacher Education*, Vol. 15, 267-293.

GAGNE M., DECI E.L. (2005). Self determination theory and work motivation. *Journal of organizational behavior*, Vol. 26 n° 4, 331-362.

GENEVOIS S., POYET F. (2010). Espaces numériques de travail (ENT) et « école étendue ». *Distances et savoirs*, Vol. 8, 565-583.

GINIOUX P., NARCY M. (2002). « Le cartable électronique ». *Médialog*, n° 43.

HAIR J.F., BLACK W. C., BABIN B. J., ANDERSON R. E. (2010). *Multivariate Data Analysis* (7e édition). London. Prentice Hall.

HONEY M., MOELLER B. (1990). Teachers' beliefs and technology integration: Different understandings. *Technical Report Issue*, 6, Washington, D.C.: Office of Educational Research and Improvement.

HSU S., KUAN P.-Y. (2013). The impact of multilevel factors on technology integration: the case of Taiwanese grade 1-9 teachers and schools. *Educational Technology Research and Development*, Vol. 61 n° 1, 25-50 .

JAILLET À., DAGUET H. (2002). « Un collégien, un ordinateur portable ». Rapport final, Université Louis Pasteur, Strasbourg.

JEDESKOG G.(2005). *Ch@nging school: implementation of ICT in Swedish school, campaigns and experiences 1984-2004*. Uppsala: Uppsala universitet.

KAY R.H. (2006). Evaluating strategies used to incorporate technology into preservice education: À review of the literature. *Journal of Research on Technology in Education*, Vol. 38 n° 4, 383-408.

KARSENTI T., RABY C., VILLENEUVE S. (2008). Quelles compétences technopédagogiques pour les futurs enseignants du Québec ? *Formation et pratiques d'enseignement en questions*, Vol. 8 n° 7, 117-138.

LAROSE F., JAILLET À. (2009). *Traces numériques en enseignement et formation : analyses et usages*. L'Harmattan : coll.Sciences et Société, Paris, 234 p.

L'ÉCUYER R. (1990). *Méthodologie de l'analyse développementale de contenu : méthode GPS et concept de soi*. Québec, Canada : Presses de l'Université du Québec.

LI N., KIRKUP G. (2008). Gender and cultural differences in Internet use: À study of China and the UK. *Computers & Education*, Vol. 48, 301-317.

LIN C.Y. (2008). Preservice teachers' beliefs about using technology in the mathematics classroom. The entity from which ERIC acquires the content,

including journal, organization, and conference names, or by means of online submission from the author. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, Vol. 27 n° 3, 341–360.

LOEHLIN J.C.(2004). *Latent Variable Models: An Introduction to Factor, Path and Structural Equation Analysis*, Lawrence Erlbaum Assoc Inc.

LOMAX R.G. (1983). Applying structural modeling to some component processes of reading comprehension development. *Journal of Experimental Education*, Vol. 52 n° 1,33-40.

LONN S., TEASLEY S. D. (2009). Saving time or innovating practice: investigating perceptions and uses of learning management systems. *Computers & Education*, Vol. 53, 686–694.

MEN (2008). Schéma stratégique de systèmes d'Information et des Télécommunication, Accessible depuis : <http://media.education.gouv.fr/file/56/2/3562.pdf> (consulté le 9/09/2013)

MEN (2012). De la maternelle au baccalauréat – L'utilisation du numérique et des TICE à l'École. Ministère de l'éducation nationale, <http://www.education.gouv.fr/cid208/utilisation-des-nouvelles-technologies.html> (consulté le 10/09/2013).

MISSONIER S. (2008). *Comprendre pour aider. Analyse réticulaire de projets de mise en œuvre d'une technologie de l'information : le cas des espaces numériques de travail*. Thèse, Sciences de gestion, Université de Nice.

NORRIS D., MCQUEEN J. M., CUTLER À. (2003). Perceptual learning in speech. *Cognitive Psychology*, Vol. 47, 204–238.

O'DWYER L.M., RUSSELL M., BEBELL D.J. (2004). Identifying teacher, school and district characteristics associated with elementary teachers 'use of technology: a multilevel perspective. *Education Policy Analysis Archives*, Vol. 12/48, 1-33.

PUIMATTO G. (2006). *Les réseaux numériques éducatifs régulateurs, acteurs et vecteurs de l'évolution des pratiques et de l'organisation des établissements et de l'institution scolaires*. Thèse en Sciences de l'information et de la communication, Université Paris 13.

QUINN G.P., KEOUGH M.J. (2002). *Experimental Design and Data Analysis for Biologists*. Cambridge: Cambridge University Publishers.

RABARDEL P., (1995). *Les hommes et les technologies : une approche cognitive des instruments contemporains*. PDF, 103 p.

RHEAUME J., LAFERRIERE T. (2002). Les communautés virtuelles d'apprentissage. Dans R. Guir (dir.), *Pratiquer les TICE. Former les enseignants et les formateurs à de nouveaux usages* (p. 143-158). Bruxelles : De Boeck.

RUTHVEN K., HENNESSY S., DEANEY R. (2005). Incorporating Internet resources into classroom practice. Pedagogic practices and strategies of secondary – school subject teachers. *Computer & Education*, n° 44.

SANG G., VALCKE M., VAN BRAAK J., TONDEUR J. (2010). Student teachers' thinking processes and ICT integration: Predictors of prospective teaching behaviors with educational technology. *Computers & Education*, n° 54.

SCHNEEWELE M. (2012). *Implantation d'un E.N.T. dans l'enseignement secondaire, analyse et modélisation des usages : le cas lorrain*. Thèse de doctorat, Université de Lorraine.

SCHUMACKER R.E., LOMAX R.G. (2004). *A Beginner's Guide to Structural Equation Modeling*, Lawrence Erlbaum Associates, 498 p.

SCHUMACKER R.E., LOMAX R.G. (2010). *A beginners guide to structural equation Modeling*. New York: Routledge.

SHEARER J. (2008). *Persuasive Interactive Non-Verbal Behaviour in Embodied Conversational Agents*, PhD Thesis, Newcastle upon Tyne: School of Computing Science, University of Newcastle upon Tyne.

SØREBØ Ø., HALVARI H., GULLI V.F., KRISTIANSEN R. (2009). The role of self-determination theory in explaining teachers' motivation to continue to use e-learning technology. *Computers & Education*, Vol. 53 n° 4, 1177-1187

SUTHERLAND R., ARMSTRONG V., BARNES S., BRAWN R., BREEZE N., GALL M., MATTHEWMAN S., OLIVERO F., TAYLOR À., TRIGGS P., WISHART J., JOHN P.(2004). Transforming teaching and learning: Embedding IC Tinto everyday classroom practices. *Journal of Computer Assisted Learning*, Vol. 20, 413-425.

TABACHNICK B.G., FIDELL L.S. (2007). *Using Multivariate Statistics*. Allyn and Bacon, Sydney

TAYLOR P.C., FRASER, B.J., WHITE, L.R. (1994). À classroom environment questionnaire for science educators interested in the constructivist reform of school science. À *paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, Anaheim, CA.

TONDEUR J., VAN KEER H., VAN BRAAK J., VALCKE M. (2008). ICT integration in the classroom: challenging the potential of a school policy. *Computers & Education*, n° 51, 212-223.

TRICOT À., PLEGAT-SOUTJIS F., CAMPS J.-F., AMIEL À., LUTZ G., MORCILLO À. (2003). Utilité, utilisabilité, acceptabilité : interpréter les relations entre trois dimensions de l'évaluation des EIAH. Dans Desmoulin C., Marquet P., Bouhineau D. (Eds), *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain* p. 391-402. Paris : ATIEF / INRP

VAUS D. (2002). *Analyzing Social Science Data: 50 key Problems in Data Analysis*. London: SAGE Publications Ltd.

VOLMAN M., VAN ECK E. (2001). Gender equity and information technology in education. The second decade. *Review of Educational Research*, Vol. 71 n° 4, 613-631.

VOULGRE E. (2011). *Une approche systémique des TICE dans le système scolaire français : entre finalités prescrites, ressources et usages par les enseignants*. Thèse de Doctorat en Sciences de l'Éducation sous la direction de Wallet J., CIVIIC, Université de Rouen, 357 p.

WALLET J. (2010). Technologie et gouvernance des systèmes éducatifs, dans Charlier B., Henri F., dir., *Apprendre avec les technologies*, Presse Universitaire de France, Paris, 15x21.5, 204 p, p. 71-80, chapitre 5, ISBN : 978-2-13-057530-6.

WARD L., PARR J. M. (2010). Revisiting and reframing use: Implications for the integration of ICT. *Computers & Education*, n° 54, 113-122.

WIKAN G., MOLSTER T. (2011). Norwegian secondary school teachers and ICT. *European Journal of Teacher Education*, Vol. 34 n° 2, 209-218.

WOZNEY L., VENKATESH V., ABRAMI P.C. (2006). Implementing computer technologies: Teachers' perceptions and practices. *Journal of Technology and Teacher Education*, Vol. 14, 173-207.

YUKSELTURK E., BULUT S. (2009). Gender Differences in Self-Regulated Online Learning Environment. *Educational Technology & Society*, Vol. 12 n° 3, 12-22.

ZENDER S. (2011). *Environnement numérique de travail, entre utilité, acceptabilité et usages pédagogiques*, Mémoire de recherche, Université de Strasbourg, 2010.



Apprendre l'informatique par la programmation des robots : cas de Nao

► **Claver NIJIMBERE** (EDA, Université Paris Descartes)

■ **RÉSUMÉ** • Cet article vise la construction des savoirs informatiques chez les étudiants de licence 3 dans un contexte de projet de programmation de Nao, un robot humanoïde. Il s'inscrit dans le cadre d'une thèse de doctorat en cours à l'université Paris Descartes. Des observations ethnographiques des pratiques en contexte de projets et des entretiens périodiques en groupes, ont été effectués puis complétés par des entretiens en groupe conduits auprès des enseignants-encadrants de ces projets. Toutes les données ont été analysées et les résultats discutés à la lumière de la littérature disponible. Les résultats montrent beaucoup de connaissances informatiques pluridisciplinaires construites et/ou d'autres utilisées. Des connaissances mathématiques avancées, pourtant indispensables pour la performance de Nao, ont été limitées par une absence de modélisation, laquelle modélisation est adaptée à la décomposition des tâches en actions élémentaires.

■ **MOTS CLÉS** • Apprentissage, informatique, programmation, robot, Nao

■ **ABSTRACT** • *This article aims at studying the acquisition of computer knowledge by bachelor students in a context learning to program with Nao, an humanoid robot. It is a part of an ongoing doctoral dissertation at the Paris Descartes University. Ethnographic observations were performed in the context of realizing projects. We have led periodical group discussions with students and with instructors. Results show the mobilization of much multidisciplinary computer knowledge. Advanced mathematical knowledge, mandatory for Nao's performance, was limited by the lack of a model which would be required in order to breakdown the tasks into elementary actions.*

■ **KEYWORDS** • *Learning, computer science, programming, robot, Nao*

1. Contexte, éléments de problématique et hypothèses de recherche

Plus qu'hier, l'informatique connaît aujourd'hui de nombreuses applications dans tous les domaines socio-professionnels. Chez les jeunes, si les environnements informatiques sont omniprésents, ils en comprennent moins leur fonctionnement (Bers, 2008). L'informatique, devenue de plus en plus incontournable dans la vie quotidienne, une nécessité d'en offrir une culture générale à tous les citoyens est à la mode dans beaucoup de pays (Dowek *et al.*, 2011). Néanmoins, les systèmes éducatifs des divers pays ont eu de la peine à prendre la mesure et à définir des contours pour cette discipline-carrefour, entre technologie et science autonome, en évolution constante et dont les contours ont beaucoup variés au cours du temps (Baron, 2012). Au sein d'un même pays, diverses approches sont souvent mises en œuvre.

En France, après de longues années d'absence, l'informatique a revu le jour en tant que discipline de formation générale dans les lycées scientifiques à la rentrée 2012, après des ouvertures et interruptions périodiques il y a une trentaine d'années (Archambault, 2011 ; Rapport de l'académie des sciences, 2013). Elle est en voie de généralisation à toutes les terminales à la rentrée 2014. À l'université, la situation est différente du secondaire. L'informatique est enseignée depuis les années 60 (Baron, 1987). Plusieurs approches sont mises en œuvre : approches par projets, programmation des technologies innovantes, etc.

Cet article s'intéresse à l'apprentissage de l'informatique par la programmation d'un robot Nao par les étudiants de licence 3 en informatique à l'université Paris Descartes.

1.1. Approche par projets robotiques, une solution aux problèmes de l'apprentissage de l'informatique en licence ?

L'apprentissage de la plupart des disciplines scientifiques souffre d'un manque de motivation chez les jeunes. Un sentiment d'inaccessibilité voire de rejet a d'ailleurs été développé chez beaucoup parmi eux et le caractère abstrait des sciences en serait à l'origine (Nonnon, 2002). Si nous pouvions penser que l'informatique ferait exception, il n'en est malheureusement rien. Janiszek, Bouil'h, Pellier, Mauclair et Baron (2011a) indiquent que le manque de motivation de l'informatique chez les jeunes a poussé à imaginer et élaborer des parcours pédagogiques plus attractifs et mieux adaptés aux étudiants pour motiver l'apprentissage de l'informa-

tique. Ce contexte d'apprentissage semble entrer dans la ligne suggérée par Nonnon de mettre les élèves au travail : selon lui, pour aimer les sciences, il faut en faire. L'instauration de contextes motivants dans les apprentissages des étudiants vise à favoriser l'engagement, la découverte, la curiosité, l'exploration, l'expérimentation et la formalisation. L'importance de ce contexte d'apprentissage est de permettre l'explicitation d'une démarche de projet prescrite aux étudiants surtout en début de formation pour ne pas rendre plus problématique sa mise en œuvre (Lauzier & Nonnon, 2007).

1.2. Robotique pédagogique : genèse et développement

Si, dans l'enseignement et apprentissage de l'informatique, l'intérêt de la robotique pédagogique (RP) est de plus en plus évoqué actuellement, cette question n'est pas nouvelle. Cette approche trouve sa source à la fin des années quatre-vingt. Fortement attaché à la formation professionnelle, Vivet indique dans un document rédigé dans les années 1980 et publié en 2000 (Vivet, 2000), les motivations à l'origine de la naissance de la RP : remédier aux limites d'usage de la tortue Logo dans la formation (professionnelle) en vue d'améliorer son efficacité pour les apprentissages. Les outils matériels devraient être enrichis au moyen des bras manipulateurs pour pouvoir travailler, non pas avec la tortue de Logo au sol, mais avec des bras. La tortue Logo a donc été dotée d'« un dispositif appelé CARISTO, correspondant au chariot de cariste, point de départ d'un axe de recherche lié à la formation technologique et la formation professionnelle continue. » (Bruillard *et al.*, 2000).

En France, les travaux de recherche dans ce domaine existent donc depuis une trentaine d'années (Leroux, 2005a). Après le premier congrès sur la RP tenu en France en 89, le début de la décennie suivante s'est caractérisé par des recherches accrues dans ce domaine, lesquelles ont confirmé ses potentialités éducatives (Baron & Denis, 1993 ; Duchâteau, 1993 ; Marchand, 1991) : possibilités de renouvellement des pratiques d'enseignement du côté des enseignants et, d'apprentissage chez des apprenants. À partir de cette période, des activités d'apprentissage attrayantes pour les élèves ont été conçues et proposées. Un des atouts majeurs de ces pratiques éducationnelles se situe dans la pratique active de l'élève, où ce dernier est incité à donner une forme – par construction – et un comportement – par la programmation – à un objet de sa propre création.

Leroux est l'un des pionniers de la RP. Ses travaux de recherche s'intéressent à l'alphabétisation à la technologie et à l'informatique, au pilotage

d'automatismes et à l'initiation à la programmation. Il a mis sur pied un logiciel appelé RoboTeach (Leroux, 1995), qui a été reconnu d'intérêt pédagogique par le Ministère de l'Éducation Nationale (Leroux *et al.*, 2005). Destiné aux adultes de faible niveau de qualification et aux élèves de collège, ce système comprend des matériels pédagogiques : des micro-robots modulaires, des fichiers d'activités en automatismes pour les classes à destination des élèves et enseignants. Si son but n'est pas de former des programmeurs, une initiation à l'informatique et surtout à la programmation est faite au public peu ou pas scolarisé. Ce logiciel permet d'aborder des notions algorithmiques telles que des structures conditionnelles (si... alors... sinon) et itératives (tant que...) sous une forme proche du langage naturel.

Encouragée dans plusieurs domaines dont le milieu éducatif (Bonnell, 2010), l'utilisation de la robotique pour les apprentissages scolaires a pris de l'ampleur. Néanmoins, sa cherté, soulignée depuis sa naissance (Duchâteau, 1993), fait qu'elle reste jusqu'aujourd'hui, le monopole d'établissements privilégiés (Janiszek *et al.*, 2011a). Pour Duchâteau, si les concepts essentiels de l'algorithmique sont importants et si l'exercice de la pensée planificatrice à laquelle ils conduisent est source d'apprentissages essentiels, il importe d'aller au-delà et de proposer des approches non classiques de la programmation : la programmation des robots. Cette importance est justifiée par le fait que l'exercice de la RP peut être un précurseur facilitant l'appropriation de certains savoir-faire et modes de pensée de la programmation, mais aussi comme une étape particulièrement adaptée et sémantiquement riche de la maîtrise de celle-ci. Ainsi, la robotique constitue, selon lui, une des étapes de l'apprentissage de la programmation informatique et, il recommande de « consacrer un certain temps à la programmation de robots » au cours de l'apprentissage de l'informatique.

Actuellement, l'approche orientée projet de la programmation des robots est privilégiée dans l'apprentissage de l'informatique (Janiszek *et al.*, 2011b). La RP peut prendre diverses formes « allant d'un simple ordinateur contrôlant un objet périphérique (une station météorologique, de maquettes de mesures en science physique, un train, des systèmes automatisés) jusqu'à un automate intelligent ou un simulateur d'expérimentation »¹. Les robots peuvent être utilisés dans les apprentissages pour tout public et à tous les niveaux d'enseignement, du plus jeune âge jusqu'à l'université : à l'école maternelle (Komis & Misirli, 2011) ; au secondaire (collège) et pour les professionnels faiblement qualifiés (Leroux, 1995, 2005 ; Leroux & Vivet, 2000) et à l'université (Janiszek *et al.*, 2011b)

1.3. Robotique et potentialités éducatives

Depuis les années quatre-vingt-dix, des recherches se sont intéressées à des approches comparatives entre ordinateur et robot (ou l'informatique et la robotique). Duchâteau (1993) en précise trois principales potentialités communes : d'abord, la potentialité de rapprochements disciplinaires pour passer à l'acquisition de connaissances en privilégiant l'exercice d'une démarche méthodologique ; ensuite, la mobilisation d'une méta-réflexion engagée comme l'un des buts essentiels de tout apprentissage qui vise le développement de l'autonomie des apprenants et, enfin, l'intervention du concept de problème. Si ce concept est commun à la robotique pédagogique et à la programmation, ces dernières sont mobilisées dans la résolution des problèmes, une résolution qui est toujours faite en « différé » par un exécutant ad hoc.

À côté de ces ressemblances, des différences ont aussi été relevées. Duchâteau en a souligné quelques unes qu'il classe en deux grandes catégories. La première catégorie concerne les aspects conceptuels qui s'intéressent à la durée des actions, la façon dont elles se déroulent et la construction de l'exécutant. En rapport avec la durée, dans le cas de l'exécutant-ordinateur, les actions sont conceptuellement sans durée : si la durée est sans importance pour l'écriture de la marche à suivre, dans le cas d'un exécutant-robot, les actions ont souvent une durée limitée de leur déroulement. Un deuxième aspect conceptuel est la programmation parallèle. Ce type de programmation, où des actions peuvent facilement s'exécuter simultanément, est aisément abordé en robotique. Le dernier aspect conceptuel est la construction du robot qui, contrairement à la programmation des ordinateurs, fait partie intégrante de l'activité de la robotique pédagogique et confère ainsi au robot une dimension technologique.

La deuxième catégorie aborde l'apprentissage concerné et les activités cognitives permises. Il distingue d'abord deux types d'apprentissages : la robotique pédagogique et la programmation classique. Par informatique classique en général et programmation classique en particulier, j'entends la programmation qui consiste à manipuler directement l'ordinateur ou un environnement informatisé et non pas un matériel embarqué, donc extérieur à l'ordinateur. Bourguiba (2000) caractérise ce contexte de programmation de « souple » par rapport à celui de la programmation d'un robot. Pour ce dernier, le code est d'abord construit sur l'ordinateur avant de le tester sur un exécutant distinct et extérieur de l'ordinateur.

D'autres recherches ont comparé le robot et l'ordinateur selon leur état. Deux spécificités du robot ont été relevées. La première est liée à son

caractère d'objet réel. Hsu, Chou, Chen, Wang et Chang (2007) distinguent le robot de l'ordinateur par sa nature d'objet réel et systématique, en opposition avec la nature d'artefact virtuel et intégré caractérisant le logiciel éducatif sur ordinateur. La deuxième spécificité est en relation avec leur fonctionnalité (Resnick *et al.*, 1996) : comme un ensemble mécanique et électronique, un robot est un dispositif caractérisé par différents degrés de transparence – programmabilité – et d'interactivité – délai du feed-back – et contrôlable par l'ordinateur. La combinaison de ces deux caractéristiques permises par le robot est, selon eux, le fondement de l'intérêt éducatif du robot chez l'apprenant. Pour d'autres recherches, la robotique pédagogique offre une amélioration de la compréhension et de la maîtrise de la programmation chez les apprenants par rapport à l'utilisation du seul ordinateur (Pap-Szigeti *et al.*, 2010).

Quatre caractéristiques distinguent la robotique pédagogique de la programmation classique (Duchâteau, 1993) : motivation, facilité de vérification des programmes, degré d'abstraction de l'exécutant et vaste champ d'application. Selon lui, la motivation plus grande dans le cas de la RP, résulte des représentations mentales plus immédiates qu'on peut se faire que dans le cas du robot-ordinateur : l'assemblage du dispositif à programmer fait parfois partie de la démarche éducative proposée, la connaissance de l'« intérieur » du robot et la motivation à le programmer sont plus aisées. Cette immédiateté des représentations mentales confère à la programmation des robots un caractère ludique, plus long à mettre en évidence dans le cas de la programmation classique. La deuxième caractéristique dans cette catégorie est la vérification des programmes. Cette dernière est rendue facile dans le cas du robot par le fait qu'on voit le robot agir sous l'emprise de la marche à suivre, conçue et fournie par son concepteur : l'entièreté du déroulement du processus est suivi, la correction et l'adaptation des programmes sont plus aisées. Cette situation est de loin différente du cas de la programmation classique où on ne dispose que de l'écran où s'affichent les résultats du processus alors que tout le processus d'exécution est occulté (Duchâteau, 1993).

En troisième lieu, contrairement au robot construit qui agit et réagit sur des tâches qui lui sont communiquées, l'exécutant-ordinateur est vu comme un robot abstrait et compliqué. Selon Dowek *et al.* (2011), ce dernier est donc un ordinateur particulier muni des capteurs et d'actionneurs où une action est exécutée en boucle infinie fermée dans laquelle les capteurs sont interrogés et les actionnaires activés. Ces tâches, dans le cas du robot, deviennent finalement compréhensibles et aisément repérables. La

dernière caractéristique qui distingue le robot de l'ordinateur concerne les champs d'applications possibles. Contrairement à la programmation classique des ordinateurs qui se limite aux traitements formalistes de l'information, les robots sont des exécutants en mouvement qui peuvent agir souvent dans un espace, qui manipulent, qui bougent et qui sont dotés d'organes capables de renseigner sur l'état de leur environnement. Le concept d'information est central en informatique (Dowek *et al.*, 2011). S'il reste le plus souvent une abstraction en programmation classique, Duchâteau trouve que les activités de la robotique pédagogique peuvent lui donner corps : la robotique pédagogique apporte une extension du champ accessible à la modélisation et un éclairage supplémentaire sur l'information et son traitement.

1.4. Initier à la programmation : du langage Logo aux langages à blocs

Mendelsohn (1985) note une spécificité de l'approche Logo par rapport aux autres approches de programmation. Selon lui, Logo joue trois rôles à la fois : il est un langage de programmation, une théorie de l'apprentissage mais aussi un dispositif matériel. Populaire dans les années 80 (Papert, 1994), l'approche Logo a été caractérisée comme faisant partie de la robotique pédagogique. Si l'usage de Logo était initialement focalisé sur un robot « mécanique », connecté à l'ordinateur par un long « cordon ombilical » pour reprendre le terme utilisé par Resnick, Martin, Sargent et Silverman (1996), la prolifération des micro-ordinateurs dans les années 1970 a fait que la communauté Logo a orienté son approche sur des « robots d'écran », rapides et précis. Cette nouvelle orientation avait pour avantage de susciter chez les jeunes apprenants une créativité et une démarche d'investigation beaucoup plus poussées et complexes. Les limites de l'environnement Logo dans l'alphabétisation informatique étaient liées au manque d'autonomie (Resnick, Martin, Sargent & Silverman, 1996) : « it is difficult to think of a machine as an autonomous creature if it is attached by umbilical cord to a computer. ». Cette limitation de nature structurelle a été prise en compte dans la conception des langages des générations qui lui ont succédé. Ceux qui ont été conçus après Logo visaient la correction de ses imperfections et des difficultés vécues par les apprenants dans son utilisation (Leroux, 1995) : « Grâce à la manipulation directe et à un modèle d'interface, spécifique, qui intègre l'ensemble de fonctionnalités de gestion des programmes (édition, exécution, etc.), nous avons limité les problèmes que rencontrent les stagiaires dans nos formations d'alphabétisation technologique et informatique au cours de l'utili-

sation de l'environnement de programmation Logo : erreurs syntaxiques et des difficultés liées à l'édition et à l'exécution de programmes. »

Guzdial (2004) donne toute une liste de langages successeurs de Logo : Logowriter, Starlogo, Moose crossing, Boxer Smalltalk, etc. Chaque environnement de programmation a sa spécificité. L'environnement Starlogo, par exemple, en plus d'être un langage de programmation, est un environnement de conception des simulations, de construction et de test (Klopfer & Begel, 2003).

Contrairement à Duchâteau qui assimile Logo au robot, beaucoup de travaux récents sur la programmation font une distinction entre les deux. Les environnements successeurs de Logo et conçus pour l'alphabétisation informatique, sont actuellement orientés dans un ensemble de langages dits graphiques à base de blocs (Muratet *et al.*, 2011). Un premier langage de ce type a été Logo Blocks, développé au milieu des années quatre-vingt-dix par the MIT Media Lab (Tempel, 2013). La littérature donne une liste non exhaustive de tels langages : Turtle Art, PICO Blocks, MIT App Inventor, Alice, Scratch (Tempel, 2013), Program your robot (Kazimoglu *et al.*, 2012), PlayLogo (Paliokas *et al.*, 2011). Ils sont souvent orientés sous forme de jeux, notamment des jeux sérieux, à l'instar de Robocode (O'Kelly & Gibson, 2006), Prog&Play (Muratet *et al.*, 2012), Colobot (Muratet, 2010), etc. Dans ces environnements, l'apprentissage de la programmation se fait en jouant à des jeux centrés sur la résolution des problèmes.

Ces environnements sont porteurs de beaucoup d'avantages potentiels pour des novices en informatique et particulièrement en programmation. Leur structure permet de dispenser certains aspects de la programmation qui sont souvent des sources de difficultés chez les débutants. Dans une situation de programmation de ces environnements, chaque bloc du langage est considéré comme un ou des éléments d'un langage de programmation (Muratet *et al.*, 2011) et diverses notions informatiques sont manipulées : instruction de contrôle, instructions conditionnelles, variables, listes, concepts de séquences, itération, une variable, fonction, opérateur, etc., de telle sorte que la construction d'une programmation informatique se fait par simple glisser-déposer des combinaisons de ces différents éléments de blocs. Tempel, à partir d'un exemple de Scratch, montre comment fonctionne le travail de programmation de langages à base de blocs en simulant le jeu entre un chat et une souris, le premier poursuivant ce dernier dans un mouvement aléatoire sur l'écran. La structure de tels langages à blocs est pédagogiquement importante pour le débutant. Elle offre une meilleure représentation visuelle du programme,

lequel programme devient plus compréhensible que le code construit dans un autre langage (Tempel, 2013). De plus, si la forme d'un bloc donné est un indicateur de l'objet de ce programme, la façon dont les blocs sont assemblés et disposés donne une information sur le déroulement de ce programme.

De plus, ces types de langages à blocs permettent un apprentissage en séquence de la programmation. Baron et Voulgre (2013) ont expérimenté le langage Scratch auprès des étudiants de Master en science de l'éducation, novices en informatique à l'université Paris Descartes. Ils indiquent que, dans ce langage, la structure à base d'assemblage de blocs permet aux novices de passer directement à la programmation sans devoir passer par la construction d'un algorithme. Un autre intérêt important de cette structure des langages à blocs est la faible probabilité de commettre des erreurs de syntaxe (Tempel, 2013) : « *if we try to put the « point in direction » blocks into the « if » block, it will not go. It's the wrong shape. Similarly, we cannot put the « touching ? » block into the « point in direction » block. In this way, most syntax errors are precluded.* ».

Limiter la difficulté en rapport avec la syntaxe, souvent importante chez les débutants en programmation, leur permet de ne se concentrer que sur d'autres aspects de la programmation. En effet, les caractéristiques structurelles offertes par de tels types d'environnements les rendent favorables et abordables aux novices sans trop de difficultés : ils sont capables de les manipuler à leur guise, de créer des scripts, d'y inclure des animations, des sons, etc. Cette expérience initiale dans l'apprentissage de la programmation basée par les langages à blocs offre une base solide pour une transition souple vers des apprentissages futurs de l'informatique (Tempel, 2013). La métaphore recommandée par Duchâteau pour initier à la programmation des débutants est le fondement de la conception et du fonctionnement des environnements de type Logo et de ses successeurs. L'approche de la construction des blocs lors de la programmation est vue comme une clé de prise en main de multiples langages et de leurs caractéristiques (Maloney *et al.*, 2004). Conçus, d'une part pour la promotion d'une « pensée informatique » et d'une « maîtrise pour tous » des compétences informatiques et, d'autre part, pour une motivation des étudiants majoritairement démissionnaires, la programmation par blocs rend l'informatique accessible à beaucoup d'apprenants débutants, susceptibles d'être rebutés par cette science (Tempel, 2013) : chaque étudiant peut évoluer selon son rythme et acquérir des compétences lui permettant la poursuite de la carrière informatique.

Le choix de l'approche par projet robotique est justifié par l'activité des apprenants au cours de laquelle les conséquences de leurs décisions sont immédiatement visibles, justement et clairement sanctionnées par un feed-back direct. Pour Arnaud (1999), cette approche pédagogique, vue comme stimulante pour des étudiants déjà intéressés par cette discipline, entraîne un effet positif sur l'assimilation des connaissances. Il rejoint ainsi le point de vue de Tardif (1997) qui, deux ans avant, évoquait la recherche de solution mise en œuvre au cours de l'activité. Pour Tardif, cette assimilation est rendue possible par le fait qu'« ils [les étudiants] ne vont pas seulement appliquer une série de procédures et de contenus mémorisés mais procéder à une recherche de solution en prenant appui sur les acquis théoriques qui seront réinvestis dans cette situation problème ». Cette liaison théorie-pratique permet ainsi de mobiliser mais aussi de construire un ensemble de connaissances issues de beaucoup de domaines² : informatique, ingénierie, mathématiques, physique... La robotique pédagogique est donc inscrite dans une approche constructiviste de l'apprentissage en utilisant un ordinateur connecté au monde physique (Nonnon, 2002). D'un point de vue didactique, elle est, selon lui, un dispositif technologique supposant un processus pédagogique de résolution systématique des problèmes et, permettant de capitaliser sur le goût pour le concret.

Parmi les potentialités offertes par la robotique pédagogique, la transversalité occupe une place importante. Si l'approche orientée projet de la RP est privilégiée pour l'apprentissage de l'informatique (Janiszek *et al.*, 2011b), l'intérêt de cette approche par projet de programmation des robots est l'ouverture des apprentissages, non seulement aux savoirs étroitement liés à la discipline informatique, mais aussi à d'autres savoirs issus de plusieurs domaines. Beaucoup de recherches se sont intéressées aux apports éducatifs des technologies robotiques. Leurs potentialités ont été étudiées de façon générale, rarement dans le cas d'une technologie spécifique (Gaudiello & Zibetti, 2013).

S'intéressant à l'apprentissage par la programmation des microrobots, Vivet (2000) présente les potentialités offertes par des outils technologiques dans l'initiation à la technologie et à l'informatique. Un intérêt souligné de cette approche est notamment le « pilotage de micro-robots sous un langage comme Logo pour aborder le problème de la formation de base de personnels de bas niveau de qualification ». Le contexte de la RP est, selon lui, une solution adaptée pour résoudre le problème de formation professionnelle en informatique et en technologie des personnels

pas ou peu qualifiés initialement. Une dizaine d'années après la naissance de la robotique pédagogique, Darce (1994) applique la notion d'acteur à la robotique, où un ensemble d'acteurs robotiques interviennent en réseaux mobiles et communiquant. Il propose d'adapter ce système à l'enseignement comme un outil au service de l'apprentissage des notions informatiques issues du parallélisme et de la communication. Leroux (2005) a expérimenté un type particulier de logiciel : RoboTeach, un assistant logiciel pédagogique. Conçu au milieu des années quatre-vingt-dix en vue d'une alphabétisation technologique et informatique chez les enfants, RoboTeach est « un environnement informatique support des activités menées dans le cadre d'une démarche de projet en micro-robotique pédagogique » (Leroux, 1995). La découverte des notions technologiques, techniques, la programmation, etc., mais aussi le pilotage d'un micro-robot étaient visées dans son expérimentation (Leroux, 2005). Un avantage important de ce type de langage est la possibilité de limiter d'abord, chez les débutants, l'apprentissage des notions informatiques : des structures algorithmiques d'itération et de répétition, etc., par une approche algorithmique dans une forme proche du langage naturel. Avec ce langage, l'approche de programmation qui permet d'acquérir d'autres notions informatiques un peu plus avancées, telles que des structures, est abordée après une acquisition d'une certaine maturité chez les apprenants. En RP, l'intérêt de la pédagogie de projet est souligné (Leroux *et al.*, 1996 ; Leroux, 2005) : des groupes de 2 à 3 apprenants travaillent en coopération³ dans la résolution des problèmes prescrits par l'enseignant. Le rôle de ce dernier est d'assurer le guide.

Les recherches sur les kits robotiques dont fait partie le robot Lego Mindstorm NXT (Nijimbere *et al.*, 2013) affirment leurs potentialités éducatives, offertes par le caractère à la fois interactif et transparent de ce type de technologie (Kynigos, 2008) et les activités de construction qui offrent l'occasion à l'apprenant de devenir auteur plutôt que consommateur de la technologie.

1.5. Problématique, questions et hypothèses de recherche

Les étudiants actuellement en licence d'informatique ont en général suivi au lycée des filières générales scientifiques. Ils n'ont jamais bénéficié d'une formation scolaire théorique en informatique. De ce fait, les étudiants de licence ne sont finalement pas loin des débutants en informatique. De plus, les recherches montrent que la programmation classique pose de nombreuses difficultés aux étudiants de ce niveau d'enseignement. Si près de 30 % d'étudiants échouent dans les premières années

d'université, Guibert *et al.* (2004), se référant aux travaux de Kaasboll, indiquent qu'en informatique, la situation est beaucoup plus désastreuse : 25 à 80 % des étudiants sont en situation d'échec en programmation en ce début d'études supérieures. Pour remédier à cette situation, Boudreault et Prgent (2005) proposent un recours aux contextes d'apprentissages attrayants de l'informatique, particulièrement centrés sur des projets intégrateurs consistant au montage et à la programmation des mobiles robotisés. Ce contexte d'apprentissage est vu comme une solution pouvant susciter la motivation et permettre la réussite de plus d'étudiants et ainsi réduire le nombre d'échecs en informatique en général et en programmation en particulier.

À l'université Paris Descartes, des projets de programmation sont organisés chaque année afin de valider les deux dernières années de licence. Cet article de recherche s'intéresse aux apprentissages des étudiants de L3 qui ont choisi la programmation du robot Nao parmi les projets proposés. Nao est un robot particulier. De type humanoïde, il est qualifié de « black box » – non transparent – et est donc hermétique à la programmation de ses comportements (Kynigos, 2008). Le robot Nao est appelé à exécuter des tâches complexes, généralement confiées aux humains (Espiau & Oudeyer, 2008) : « jouer au basket », par exemple. L'ambition est vaste : le robot doit se déplacer, prendre différentes positions nécessaires, anticiper et prendre des décisions dans des circonstances souvent imprévisibles conditionnées par le contexte environnemental...

La difficulté à proposer des contenus de formation en lien direct avec les applications du monde courant serait à l'origine de la démotivation des étudiants face à la discipline informatique (Muratet, 2010). Nao, l'une des innovations technologiques et pédagogiques, est proposé pour soutenir cette motivation. Des questions se posent : si la programmation classique fait autant problème (échecs et abandons des étudiants en début d'études supérieures), la programmation de Nao arrive-t-elle à faire renaître leur motivation vis-à-vis de l'informatique ? Qu'apprennent et comment les étudiants de licence lors de la programmation des robots ? Ces questions générales visent à identifier les connaissances construites par les étudiants au cours de leurs projets de programmation des robots. Les questions de recherche suivantes se posent : quelles sont les motivations des choix de sujet de projet chez les étudiants ? Quelles sont les connaissances construites au cours des projets de programmation de Nao ? Quelles sont les stratégies utilisées et comment sont-elles mises en

œuvre pour gagner la compétition ? Quelles sont les difficultés rencontrées au cours de ces activités ?

Deux hypothèses de départ ont orienté la recherche :

Hypothèse 1 : la robotique pédagogique, intégrée dans les apprentissages depuis l'école primaire, dans certaines écoles, ne pose a priori pas de difficultés majeures aux étudiants de L3.

Hypothèse 2 : la programmation de Nao exige beaucoup de connaissances chez les étudiants, elle permet par conséquent l'acquisition des notions informatiques avancées.

Je m'intéresse donc à la programmation de Nao, un robot humanoïde, par les étudiants de licence au cours de leurs projets. Ce type de technologie n'est prescrit aux étudiants qu'en L3 pour continuer en Master. L'hypothèse 2 (H2) formulée est motivée par le fait que la prescription institutionnelle du robot Nao commence tardivement, ce qui laisse penser que sa programmation est plus exigeante. Je suppose que la difficulté de Nao peut se situer en termes de connaissances et de créativité nécessaires par rapport à d'autres technologies robotiques, telles celles prescrites dans les classes antérieures : les étudiants de L2 utilisent le robot Lego Mindstorm qui est morphologiquement et structurellement différent de Nao.

2. Méthodologie

2.1. Population

La recherche s'intéresse donc aux étudiants de L3 en informatique à l'université Paris Descartes. Elle s'inscrit dans le cadre d'une thèse de doctorat en cours qui s'intéresse à l'apprentissage de l'informatique chez les débutants. Les étudiants de L3, par rapport à ceux de licence 1 et licence 2 ne sont pas novices en informatique mais peuvent servir de comparaison avec les débutants. En effet, si leur deuxième année de licence (L2) est totalement concentrée sur l'informatique, ils ont aussi suivi une année commune en première année de licence (L1) de mathématiques et informatique, avec une moitié de modules mathématiques et une autre informatique.

La recherche concerne deux groupes de sept étudiants, les seuls à avoir travaillé sur le robot Nao sur un total de 43 groupes de L3 en raison de 3 à 4 étudiants par groupe. Les autres (41) groupes d'étudiants restants de la classe ont préféré d'autres types de projets et ne sont pas pris en compte dans cet article. Dans la suite, pour les distinguer, les deux groupes seront

respectivement notés « groupe A » et « groupe B ». Ils étaient sur un même sujet de projet : la programmation du robot Nao qui « joue au basket ». Si dans tous les groupes, aucun étudiant n'a déjà programmé un tel type de robot, la composition des groupes est telle qu'il se trouve dans chacun d'eux, un étudiant « pilote », plus avancé par rapport aux autres en informatique. Dans le groupe A se trouve un étudiant qui a fait une spécialité informatique au lycée à l'étranger. Dans le groupe B, un étudiant a déjà participé au projet de programmation à l'Institut Supérieur de Technologie (IUT), d'un robot qui se déplace dans un labyrinthe. De plus, tous les étudiants ont déjà participé à au moins un projet, non nécessairement lié à la robotique, notamment en L2. Après soutenance de leurs projets, les étudiants pouvaient participer, après sélection, à une compétition inter-universitaire entre trois universités : université Paris Descartes, Université Diderot et Université de Paris Nord.

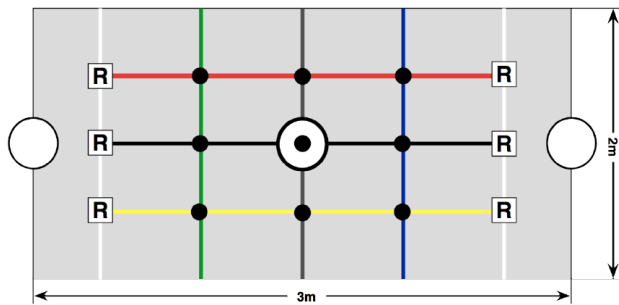


Figure 1 • Schéma de principe du terrain de jeu (RoboUni Cup, 2012)

2.1. Brève présentation du terrain de jeu et du robot utilisés

Entouré d'une bordure rigide de 15 cm, le terrain de jeu mesure trois mètres sur deux. Les zones de terrain sont délimitées par des lignes de couleurs différentes : gris clair pour le fond du terrain, blanc pour les zones d'en-but, vert et bleu pour les lignes Est et Ouest du terrain, rouge et jaune pour le Nord et le Sud et, noir pour les lignes partageant le terrain en son milieu de l'Est à l'Ouest et du Nord au Sud. Deux robots qui s'affrontent commencent chacun à l'extrémité du terrain, où trois positions sont possibles. Sur le terrain de jeu, neuf balles ont été positionnées aux intersections des lignes. Parmi elles, cinq balles et une balle centrale commune, se trouvent devant chaque robot. Ce dernier a le droit de prendre uniquement des balles situées devant lui, dans sa moitié de terrain ainsi que la balle centrale et, la dépose dans le panier du camp adverse (Règlement de la compétition RoboUni Cup, 2012)⁴. La figure 1

illustre, au départ, le positionnement des balles et des robots sur le terrain de jeu (les gros points noirs représentent les balles, les lettres R représentent les positions possibles des robots et les ronds blancs, aux extrêmes gauche et droite, représentent les paniers).



Figure 2.1 • Robot Nao

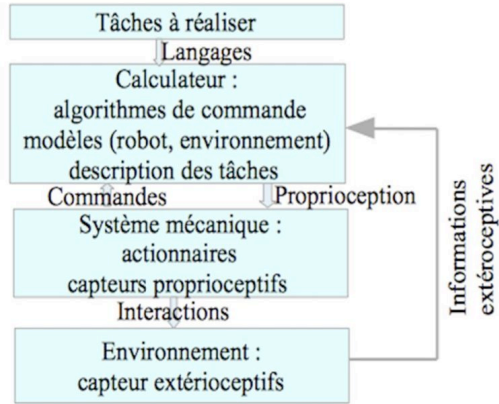


Figure 2.2 • Schéma général de fonctionnement d'un robot

2.2. Brève présentation du terrain de jeu et du robot utilisés

Entouré d'une bordure rigide de 15 cm, le terrain de jeu mesure trois mètres sur deux. Les zones de terrain sont délimitées par des lignes de couleurs différentes : gris claire pour le fond du terrain, blanc pour les zones d'en-but, vert et bleu pour les lignes Est et Ouest du terrain, rouge et jaune pour le Nord et le Sud et, noir pour les lignes partageant le terrain en son milieu de l'Est à l'Ouest et du Nord au Sud. Deux robots qui s'affrontent commencent chacun à l'extrémité du terrain, où trois positions sont possibles. Sur le terrain de jeu, neuf balles ont été positionnées aux intersections des lignes. Parmi elles, cinq balles et une balle centrale commune, se trouvent devant chaque robot. Ce dernier a le droit de prendre uniquement des balles situées devant lui, dans sa moitié de terrain ainsi que la balle centrale et, la dépose dans le panier du camp adverse (Règlement de la compétition RoboUni Cup, 2012)⁵. La figure 1 illustre, au départ, le positionnement des balles et des robots sur le terrain de jeu (les gros points noirs représentent les balles, les lettres R représentent les positions possibles des robots et les ronds blancs, aux extrêmes gauche et droite, représentent les paniers).

Roby-Brami et Laffont (2002), dans leur article « Gestes et technologie », définissent un robot comme un système programmable et multi-

fonctionnel, comportant un système de commande et un système mécanique (articulant plusieurs éléments réunis par des articulations) doté de moteurs, de récepteurs permettant de coder l'état des articulations – propriocepteurs – et d'informer sur l'état de l'environnement – extérocepteurs. Il est constitué de deux parties principales (Neboit et Poyer, 1991) : l'une composée d'une structure mécanique polyarticulée, regroupant des fonctions de déplacement et de manipulation ; l'autre regroupant des fonctions de traitement des informations et de commande. Dans la résolution d'un problème, le fonctionnement d'un robot suit un processus complexe, tenant compte de son système mécanique et des paramètres issus de son environnement (Roby-Brami et Laffont, 2002) comme elles le montrent sur le schéma de la figure 2.2.

La technologie utilisée dans ce projet robotique est Nao. Fabriqué par la société Aldebaran-robotics⁶, Nao⁷ est un robot de type humanoïde, avec des jambes, des bras et une tête. Il est équipé d'une centrale inertielle de cinq axes, de capteurs d'interaction, des capteurs à ultrason allant dans deux directions différentes et de capteurs de pression sous les pieds. Pour la synthèse vocale, la localisation des sons dans l'espace ou encore la reconnaissance d'obstacle (humain ou objet), il est doté d'un système multimédia composé de quatre microphones, de deux caméras sur sa tête, orientées respectivement devant lui et en direction des pieds pour voir de près et de loin, et enfin, de deux haut-parleurs. Grâce à ses 25 degrés de liberté (ddl), il peut exécuter les principaux mouvements d'un humain (se baisser, prendre un objet, ici une balle) et peut bien s'orienter sur un terrain lisse, grâce à son système de fonctionnement lui permettant de s'approprier des informations de son environnement (Robot UniCup, 2012).

2.3. Une approche qualitative pour la collecte de données

Une méthode qualitative de type ethnographique a été privilégiée pour répondre aux questions de recherche. Marcel (2002) justifie la pertinence de ce type d'approche par quatre raisons principales : la nécessité d'une observation directe et prolongée, la seule à même de permettre d'accéder à la description d'un objet peu connu dans ses éventuelles spécificités ; la volonté de combiner des éléments facteurs et observables avec le sens que leur donnent les acteurs, une situation permettant de qualifier le dispositif d'« observation participante » ; le recours à la technique de notes de terrain rédigées « à chaud » juste après l'observation ; la méthodologie inductive de traitement des données correspondant à la visée exploratoire et enfin, la théorisation des matériaux empiriques qui permet

d'accéder à la connaissance des pratiques, constitue une étape propédeutique à la stabilisation de l'instrumentation.

Dans cette approche qualitative, deux outils de collecte de données ont été utilisés : des observations en situation d'apprentissage et des entretiens semi-directifs. Les observations de pratiques ont été faites pendant tout le second semestre de l'année scolaire 2011/2012. Avec cet outil, deux moments ont été particulièrement privilégiés : lors du travail des étudiants en salle de robotique et lors des réunions entre un groupe donné d'étudiants et leur encadrant. En salle de robotique, les groupes avaient deux créneaux différents d'accès. Mais, selon la disponibilité des deux robots, les deux groupes pouvaient se rencontrer et partager la salle, chacun sur son robot et son travail. Au total, 29 séances pratiques ont été observées. Parmi elles, 11 séances par groupe et sept séances communes. L'ancrage des observations a porté sur l'organisation des groupes dans leurs apprentissages et leurs interactions : entre les membres d'un groupe, entre les groupes, entre les étudiants et le système ordinateur-robot. Il a aussi été question d'observer les stratégies utilisées par les différents groupes d'étudiants dans la programmation des tâches, les difficultés et contraintes vécues et les connaissances utilisées d'une part et celles construites d'autre part. En réunion entre étudiants-encadrant, les observations s'intéressaient davantage aux types de problèmes soumis par les étudiants à leur encadrant d'une part et au type d'aide et à la façon dont cette aide était donnée par l'encadrant. Les observations ont été complétées par des entretiens de groupes⁸ semi-directifs⁹. Initialement utilisée en sociologie américaine, la pratique de l'entretien de groupe a vite acquis ses lettres de noblesse en recherche (Morrisette, 2011). De plus en plus utilisée en recherche universitaire et surtout dans le domaine des sciences appliquées (santé publique, études féministes, sociologie, éducation...), l'entretien de groupe est une méthode d'enquête qui a, selon Morrisette, augmenté sa popularité en raison de la complexité des problématiques qui interpellent la recherche contemporaine et qui requièrent l'éclairage des différents acteurs impliqués. Les potentialités de cette méthode reposent globalement sur la fécondité des interactions qu'ils engagent entre les participants. Morrisette, se référant à Laplantine, montre l'intérêt de l'entretien de groupe : chercher à faire advenir avec les autres ce qu'on ne pense pas, plutôt que de vérifier sur les autres ce qu'on pense. Pour Morrisette qui se réfère aussi à Poupard et Demazière, les entretiens de groupe sont conçus comme l'un des meilleurs moyens pour co-construire avec les acteurs le sens qu'ils donnent à leurs conduites, pour investiguer la façon dont ils se représentent le monde, ce qui suppose

pour le chercheur de reconnaître qu'ils sont les mieux placés pour en parler.

Les entretiens ont concerné les étudiants puis les enseignants-encadrants. Pour chaque groupe d'étudiants, les entretiens ont été périodiques. Trois moments ont particulièrement été privilégiés : le début, le milieu et la fin des projets. Les premiers entretiens ont eu lieu en janvier, au début des projets. Les entretiens visent à avoir plus d'informations sur les aspects préparatoires du travail à faire, notamment les cahiers des charges et les prévisions organisationnelles anticipées du projet. Les entretiens conduits visent à trouver des réponses aux quatre questions suivantes. D'abord, comment les étudiants ont choisi leur sujet de projet et pour quelles motivations. Ensuite, ils visent à recueillir, selon eux, l'intérêt de ces projets mais aussi pourquoi les enseignants (à l'Université Paris Descartes) ont jugé intéressant de leur proposer de tels projets sur la robotique. Enfin, ces entretiens en début de projet cherchent à rendre compte de leur anticipation dans le travail de groupe à faire : des contenus et des connaissances qu'ils pensent mobiliser, de leur organisation prévue, des difficultés auxquelles ils s'attendent à être confrontés, leur état d'esprit en débutant ces projets...

À mi-parcours des projets, fin du mois de mars, d'autres entretiens ont eu lieu. Ils visaient l'état des lieux de la mise en œuvre du cahier des charges, de l'évolution de leur travail par rapport à leurs objectifs de départ, des difficultés réellement vécues par rapport à celles auxquelles ils s'attendaient, des stratégies mises en œuvre au niveau de la gestion du projet pour être dans les délais de remise, mais aussi pour gagner la compétition et enfin, l'état d'esprit dans lequel les étudiants se trouvent à ce moment du projet. Les derniers entretiens avec les étudiants ont eu lieu après la soutenance des projets en début du mois de juin. Ils visaient l'établissement d'un bilan chez les étudiants à la fin de tout un semestre de travail en projet : leurs appréciations du travail fourni (satisfaction ou pas), du module proposé en soi, des stratégies mises en œuvre dans la programmation des robots et des motivations de leurs choix, les difficultés réellement vécues, leurs critiques sur ces projets (adéquation sujet de projet/niveau d'enseignement, conditions de travail) et éventuelles participations à la compétition robotique qui était prévue en juin de la même année scolaire et stratégies pour la gagner. Pour compléter l'investigation, un autre entretien semi directif a été mené, en juin, auprès des deux enseignants d'informatique et encadrants desdits projets, après leur soutenance. Ces enseignants seront notés E1 et E2 dans la suite.

En résumé, des observations ethnographiques, trois entretiens semi-directifs et périodiques ont été menés avec les étudiants en groupes ont été réalisés à des fins d'analyse. Les données recueillies ont été complétées par un entretien semi directif en groupe avec les enseignants-encadrants de ces projets.

3. Présentation des résultats

3.1. Des motivations diverses pour le choix des sujets

Dès le début de l'année universitaire, les étudiants ont été informés de leur participation aux projets de programmation au second semestre. Une séance réunissant les étudiants et leurs futurs encadrants a donné lieu à l'explication du contexte dans lequel les projets allaient avoir lieu. Ils ont été présentés par l'enseignant encadrant principal, entourés de ses collègues enseignants et/ou encadrants. Les encadrants sont issus du département informatique de l'université Paris Descartes. Insuffisants face au grand nombre d'étudiants, ils sont aidés par des encadrants venant de l'extérieur, essentiellement du monde de l'entreprise. Après cet exposé, les étudiants intéressés par l'un ou l'autre des sujets proposés¹⁰, étaient invités à entrer en contact avec l'encadrant, promoteur du sujet qui les intéresse pour plus de clarifications sur ses attentes. En groupe de quatre, les étudiants devaient faire quatre choix de sujets et les classer par ordre de préférence. Après, en fonction de l'ordre de choix de ce sujet et du nombre d'étudiants qui l'ont choisi, une répartition des sujets était faite entre les groupes.

Dans le domaine de la robotique, à l'université Paris Descartes, la programmation de Nao est un domaine nouveau d'apprentissage pour les étudiants de licence. Les deux sujets de projets proposés sur Nao, « Nao joue au basket » et « Nao lit nos pensées », n'ont pas trouvé la même préférence chez les étudiants. Différentes motivations ont orienté leurs choix. Si aucun des groupes n'a placé un projet robotique en première position, un des groupes, noté A, était à l'unanimité motivé pour en faire. Le caractère concret de la technologie et l'intérêt pour leur avenir professionnel semblent être les raisons de ce choix. Dans le groupe noté B par contre, un seul étudiant, qui semble « leader », était particulièrement motivé par le projet « Nao lit nos pensées ». Faute de matériel, ce sujet n'a pas été continué et a été remplacé par un autre qui était moins préféré pour eux : « Nao joue au basket ».

Quatre principales variables ressortent comme des raisons qui sont intervenues pour influencer les choix : le thème, la technologie, l'intérêt professionnel et la facilité présumée du sujet.

La première motivation a été la thématique proposée dans le sujet. Chez les étudiants, pour une même technologie, un sujet peut être plus intéressant qu'un autre. La non-diversité des sujets sur les robots a été une limite pour laisser voir plusieurs choix possibles même si la variable « thématique » sur lequel porte le sujet, a été une source de motivations de choix des sujets. Par exemple, pour tous les groupes de L3, le projet sur le sujet « Nao lit dans les pensées » a été placé en avant sur le sujet « Nao joue au basket ». Cette variable « thématique » est mise en relation chez les étudiants à la notion de facilité. En l'absence d'expériences dans le domaine, l'anticipation des facilités ou des difficultés susceptibles d'être vécues en contexte de projets intervenaient et influençaient les choix des sujets : un sujet qui leur semble difficile n'était pas choisi. La mise en avant du projet « Nao lit dans nos pensées » était due au fait que les étudiants, l'imaginaient moins compliqué que le sujet « Nao joue au basket ». Le groupe B a anticipé des difficultés liées à la précision dans la mesure des distances, ce qui a constitué la non-priorité de son choix. Ils s'expriment ainsi pour justifier leur choix : « *pour Nao qui manipule des balles, ce qui est compliqué c'est d'estimer la position dans l'espace et pour la puissance 4, il faut de l'Intelligence Artificielle. Donc, ça me paraissait vraiment difficile...* ».

La deuxième motivation est liée à leur rapport de familiarité envers la technologie proposée : un sujet faisant intervenir une technologie familière était préféré. Malgré l'intérêt porté aux thématiques en rapport avec Nao, notamment motivé par son caractère concret, aucun groupe ne l'avait placé en première position : ils étaient respectivement placés en deuxième position pour le groupe B avec le sujet « Nao lit nos pensées » et en troisième position pour le sujet « Nao joue au basket » pour le groupe A. Leurs premiers choix portaient plus sur des projets sans rapport avec la robotique. Le projet sur la « reconnaissance faciale » a été le premier choix du groupe B : au-delà de la thématique intéressante, ce choix était justifié par la familiarité avec la technologie « androïde » utilisée et bien maîtrisée.

Par sa forme humanoïde, Nao a été trouvé sympathique par les étudiants. Ils espéraient le faire jouer : « *On a regardé les images, il avait l'air sympa ! [...] on s'imaginait un truc... qu'il marque un point et qu'il danse... on voulait faire plein de choses mais au final on voit que c'est très compliqué, voire impossible !* ». Contrairement aux attentes, la compétition des robots n'a

pas suscité de grande motivation : elle avait un caractère stressant. Les étudiants affirment n'avoir pas pris en compte ce critère de compétition dans leur choix : « *on n'avait pas lu les petites lignes en bas qui disaient qu'il y aurait une compétition* ». En l'absence de familiarité avec Nao (dont certains disent ne l'avoir jamais vu que par des images et des vidéos sur YouTube), la sympathie envers ces robots a donc primé sur la compétition dans les choix des sujets.

Une quatrième motivation est l'intérêt professionnel des sujets proposés. Si le contexte de projet les oblige à un consensus sur un choix de sujet, des centres d'intérêts sont souvent divergents, ce qui explique leurs préférences différentes. C'est le cas du groupe B par exemple : l'un d'entre eux aurait voulu faire un projet concernant le « *planning* » d'un calendrier de rugby, un autre préférerait travailler sur le « *web* ». Ce dernier qui semble peu motivé par le projet Nao, reste sceptique sur le choix : il dit attendre de voir ce que ça va donner. Il apparaît qu'un leader, ayant déjà programmé un robot à l'IUT, a influencé son groupe vers ses préférences. Ce groupe justifie le choix du projet par le prestige actuel de cette technologie : « *on en parle à la télé* ». La vision professionnelle semble avoir influencé leurs motivations : faire un projet sur Nao leur apportera un grand avantage notamment dans leur CV. Selon eux, travailler sur la robotique augmente leurs acquis dans le domaine informatique et les opportunités professionnelles, comme ils l'expriment ici : « *quand on va postuler pour un stage, dire « j'ai déjà fait de la robotique », c'est bien c'est une facette de l'informatique* ».

Une autre motivation est l'acquisition de nouvelles connaissances. Le groupe B justifie le choix de leur sujet parce qu'il fait intervenir un nouveau langage : « *Normalement quand on fait un master à l'université Paris Descartes, on n'est pas censé apprendre du Python : nous, c'est un plus ...* ».

Les étudiants du groupe A considèrent le projet sur la programmation de Nao comme pouvant leur permettre d'apprendre à travailler en groupe et à gérer un projet ensemble. Le choix du sujet est motivé par les apprentissages permis par cette technologie, des connaissances non acquises ailleurs dans leurs cours. S'ils poursuivent les mêmes modules en classe, les projets leur permettent de faire des différences dans leurs acquisitions : elles varient en fonction des sujets de projets faits au cours de l'année ou de leurs cursus.

La dernière motivation est donnée par les enseignants. Elle concerne la facilité supposée du sujet. Comme il n'est pas aisé de préjuger la facilité d'un projet sans l'avoir fait, le recours à un vocabulaire familier est sou-

vent le critère utilisé par les étudiants, comme le montre cet enseignant : « *s'il y a très peu de mots qu'ils connaissent dans le sujet proposé, ils vont le considérer comme difficile, alors qu'ils ne connaissent juste pas le nom de la technologie, ils ne connaissent pas le nom de l'algorithme ! Alors que ce n'est pas forcément difficile ! Mais parce qu'ils ne connaissent pas le nom, c'est difficile !* ». L'enjeu de la recherche d'un sujet facile est l'obtention d'un meilleur résultat, d'une bonne note.

3.2. Quelques stratégies utilisées

Beaucoup de stratégies ont été essayées. Selon son efficacité, celle jugée plus performante que d'autres était retenue, ce qui suppose qu'il fallait d'abord tout essayer avant la sélection. Le groupe A explique ainsi ses choix : « *on essayait de penser comment le robot peut gagner un point facilement. Il y avait plein de stratégies, et on cherchait la plus efficace. Lorsqu'on fait une compétition, on cherche à gagner d'abord !* ».

Le balayage pour cartographier le terrain de jeu, est la première stratégie utilisée par tous les groupes. Elle a été mise en œuvre en deux temps. D'abord, le robot, dans sa position initiale, elle lui permettait de prendre connaissance de tout ce qui se trouve : balles, lignes et leurs couleurs, robot adverse et tout autre objet éventuel pouvant constituer un obstacle. La connaissance de la position du robot conditionnait celle des différentes positions des balles. Au moyen d'un balayage horizontal, le robot s'appropriait tout ce qui s'y trouvait en se géolocalisant lui-même. Ensuite, cette stratégie de balayage était utilisée pendant le déplacement du robot.

La deuxième stratégie utilisée a consisté à cibler prioritairement la balle située au milieu du terrain. Cette stratégie avait un double avantage. D'abord, au début, selon les étudiants, la configuration du terrain n'était pas encore changée et les balles sont dans leur position d'origine. En effet, si le robot circule sur le terrain, certaines balles sont bousculées et peuvent perdre leur place. Ensuite, cette stratégie permettait de marquer le premier panier, en premier avant le robot adverse, pour bénéficier d'un bonus (Règlement de la compétition, 2012) : « Un bonus de 3 (points) est accordé à l'équipe qui dépose la première balle dans l'en but adverse ».

Prendre le chemin le plus court pour atteindre la balle cible a été la troisième stratégie. Une fois les balles identifiées, des distances entre elles et le robot étaient calculées puis comparées au moyen d'un algorithme construit. C'est la plus courte distance qui était parcourue par le robot pour se diriger vers la balle la plus proche. Elle permettait au robot d'atteindre rapidement la zone d'en-but et ainsi de marquer le but. Après ce

premier parcours vers la zone d'en but adverse, des calculs de la plus courte distance sont de nouveaux faits. La balle la plus proche du robot, à partir de la zone d'en but adverse est ciblée en premier. La synthèse des précédentes stratégies est présentée dans le tableau 1.

Tableau 1 • Variations des stratégies utilisées selon les tâches et les groupes

Tâche	Stratégie utilisée	Groupe concerné
Cartographie du terrain de jeu	Balayage avec la tête (caméra)	A et B
Géolocalisation des balles	Prise de la photographie du terrain + analyse de cette photo	A et B
Gain le bonus	Priorité à la balle centrale	A et B
Rechercher un plus court chemin à suivre	Calcul de la distance minimale entre la position actuelle de Nao et les balles	A et B
Déplacement vers la balle cible	Jonglage sur la vitesse équilibrée permettant un déplacement rapide de Nao en direction de la balle cible	A et B
Ramassage de la balle	Prise de position à la distance (Nao, Balle) préalablement mesurée	A et B
	Ajustements des articulations du bras en mouvement jusqu'au-dessus de la balle + Mouvements des articulations de la main pour saisir la balle	A
Localisation du panier	Détection des Naomarks ¹¹ par balayage horizontal	A et B
Bien se positionner face au panier	Conception et utilisation d' un algorithme « SearchMark »	A
Marquer un but : mettre la balle dans le panier	Prise de position à la distance (Nao, Panier) préalablement mesurée	A et B
	Nao ajuste ses articulations pour monter le bras jusqu'au-dessus du panier	A et B
	Ajustement de la main pour lâcher la balle dans le panier	A et B

3.3. Des connaissances utilisées et celles construites**3.3.1. Connaissances informatiques nécessaires**

La programmation des robots fait intervenir beaucoup de connaissances informatiques. Parmi elles, on distingue celles de base et celles avancées. Celles déjà acquises précédemment ne posent pas de difficultés majeures comme les étudiants l'expriment ici : *« pour l'algo, les choses en rapport avec les boucles, variables, franchement ça n'était pas plus grave »*. Elles étaient utilisées dans les connaissances avancées telles que les structures, les fonctions... Comme exemples illustratifs, les balles sont déterminées dans le plan du terrain par ses coordonnées dans un repère ou comme éléments d'une matrice. Le robot, quant à lui, est considéré comme une structure pour bien l'implémenter. Le tableau 2 page suivante synthétise les connaissances informatiques utilisées.

Tableau 2 • Notions informatiques intervenues dans la programmation des robot

Connaissances informatiques	Robot Nao	Groupe concerné
Notions de base	Variables, instructions, affectation, algorithme, condition, alternatives, boucles, itérations...	Tous les groupes
Notions avancées	Fonctions, structures	Tous les groupes

Comme toute programmation informatique, la programmation des robots nécessite un langage. Python a été utilisé pour programmer Nao et il s'agissait d'un nouveau langage pour les étudiants. Si Python était recommandé, aucun langage ou technologie n'était obligatoire et leurs choix étaient libres comme le témoigne l'enseignant E1 : *« au niveau des langages, pas une limitation et on ne cadre pas sur les langages utilisés ou les technologies utilisées. (...) Il y en a qui manipulent des langages qu'ils n'avaient jamais manipulés avant »*. Le contexte de programmation leur semblait complexe de telle sorte que tout semblait à reconstruire chez les étudiants : *« il y a des variables qu'on ne connaissait pas en fait. Il y avait déjà des boîtes programmables dans chorégraphe. Il fallait tout apprendre en fait, mais ça c'était plus compliqué... »*. Pour une tâche donnée, les étudiants mobilisaient diverses compétences, notamment des métaphores qui les aident à construire des représentation des actions de programmation au niveau de la conception, la construction et l'implémentation d'un algorithme, comme ils l'expriment ici : *« Pour écrire un algorithme, il y avait un*

mur de la salle, des petits carreaux de briques, en fait on disait que c'était des pixels. C'est de là qu'il est venu comment on a fait pour écrire l'algo et après, au fur et à mesure on a optimisé. Ça nous a donné un truc pratique acceptable. Et puis le robot ne prend plus une heure à chercher la bonne position ! Rires. »

Tableau 3 • Notions informatiques intervenues dans la programmation des robots

Types de connaissances informatiques	Robot Nao	Groupe concerné
Langages	Python	A et B
Librairies et logiciels	Chorégraphe, Naosim, librairie OpenCV, Simulateur, Timiline, Connectify	A et B
	Highgui, PIL	A
Fonctions traitant des mouvements	WalkTraker, WalkTo, AIMotion ::Walk To, AIMotion :: SetWalkTargetVelocity	A et B
Imagerie	Analyse d'image, pixels, filtre d'image, conversion des couleurs suivant les angles et la luminosité	A et B
Recherches informationnelles sur Internet	Recherche documentaire : usage des moteurs de recherche et des mots clés	A et B

D'autres connaissances construites sont plus techniques telles que des fonctions régissant le fonctionnement de Nao notamment dans ses mouvements : AIMotion ::Walk To et AIMotion :: SetWalkTargetVelocity. Le tableau 3 présente quelques connaissances acquises, classées selon leur type (langage, logiciels...).

3.3.2. Un déficit de connaissances mathématiques

Dans la programmation des robots, les connaissances mathématiques utilisées sont restées rares. Les étudiants qui s'attendaient à se confronter à d'énormes besoins en rapport avec des mathématiques plus compliquées, se disent étonnés de constater le contraire. Ils affirment n'avoir pas connu des difficultés relatives à ce sujet. Tous les groupes affirment n'avoir pas été très loin dans les notions mathématiques utilisées comme l'affirme le groupe A : « *Au début, on s'est dit : il y aura beaucoup de maths en fait. Mais c'est quoi ? C'est plus... Au niveau des connaissances mathématiques, on se serait arrêté au niveau de Pythagore, trigonométrie avec les histoires des angles. C'était pas non plus quelque chose de très compliqué !* ». Quant à la question

de savoir si ça ne serait pas plutôt un défaut de connaissances mathématiques qui leur posait plus de difficultés avec leur robot, le groupe B répond par la négative. Ils affirment qu'il n'y a pas de lien entre les difficultés vécues dans la programmation et les limites de connaissances mathématiques utilisées parce que, selon eux, au niveau des connaissances mathématiques, ils ont essayé « beaucoup de choses ». Ceux du groupe A reconnaissent des lacunes dans les connaissances mathématiques utilisées, connaissances qui pourraient leur permettre d'aller plus loin pour améliorer leur projet : « ...on aurait utilisé plus de maths si on veut que le programme fonctionne plus correctement. ».

Les limites des étudiants de licence à construire et utiliser des mathématiques sont aussi connues de leurs encadrants. Ces derniers affirment même, que dans le contexte de la programmation des robots de type Nao, les étudiants de niveau master sont, eux aussi, à la limite de leurs connaissances en mathématiques. Différentes raisons sont données pour expliquer ces limites. La première concerne l'approche utilisée dans la résolution des problèmes. L'absence de modélisation, pourtant convenable selon les enseignants, est la cause d'un défaut de construction des connaissances mathématiques. L'enseignant E2 reconnaît que la modélisation est une approche qui, pour Nao, nécessite plus de connaissances mathématiques et est donc difficile à mettre en œuvre par les étudiants : « S'il s'agissait de la modélisation du problème, donc connaître la position du robot, la position des moteurs, modéliser la position du bras en fonction des mouvements des moteurs, ça serait plus simple pour résoudre le problème, sauf que mathématiquement ça serait plus compliqué à réaliser pour eux. (...) les étudiants rentrent rarement dans une démarche expérimentale (...) ».

Tableau 4 • Notions et domaines mathématiques intervenant dans la programmation de Nao

Domaine mathématique	Nao	Groupe concerné
Géométrie	Repère à deux ou trois dimensions, coordonnées, cercle, diamètre, rayon, circonférence, centre d'un cercle, rotation, distance	A et B
Trigonométrie	Angle, radian, fonctions circulaires, fonctions circulaires inverses (asinus, acosinus, atan...)	A et B
Algèbre	Théorèmes de Thalès et Pythagore	A et B

La deuxième raison réside dans le fait que les étudiants ont des difficultés à mettre en relation ce qu'ils ont à faire et les connaissances à mobiliser. À la question de savoir s'il y a des connaissances mathématiques qui leur permettraient d'aller plus loin dans leur travail mais qui n'ont pas été utilisées, ils répondent par l'affirmative que : « *Oui, c'est évident !* »

La troisième raison est donnée par l'encadrant E1. Il tente de justifier cette absence de construction de nouvelles connaissances mathématiques par le fait que, dans le contexte de la programmation des robots par les étudiants de licence, « *les mathématiques sont utilisées comme « outil », que comme objet d'apprentissage, donc pas comme un objet d'étude en tant que tel.* ». Le tableau 4 présente la synthèse des notions mathématiques utilisées dans ces projets.

Si des connaissances mathématiques nouvelles sont peu élaborées, ce n'est pas le cas dans d'autres disciplines, où des connaissances sont construites au cours de projets : recherche d'informations sur Internet, acquisition et amélioration de la langue anglaise grâce à leur confrontation avec une documentation en anglais, gestion des relations humaines, utilisation des logiciels pour communiquer à distance au moment du travail en synchrone, notions de physique, de mécanique, etc. C'est le cas par exemple des notions de vitesse, d'accélération, de vitesse angulaire utilisées dans la programmation de Nao comme de Lego Mindstorms NXT (Nijimbere *et al.*, 2013).

3.4. Difficultés rencontrées

3.4.1. Python, un langage pas encore maîtrisé

Les étudiants en programmation de Nao se sentaient plus en difficulté par rapport à ceux des autres projets. Ils déclaraient le besoin d'être « *plus aiguillés* » pour s'en sortir. Le langage utilisé, Python, était pour eux nouveau et ils devaient l'apprendre sur le tas. Selon les étudiants, si la découverte d'un nouveau langage était une bonne chose, ils déplorent le fait qu'ils n'ont pas été mis au courant des contraintes de ce nouveau langage. Le groupe B qui semble justifier son retard par un suivi insuffisant, dit avoir passé beaucoup de temps à apprendre ce nouveau langage alors qu'il était possible d'utiliser le C++, déjà connu et plus adapté à ce sujet : « *On n'a pas été informé, et du coup, on s'est lancé en Python, mais il y avait plus de documentation que le C++. C'est un peu dommage ! (...). Par exemple pour le langage Python, on aurait dû être régulier dès le départ puisque le langage C++ aurait dû être plus approprié pour le projet* ». Ils déplorent aussi le manque d'informations qui a concerné l'analyse d'image, étape qui a posé pas mal

de difficultés dans l'avancement des projets pour tous les groupes sur Nao, alors qu'il y avait un autre groupe de master qui y travaillait.

De même, le groupe A affirme, lui aussi, que le langage C++ aurait été plus adapté pour ce genre de projet et, s'il y avait à le refaire, c'est ce langage C++ qu'il utiliserait, ajoute-t-il. Contrairement au groupe B qui regrette la perte du temps occasionnée par ce langage, le groupe A assume ses choix même s'il reconnaît des différences en termes de performance de ces deux langages : « *si on avait utilisé le C++, ça serait bien parce que le C++ est un peu plus rapide quand on l'exécute que Python. [...] Le prof nous a dit : prenez ce que vous voulez [comme langage] et nous, on a vu que le logiciel qu'on utilise, chorégraphie, était codé en Python. Donc, on s'est dit : pourquoi pas continuer ! On va continuer avec Python, peut-être on va être trop dépaysé, on connaîtra un petit peu et on est parti sur Python...* ». Les étudiants demandent que des conseils ou des orientations leur soient donnés assez tôt pour avoir le temps de les mettre en œuvre.

Une autre difficulté vécue par les étudiants est le choix de la méthode à utiliser pour mettre en œuvre les stratégies choisies. Comme l'indique un des enseignants, dans une recherche d'information avec un moteur de recherche, un mauvais choix de mots-clés, peut conduire à des résultats erronés. Un exemple donné est celui des groupes qui peuvent passer un week-end à chercher une information sur Google et ne pas trouver alors qu'une bonne recherche, donc utilisant les bons mots-clés, permet de trouver instantanément. L'utilisation d'une méthodologie non adaptée a plusieurs conséquences : disproportionnalité du temps utilisé par rapport aux résultats atteints ou même inadéquation entre l'effort fourni et la réalité du travail nécessaire pour arriver à résoudre un problème donné.

Des choix de méthodologie peu efficaces ont été systématiquement préférés chez les étudiants. Par exemple, ils faisaient « *apprendre par cœur des positions favorables* » au robot et ce, à la main, des positions qu'ils trouvaient stratégiques pour faire l'un ou l'autre geste. Au moment du test le robot se bloquait et risquait de tomber avec des possibilités de se casser. Face à cette situation très risquée pour le robot, les étudiants devaient être prêts pour le rattraper avant qu'il ne tombe par terre. Cette façon de faire se trouvait inefficace surtout qu'il devient aussi impossible pour le robot de combiner des séquences élémentaires consécutives pour exécuter une tâche complexe. À cet effet, Paulin *et al.* (2006) montrent que certaines marches des robots humanoïdes se réduisent à dérouler automatiquement une séquence d'actions élémentaires, calculées à l'avance et limitées à des

plages de fonctionnement parfaitement sécurisées afin de limiter les risques de chute dont le coût financier est parfois important.

La difficulté est d'abord située au niveau du choix de l'approche à utiliser, laquelle donne lieu à la conception d'un algorithme comme méthode de résolution d'un problème. L'absence d'une approche de modélisation est évoquée comme une lacune majeure. Les étudiants ont privilégié une approche qui nécessite des algorithmes plus simples, mais comme le disent les enseignants, ces algorithmes simples nécessitent aussi beaucoup de mises au point et, ainsi rallongent le travail à faire.

Si une approche choisie convoque un type de raisonnement conséquent, l'encadrant E2 trouve cette approche plus adaptée à l'apprentissage du fait qu'il intègre des mises en place des boucles de rétroaction, de la compréhension, des calculs de position des bras, des positions des moteurs, une approche plus cinématique. Cette efficacité de l'approche choisie est aussi soulignée par la recherche. Le contexte de la programmation d'un robot est adapté pour les apprentissages parce qu'il met en interaction divers niveaux et types de difficultés d'une tâche (Neboit et Poyet, 1991) : des caractéristiques techniques qui ont une incidence directe sur les niveaux de complexité de la tâche, des représentations mentales des opérateurs sur le dispositif et son action sur le réel, fortement dépendant du degré de transparence du système quant à son fonctionnement, des situations d'utilisation des dispositifs particulièrement contraignantes et instables et enfin, des compétences utilisées dans la programmation en partie liées au domaine de la représentation de l'espace et du mouvement, domaine souvent mal maîtrisé par les opérateurs.

3.4.2. Des choix méthodologiques souvent peu efficaces

Une autre difficulté vécue par les étudiants est le choix de la méthode à utiliser pour mettre en œuvre les stratégies choisies. Comme l'indique un des enseignants, dans une recherche d'information avec un moteur de recherche, un mauvais choix de mots-clés, peut conduire à des résultats erronés. Un exemple donné est celui des groupes qui peuvent passer un week-end à chercher une information sur Google et ne pas trouver alors qu'une bonne recherche, donc utilisant les bons mots-clés, permet de trouver instantanément. L'utilisation d'une méthodologie non adaptée a plusieurs conséquences : disproportionnalité du temps utilisé par rapport aux résultats atteints ou même inadéquation entre l'effort fourni et la réalité du travail nécessaire pour arriver à résoudre un problème donné.

Des choix de méthodologie peu efficaces ont été systématiquement préférés chez les étudiants. Par exemple, ils faisaient « *apprendre par cœur des positions favorables* » au robot et ce, à la main, des positions qu'ils trouvaient stratégiques pour faire l'un ou l'autre geste. Au moment du test le robot se bloquait et risquait de tomber avec des possibilités de se casser. Face à cette situation très risquée pour le robot, les étudiants devaient être prêts pour le rattraper avant qu'il ne tombe par terre. Cette façon de faire se trouvait inefficace surtout qu'il devient aussi impossible pour le robot de combiner des séquences élémentaires consécutives pour exécuter une tâche complexe. À cet effet, Paulin *et al.* (2006) montrent que certaines marches des robots humanoïdes se réduisent à dérouler automatiquement une séquence d'actions élémentaires, calculées à l'avance et limitées à des plages de fonctionnement parfaitement sécurisées afin de limiter les risques de chute dont le coût financier est parfois important.

La difficulté est d'abord située au niveau du choix de l'approche à utiliser, laquelle donne lieu à la conception d'un algorithme comme méthode de résolution d'un problème. L'absence d'une approche de modélisation est évoquée comme une lacune majeure. Les étudiants ont privilégié une approche qui nécessite des algorithmes plus simples, mais comme le disent les enseignants, ces algorithmes simples nécessitent aussi beaucoup de mises au point et, ainsi rallongent le travail à faire.

Si une approche choisie convoque un type de raisonnement conséquent, l'encadrant E2 trouve cette approche plus adaptée à l'apprentissage du fait qu'il intègre des mises en place des boucles de rétroaction, de la compréhension, des calculs de position des bras, des positions des moteurs, une approche plus cinématique. Cette efficacité de l'approche choisie est aussi soulignée par la recherche. Le contexte de la programmation d'un robot est adapté pour les apprentissages parce qu'il met en interaction divers niveaux et types de difficultés d'une tâche (Neboit et Poyet, 1991) : des caractéristiques techniques qui ont une incidence directe sur les niveaux de complexité de la tâche, des représentations mentales des opérateurs sur le dispositif et son action sur le réel, fortement dépendant du degré de transparence du système quant à son fonctionnement, des situations d'utilisation des dispositifs particulièrement contraignantes et instables et enfin, des compétences utilisées dans la programmation en partie liées au domaine de la représentation de l'espace et du mouvement, domaine souvent mal maîtrisé par les opérateurs.

3.4.3. Des difficultés plus techniques : une distance de l'imagination à la réalité

Dans la programmation des robots, au-delà des difficultés conceptuelles liées aux problèmes algorithmiques (Nijimbere *et al.*, 2013), les étudiants rencontrent de fortes difficultés techniques. Si ces dernières se font remarquer dans le cas des projets robotiques en général, elles sont plus particulièrement marquées pour le cas présent. Plus souvent difficiles à anticiper, elles créent des surprises aux étudiants. La forme humanoïde de Nao donne l'impression trompeuse d'une certaine simplicité de la programmation de cette technologie alors qu'il n'en est rien.

L'enseignant E1 attribue les difficultés des étudiants à la distance qui existe entre ce qu'ils imaginent pouvoir faire faire à ce robot et ce qu'ils sont réellement capables de faire avec lui. Pour cet enseignant, ce sont des sujets qui ont l'air simples mais qui font un véritable choc aux étudiants surtout quand ils se heurtent à certaines difficultés qu'ils n'avaient pas anticipées. En effet, cette distance est très large dans le cas de Nao : la forme anthropologique de cette technologie donne l'impression d'une facilité de programmation ce qui n'est pas le cas. Pour cet enseignant, *« c'est difficile parce qu'il y a toujours une différence entre ce que l'étudiant s'imagine pouvoir faire, surtout sur les projets Nao, où c'est très anthropomorphique et la réalité de la combinatoire et la machine de Turing. (Rires). Et donc ça crée là... c'est un véritable verrou technique. »*.

À la question de savoir où se situent les plus grandes difficultés dans la programmation de Nao, les étudiants confirment les propos des enseignants et pointent le côté technique. Pour eux, *« c'est la précision de Nao »* qui leur a posé le plus de difficultés. Les conséquences de ces difficultés techniques sont identifiables. Elles se caractérisent par un écart qui se dessine souvent entre ce qu'ils prétendent programmer et le résultat de cette programmation. Si avec cette forme humanoïde de Nao, ils espéraient lui faire faire autant de mouvements qu'un humain est capable de faire, la distance entre les souhaits et les possibles reste énorme : *« il ne peut pas reproduire les gestes qu'on veut », « on s'imaginait qu'il marque un point et qu'il danse. On voulait faire beaucoup de choses, mais au final, on voit que c'était très compliqué voire impossible ! »*

En effet, les codes, après leurs implémentations et compilations sur l'ordinateur, sont transférés sur le robot pour être testés. C'est à ce moment que des difficultés techniques se faisaient remarquer. D'une part, ce n'est pas parce qu'un code compile bien qu'il fonctionne sur le robot. D'autre part, les codes sont exécutés sur des robots en mouvement, ce qui

pose des problèmes d'équilibre (le robot manquait d'équilibre en voulant faire telle ou telle autre action ou geste) et de précision (il perd son chemin en suivant une cible donnée). Si certains défauts peuvent provenir des codes, d'autres proviennent de l'imperfection des robots utilisés. En effet, le robot, après avoir dû être conduit chez un spécialiste technique pour réparation, a été retourné avec les défauts finalement corrigés. Les étudiants s'exprimaient ainsi : « *Ce n'est plus le même Nao qui est retourné* ». Les difficultés et contraintes posées par des projets robotiques sont connues des enseignants qui en tiennent compte dans leurs évaluations.

3.4.4. Difficultés algorithmiques

À côté des choix méthodologiques s'identifient des difficultés concernant les types d'algorithmes utilisés. Les étudiants se retrouvent confrontés dans la programmation de Nao, aux problèmes compliqués d'algorithmique, plus visibles lorsqu'ils essaient de mettre en œuvre leurs idées et leurs stratégies en termes d'algorithmes – la conception – (des) actions que le robot doit exécuter et leurs formalisations en termes de codes. Cette complication est, selon l'encadrant E2, en partie liée à la façon dont la technologie est construite : la conception particulière des robots fait que leur programmation pose des difficultés particulières notamment dues à beaucoup de problèmes de mise au point, par rapport à la programmation classique. Cette particularité du robot engendre de nombreuses répétitions obligatoires des mêmes tâches au cours de la réflexion, notamment sur comment contourner les difficultés rencontrées. Selon l'enseignant-encadrant E1, ceci est en contradiction avec les exigences de la programmation classique qui, malgré les nombreuses réflexions nécessaires sur comment réaliser le projet ou les algorithmes à utiliser, est beaucoup moins longue dans sa réalisation. Les difficultés qui se posent aux étudiants de licence dans la programmation des robots restent davantage des problèmes algorithmiques qui s'ajoutent aux problèmes techniques.

Néanmoins, procédant par une comparaison tenant compte de la métrique « nombre de lignes de code », il apparaît que la taille du code implémenté reste très courte dans le cas de la robotique alors qu'elle peut facilement aller, sur des applications plus classiques, à plusieurs milliers de lignes.

3.4.5. Une mise en œuvre limitée de la modélisation

Dans la programmation de Nao, certaines difficultés sont différemment vécues chez les étudiants. Pour le groupe B par exemple, leurs difficultés se situaient sur deux plans : « détecter la balle » et « attraper la

balle ». Pour la deuxième tâche notamment, « il [le robot] arrive à détecter une balle, se diriger vers elle, se mettre dans certaines positions, donc il se baisse mais n'arrive pas à récupérer la balle à coup sûr. (...) c'est rattraper la balle à coup sûr, voilà en utilisant une analyse spécifique. (...). Pour nous, c'était le point le plus compliqué, le plus difficile ! ». Affirmant ne pas avoir de difficultés au niveau de la programmation, ils situent le problème au niveau de la réflexion correcte à mener : « On avait plein d'idées, mais ça marchait pas en fait. Du coup, on n'avait pas la bonne en fait ! ».

Si Nao est vu comme le robot le plus évolué par rapport à d'autres technologies robots telles que Lego Mindstorms NXT, son imperfection est vue comme une limite pour mettre en œuvre les stratégies implémentées. Par rapport aux vidéos vues sur Internet et qui constituent leur référence, ce groupe trouve moins perfectionné et moins puissant le robot utilisé : « ... les Nao qui sont à l'extérieur qui ont été modifiés au niveau des articulations des moteurs sont, on peut dire, plus fiables, plus rapides et plus puissants. C'est pourquoi, dans les vidéos, quand ils prenaient la balle, ils ajustaient et pouvaient marquer. Nao qu'on a là, ce n'est pas possible. La balle ne fait même pas un cm devant lui, un cm c'est tout (Rires) ! ». Même si ce groupe a finalement réussi à programmer ces tâches, il affirme y avoir investi beaucoup de temps : « On se rappelle qu'on avait réussi à le faire baisser, ramasser la balle... On a passé tout un mois sur cela. On avait fait plusieurs façons de comment le baisser mais on n'arrivait toujours pas à le faire relever... Quand, on a réussi à le faire relever, je crois que tout le monde était content ! ».

4. Discussion

Avant d'entrer dans la discussion, rappelons les deux hypothèses qui ont été formulées. La première hypothèse stipule que les étudiants de L3 en programmation de Nao n'ont pas de difficultés fondamentales en robotique étant donné que même les enfants de très bas âges programment des robots. La deuxième hypothèse est contraire à la première. Elle stipule que la programmation de Nao exige un certain niveau en informatique et permet donc d'aller plus loin dans l'apprentissage de la programmation. Elle n'est en conséquence pas adaptée aux tous débutants en informatique.

4.1. Nao : une simplicité trompeuse

Programmer un robot de type humanoïde n'est pas chose aisée. Si l'hypothèse postule que la programmation des robots ne devraient pas poser pratiquement de difficultés aux étudiants de licence en informatique,

la réalité est toute autre. Nao semble poser d'énormes difficultés aux étudiants. Cette situation est complexifiée par l'apprentissage d'un nouveau langage de programmation. Inspirés de Logo, les langages destinés aux enfants et, plus généralement aux novices en algorithmique et programmation, sont des langages simples ou simplifiés pour présenter certaines souplesse et transparence. Orientés vers le jeu, jeux sérieux, vidéos, etc., ces langages sont conçus de telle sorte que les apprenants sont dispensés de certaines difficultés : syntaxiques ou conception de la méthode à suivre, qui sont souvent source de difficultés majeures (Duchâteau, 2002). L'analyse de la littérature révèle une centration généralisée sur des langages à blocs ou à briques pour une initiation à la programmation. Ce contexte diffère de celui des L3 qui programment Nao : le langage Python, nouveau pour eux, ne relève pas de cette catégorie. En plus des difficultés algorithmiques, syntaxiques, techniques, etc., auxquelles les étudiants étaient confrontés, avec Nao, le contexte de la programmation embarquée est aussi une source de difficultés supplémentaire : un code qui marche sur l'ordinateur ne marche pas nécessairement sur le robot.

Si la forme humanoïde de Nao donne l'impression de simplicité et de facilité pour sa programmation, cette dernière pose beaucoup de difficultés aux étudiants de licence malgré leur expérience en programmation informatique. Un code produit sur la machine est envoyé pour être exécuté sur le robot, un autre exécutant séparé de l'ordinateur mais formant un système avec lui, ce qui engendre des difficultés supplémentaires : un même code peut ne pas fonctionner sur ce dernier alors qu'il n'a pas de problèmes sur ce premier. L'ajout de la complexité dans ce contexte de la programmation des robots a été déjà relevé dans les recherches. Dans ce type de programmation, l'ordinateur devient un « robot » intermédiaire entre l'apprenant et le robot qui doit exécuter le programme : le code est transféré sur le robot par l'apprenant via son ordinateur, pour être exécuté, une situation qui augmente la complexité de la programmation (De Dormale, 2003 ; Duchâteau, 1993 ; Niboit & Poyer, 1991). Cette complexité est peut-être l'une des raisons qui explique qu'il n'est pas prescrit aux étudiants avant la L3. Si certains parmi eux ont produit un travail intéressant, certaines conditions ont contribué à ce qu'il en soit ainsi : la motivation engendrée par les rapports de sympathie des étudiants envers cette technologie et, des bouts de codes et des vidéos déjà construits obtenus par leurs recherches en ligne.

Les résultats semblent infirmer la première hypothèse : les étudiants de L3 ont plus d'une année d'expérience en informatique mais les difficultés

qu'ils ont vécues dans la programmation de Nao, laissent penser que, si les enfants de l'école primaire peuvent programmer les robots, ces derniers sont généralement adaptés à leur niveau et leur âge. Certaines variables semblent être prises en compte pour prescrire certaines technologies robotiques aux apprenants. Leur complexité évolue en fonction du niveau d'étude, de l'âge, de l'expérience, etc. Nao semble plus complexe que les autres robots prescrits antérieurement. Ceci peut justifier finalement pourquoi il occasionne de difficultés non connues par les étudiants dans les classes précédentes.

4.2. De l'affection envers la technologie à l'apprentissage avec la technologie

Les états affectifs des apprenants sont déterminants dans leur motivation. La sympathie envers la technologie, plus prononcée dans le cas de Nao, est due à sa forme humanoïde. Cette apparence humaine leur a permis d'aller plus loin dans leurs apprentissages : leur affection envers lui les poussait à chercher à lui faire faire ce qu'ils pensent que tout humain peut faire. Ces résultats sont confirmés par d'autres recherches faites dans ce domaine. Se référant aux travaux antérieurs d'Izard (1993), Janiszek *et al.* (2011b) montrent que le rôle des émotions, ce qu'on peut mettre ici en relation avec la sympathie, n'est pas à négliger dans les apprentissages : des liens forts entre émotions et cognition ont été établis, soulignant que les émotions permettent de construire et d'organiser notre système cognitif et d'adapter nos procédures et notre comportement aux besoins de la situation. Selon ces études, les capacités d'attention, de mémorisation, de planification, d'apprentissage et d'interaction seraient davantage mobilisées si la tâche à accomplir est plaisante ou si on se sent satisfait et optimiste (Janiszek *et al.*, 2011b) : le plaisir et l'émulation qu'engendrent le travail et la communication avec Nao semble avoir eu un effet positif sur les capacités cognitives des étudiants et leur implication physique et intellectuelle dans la tâche à accomplir.

Après deux ans de formation à l'informatique, les étudiants de licence ont déjà acquis un bon niveau dans la programmation classique. Mais, les recherches montrent une distance entre la programmation classique des ordinateurs et celle des robots. Ce dernier contexte de programmation complexifie la situation. Dans la présente recherche, la complexité a été accentuée pour les étudiants par l'apprentissage d'un nouveau langage qui a ajouté des difficultés liées à la syntaxe, les bogues, etc. origine de la lenteur du projet. Le langage était encore une découverte à faire et la motivation initiale pour Nao s'en est trouvée réduite, les autres connaissances

susceptibles d'être construites, limitées. Les difficultés dans l'apprentissage de nouveaux langages sont connues dans les recherches antérieures. Selon Leroux, des difficultés rencontrées en programmation des robots sont inhérentes à l'apprentissage de tout langage de programmation (Leroux, 1996). Il trouve intéressant de découvrir la technologie au travers des constructions de situations d'apprentissage favorisant une relation dialectique entre la théorie et la pratique. Quoi qu'il en soit, les étudiants étaient dans une situation beaucoup plus complexe que ça : si l'acquisition du langage n'était pas l'objectif premier de l'apprentissage, ils étaient contraints de l'acquérir pour l'utiliser dans la construction d'autres connaissances.

4.3. Robotique pédagogique : vers une recomposition des disciplines ?

Les résultats de cette étude montrent les potentialités de la RP pour une ouverture à l'acquisition, par les étudiants, de nombreux savoirs issus de disciplines ou domaines variés. Ce caractère transversal lui confère la qualité d'être « une branche de passerelle » ou « une discipline de surfacique » pour reprendre les termes de Marchand (1991), permettant « une navigation » à travers les disciplines et les domaines différents pour des apprentissages multiples. De plus, comme l'ordinateur, la robotique est souvent abordée sous deux facettes, comme outil mais aussi comme objet d'apprentissage. Si un ordinateur peut aussi permettre cette ouverture pour l'apprentissage de divers savoirs pluridisciplinaires, celle permise par la RP est plus large. D'une part, elle offre des contextes divers d'application des savoirs déjà acquis notamment dans diverses disciplines mais aussi, elle permet aux étudiants de construire d'autres connaissances permises par les interactions du robot avec l'environnement.

Les disciplines sont généralement closes et leur « intérieur » est généralement laissé aux seuls spécialistes du domaine. Leur décloisonnement est une des potentialités de la RP, même si cette qualité n'est pas son unique propriété. Duchâteau (1993) parle d'un éclatement des frontières disciplinaires comme caractéristique fondamentale commune à l'informatique et à la robotique pédagogique. L'intérêt de cette ouverture des portes des disciplines, permise par l'approche de la programmation des robots, est d'offrir aux apprenants les possibilités d'accéder à l'interrelation des disciplines. Par là même, cet accès à la jonction des disciplines permet une acquisition de compétences transversales dont la responsabilité de leur enseignement n'est pas toujours clairement attribuée dans les curriculums enseignés (Lebeaume *et al.*, 2011). La réflexion suscitée par la programma-

tion des robots permet aux apprenants d'aller au-delà des limites disciplinaires pour interpréter les comportements de l'exécutant – robotique. Les potentialités de l'approche par projet de la RP dans les apprentissages sont multiples et ont été largement développées (Nijimbere *et al.*, 2013).

4.4. Robots humanoïdes et modélisation

Contrairement à la programmation classique, beaucoup de paramètres environnementaux (température, luminosité, pression, son...) entrent en jeu dans la programmation des robots. Les résultats de l'exécution du programme sont influencés par ces paramètres, indépendamment du code produit. Cela, semble-t-il, a influé sur les difficultés vécues par les étudiants : il était nécessaire d'anticiper pour comprendre et prévoir le comportement du robot face aux possibles fluctuations de ses comportements changeant au cours du temps en fonction de ces paramètres. Comme il s'agissait d'un contexte nouveau de programmation, il était très difficile d'anticiper tout ce qui pouvait se passer et influencer les comportements, surtout que le robot reste une boîte noire pour eux.

Les difficultés liées à la complexité des tâches de programmation des robots ont été évoquées dans des recherches précédentes. Neboit et Poyer (1991) soulignent deux conditions qui rendent difficiles les représentations des mouvements du robot. La première difficulté est liée au nombre d'axes et de degré de liberté (ddl) sur les axes du robot. Ils évoquent la quasi-impossibilité de la décomposition d'un mouvement en déplacement d'axes élémentaires d'un robot dont tous les axes peuvent bouger simultanément, à des vitesses différentes, dans des orientations et des sens différents. La deuxième difficulté est liée aux mouvements très différents d'un robot selon une commande effectuée. Cette difficulté est, selon eux, justifiée par le fait que la commande des déplacements d'un même axe et pour une même valeur de déplacement se fait dans plusieurs systèmes de coordonnées spatiales différents : référentiels polaires, articulaires, cartésien, repère de base, d'outil et de tâches.

Ces résultats révèlent des préoccupations des recherches actuelles en robotique éducative. Selon Espiau et Oudeyer (2008), si les robots doivent être autonomes, la complexité du monde et, donc de l'environnement dans lequel ils évoluent, reste l'obstacle majeur à leur autonomie. Ils justifient ainsi les enjeux des recherches actuelles en robotique : concevoir des méthodes permettant aux robots de se mouvoir, de prendre des décisions et d'interagir habilement avec leur environnement, naturel et humain. Au-delà des connaissances mathématiques élémentaires utilisées, les paragraphes suivants montrent que, dans la programmation de Nao, des con-

naissances mathématiques avancées sont aussi indispensables pour garantir sa performance et son autonomie. En effet, les étudiants avaient du mal à corriger les déséquilibres fréquents auxquels le robot faisait face, lesquels témoignaient de l'existence des imperfections techniques du robot. Le gros problème pour les étudiants était de ne pas arriver à identifier ce qui manquait pour corriger ou améliorer la situation. Des questions que l'on peut se poser sont les suivantes : l'absence des connaissances mathématiques construites est-elle due au fait qu'elles n'étaient pas nécessaires dans ces projets ? N'y a-t-il pas des occasions où elles devraient intervenir ? Qu'apporterait l'utilisation de mathématiques un peu plus avancées dans ces projets ?

Programmer un robot évoluant dans un tel contexte complexe suppose une modélisation et une planification des différentes tâches en actions élémentaires. Si la programmation de Nao nécessite la construction des connaissances mathématiques un peu plus avancées, leur absence a fortement limité sa performance. Le manque d'équilibre de Nao et ses imprécisions dans les calculs des distances, les prises de positions, les mouvements de ses membres (pour ramasser des balles, pour marquer un but...)... sont quelques-unes des raisons qui, selon moi, sont justifiées par une absence des connaissances mathématiques, pourtant nécessaires, qui devraient être construites et utilisées. Par exemple, les changements d'angle sous lequel le robot, en mouvement, voit la balle, en position fixe, pour pouvoir se mettre en position « favorable » de son ramassage, renseignent sur une probable implication des variations d'angle en fonction du temps. Ceci laisse supposer l'intervention des équations différentielles. La nécessité de ces dernières a d'ailleurs été soulignée par les enseignants qui affirment leur contribution fondamentale dans la programmation de Nao. Mais elles n'ont pas été utilisées. Les essais des étudiants pour faire prendre ou bloquer Nao, « à la main », dans une position « favorable » pour pouvoir poser tel ou tel geste souhaité, tel que le ramassage de balle, sont des approches qui se sont révélées non appropriées. Les pratiques des étudiants consistaient à faire prendre manuellement des positions qui, « informatiquement » n'ont pas de sens pour résoudre ce problème. Ces pratiques justifient à mon sens un aspect important de leurs représentations mentales de son fonctionnement : face à Nao, et donc inspirés par sa forme humanoïde, les étudiants raisonnent plus en termes de gestes humains qu'en termes de codes informatiques à implémenter. Cette façon de voir et de raisonner a influencé leur façon de faire et a masqué, chez eux, le recours à la modélisation des tâches complexes en petits éléments à implémenter et qu'il faudrait par la suite combiner. Cette approche des

étudiants contraste avec le point de vue des chercheurs (Nonnon, 2002) pour qui la RP permet la modélisation mathématique du phénomène physique par une expression algébrique. Un peu après Nonnon, Paulin *et al.* (2006) ont montré les limites d'un robot à « combiner ces différentes actions élémentaires pour qu'il (le robot) réalise des tâches de plus haut niveau ». Selon eux, la modélisation est, actuellement, devenue une préoccupation pour les roboticiens qui cherchent à modéliser les actions élémentaires sous forme de systèmes d'équations mathématiques complexes.

À côté des équations différentielles, évoquées comme indispensables, d'autres connaissances mathématiques avancées ont été soulignées dans les recherches : les équations dynamiques. En effet, Espiau et Oudeyer (2008) évoquent un premier défi à relever dans la programmation de Nao, système mécanique muni d'actionneurs : sa locomotion. Cette dernière appelle des équations dynamiques associées à un système rigide articulé et obtenues à partir des équations de Lagrange. Ces équations auraient pour intérêt de gérer des commandes engendrant une marche réaliste : supporter les variations de terrain, prévenir les chutes... Selon eux, à la différence des robots à base fixe, les robots humanoïdes, ont des exigences particulières. Comme Paulin *et al.* (2006), Espiau et Oudeyer (2008) justifient ces exigences par leur configuration spatiale répartie en deux parties : l'une, classique, regroupant les coordonnées articulaires commandées par des moteurs et définissant la posture du robot hors toute influence extérieure (pesanteur...); l'autre regroupant ses coordonnées par rapport à un repère de référentiel de son environnement.

Si les déplacements de ces robots sont effectués au moyen des jambes, les difficultés posées par leur programmation ne se limitent pas, dans le cas des robots humanoïdes, à la modélisation des seules jambes. Pour améliorer les déplacements et l'agir du robot, il importe de travailler sur le corps complet (Espiau et Oudeyer, 2008) : jambes, pieds, bras, mains, système de perception..., un travail qui nécessite chaque fois des modélisations. Il est notamment question de modéliser des contacts des pieds avec le sol pour faire face à l'influence de forces de réaction avec le sol, modéliser des frottements pour optimiser les mouvements afin de pouvoir faire face aux contraintes éventuelles de glissement et de synchroniser les déplacements et les mouvements des bras et la vision... Dans cette dynamique de la modélisation, une présence des mathématiques est de plus en plus évoquée en robotique. En tant que créature artificielle, Nao fonde son existence sur la puissance de l'algorithmique et des mathématiques

comme outils de représentation du réel (Espiau & Oudeyer, 2008). Ces chercheurs jugent indispensables des modèles mathématiques dans la programmation des robots humanoïdes pour assurer l'autonomie de leurs décisions et faire des actions réfléchies. Ces modèles devraient s'appuyer sur son environnement et permettre des représentations géométriques et topologiques mais aussi des modèles perceptifs. Des modèles mathématiques de raisonnement interviendraient en utilisant des techniques d'optimisation combinatoire (recherche de la meilleure solution parmi un nombre fini de solutions) ou de la programmation dynamique pouvant permettre une prise de décision.

Nao, à l'instar de beaucoup d'autres environnements orientés compétition pour la RoboCup (Muratet, 2010) comme RoboCupSoccer, RoboCupRescue et RoboCupJunior, est un robot physique qui pose plus de difficultés aux apprenants : il nécessite beaucoup de concepts informatiques. Même si les étudiants de L3 disposent des connaissances de base qu'il faut, la diversité des paramètres intervenant rend la programmation de Nao complexe et contraignante. Il me semble que l'acquisition du nouveau langage de programmation Python y a aussi contribué.

Il me semble que le peu d'étudiants qui choisissent les sujets de programmation de Nao est dû à leur mauvais souvenir de L2 lié à la complexité des activités de programmation des robots, notamment vécue dans le cadre des projets de programmation des robots de type Lego Mindstorm. La deuxième hypothèse stipulant que Nao, très exigeant en connaissances, ne serait pas destiné aux débutants en informatique mais, servirait à aller plus loin en programmation, se voit confirmée par ce qui précède. La modélisation exigée par Nao nécessite un bon niveau de réflexion et un bagage de connaissances de base. La programmation des tâches modélisées appelle souvent des connaissances un peu plus avancées que ce soit en informatique ou en mathématique. La programmation de Nao, par sa morphologie et sa structure, devient plus complexe. Il semble pour cela que programmer Nao n'est pas une activité adaptée aux tout novices en informatique mais, permettrait d'aller plus loin dans l'acquisition des compétences en programmation à ceux qui ont déjà des connaissances de base.

5. Conclusion et perspectives

Dans cet article d'orientation didactique, j'ai étudié les connaissances acquises par les étudiants de licence 3 d'informatique en projets de programmation de Nao, un robot humanoïde. Moyennant certaines conditions favorables, préalables à sa meilleure efficacité (Laborde *et al.*, 1985)

telle que des connaissances de base, l'approche de programmation des robots semble fructueuse et porteuse d'un intérêt éducatif important. Au-delà des apprentissages en informatique, des connaissances pluridisciplinaires sont construites grâce à sa potentialité à décloisonner les frontières imposées par des spécificités disciplinaires.

L'absence de mise en œuvre de modélisation a sensiblement limité la mise à profit de certaines des stratégies imaginées. C'est ce qui a limité aussi la construction de certains apprentissages mathématiques, indispensables pour la performance de Nao. En effet, en licence, les étudiants ont un certain nombre de cours orientés vers l'apprentissage de la programmation (Delozanne *et al.*, 2011) et les recherches récentes montrent qu'ils n'ont pas de difficultés particulières dans la programmation classique (Nijimbere *et al.*, 2013). Les étudiants peu initiés à la programmation rencontrent de difficultés avec le robot de type Lego MINDSTORM NXT, difficultés liées à la complexité du contexte non vécues dans la programmation classique. Le contexte de la programmation de Nao est complexe et occasionne de difficultés plus importantes, orientées techniques. Elles étaient accentuées par les multiples ddl de Nao et les conditions environnementales changeantes dans lesquelles Nao était appelé à évoluer et qui influent sur ses mouvements et ses actions. Ces difficultés auraient nécessité des connaissances mathématiques un peu plus avancées, construites à l'aide de l'approche par modélisation, malheureusement absente.

Les représentations mentales qu'ont les étudiants de Nao les poussent à raisonner en termes de mouvements humains et par conséquent à lui faire prendre des positions jugées « favorables » « à la main » plutôt qu'en termes de codes informatiques à construire. Ceci a contribué à ne pas penser à l'usage de la modélisation pouvant leur permettre la décomposition en actions élémentaires des tâches à faire faire par Nao et ainsi arriver au bout de ces difficultés techniques. Ces pratiques laissent transparaître des représentations mentales de Nao lacunaires chez les étudiants : il reste une boîte noire. La maîtrise d'une technologie nouvelle telle qu'un robot exige plus qu'une simple connaissance des composantes du hardware, de la syntaxe et de la sémantique de programmation. Une connaissance préalable des principes de son fonctionnement est nécessaire (Gaudiello & Zibetti, 2013). Pour le cas de Nao, ces derniers manquent chez les étudiants de licence malgré leurs compétences reconnues dans la programmation classique. Mon hypothèse est que des séances d'initiation et de familiarisation à sa structure et de son fonctionnement contribueraient à leur faire acquérir des images mentales nécessaires et suffisantes de Nao, robot très

complexe. Elles leur permettraient aussi d'anticiper certains de ses comportements sous l'influence des divers paramètres de son environnement et ainsi de pouvoir aller plus loin dans sa programmation. Programmer Nao à l'aide d'un langage déjà connu serait encore, me semble t-il, un moyen de réduire les contraintes pour aller plus loin dans la modélisation afin d'augmenter la performance de ce robot.

Il semble que, contrairement à la programmation classique et même celle des kits robotiques, celle des robots humanoïdes, dont Nao fait partie, nécessite un certain niveau en programmation. Les multiples paramètres environnementaux qui interviennent contribuent à complexifier le travail à faire et exigent des représentations mentales suffisantes et des compétences d'anticipation un peu plus poussées. L'activité de programmation des robots humanoïdes semble tellement complexe qu'elle serait, par conséquent, un peu plus haut placée par rapport au niveau des débutants en informatique : elle constituerait, à mon sens, non pas un début mais une étape pour leur perfectionnement en programmation, ce qui justifie finalement sa prescription institutionnelle tardive en licence.

En perspective, une étude qui s'oriente vers l'analyse des pratiques d'élèves plus jeunes permettra de rendre compte de l'appropriation de savoirs informatiques pour d'autres débutants. Une approche comparative est en cours au moyen de données issues de la découverte de l'informatique par des élèves de lycées, en filières scientifiques.

Remerciements

Au terme de cet article, je me réjouis d'adresser ma reconnaissance aux personnes suivantes qui ont contribué à son aboutissement. Mes remerciements sont d'abord adressés à Georges Louis Baron, professeur en sciences de l'éducation à l'Université Paris Descartes pour avoir pris son temps pour la correction et la relecture de cet article malgré ses multiples obligations. Mes remerciements s'adressent aussi à Messieurs David Janiszek et Damien Pellier, enseignants au département d'Informatique à l'Université Paris Descartes. Après m'avoir permis d'accéder à l'observation des pratiques et des échanges avec leurs étudiants en projets, ils m'ont donné un entretien pour plus de compléments. Enfin, mes remerciements s'adressent aux étudiants de licence en projet en informatique pour l'année scolaire 2011/2012. Ils ont, non seulement accepté d'être suivis dans leurs pratiques, mais aussi, ont contribué à les expliciter dans différents entretiens donnés.

-
- 1 <http://pagestec.org/web2001/article.php?sid=513>, site consulté le 24 mai 2014
 - 2 <http://www.aldebaran-robotics.com/For-Education/introduction.html>, consulté le 20 septembre 2012
 - 3 Leroux, Vivet, et Brézillon distinguent la coopération de la collaboration : Dans la collaboration, le travail à faire, les tâches et les responsabilités sont les mêmes alors qu'en travail coopératif, même si le travail est le même, les tâches et les responsabilités sont séparées, moyennant une mise en commun du travail final (Leroux *et al.*, 1996)
 - 4 <http://www.sorbonne-paris-cite.fr/index.php/en/component/simpliedownload/?task=download & fileid=cmVnbGVtZW50LWNvbXBldGl0aW9uX3JvYm90aXF1ZS5wZGY%3D>, document consulté le 10 février 2014
 - 5 <http://www.aldebaran-robotics.com/fr/>, site consulté le 17 février 2014
 - 6 Fabriqué en 2005 par la société française aldebaran-robotics, le robot Nao est commercialisé pour des fins éducatives : recherches dans des laboratoires et universités
 - 7 Si cette expression a plusieurs appellations (focus group, groupe de discussion, interview de groupe, groupe focalisé, entretien collectif). Colette Baribeau, Jason Luckerhoff et François Guillemette trouvent qu'il est préférable que les chercheurs en recherches qualitatives utilisent un seul terme : entretien de groupe.
 - 8 Contrairement aux questionnaires, l'entretien semi-directif a l'avantage de pouvoir relancer une question pour éclairer davantage un point de vue ou approfondir une réponse donnée
 - 9 Les étudiants étaient déjà au courant des sujets qui se trouvent sur le site du département de l'informatique
 - 10 C'est un dispositif circulaire avec un numéro monté sur le panier de but pour le caractériser

BIBLIOGRAPHIE

ARCHAMBAULT J.P. (2011). Un enseignement de la discipline informatique en Terminale scientifique. Sciences et technologies de l'information et de la communication en milieu éducatif : Analyse de pratiques et enjeux didactiques. *Actes du quatrième colloque international DIDAPRO 4-Dida&Stic*, Université de Patras. p. 205–212

ARNAUD P. (1999) *Des moutons et des robots : Architectures de contrôle réactive et déplacements collectifs de robots*. Presses Polytechniques et universitaires romaines.

BARON G.-L. (2012). L'informatique en éducation : quel(s) objets d'enseignement ? In *Le "e-Dossiers de l'audiovisuel : l'Education aux cultures de l'information. Translittératies : enjeux de citoyenneté et de créativité* p. 81-88. ENS-Cachan et Université Sorbonne nouvelle.

BARON, G.-L. (1987). *La constitution de l'informatique comme discipline scolaire; le cas des lycées*. Thèse de doctorat. Université Paris IV.

BARON G.-L., DENIS B. (1993). Regards sur la robotique pédagogique. *Actes du 4e colloque international sur la robotique pédagogique*. Paris : INRP, Technologies nouvelles et éducation.

BARON G.-L., VOULGRE, E. (2013). Initier à la programmation des étudiants de master de sciences de l'éducation ? Un compte rendu d'expérience. *Sciences et technologies de l'information et de la communication en milieu éducatif : Objets et*

méthodes d'enseignement et d'apprentissage, de la maternelle à l'université.
<http://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00875549>

BERS M.-U. (2008). *Blocks to robots : Learning with technology in the early childhood classroom.* Teachers College Press New York.

BONNEL B. (2010). *Vive la robolution.* Paris : Éditions Jclattès.

BOUDREAULT Y., PREGENT R. (2005). Projet intégrateur pluridisciplinaire exploitant la robotique pour les étudiants de première année en génie informatique et en génie logiciel. *Actes du 8e colloque francophone de Robotique Pédagogique* p. 81-88 . La Ferté-Bernard, France.

BOURGUIBA R. (2000). *Conception d'une architecture matérielle reconfigurable dynamiquement dédiée au traitement d'images en temps réel.* Thèse de doctorat, Université de Cergy-Pontoise, Cergy-Pontoise. France.
<http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsid=14196035>

BRUILLARD É., DELOZANNE É., LEROUX P., DELANNOY P., DUBOURG X., JACOBONI P., LEHUEN J., LUZZATI D., TEUTSCH P. (2000). Quinze ans de recherche informatique sur les sciences et techniques éducatives au LIUM. *Revue Sciences et Techniques Educatives*, Vol. 7 n° 1, 87-145.

DARCHE P. (1994). *Le Paradigme Acteur appliqué aux Systèmes Embarqués Communicants. ActNet, un Réseau d'Acteurs Robotiques.* Thèse de doctorat en Informatique. Paris 6, Paris

DE DORMALE R.-M. (2003). Apprendre à programmer Pourquoi? Comment? *CAR : Computers Are Robots.* <http://www.paixactive.org/platform/memoire.pdf>

DELOZANNE E., JARRAUD P., MURATET M. (2011). Un projet Jeux sérieux pour approfondir l'apprentissage de la programmation en première année à l'université. *DIDAPRO 4-dida & STIC : Sciences et technologies de l'information et de la communication (STIC) en milieu éducatif* p. 240-249.

DOWEK G., ARCHAMBAULT J.-P., BACCELLI E., CIMELLI C., COHEN À, EISENBEIS C, VIEVILLE T, WACK B, (2011). *Informatique et sciences du numérique: Spécialité ISN en terminale S.* Paris : Éditions Eyrolles.

DUCHÂTEAU C. (2002). *Images pour programmer.* Première partie : Apprendre les concepts de base. Édition revue et augmentée. Disponible sur Internet: <https://pure.fundp.ac.be/ws/files/252136/images1-5-79.pdf> (consulté le 10 décembre 2013)

DUCHÂTEAU C., (1993). Robotique-Informatique : mêmes ébats, mêmes débats, mêmes combats : Regards sur la robotique pédagogique. *Actes du quatrième colloque de Robotique Pédagogique*, Liège.

ESPIAU B., OUDEYER P.-Y. (2008). Robotique : de l'automate à l'humanoïde. Un robot très curieux, entretien avec Pierre-Yves Oudeyer, propos recueillis par Dominique Chouhan. *La Recherche Les Cahiers de l'Inria*, Vol. 424.
<http://hal.inria.fr/inria-00536681/>

GUIBERT N., GUITTET L., GIRARD P. (2004). Apprendre la programmation par l'exemple : méthode et système. In *Technologies de l'Information et de la Connaissance dans l'Enseignement Supérieur et de l'Industrie* p. 345-352.

GAUDIELLO I., ZIBETTI E. (2013). La robotique éducationnelle : état des lieux et perspectives. *Psychologie Française*, Vol. 58 n° 1, 17-40.
doi :10.1016/j.psfr.2012.09.006

GUZDIAL M. (2004). Programming environments for novices. *Computer science education research*, p. 127-154.

HSU S.-H., CHOU C.-Y., CHEN F.-C., WANG Y.-K., CHAN T.-W. (2007). An investigation of the differences between robot and virtual learning companions' influences on students' engagement. In *Digital Game and Intelligent Toy Enhanced Learning, 2007. DIGI '07. The First IEEE International Workshop on* p. 41-48.
http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=4148830

JANISZEK D., PELLIER D., MAUCLAIR J., BOULCH L., BARON G.-L., PARCHEMAL Y. (2011a). Utilisation de la robotique pédagogique pour enseigner l'intelligence artificielle: une expérience d'approche par projet auprès d'étudiants en informatique. *STICEF*, Vol. 18, p. 75-92. http://sticef.univ-lemans.fr/num/vol2011/07r-janiszek/sticef_2011_janiszek_07rp.html

JANISZEK D., BOULCH L., PELLIER D., MAUCLAIR J., BARON G.-L. (2011b). De l'usage de Nao (robot humanoïde) dans l'apprentissage de l'informatique. In Baron, GL, Bruillard Eric et Komis Vassilis (Eds.), *Didapro4-Did&STIC: Sciences et technologies de l'information et de la communication en milieu éducatif. Actes du Colloque International* p. 231-239.

KAZIMOGLU C., KIERMAN M., BACON L., MACKINNON L. (2012). À serious game for developing computational thinking and learning introductory computer programming. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, n° 47, 1991-1999.

KLOPPFER E., BEGEL À. (2003). StarLogo under the hood and in the classroom. *Kybernetes: The International Journal of Systems & Cybernetics*, Vol. 32 n° 1-2, 1-2.

KYNIGOS C. (2008). Black and white perspectives to distributed control and constructionism in learning with robotics. *Workshop Proceedings of SIMPAR*.

KOMIS V, MISIRLI À. (2011). Robotique pédagogique et concepts préliminaire de la programmation à l'école maternelle : une étude de cas basée sur le jouet programmable Bee-Bot. In Baron, GL, Bruillard Eric et Komis Vassilis (Eds.), *Didapro4-Did&STIC : Sciences et technologies de l'information et de la communication en milieu éducatif. Actes du Colloque International*, p. 271-281.

LABORDE C., MEJIAS B, BALACHEFF N. (1985). Genèse du concept d'itération : une approche expérimentale. *Enfance*, Vol. 38 n° 2-3, 223-239.

LAUZIER I., NONNON P. (2007). Une expérience d'approche par projet pour favoriser l'intégration des apprentissages. *9ème Colloque Francophone de Robotique Pédagogique*, p. 14-21, La Ferté-Bernard, France.

LEBEAUME J., HASNI À., HARLE I. (2011). *Recherches et expertises pour l'enseignement scientifique : Technologies - Sciences - Mathématiques*. De Boeck, 193 p.

LEROUX P. (1996). Intégration du contrôle d'objets réels dans un hypermédia. Un exemple d'implantation dans le système ROBOTTEACH. In *Troisième colloque Hypermédias et Apprentissages*, p. 237-244.

LEROUX P. (1995). *Conception et réalisation d'un système coopératif d'apprentissage - Étude d'une double coopération : maître/ordinateur et ordinateur/groupe d'apprenants*. Thèse de doctorat en Informatique. Université Paris 6, Paris.

LEROUX P. (2005a). 20 ans de Robotique Pédagogique à l'Université du Maine, Le Mans. p.7-18. *8e colloque francophone de Robotique Pédagogique*, La Ferté-Bernard. France.

LEROUX P. (2005b). Réalisation de micro-robots au collège mise au point d'une démarche pédagogique et d'un environnement informatique support des activités. *Aster*, n° 41, Produire, Agir, Comprendre, 49-78.

LEROUX P., MONFLIER J.-L., GUYON S., JAMBU M., DESPRÉS C., GEORGE S. (2005). Démarche de projet, micro-robots modulaires et logiciel d'apprentissage dans le cadre de l'enseignement des systèmes automatisés au collège. In Pierre Vérillon, Jacques Ginestié, Joël Lebeaume et Pascal Leroux. *Produire en technologie à l'école et au collège*, p. 119-168. Institut national de recherche pédagogique.

LEROUX P., VIVET M. (2000). Micro-Robots Based Learning Environments for Continued Education in Small and Medium Enterprises (SMEs). *Journal of Interactive Learning Research*, Vol. 11 n° 3, 435-463.

LEROUX P., VIVET M., BRÉZILLON, P. (1996). Cooperation between humans and a pedagogical assistant in a learning environment. In *Proceedings of European Conference in AI in Education (EuroAIED)*, Lisbon, Portugal, p. 379-385.

MALONEY J., BURD L., KAFAI, Y., RUSK N., SILVERMAN B., RESNICK, M. (2004). Scratch: a sneak preview [education]. In *Creating, Connecting and Collaborating through Computing*, 2004. Proceedings. Second International Conference on, p. 104-109.

MARCHAND D. (1991). La robotique pédagogique! Ça existe ? *Bulletin de l'EPI*, n° 65, 119-124.

MARCEL J.-F. (2002). Approche ethnographique des pratiques enseignantes durant les temps interstitiels. *Revue Spirale*, n° 30, 103-120.

MENDELSON P. (1985). L'enfant et les activités de programmation. *Grand N*, n° 35, 47-60.

MORRISSETTE J. (2011). Ouvrir la boîte noire de l'entretien de groupe. *Recherches qualitatives*, Vol. 29 n° 3, 7-32.

MURATET M. (2010). *Conception, réalisation et évaluation d'un jeu sérieux de stratégie temps réel pour l'apprentissage des fondamentaux de la programmation*. Université Paul Sabatier-Toulouse III.

MURATET M., TORGUET P., VIALLET F., JESSEL J.-P. (2011). Experimental feedback on Prog&Play: a serious game for programming practice. *Computer Graphics Forum*, n° 30, 61-73. Wiley Online Library.

MURATET M., DELOZANNE E., TORGUET P., VIALLET F. (2012). Addressing teachers' concerns about the Prog&Play serious game with context adaptation. *International Journal of Learning Technology*, Vol. 7 n° 4, 419-433.

NEBOIT M., POYET C. (1991). La communication homme-machine en robotique : analyse comparée de différentes interfaces de programmation. *Technologies de l'Informatique et Société*, Vol. 3 n° 2-3, 231-249.

NIJIMBERE C., BOULCH L., HASPEKIAN M, BARON G.-L. (2013). Apprentissage de l'informatique par la programmation des robots. Cas de Lego MINDSTORM NXT. In Drot-Delange B, G.-L, Baron et É. Bruillard (dirs.). *Actes du colloque Didapro5-Dida&STIC*. Clermont Ferrand.

NONNON P. (2002). Robotique pédagogique et formation de base en science et technologie. *Aster*, n° 34 « Sciences, techniques et pratiques professionnelles ».

O'KELLY J., GIBSON J.-P. (2006). RoboCode & problem-based learning: a non-prescriptive approach to teaching programming. *ACM SIGCSE Bulletin*, Vol. 38 n° 3, 217-221.

PALIOKAS I., ARAPIDIS C., & MPIMPITSOS M. (2011). Playlogo 3d: À 3d interactive video game for early programming education: Let logo be a game. In *Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES), Third International Conference*, p. 24-31. IEEE.

PAPERT S. (1994). *L'enfant et la machine à connaître. Repenser l'école à l'ère de l'ordinateur*. Traduit par Étienne Cazin. Dunod. Paris.

PAP-SZIGETI R., PASZTO À., LAKATOS TOEROEK E. (2010). Effects of Using Model Robots in the Education of Programming. *Informatics in Education-An International Journal*, Vol 9_1, 133-140.

PAULIN M., BOUREAU E., DARTNELL C., KRUT S. (2006). Modélisation et planification d'actions élémentaires robotiques par apprentissage de réseaux de contraintes. *Deuxième Journées Francophones de Programmation par Contraintes (JFPC06)*. Disponible sur Internet : <http://hal.archives-ouvertes.fr/inria-00085797/> (consulté le 15 novembre 2013)

RAPPORT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES (2013). *L'enseignement de l'informatique en France. Il est urgent de ne plus attendre*. Disponible sur Internet : <http://www.epi.asso.fr/revue/docu/d1305a.htm> (consulté le 2 octobre 2013)

RÈGLEMENT DE LA COMPÉTITION ROBOT PRES CUP (2012). Edition 2012. Disponible sur Internet : <http://www.google.fr/search?hl=fr&source=hp&q=R%C3%A8glement+de+la+comp%C3%A9tition+Robot+PRES+Cup%2C+%282012%29.+Edition+2012.&btnG=Recherche+Google&gbv=1> (consulté le 12 décembre 2013)

RESNICK M., MARTIN F., SARGENT R., SILVERMAN B. (1996). Programmable bricks : Toys to think with. *IBM Systems journal*, Vol. 35 n° 3.4, 443-452.

ROBY-BRAMI À., LAFFONT I. (2002). Gestes et technologie : la compensation des incapacités motrices. In Blandine Bril et Valentine Roux (dir.), *Le geste technique : Réflexions méthodologiques et anthropologiques*, p. 95-112. Ramonville Saint-Agne : Érès.

TARDIF J. (1997). Pour un enseignement stratégique : l'apport de la psychologie cognitive : *Les Editions Logiques*.

TEMPEL M. (2013). Blocks Programming. *CSTA Voice*, 9(1). Disponible sur Internet : http://el.media.mit.edu/logo-foundation/pubs/papers/blocks_programmin g.pdf. (consulté le 12 janvier 2014).

VIVET M. (2000). Des robots pour apprendre. *Revue des Sciences et Techniques Éducatives*, Vol. 7 n° 1, 17-60.

Numéro spécial

**Les Environnements Personnels
d'Apprentissage : entre description
et conceptualisation**

**Sous la direction de
Bernadette Charlier, Monique Grandbastien,
France Henri et Daniel Peraya**



Éditorial

► **Daniel PERAYA** (Université de Genève), **Bernadette CHARLIER** (Département des Sciences de l'Éducation, Université de Fribourg), **France HENRI** (Centre de recherche LICEF, Télé-université du Québec), **Monique GRANDBASTIEN** (LORIA, Université de Lorraine, Nancy).

Les environnements virtuels d'apprentissage déployés dans l'enseignement supérieur ont connu une importante évolution, depuis les premiers serveurs éducatifs Web (1994) jusqu'aux campus virtuels et aux plateformes dès le début des années 2000. Aujourd'hui, l'apparition du Web 2.0 – le Web social et collaboratif – a modifié les usages, introduisant de nombreuses applications orientées utilisateurs : ces «services» de communication, de collaboration, de réseautage, de partage et d'échange sont personnalisables, modulaires, conviviaux, gratuits, flexibles et facilement accessibles grâce au déploiement des infrastructures de réseaux. Ils s'appuient de plus sur les technologies nomades (téléphone intelligent, tablette, informatique en nuage). Parmi leurs utilisateursⁱ, de nombreux étudiants universitaires assemblent et aménagent ce type d'environnement pour organiser leur travail, soit en complément de l'environnement institutionnel, soit directement en lieu et place de celui-ci (Bonfils & Peraya, 2010 ; Dede, 2009 ; Greenhow *et al.*, 2009 ; Peraya & Bonfils, 2012).

La première version de ce qui sera désigné plus tard par l'expression *personal learning environment* (Olivier & Liber, 2001) est le *Future Learning Environment* réalisé par le Media Lab d'Helsinki en 1998. Sous l'impulsion de chercheurs tels que Wilson (2005), Attwell (2007a, 2007b), ce nouveau concept qui désigne l'environnement conçu et utilisé par les étudiants pour apprendre, dans et en dehors des institutions, connaît un fort intérêt et de nombreux développements. Il fait l'objet de nombreuses explorations par des chercheurs en informatique, en sciences de l'éducation et de la communication, en technologie de l'éducation et en sociologie des

usages. Ces derniers ne disposent cependant d'aucun cadre théorique permettant de dépasser ce niveau descriptif auquel se cantonnent les recherches actuelles, le plus souvent exploratoires, sur les EPA. Selon l'appartenance disciplinaire des chercheurs leurs intérêts et leurs ancrages institutionnels plusieurs approches se sont dessinées. La première de celles-ci est centrée sur la dimension informatique qui considère que les EPA sont des assemblages de services Web qui devraient être développés et agencés notamment au niveau institutionnel, proposant ainsi de nouveaux environnements virtuels d'apprentissage pour remplacer les anciens devenus obsolètes. Une deuxième approche est centrée sur la recherche de l'intelligibilité. Elle considère que les EPA sont déjà là, conçus et créés par les étudiants souvent pour soutenir leurs apprentissages formels ou non formels et tente d'appréhender ce nouveau phénomène en construisant de nouveaux objets de recherche. Ainsi, cette approche s'emploie à mieux décrire les EPA et à les modéliser, d'une part, et d'autre part, à comprendre l'activité supportée par les EPA et à cerner leur impact pour les étudiants eux-mêmes et pour les institutions.

Ce numéro spécial prolonge, par un appel public à contributions, les travaux du symposium intitulé *Les environnements personnels d'apprentissage. Entre description et modélisation : quelles approches, quels modèles ?* organisé dans le cadre du REF 2013 (Réseau Éducation et Formation) à Genève (9-11 septembre 2013). Les objectifs de ce numéro se déclinent en deux volets :

- Partager les cadres de référence et la terminologie afin de préciser et d'enrichir les différentes conceptualisations des EPA réalisées par des chercheurs issus de champs disciplinaires différents.
- Analyser et discuter la mise en application de ces cadres de référence et terminologies sur des objets de recherche : la conception et la construction émergente par l'étudiant de son EPA ; le modèle de l'apprenant ; l'expérience d'apprentissage ; les processus de gestion personnelle et de gestion collective des connaissances supportés par les EPA y compris en contexte professionnel ; les rapports entre les EPA et les environnements institutionnels. Développer une vision compréhensive de cette nouvelle thématique et de ses enjeux et y situer les différentes contributions. Ce troisième objectif, plus prospectif, vise en identifiant les lacunes des recherches actuelles à proposer des perspectives pertinentes et complémentaires pour notre domaine d'étude interdisciplinaire.

Le numéro rassemble des contributions de chercheurs représentatifs de différentes approches des EPA. Ils nous proposent leurs contributions empiriques à l'étude de ce phénomène par des modélisations, des développements, des observations et des études de cas. Cependant, pour mieux délimiter les contours de la thématique des EPA, pour identifier des niveaux d'étude, des entrées disciplinaires et des objets de recherche possibles, il fallait un travail fondateur de revue critique de la littérature. C'est à cette tâche que s'est consacrée la première contributrice, France Henri. Son article offre aux lecteurs un point d'entrée indispensable pour aborder les recherches sur les EPA. En effet, en se basant sur les distinctions entre objet concret, objet de recherche et objet scientifique clarifiées par (Davallon, 2004), elle propose non seulement une étude caractérisant l'évolution et la diversité des recherches sur les EPA, mais aussi un point de vue critique indispensable tant aux chercheurs qu'aux praticiens. Il s'agit, ni plus ni moins, d'asseoir les bases permettant de construire l'EPA comme objet de recherche. Elle identifie trois conceptions initiales des EPA : 1) une conception pédagogique centrée sur l'apprenant et sur le potentiel des technologies du Web 2.0, conception qui s'inscrit en faux par rapport aux environnements institutionnels offrant à l'apprenant peu de souplesse et de libertés ; 2) une approche technique, considérant les EPA comme des systèmes technologiques et des assemblages d'outils, développée par des informaticiens qui souhaitaient eux aussi donner à l'apprenant un plus grand contrôle et une plus grande liberté dans l'utilisation de leur environnement de travail ; 3) une conception qui met en évidence la dimension psychosociale et la nature fondamentalement subjective des EPA, qui constitue un cadre à partir duquel l'individu développe son activité. Elle montre que cette troisième conception est sans doute celle qui se rapproche le plus d'un objet de recherche « construit » en se référant aux notions d'environnement, d'environnement d'apprentissage et d'apprentissage intentionnel. L'EPA est ainsi problématisé en s'appuyant sur les principes théoriques de l'autodirection et du contrôle. « Une relation de pertinence est établie entre le design pédagogique, le contrôle de l'apprenant et l'environnement d'apprentissage incluant les technologies » (Henri, 2014, p. 2).

France Henri montre cependant qu'à ce stade de la recherche, il serait illusoire de chercher à proposer une définition universelle des EPA. Elle nous propose plutôt, en se basant sur la littérature, des démarches particulièrement stimulantes permettant de théoriser les EPA. Celles-ci (Buchem *et al.*, 2011 ; Fielder & Valjataga, 2011) se fondent sur l'analyse de l'activité de manière contrastée pour proposer une approche des EPA

comme système d'activités complexe en tension. L'auteur termine son investigation en analysant deux recherches empiriques permettant de confronter les discours tantôt réalistes tantôt idéalistes aux données empiriques et ainsi de progresser vers la construction d'un objet scientifique. En conclusion, F. Henri plaide pour une plus grande collaboration entre chercheurs issus de domaines disciplinaires tels que l'informatique, la psychologie, la communication, les sciences de l'éducation pour travailler sur un objet de recherche hybride entre innovation technologique et phénomène social et subjectif. Ce numéro spécial de STICEF apporte quelques premières réponses à cette demande.

Les différents articles de ce numéro développent des conceptions des EPA qui relèvent des trois conceptions mentionnées plus haut. Dans un certain nombre de ceux-ci, les EPA sont conceptualisés comme des objets hybrides, à la fois techniques et pédagogiques, encore fortement ancrés dans la description ou la production d'objets empiriques, d'objets concrets. Que les recherches soient menées de l'un ou l'autre de ces points de vue, les auteurs de ce numéro prennent tous position contre les contraintes qu'imposent à l'apprenant les environnements institutionnels et revendiquent pour celui-ci plus de liberté dans le choix des outils et plus d'autonomie dans la construction de son environnement de travail. La contribution de Brigitte Denis et Noémie Joris s'inscrit dans la perspective pédagogique et s'intéresse plus particulièrement aux environnements personnalisables. Les travaux de Denis Gillet et de Na Li se basent sur le même constat, celui de l'inadéquation aux besoins des étudiants des plateformes institutionnelles fermées, rigides et centralisées, mais leur réponse – qui s'inscrit dans la deuxième conception – vient de l'informatique et du développement d'une plate-forme nouvelle. Enfin, la contribution de Monique Grandbastien et Samuel Nowakowski aborde de la personnalisation des environnements d'apprentissage sur la base d'une conception informatique de celle-ci : il s'agit de tester des fonctionnalités greffées sur le LMS *Moodle* susceptibles d'aider l'étudiant à faire d'un environnement institutionnel, un espace qui lui est propre.

Les autres contributions s'inscrivent dans la troisième conception subjective identifiée par France Henri. Elles proposent des approches de l'EPA comme un objet construit en référence à un cadre théorique. Jean Heutte s'appuie sur trois théories du *self* – autodétermination, auto-efficacité, autotélisme-*flow* – pour développer une conception d'un « environnement optimal d'apprentissage de l'étudiant envisagé dans une perspective sémiocognitive ». Cédric Fluckiger s'intéresse au processus de genèse ins-

trumentale à partir du concept de « système d'instruments » développé par Rabardel (1995) et Rabardel et Bourmaud (2003). Bernadette Charlier mobilise ce même cadre de référence pour analyser comment des étudiants au moment de leurs passages à la vie professionnelle gèrent leurs activités d'apprentissage à travers une diversité de lieux et des moments d'apprentissage possibles, dans les conditions qu'elle nomme un « apprentissage au-delà des frontières ». C'est à partir d'une conception des EPA comme des systèmes d'instruments que Nicolas Roland et Laurent Talbot remettent en question la définition purement technologique des EPA et cherchent à expliquer les logiques de construction en fonction de facteurs personnels et environnementaux tout en cherchant à identifier leurs caractéristiques particulières. Pour Daniel Peraya et Philippe Bonfils, un EPA est considéré comme un « dispositif de formation et de communication médiatisées » et c'est à partir de ce modèle qu'ils analysent les fonctions mises en œuvre par des groupes d'étudiants dans la construction de leur environnement de travail. Annie Jézégou, d'une part, Stéphanie Mailles-Viard Metz, Émilie Vayre et Chrysta Pélissier d'autre part, analysent les EPA à partir de théories psychologiques de l'apprentissage. Jézégou propose un cadre théorique d'analyse et d'interprétation des EPA qui contribue ainsi à leur apporter une intelligibilité. Ce cadre théorique est ancré dans la théorie sociale cognitive de l'agentivité humaine. Enfin, Stéphanie Mailles-Viard Metz et ses collègues font l'hypothèse qu'un EPA est susceptible de développer chez les étudiants un profil motivationnel autodéterminé, d'accroître leur sentiment d'auto-efficacité et d'expérimenter de nouvelles stratégies d'appren-tissages.

Au-delà de la diversité des approches adoptées par les auteurs, ce numéro spécial soulève plusieurs questions dont trois nous apparaissent cruciales. Quel est l'intérêt de l'EPA pour susciter de nouveaux objets de recherche ? Pour qui ces recherches ont-elles un intérêt ? Avec quelles perspectives sont-elles abordées ? L'examen de ces questions permet de suggérer quelques pistes pour des recherches ultérieures.

Tout d'abord, en quoi l'EPA interpelle-t-il en tant que phénomène ? Comme nous l'avons vu plus haut, une première difficulté est la polysémie de l'acronyme. EPA renvoie en effet à plusieurs phénomènes non seulement selon le champ disciplinaire du chercheur, mais aussi selon l'ancrage institutionnel de ses travaux et les objectifs qu'il se donne. Pour les informaticiens, il s'agit de transformer des environnements classiques en environnements personnalisables et interopérables. Pour des chercheurs intervenant au service du développement de la pédagogie universi-

taire, il importe d'identifier de nouvelles pratiques des étudiants situées à la frontière entre environnements institutionnels et environnements personnels. Pour les chercheurs en sciences humaines et sociales (SHS), l'EPA désigne ces « nouvelles manières d'apprendre instrumentées » dont on observe l'émergence aujourd'hui.

Chacune de ces conceptualisations d'un phénomène en tant qu'EPA nous paraît légitimée par la position initiale qu'adopte chaque auteur par rapport aux institutions éducatives. Cependant, ce positionnement demeure le plus souvent implicite, car les chercheurs analysent encore trop peu leur posture face aux phénomènes qui les intéressent et aux finalités de leurs travaux. Ainsi, une première piste pour la suite des travaux serait, pour tous les chercheurs s'intéressant aux EPA, d'explicitier leur positionnement initial et leur degré d'adhésion ou de distance par rapport aux pratiques institutionnelles. Cette démarche de clarification permettrait certainement un dialogue plus constructif entre les auteurs issus de champs disciplinaires différents.

Une deuxième piste résiderait dans une meilleure identification des niveaux d'analyse (par exemple l'apprentissage individuel, le dispositif de formation, les pratiques institutionnelles, etc.) et une explicitation plus fine de leurs interrelations. Par exemple, si on s'intéresse aux apprentissages individuels, il est difficilement envisageable de faire l'économie de l'analyse des dispositifs de formation au sein desquels les données sont recueillies.

Enfin, une troisième piste consisterait pour chaque chercheur à expliciter dans un premier temps son choix d'un ou plusieurs « angles d'attaque disciplinaire » pour aborder son objet de recherche tel qu'il l'a construit et, dans un deuxième temps, de préciser comment il en est arrivé à définir son objectif de recherche. Nous pensons que ce questionnement du chercheur permettrait de surmonter certaines faiblesses que rencontrent nombre des recherches aujourd'hui. Ou elles optent pour un travail très descriptif sans toutefois construire un objet de recherche, par exemple une étude de cas conduisant à la formulation de questions permettant d'appréhender l'intérêt du phénomène à étudier. Ou elles font le choix d'un angle disciplinaire, par exemple la psychologie, à partir duquel elles font des propositions de conceptualisation sans pour autant s'engager dans une étude empirique.

Ce numéro spécial sur les EPA pose de nombreuses questions auxquelles il ne prétend ni ne peut répondre exhaustivement. Quels sont les objets de recherche traités et selon quelles disciplines ? Quelles sont les

méthodes de recherche valides et pour quels objets de recherche le sont-elles effectivement ? Quelle collaboration peut-on envisager entre informaticiens et développeurs d'une part, et apprenants comme les enseignants d'autre part ? Quels impacts ces recherches peuvent-elles avoir sur et pour les pratiques ? Cependant, nous pensons que les contributions de ce numéro ouvrent des pistes et esquissent de nouvelles perspectives. Celles-ci pourront dès lors contribuer au développement de recherches originales dans le domaine des EPA tout en suggérant des voies pour améliorer leur qualité scientifique ainsi que leur impact sur l'apprentissage.

1 Le masculin est utilisé au sens générique sans discrimination dans le but d'alléger la lecture du texte.

BIBLIOGRAPHIE

ATTWELL G. (2007a). E-portfolios - the DNA of the personal learning environment? *Journal of e-Learning and Knowledge Society*, Vol. 3, n° 2, 39-61. Disponible sur internet : http://je-lks.maieutique.economia.unitn.it/en/07_02/05Art_attwell_inglese.pdf (consulté le 25 août 2014).

ATTWELL G. (2007b). *Personal Learning Environments The future of eLearning?* eLearning Papers, Vol.2, n°1. Disponible sur internet : http://www.informelles-lernen.de/fileadmin/dateien/Informelles_Lernen/Buecher_Dokumente/Attwell_2007-ple.pdf (consulté le 25 août 2014).

BONFILS P., PERAYA D. (2011). Environnements de travail personnels ou institutionnels ? Les choix d'étudiants en ingénierie multimédia à Toulon. Dans L. Vieira, C. Lishou, N. Akam (Éd.), *Le numérique au cœur des partenariats : enjeux et usages des technologies de l'information et de la communication*, Dakar, Presses universitaires de Dakar, p. 13-28.

BUCHEM I., ATTWELL G., TORRES R. (2011). Understanding Personal Learning Environments: Literature review and synthesis through the Activity Theory lens. In: *Proceedings of The PLE Conference 2011*, 10th - 12th July, Southampton, UK. p. 1-33. Disponible sur internet : <http://fr.scribd.com/doc/62828883/Understanding-Personal-Learning-Environments-Literature-review-and-synthesis-through-the-Activity-Theory-lens> (consulté le 25 août 2014).

DAVALLON J. (2004). Objet concret, objet scientifique, objet de recherche. In Hermès. Cognition, communication, politique, n°38, *Les sciences de l'information et de la communication. Savoirs et pouvoirs*. CNRS EDITIONS, p. 30-37. Disponible sur internet : http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/9421/HERMES_2004_38_30.pdf?sequence=1 (consulté le 25 août 2014).

DEDE, C. (2009). Technologies that facilitate generating knowledge and possibly wisdom. *Educational Researcher*, Vol. 38, n° 4, 260-263

**Bernadette CHARLIER, Monique GRANDBASTIEN,
France HENRI, Daniel PERAYA**

FIEDLER S., VÄLJATAGA T. (2011). Personal learning environments: concept or technology? *International journal of virtual and personal learning environments*. Vol. 2, n° 4, 1-11. Disponible sur internet : http://seblogging.cognitivearchitects.de/wp-content/uploads/2010/07/ple_submission_45.pdf (consulté le 25 août 2014).

GREENHOW C., ROBELIA B., HUGHES, J.E. (2009). Learning, teaching, and scholarship in a digital age. Web 2.0 and classroom research: What path should we take now? *Journal of Computer-Mediated Communication*, Vol. 14, n° 4, 1130-1161.

PERAYA D., BONFILS P. (2012). Nouveaux dispositifs médiatiques, comportements et usages émergents : Le cas d'étudiants toulonnais en formation à l'Ufr Ingémédia. *Distances et Médiations des Savoirs*, Vol. 1. Disponible sur Internet : <http://dms.revues.org/126> (consulté le 12 février 2013).

OLIVIER B., LIBER O. (2001). Lifelong learning: The need for portable Personal Learning Environments and supporting interoperability standards. Disponible sur internet : <http://wiki.cetis.ac.uk/Ple> (consulté le 25 août 2014).

RABARDEL P. (1995). *Les Hommes et les Technologies. Approche cognitive des instruments contemporains*. Paris, A. Colin.

RABARDEL P., BOURMAUD G. (2003). From computer to instrument system: a developmental perspective. *Interacting with Computers*, Vol. 15, n° 5, 665-691.

WILSON S. (2005). Future VLE. Disponible sur internet : <http://www.flickr.com/photos/elifishtacos/90944650/> (consulté le 25 août 2014).



Les environnements personnels d'apprentissage, étude d'une thématique de recherche en émergence

► **France HENRI** (Centre de recherche LICEF, Télé-université du Québec)

■ **RÉSUMÉ** • Nous tentons dans cet article de caractériser la recherche sur les environnements personnels d'apprentissage (EPA) et d'en baliser l'évolution en nous appuyant sur l'analyse de travaux qui illustrent la variété des conceptualisations en la matière. Les notions d'objet concret, d'objet de recherche et d'objet scientifique telles que définies par (Davallon, 2004) servent de cadre à notre étude et permettent d'identifier quatre repères témoignant de diverses manières d'aborder les EPA. Ainsi, l'article est structuré en quatre parties : la genèse de la recherche sur les EPA, la quête d'une définition des EPA, la problématisation et la théorisation des EPA, et la confrontation à l'expérience. Notre étude se veut une contribution à la réflexion sur les EPA en tant que thématique de recherche, sur sa formalisation, sur sa scientificité et sur l'opportunité d'élaborer une vision qui soit partagée par les chercheurs des différentes disciplines qui s'intéressent aux EPA.

■ **MOTS-CLÉS** • Environnement d'apprentissage personnel, définition, conceptualisation, objet de recherche, démarche de recherche

■ **ABSTRACT** • *We try in this article to characterize the research on personal learning environments (PLE) and to trace its evolution based on an analysis of papers that illustrates the various conceptualizations on this matter. The notions of concrete object, research object and scientific object (Davallon, 2004) provide a framework for our study allowing for the identification of four markers which show diverse ways to approach PLE. Thus, the article is structured in four parts: the genesis of the PLE research, the quest for a definition of PLE, the problematization and theorization of PLE, and the confrontation through experiment. Our study is a contribution to the debate on PLE as a research thematic, on its formalization, its scientificity, and on the opportunity to develop a shared vision among researchers from different disciplines interested by PLE.*

■ **KEYWORDS** • *Personal learning environment, definition, conceptualization, research object, research approach*

1. Introduction

Depuis une décennie, l'intérêt pour les environnements personnels d'apprentissage (EPA) ne cesse de croître. On évoque leur souplesse, leur adaptabilité et leur polyvalence permettant d'appréhender l'apprentissage de manière globale. Ils sont présentés comme des instruments malléables que les apprenants peuvent eux-mêmes configurer en fonction des divers contextes d'apprentissage : formel ou non-formel, en milieu éducatif ou milieu de travail. Leur caractère évolutif les rendrait aptes à accompagner l'apprenant dans ses expériences d'apprentissage tout au long de la vie. En milieu éducatif, on tente d'incorporer ce nouveau phénomène comme composante des systèmes de formation. Mais l'idée que l'apprenant puisse se doter d'un EPA en marge de l'environnement prévu par l'institution et hors de son contrôle est déstabilisante. Comment cet idéal d'environnements personnels construits au goût et selon les besoins de chacun peut-il s'intégrer dans un système qui prescrit l'apprentissage et qui dicte la manière d'apprendre ? Comment un système de formation, normalisé, peut-il fonctionner si sa composante principale, l'apprenant, jouit d'un degré de liberté que les approches classiques de la planification éducative et d'ingénierie pédagogique sont incapables d'absorber ? Le paradoxe entre la planification rationnelle de la formation et une plus grande liberté de l'apprenant n'est pas nouveau ; il était déjà présent avant l'ère numérique. Les modèles de design pédagogique à tendance constructiviste, comme celui de (Willis, 1995), ont tenté de résoudre cette contradiction en adoptant une démarche récursive et réflexive permettant de s'abstraire du modèle linéaire, souvent rigide, des approches traditionnelles. En s'opposant à la rationalité technique au profit d'une plus grande flexibilité, ces modèles demeurent néanmoins confrontés à une contradiction. Comme le souligne très justement Dessus (2006), atténuer le caractère prescriptif du design pédagogique revient à renoncer à sa fonction première. Aujourd'hui, de nouvelles approches d'ingénierie pédagogique font place aux apprentissages émergents qui se produisent concurrentement aux apprentissages prescrits (Williams *et al.*, 2011). D'autres approches, à tendance plus radicale, préconisent la conception d'environnements dans lesquels les apprenants conçoivent eux-mêmes leurs apprentissages (Fischer & Ostwald, 2002 ; Giaccardi, 2005 ; de Lavergne, 2007 ; de Paula *et al.*, 2001). Ainsi, ce n'est plus les apprentissages qui font l'objet d'une prescription mais plutôt la méthode de conception visant à obtenir des environnements non prescriptifs capables de soutenir les apprenants dans la définition de ce qu'ils vont apprendre. On parle alors de méthodes de méta-design ou de *conception de la*

conception. Force est de constater que l'intégration pédagogique des EPA dans les systèmes de formation soulève des enjeux de taille qui remettent en cause la conception de l'acte d'apprendre ainsi que le rôle des acteurs, une problématique qui n'a pas encore été cernée de manière précise ni mesurée dans toute son ampleur.

Les MOOC de type connectiviste ou cMOOC¹, épiphénomènes du système éducatif, constituent le lieu d'application par excellence des EPA et d'une conception ouverte de l'apprentissage à l'ère numérique. Les cMOOC sont des microcosmes de l'univers numérique global. Ils partagent avec les EPA une même conception de l'apprentissage, une même culture de communication, de participation et de création, et un même accès à une information abondante et à de nombreux outils. Ce type de cours se distingue du cours traditionnel par la connectivité et le réseautage social entre apprenants. Le contenu dispersé dans de très nombreuses ressources n'y fait pas l'objet d'un enseignement magistral. Les apprenants s'y regroupent en fonction de leurs connaissances, de leurs compétences, des buts et des intérêts qu'ils partagent. Ils organisent eux-mêmes leur activité et leur participation. Ils utilisent les technologies du web social pour constituer des réseaux de travail et définir les sujets qu'ils étudieront de manière collaborative. Les réseaux ainsi créés sont tout aussi importants que leur objet de collaboration. Plusieurs centaines voire des milliers de participants peuvent s'inscrire et se retrouver dans un cMOOC. La participation y est émergente, fragmentée, diffuse et diverse. Les apprenants invités à définir et à organiser leurs apprentissages doivent faire preuve d'autonomie et d'auto-direction. Pour tirer le meilleur parti d'un cMOOC, les apprenants doivent, tout comme dans la vraie vie, créer leur propre EPA, c'est-à-dire construire leur propre réseau, repérer et récupérer leurs ressources d'apprentissage et choisir les technologies qu'ils utiliseront pour communiquer, collaborer et créer leurs connaissances.

L'idée que l'apprenant puisse créer lui-même son propre EPA s'est d'abord concrétisée dans des travaux menés par des chercheurs en informatique. Assez rapidement, des chercheurs en technologie éducative et en sciences de l'information et de la communication se sont intéressés au phénomène. Par la suite, d'autres chercheurs en sciences humaines et sociales, notamment en psychologie et en sociologie, se sont ajoutés à la communauté de recherche. À ce jour, nous disposons d'un volume de travaux non-négligeable et d'une grande diversité émanant de projets européens, de conférences annuelles, d'ateliers scientifiques, de symposiums, de numéros spéciaux et de revues scientifiques dédiés aux EPA

(Buchem, Attwell & Torres, 2011). Malgré le corpus de connaissances disponible, le terme EPA demeure imprécis. Les premiers écrits, souvent descriptifs, par exemple (Attwell, 2007a, 2007b ; Chan *et al.*, 2005 ; Severance *et al.*, 2008), exposent des visions prometteuses sur le devenir des systèmes éducatifs attribuant aux EPA la capacité de susciter un processus d'apprentissage responsable, autonome et autogéré. D'autres écrits en traitent sur un mode de réflexion spéculative et formulent des interprétations et des conceptualisations diverses associant les EPA à un système technologique (Johnson & Liber, 2008), à une approche d'apprentissage (Downes, 2007) ou à une approche de design pédagogique (Wilson *et al.*, 2006). Tous y voient un moteur de renouvellement et de transformation de l'apprentissage. Cependant, le discours sur la nature des EPA demeure flou et plutôt disparate, chacun abordant le sujet selon une conception particulière et une démarche de recherche propre à son champ disciplinaire. L'ensemble des travaux n'est pas sans susciter plusieurs questions. De quoi parle-t-on au juste ? Quel est l'objet de recherche ? Comment est-il construit ? Quels en sont les ancrages théoriques ? Sur quoi s'appuie-t-on pour décrire les changements induits par les EPA ? Quelle démarche scientifique a-t-on appliquée et quels en sont les résultats ? Un tel questionnement, s'il est légitime, n'est toutefois pas singulier. Il est typique des recherches multidisciplinaires portant sur des thématiques en émergence abordant un objet de recherche complexe selon différents points de vue et regards spécialisés.

2. Objectif et méthode de notre étude

Notre étude s'intéresse à la recherche sur les EPA. Nous tentons de caractériser son évolution en nous appuyant sur l'analyse de travaux qui illustrent la diversité des conceptualisations et les différentes manières d'aborder les EPA. Pour baliser cette évolution, nous utilisons les notions d'*objet concret*, d'*objet de recherche* et d'*objet scientifique* telles que définies par (Davallon, 2004). Ce chercheur en sciences de l'information et de la communication montre que ce champ de recherche n'est pas défini par l'objet qu'il étudie (la communication et l'information) mais par la manière de constituer l'objet, c'est-à-dire en se questionnant sur l'objet et en articulant des problématiques qui s'y rapportent. Ainsi, pour Davallon, c'est le point de vue qui crée l'objet. Nous pensons que ce principe s'applique également aux EPA car, comme en sciences de l'information et de la communication, cette thématique de recherche appelle au développement de divers points de vue portant sur les moyens techniques, sur leur production et sur les nombreux processus qui y sont associés. Elle

convoque aussi plusieurs disciplines qui orientent et structurent la construction d'objets de recherche mobilisant des cadres théoriques et d'analyse, des méthodes et des terrains spécifiques.

Dans la perspective de Davallon, les notions d'objet concret, d'objet de recherche et d'objet scientifique sont décrites de la manière suivante. Les objets concrets existent effectivement dans la société et correspondent au sens commun que l'on peut leur donner, c'est-à-dire aux représentations qu'on se fait des choses et de l'expérience qu'on a de celles-ci (l'évidence des objets). Ils appartiennent au champ d'observations et « *sont précisément la réalité de la chose : un livre, une émission de télévision, un journal, une représentation théâtrale ou une discussion au téléphone « est » la communication réalisée* » (p. 31). Les objets concrets, c'est-à-dire les *moyens* sont les *choses* sur lesquelles travaillent tous ces champs nés aux confins d'autres disciplines ou champs disciplinaires. L'objet de recherche dûment construit, garant de scientificité, constitue l'assise principale du processus de recherche alors que l'objet scientifique en représente l'aboutissement et propose une représentation explicative ou compréhensive de la réalité. L'objet de recherche est donc le phénomène, ou le fait, tel que le chercheur le construit pour pouvoir l'étudier. L'objet scientifique quant à lui « *désigne une représentation déjà construite du réel ; il se situe du côté du résultat de la recherche et de la connaissance produite* ». Davallon précise la différence entre ces deux objets : « *l'objet de recherche est 'problématisé' (on connaît son cadre théorique d'analyse, la méthode et le terrain), sans pour autant être 'connu', puisque le chercheur ne dispose pas encore d'une connaissance (une représentation explicative plus ou moins conceptualisée) qui à la fois réponde à cette problématique et ait été confrontée à des formes d'expérience (analyse de données, d'observations, etc.). L'objet de recherche se trouve ainsi à mi-chemin entre d'un côté les objets concrets qui appartiennent au champ d'observation et de l'autre côté les représentations explicatives du réel déjà existantes ou visées (qui relèvent, quant à elles, de l'objet scientifique). ... [en sciences de l'information et de la communication les] objets de recherche sont travaillés de l'intérieur par une complexité et une hétérogénéité qui en fait des hybrides de science et de technologie (p. 32-33). ... Ce type d'objet de recherche [est] construit par le chercheur à partir de la complexité de la réalité technique et sociale* » (p. 34-35).

En utilisant les définitions de Davallon et en nous référant au processus de construction de l'objet de recherche qu'il décrit, nous avons analysé des écrits scientifiques qui témoignent de diverses conceptualisations des EPA. Les résultats de l'analyse nous ont permis d'identifier

quatre repères marquants de l'évolution de la recherche sur les EPA : 1- la genèse de la recherche sur les EPA (Olivier & Liber, 2001 ; Wilson, 2005) ; 2- la quête d'une définition des EPA (Fiedler & Våljataga, 2011 ; Våljataga & Laanpere, 2010) ; 3- la problématisation et la théorisation des EPA (Buchem *et al.*, 2011 ; Fiedler & Våljataga, 2011) ; 4- la confrontation à l'expérience (Valtonen *et al.*, 2012 ; Våljataga & Laanpere, 2010).

3. Genèse de la recherche sur les EPA

Soulignons d'abord que la notion d'EPA n'est pas nouvelle en soi. Les apprenants ont toujours eu à construire et à organiser individuellement leur propre environnement d'apprentissage. Typiquement, les EPA d'avant l'ère numérique étaient composés de documents produits par l'apprenant pour son usage personnel mais aussi pour le partage avec d'autres apprenants : notes de cours, résumés de lecture, tableaux synthèses, cartes conceptuelles, etc. Les EPA pouvaient en outre inclure des groupes de pairs rassemblés pour étudier, se soutenir dans l'effort et s'entraider. Des ressources institutionnelles comme les bibliothèques et les manuels en faisaient également partie. Ces environnements apparaissent aujourd'hui d'une extrême pauvreté si on les compare aux EPA que les apprenants peuvent se construire à même les ressources abondantes du web dont de nombreux outils et services pour communiquer, partager, collaborer et créer. Les EPA de nouvelle génération peuvent ainsi être décrits comme des environnements enrichis, multiples et éclatés.

Les premières recherches sur les EPA de nouvelle génération remontent à 1998 avec la première version du *Future Learning Environment* (FLE, renommé par la suite Fle3) réalisé par le Media Lab d'Helsinki (Leinonen *et al.*, 2003). Dans cet environnement basé sur le web et conçu pour supporter l'apprentissage individuel et collectif, chaque apprenant dispose d'un espace personnel sur le web pour sauvegarder, organiser et partager différentes ressources. Des espaces réservés aux groupes sont dédiés au dialogue et au débat pour la construction de connaissances ainsi qu'à la création collaborative d'objets numériques variés. L'idée originale voulant que chaque apprenant doive posséder son propre environnement est reprise en 2001 par (Olivier & Liber, 2001) qui, les premiers, utilisent l'expression *personal learning environment* pour désigner un environnement technologique à l'usage d'un seul apprenant, indépendant des environnements institutionnels d'apprentissage (EIA), lesquels deviennent inaccessibles dès lors que l'apprenant a terminé sa formation. L'EPA constitue pour ces auteurs une réponse aux besoins que génèrent les nouvelles modalités d'apprentissage que sont l'apprentissage tout au long

de la vie, l'apprentissage à distance et l'apprentissage mobile. L'EPA est envisagé comme un environnement pérenne qui permet à l'apprenant de s'engager dans ses apprentissages de manière autonome sans avoir l'obligation de se connecter à un fournisseur de formation. Olivier et Liber conçoivent néanmoins que les EPA et les EIA puissent être complémentaires et interdépendants afin de pouvoir communiquer et collaborer. Dans leurs travaux, ces chercheurs s'intéressent surtout aux problèmes liés à la permanence des environnements et à l'utilisation des standards d'interopérabilité pour assurer la communication et la collaboration entre les EPA de même qu'entre les EPA et les EIA. Ils développent *Colloquia* (Colloquia, 2002), un EPA basé sur une architecture de pair à pair radicalement différente, sans serveur central, qui supporte l'auto-organisation d'apprenants qui veulent se regrouper pour apprendre.

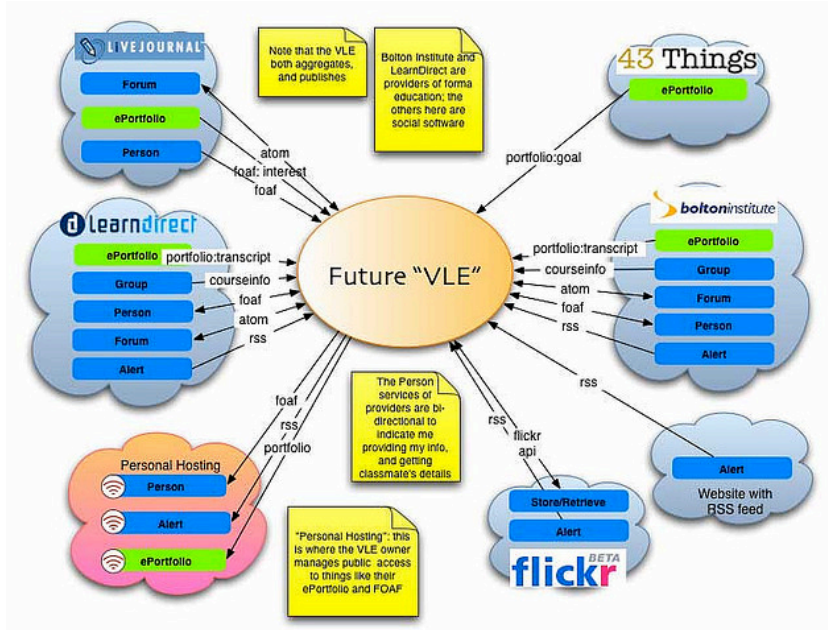


Figure 1 • The Future VLE (Wilson, 2005)

En 2005, Scott Wilson du Centre for Educational Technology and Interoperability Standards (UK) illustre le concept en publiant sur son blogue sa vision de l'EPA de l'avenir. Son schéma intitulé *The Future of VLE* (figure 1) et repris par de nombreux auteurs, illustre la configuration technologique d'un EPA. Cet environnement virtuel d'apprentissage du

futur n'est plus fourni par l'institution, mais plutôt construit par l'apprenant, décentralisé, où les contenus sont sauvegardés dans divers services web et où les apprenants peuvent être connectés entre eux et aux EIA grâce au standard web RSS/FOAF.

Inspirés par une vision de l'apprentissage à l'ère numérique, ces premiers travaux sur les EPA réalisés par des chercheurs en informatique sont orientés vers le développement d'une solution technologique composée essentiellement d'un ensemble de services web en soutien à la gestion personnelle des connaissances, au développement de réseaux personnels d'apprentissage et à la constitution d'e-portfolios. Ces chercheurs associent le nouvel artefact à un usage pédagogique et à une nouvelle manière d'apprendre. Ainsi, l'EPA n'est pas qu'un objet concret au sens de Davallon. Il devient un objet de recherche construit par l'articulation de l'artefact technologique (objet concret) à trois enjeux principaux : 1- la nécessité de faire contrepoids à la conception monolithique et centralisatrice des plateformes e-learning dont les architectures fermées sont jugées inadaptées aux possibilités d'échanges et de partage du web 2.0 et aux pratiques sociales qui en émergent ; 2- l'importance de la responsabilisation de l'apprenant par la prise de contrôle de ses apprentissages et la liberté de choix et de gestion des technologies avec lesquelles chacun apprend ; et 3- la nécessité de soutenir et de valoriser l'apprentissage tout au long de la vie.

Dans le cadre de travaux de recherche/développement propres aux sciences de l'informatique, cette construction des EPA comme objet de recherche peut être jugée satisfaisante. Mais sans la perspective de Davallon, elle apparaît lacunaire dans la mesure où les EPA sont modélisés sans que les chercheurs ne se soient donnés un cadre théorique d'analyse et sans que des hypothèses à vérifier n'aient été formulées.

4. En quête d'une définition des EPA : diversité de points de vue sur l'objet

Après 2005, un débat s'amorce sur la définition des EPA au sein de la communauté de chercheurs en technologie éducative. Lors de la conférence de l'*Association of Learning Technology* en 2006, les participants s'interrogent sur ce que sont les EPA. Peuvent-ils être autre chose qu'un artefact technologique ? Sans arriver à dégager un consensus sur la question, les participants s'entendent pour dire que les EPA devraient être envisagés comme un concept plutôt que comme une application logicielle (Attwell, 2007a). La question sera reprise par la suite par plusieurs auteurs exprimant des points de vue divers. La recension d'écrits de (Fielder &

Väljataga, 2011) couvre ce débat à partir de publications antérieures à 2009. On y relève des conceptualisations élaborées par des informaticiens préoccupés de répondre au besoin sociétal de changement de paradigme éducatif. Nous les résumons aux points 4.1 et 4.2. Nous présentons au point 4.3 la conceptualisation de (Väljataga & Laanpere, 2010), deux chercheurs en technologie éducative qui définissent les EPA comme une réalité subjective. Leur point de vue s'écarte du débat associant les EPA à l'objet technique pour insister sur sa dimension psychosociale. En conclusion de cette partie, nous formulons au point 4.4 quelques observations sur la construction de l'objet de recherche.

4.1. Les EPA, une approche pédagogique

Selon les travaux recensés par (Fielder & Väljataga, 2011), pour certains chercheurs, le concept d'EPA renvoie à une approche pédagogique personnalisée. Cette conceptualisation s'aligne sur les écrits antérieurs à 2006 voulant que les EPA s'inscrivent à contre-courant de l'approche rigide des EIA qui n'offrent que très peu de libertés de choix à l'apprenant. La souplesse de l'approche EPA incarnerait un changement significatif favorisant un processus d'apprentissage personnalisé, moins prescriptif, facilité par l'usage de technologies dont l'apprenant a le plein contrôle.

Pour d'autres chercheurs, toujours en réaction au contexte institutionnel, les EPA correspondent à une approche de design en rupture avec l'approche modulaire des EIA qui fait de l'apprentissage une expérience en solitaire. Plutôt que de s'intéresser aux technologies et à en prescrire l'usage, le design d'EPA prend en compte les pratiques et les usages personnels des technologies que les apprenants développent pour apprendre. Il vise essentiellement à ré-instrumenter l'apprentissage en permettant à l'apprenant de composer son propre environnement avec des outils, des applications et des services qu'il utilise déjà pour travailler et apprendre. Ce design laisse aux apprenants la responsabilité de construire leur EPA et la prise de contrôle des apprentissages. Craignant que cet exercice dépasse les compétences techniques des apprenants, il est proposé de faire intervenir un designer pédagogique qui ferait une organisation préalable des ressources et des outils parmi lesquels l'apprenant ferait son choix, cela jusqu'à ce qu'il soit en mesure de construire lui-même son propre EPA.

Dans une perspective d'adaptation institutionnelle, certains autres chercheurs conceptualisent les EPA comme une approche du

changement. Selon eux, l'introduction des EPA en milieu éducatif mènerait au développement d'une posture critique pour évaluer les technologies actuelles et susciterait la réflexion pour les rendre conformes à la pédagogie des EPA et à l'utilisation efficace des technologies du web 2.0. Les EPA agiraient comme levier pour faire évoluer les technologies en usage. Au plan technologique, cette approche guiderait l'évolution des technologies institutionnelle vers des architectures orientées services afin que les EPA soient parfaitement intégrés à l'espace de travail personnel de l'apprenant.

Loin d'être concurrentes, ces trois approches apparaissent complémentaires. Les EPA susciteraient une critique sans compromis des technologies institutionnelles aboutissant à l'implantation d'une pédagogie moins prescriptive et l'émancipation des apprenants et de leur apprentissage. Toute initiative de changement prendrait alors en compte l'usage que les apprenants font des technologies dans la sphère privée et s'en inspirerait pour re-instrumenter l'apprentissage avec des EPA que les apprenants auraient eux-mêmes construits. Une part de réalisme vient cependant freiner ces aspirations au changement. Certains auteurs admettent que l'application de l'approche EPA ne sera possible que si les apprenants ont la capacité de construire leur EPA. En somme, la conceptualisation des EPA comme une approche est teintée d'un discours plutôt superficiel qui reste au niveau des velléités accusant les mêmes faiblesses que celles relevées dans les travaux antérieurs à 2006 à savoir une absence de fondements théoriques qui pourraient appuyer la problématique des EPA et aboutir à la construction d'un objet de recherche (l'objet à connaître).

4.2. Les EPA, systèmes technologiques et collections d'outils

Fielder et Våljataga rendent compte d'écrits de chercheurs en informatique qui partagent la volonté de libérer l'apprentissage et de contrer la posture institutionnelle centralisatrice. Ces chercheurs manifestement engagés s'emploient à orienter le développement des EPA selon leur vision en formulant des prescriptions ou *requis technologiques* qui permettraient à l'apprenant d'exercer un plus grand contrôle et une plus grande liberté. Leur intérêt de recherche se rapporte essentiellement à l'objet technique qu'ils veulent imprégner d'une nouvelle conception de l'apprentissage induite par les EPA.

Le système technologique envisagé comme support des EPA se présente sous la forme d'un portail ou d'une application autonome sur l'ordinateur de l'apprenant. Pour être performant, le système doit donner

accès à une variété de ressources grâce à une architecture puissante connectée à un outil de recherche et de navigation efficace. L'ensemble doit aussi assurer que l'information récupérée soit pertinente, consistante et complète. Aux yeux de l'apprenant, l'EPA se présente comme une interface unique intégrant une collection d'applications, d'outils personnalisés et des services du web 2.0 interopérables qu'il aura lui-même choisis. Le système envisagé devrait pouvoir être utilisé dans tous les contextes et servir en continu tout au long de la vie.

Le principal problème technique qui retient l'attention des chercheurs est celui de l'interopérabilité des ressources qui permettra à l'apprenant de connecter son EPA à d'autres EPA et à divers EIA. Le système d'EPA offrirait ainsi à l'apprenant la possibilité de construire son EPA à même une sélection de ressources interopérables établie par les développeurs à partir de la connaissance que ces derniers peuvent avoir de l'usage que les apprenants font des technologies. Mais pour ces chercheurs, l'EPA n'est pas qu'une trousse d'outils normalisés qui répond à certaines caractéristiques techniques. Chaque EPA constitue un système unique et original qui se distingue par trois facteurs : la personne qui l'utilise, l'usage qu'elle en fait et le contexte dans lequel il est utilisé.

Dans ces écrits, la définition des EPA ne se limite pas à l'identification de caractéristiques techniques. Bien que l'EPA y soit conceptualisé comme un système contrôlé ou construit par l'apprenant, qui l'accompagnera tout au long de sa vie, on n'y trouve pas d'indications explicites quant aux orientations et aux méthodes à appliquer pour le développement du système. Les apprenants, ultimes usagers, participent-ils au développement du système d'EPA qui leur permettra de configurer leur propre EPA ? Le développement procède-t-il selon une méthode de prototypage rapide qui permet de valider en cours de développement des hypothèses auprès des usagers ? Les écrits restent également muets sur la vérification de la convivialité et de l'acceptabilité des solutions technologiques de même que sur les compétences requises par les apprenants pour construire leurs EPA. Le développement informatique du système d'EPA est fondé sur un usage anticipé, défini par les développeurs, et fait abstraction de son évolution dans l'usage. Cette approche apparaît incohérente avec l'intention de développer un système dont l'utilisateur a le contrôle et qui doit être adaptable tout au long de la vie aux différents contextes d'apprentissage formel, non-formel et informel.

4.3. Les EPA, un phénomène subjectif

(Väljataga & Laanpere, 2010) s'écartent de la vision bipolaire des EPA (approche pédagogique versus technologie) pour mettre en évidence la dimension psychosociale et la nature fondamentalement subjective des EPA. Leur démonstration procède par l'adjonction de trois notions – environnement, environnement d'apprentissage et environnement personnel d'apprentissage.

Pour ces auteurs, l'environnement pris dans un sens général constitue le cadre dans lequel les individus opèrent. Il impose des conditions qui affectent et qui influent sur son développement et sur son activité. L'environnement possède des caractéristiques physiques profondément intégrées dans le modèle mental que se fait l'individu de son environnement. Pour cette raison, il est difficile de contrôler l'environnement d'un individu et les interactions qu'il établit. L'environnement devient un environnement d'apprentissage lorsqu'un individu s'engage intentionnellement dans un projet d'apprentissage qu'il a lui-même défini. Il commence alors à percevoir puis à prendre conscience des ressources qui sont (ou ne sont pas) présentes dans son environnement et à leur donner un sens pour la réalisation du projet. L'environnement d'apprentissage devient un EPA dans la mesure où l'apprenant en prend le contrôle, lorsqu'il a la possibilité de le concevoir, de l'utiliser, de le modifier et de lui donner un sens selon son projet. Au sens de Väljataga et Laanpere, l'EPA est une représentation mentale des ressources qui le composent en rapport avec un projet d'apprentissage formalisé dans un contrat que l'apprenant négocie avec lui-même. Le contrôle qu'il exerce ne se limite pas à la possibilité de choisir les technologies et de les utiliser comme bon lui semble. Il s'applique également au projet qui constitue une partie intégrante de l'EPA. Dans la perspective de l'auto-direction de projets intentionnels, ne pas reconnaître le contrôle que l'apprenant a sur son projet, c'est limiter son EPA et l'auto-direction de ses apprentissages.

Väljataga et Laanpere proposent ici une conceptualisation originale qui se distingue des précédentes en définissant les EPA du point de vue de l'apprenant et en soulignant leur nature subjective difficilement perméable au contrôle d'agents extérieurs. Pour ces auteurs, la subjectivité des EPA soulève le problème des méthodes de design pédagogique traditionnelles essentiellement prescriptives, qui ne reconnaissent pas qu'une même prescription puisse faire vivre aux apprenants des expériences et des apprentissages différents et qui n'accordent à l'apprenant que peu de contrôle.

4.4. D'une vision idéale des EPA à la construction d'un objet de recherche

Les trois conceptualisations des EPA présentées dans cette partie témoignent d'une évolution dans la construction de l'objet de recherche. Dans les deux premiers cas, les EPA sont conceptualisés comme des objets hybrides, à la fois techniques et pédagogiques. La construction de l'objet est inspirée par une philosophie éducative ouverte et une approche pédagogique centrée sur les besoins de l'apprenant, renouvelée par les possibilités inédites que les technologies du web 2.0 peuvent offrir. Les chercheurs formulent une critique sévère de l'institution éducative actuelle justifiant d'ambitieux objectifs de changement qui seront atteints en utilisant les EPA pour ré-instrumenter l'apprentissage. Toutefois, leurs préoccupations de recherche demeurent sensiblement attachées à l'objet technique, à sa spécificité et à son mode d'opération. Il manque à ces travaux les appuis conceptuels ou théoriques pertinents qui permettraient de construire un objet de recherche à partir d'une problématique articulant leur vision idéale de l'apprentissage, les développements technologiques qu'ils proposent et les transformations de l'institution éducative qu'ils souhaitent.

Dans le troisième cas, les EPA sont conceptualisés comme un phénomène subjectif. L'objet de recherche est construit en se référant aux notions d'environnement, d'apprentissage et d'apprentissage intentionnel. Il est problématisé en s'appuyant sur les principes théoriques de l'auto-direction et du contrôle. Une relation de pertinence est établie entre le design pédagogique, le contrôle de l'apprenant et l'environnement d'apprentissage incluant les technologies. Les EPA comme objet de recherche sont problématisés de manière systématique et réflexive en s'appuyant sur un solide appareil notionnel. Dans ce troisième cas, les EPA ainsi travaillés, contrairement aux deux cas précités, répondent assez fidèlement à la notion d'objet de recherche de Davallon.

L'étude des premiers travaux sur les EPA indique que la quête d'une définition qui soit universelle et consensuelle serait une entreprise contreproductive dans la mesure où chaque chercheur définit son objet de recherche en fonction de son point de vue sur le phénomène. L'élaboration de définitions multiples apparaît plutôt comme une démarche féconde permettant de mettre en évidence la complexité et l'hétérogénéité de l'objet de recherche adéquatement problématisé et théorisé.

5. Problématisation et théorisation des EPA

Toujours selon (Davallon, 2004), dans une démarche de recherche, après avoir défini son objet de recherche, le chercheur choisira un cadre d'analyse théorique et formulera des hypothèses à vérifier. Nous présentons ici deux recherches qui utilisent la théorie de l'activité comme cadre d'analyse théorique tout en adoptant des points de vue et des objectifs fort différents. La première recherche (Buchem *et al.*, 2011) tente de structurer le concept d'EPA selon le modèle de l'activité alors que la seconde (Fiedler & Våljataga, 2011) applique une approche socio-historique pour débusquer les tensions et les contradictions dans le système d'activité à l'intérieur duquel les EPA se développent.

5.1. Les EPA, un système d'activité complexe

Préoccupés par la diversité et la variété des conceptualisations des EPA, (Buchem *et al.*, 2011) veulent cerner les caractéristiques et les particularités de ce phénomène. Ils formulent l'hypothèse que les EPA sont des systèmes complexes qui peuvent être analysés en appliquant la théorie de l'activité développée par Engeström (1999, 2001) pour en identifier les concepts clés et dégager les relations qui existent entre ceux-ci. Leur choix théorique est justifié par le fait que le concept d'EPA cible l'appropriation de différents outils par l'apprenant dans le cadre d'une activité située dans un contexte social qui influence l'usage des outils, la participation aux activités et l'engagement dans la communauté. Ainsi décrit, l'apprentissage se présente comme une activité médiée par l'outil, située, collective et dirigée vers l'objet.

La recherche de (Buchem *et al.*, 2011) a pour but de faire émerger de l'analyse des écrits des catégories conceptuelles qui, mises en relation, devraient permettre de découvrir des explications théoriques du phénomène des EPA. Plus de 100 publicationsⁱⁱ ont été analysées selon une technique d'analyse systématique et itérative procédant en trois étapes principales : identification des concepts qui émergent des données empiriques tirées des écrits ; catégorisation des concepts centraux selon les six pôles du modèle bi-triangulaire de l'activité (sujet, objet, outil, communauté, règles et division du travail) ; mise en relation des concepts centraux de chaque pôle du système avec les cinq autres des pôlesⁱⁱⁱ.

(Buchem *et al.*, 2011) présentent de manière schématique la synthèse des résultats de leur analyse. Les concepts centraux des EPA ont été catégorisés et classés sous chacun des pôles du modèle de l'activité (figure 2). Dix-neuf concepts ont été extraits des écrits. L'apprenant

comme sujet, premier acteur et agent de l'EPA, est caractérisé par des concepts de possession, de contrôle et de littéracie ; les outils renvoient aux concepts de personnalisation et de facilitation ; l'objet de l'activité est orienté par les concepts d'intérêt, de participation et de contrôle ; la division du travail correspond aux concepts de rôles des apprenants, des enseignants, des pairs et de l'institution ; la communauté est liée aux concepts de soutien social et de passage de frontières ; finalement, les règles sont caractérisées par les concepts d'ouverture, de distribution et de connexion.

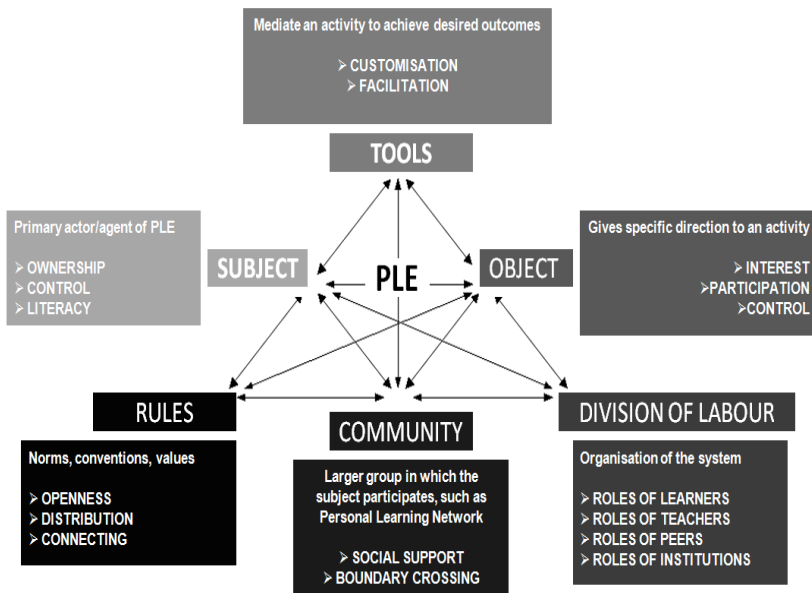


Figure 2 • Summary of elements and their core dimensions (Buchem *et al.*, 2011)

Les résultats détaillés sont présentés dans le texte intégral sous forme de six tableaux correspondant aux six pôles du modèle de l'activité. Ils fournissent pour chaque concept central une liste des propriétés descriptives. Chaque tableau est suivi d'un court texte qui paraphrase le contenu des tableaux. Dans leur conclusion, (Buchem *et al.*, 2011) observent que les concepts clés qui ressortent de leur analyse – contrôle, littéracie, autonomie et responsabilisation – sont très souvent mentionnés dans les écrits mais rarement définis, fondés théoriquement ou différenciés. Ces omissions selon les auteurs ne permettent pas d'obtenir

une vue d'ensemble claire et une compréhension approfondie des EPA. Ils regrettent cette situation et insistent sur la nécessité de poursuivre les recherches menant à la découverte théorique et empirique des principaux concepts liés aux pôles constitutifs des EPA en tant que système d'activité. Ils souhaitent également que la théorie de l'activité soit appliquée à d'autres recherches et qu'elle soit évaluée pour vérifier sa pertinence pour l'étude et la conception des EPA.

Les auteurs sont d'avis que leur analyse a su dépasser le niveau des interprétations descriptives pour arriver à des conceptualisations abstraites qui rehaussent le niveau de maturité de leur travail. Ils soulignent que leur recherche est la première analyse scientifique des EPA fondée sur la théorie de l'activité. Toutefois, il est à noter que les résultats qu'ils en ont tirés ne répondent qu'en partie à leur question de recherche, laquelle portait sur les caractéristiques et les particularités des EPA. Leur analyse a simplement permis d'identifier les concepts clés liés aux EPA et de les catégoriser en utilisant les composantes du modèle de l'activité.

Il faut admettre que cette application de la théorie de l'activité est réductrice. En se limitant à catégoriser les concepts, les auteurs ne sont pas arrivés à mettre en lumière les relations – tensions et contradictions internes – qui existent au sein des EPA en tant que système d'activité. Les deux seuls problèmes relevés – la diversité des conceptualisations et des interprétations des EPA et leurs faiblesses théoriques – ne se rapportent pas au système d'activité lui-même, mais à la qualité des travaux de recherche qu'ils ont analysés. Les tensions et les contradictions existantes à l'intérieur du système, très souvent mentionnées de manière explicite dans les écrits, sont passées sous silence, entre autres, la contradiction entre le contrôle par l'apprenant sur son EPA (sujet) et le rôle centralisateur de l'institution (division du travail) ; la tension entre l'apprenant responsable de son apprentissage (sujet) et l'enseignant responsable du design de l'apprentissage (division du travail) ; et la tension entre la littéracie de l'apprenant (sujet) et les compétences non maîtrisées par l'apprenant pour la construction de son EPA (outil).

5.2. Les EPA, un système d'activité en tension

(Fiedler & Våljataga, 2011) appliquent l'approche socio-historique et s'inspirent également de la théorie de l'activité développée par Engeström (1987) pour analyser les interprétations et les conceptualisations des EPA. Ils postulent que les différentes appartenances disciplinaires et les orientations professionnelles des chercheurs n'expliquent pas à elles

seules la diversité des conceptualisations. Ils estiment que cette variété peut être interprétée comme l'expression d'une seule et même contradiction plus fondamentale perçue et présentée de manières différentes. Fiedler et Våljataga expliquent que les EPA seraient un contre-concept traduisant un conflit et une tension croissante entre deux entités rivales au sein du système d'activité éducatif. D'une part, les institutions éducatives ont mis en place des systèmes d'activités instrumentés par les nouveaux outils de l'ère numérique tout en conservant les mêmes modèles dominants de contrôle et de responsabilité (règles, division du travail) afin de ré-instrumenter l'activité d'enseigner et étudier. Leur choix s'est tourné vers des plateformes et systèmes de gestion des apprentissages centralisés qui reproduisant la domination d'un modèle et de pratiques séculaires. D'autre part, un nombre croissant de personnes conscientes de la prégnance du numérique dans leurs vies ont fait l'expérience de l'auto-direction, de l'autocontrôle et de la responsabilisation que cette nouvelle instrumentation rend possible pour apprendre en contextes formel et non-formel. Cette expérience s'oppose aux modèles qui guident les pratiques institutionnelles. Ainsi, dans une perspective socio-historique, l'émergence de la notion d'EPA serait l'expression de la contradiction et de l'incompatibilité que perçoivent les chercheurs et que vivent les praticiens du milieu éducatif qui participent pleinement à l'ère du numérique.

Fiedler et Våljataga ont une vision optimiste de l'arrivée du numérique et proposent d'envisager de manière globale les transformations qu'elle induit. Leur analyse va au-delà des contradictions et tensions observées à l'intérieur du système éducatif pour mettre en évidence celles qui existent entre le système éducatif et les autres systèmes sociaux, c'est-à-dire entre l'instrumentation de l'éducation formelle et l'expérience d'agentivité vécue par ceux qui baignent dans l'univers numérique. Ces auteurs expliquent que le numérique a désormais pénétré tous les processus et les systèmes d'activité sociétaux. Il s'agit d'un phénomène global, éminent et marquant de notre époque qui constitue une source inépuisable de possibilités pour la pratique humaine, mais qui pose à la fois des défis impressionnants de développement pour les individus et pour les systèmes d'activités. Selon les auteurs, historiquement, nous nous situons individuellement et collectivement au stade précoce d'une transformation fondamentale dont le processus génère un ensemble de contradictions pour les individus et les systèmes d'activité. Sous la poussée du web, médium phare dominant actuellement, nous sommes amenés à changer graduellement la manière dont nous percevons l'objet de l'activité et

comment un artefact peut être transformé en instrument utile. Nous nous situons au début d'un processus développemental individuel et collectif de coévolution dont les phases sont progressivement orientées vers l'acquisition d'équivalences fonctionnelles, l'exploration de nouvelles configurations d'instruments et la découverte de nouvelles affordances. Il faut s'attendre à ce que les transformations fondamentales que nous sommes appelés à vivre soient caractérisées par la disparité et la variété des stades développementaux et des trajectoires. L'éducation et sa ré-instrumentation n'échappent pas à ces transformations. Au cours des premières phases, il est normal de reproduire les vieux patterns de contrôle et de responsabilité dans l'usage des nouveaux outils. Cette tendance a toutefois pour effet de limiter les efforts de re-conception, de ré-instrumentation et d'implantation d'activités qui contribuent au développement des individus et des collectifs sur un mode de co-évolution. Pour ces auteurs, ce sont ces aspects qui doivent être examinés par la recherche pour tenter de reconfigurer l'activité d'enseignement et son instrumentalisation afin que l'apprenant puisse actualiser son contrôle et sa responsabilité et donner forme à son activité et à son EPA.

Fiedler et Våljataga insistent sur le fait qu'il faut éviter de traiter les problèmes de ré-instrumentation de l'activité d'enseignement et d'apprentissage en relation avec les configurations actuelles du web (standards, services, applications). Car nous courons le risque de nous engager dans une exploration provisoire et non-durable de nouveaux outils sans jamais les mettre en relation avec un modèle personnel de l'activité d'apprentissage intentionnel et un modèle élargi de la personne et de son développement en tant qu'apprenant.

5.3. Perspectives de recherche contrastées

(Buchem *et al.*, 2011) et (Fiedler & Våljataga, 2011) appliquent et exploitent la théorie de l'activité de manière contrastée. Dans la construction de leur objet de recherche, leurs travaux se distinguent par l'échelle d'observation et par le niveau d'abstraction. Pour (Davallon, 2004), l'échelle d'observation amène le chercheur à choisir *entre des approches micro ou macro*, alors que le degré d'abstraction mis en œuvre est défini selon que le chercheur est « *orienté soit vers la construction de représentations conceptuelles, faisant appel à des objets scientifiques préconstruits ou soit au contraire vers la description des objets, des faits ou des représentations.* » (p. 34).

Sur l'échelle d'observation, l'étude de Buchem *et al.* (2011) correspond à une approche microscopique analysant le sujet apprenant en relation avec le contexte institutionnel. Les concepts extraits des écrits, associés aux six pôles du modèle bitriangulaire de l'activité, sont plutôt de l'ordre des descriptions et des représentations. Bien que ces chercheurs soutiennent avoir atteint un degré d'abstraction dans l'analyse, les résultats demeurent descriptifs à défaut d'avoir analysé les relations entre les concepts pour faire émerger les contradictions. Buchem *et al.* déplorent eux-mêmes l'insuffisance des résultats qu'ils ont obtenus, qu'ils attribuent aux faiblesses théoriques des écrits analysés alors que nous soumettons qu'elle découle de la déficience de leur propre analyse. Il semble que ces chercheurs ont sous-exploité la puissance d'analyse de la théorie de l'activité, limitant sensiblement la portée de leur travail. Sans vouloir nier l'utilité de leur recension bibliographique et de leur catégorisation des concepts, l'absence de mise en évidence des tensions et des contradictions dans le système d'activité ne leur a pas permis de dégager une compréhension en profondeur des EPA pour en construire une représentation consistante.

(Fiedler & Våljataga, 2011) pour leur part appliquent une perspective socio-historique pour l'analyse macroscopique des systèmes d'activité des transformations individuelles et collectives induites dans nos sociétés par la ré-instrumentation numérique massive. L'analyse identifie et appréhende dans la durée les tensions et les contradictions qui surgissent dans les systèmes d'activité et leur donne une signification élargie en les associant au développement humain. Dans les systèmes éducatifs également confrontés aux transformations, tensions et contradictions impulsées par le numérique, les EPA se situent pour ces auteurs à un niveau microscopique. Ils sont le reflet de cette problématique, mais n'en sont pas le cœur. Ils sont un instantané de l'état actuel du développement individuel et collectif par rapport au numérique. Tout en reconnaissant que la vision optimiste de Fiedler et Våljataga puisse être critiquée, il faut admettre que ces auteurs traitent les EPA à un niveau d'abstraction élevé offrant une compréhension approfondie et une signification élargie du phénomène.

6. Confrontation à l'expérience

Nous terminons notre analyse d'écrits sur les EPA par la présentation de deux recherches menées sur le terrain. La première (Valtonen *et al.*, 2012) vise à vérifier la capacité des apprenants à construire leur EPA et la deuxième (Våljataga & Laanpere, 2010) a comme objectif principal de

mettre à l'épreuve auprès d'apprenants un design pédagogique visant le développement de leur capacité d'auto-direction.

6.1. Les EPA, une construction personnelle

La recherche de Valtonen *et al.* (2012) vise à comprendre le point de vue d'apprenants universitaires invités à faire l'expérience de la construction et de l'utilisation d'un EPA. Elle permet de vérifier les avantages et les potentialités pédagogiques attribués aux EPA dans les écrits, à savoir le développement des capacités d'autorégulation, de personnalisation, de contrôle et d'autogestion des apprentissages, la mobilisation des compétences métacognitives et le vécu d'expériences d'apprentissage significatives. La recherche tente de répondre à deux questions. Quelle sera la configuration des EPA construits par les apprenants ? Quels défis auront-ils relevés ? L'hypothèse étant que, tel qu'avancé dans les écrits, les apprenants peuvent construire eux-mêmes leur EPA et en retirer plusieurs avantages.

L'expérience menée pendant une année académique auprès de 33 apprenants de 20 à 46 ans inscrits à des cours de six disciplines différentes. Ils devaient construire leur EPA en utilisant la plateforme technologique de leur choix et s'en servir de manière régulière pour apprendre. Les résultats obtenus par les chercheurs diffèrent sensiblement de ceux qu'ils avaient anticipés sur la base des écrits. Sans présenter les caractéristiques innovantes relevées dans les écrits, tous les EPA construits par les apprenants comportent des outils de collaboration et de réseautage, des plus simples aux plus complexes. Ils adoptent différentes configurations associées à diverses intentions. La première configuration, conçue pour suivre le déroulement de la formation, reproduit le modèle des environnements d'apprentissage traditionnels (LMS). La deuxième configuration se veut un environnement de réflexion incluant des outils de partage et de communication qui permettent d'entretenir un dialogue pour approfondir l'expérience d'apprentissage. La troisième configuration prend la forme d'une vitrine ouverte au public de type CV ou portfolio mettant en valeur les compétences et les savoir-faire dans une perspective de recherche d'emploi. Valtonen *et al.* notent que, contrairement aux idées de Downes (2010) et de nombreux autres auteurs, les apprenants ont peu fait usage d'outils pour la recherche et l'agrégation de ressources. Seuls les apprenants en informatique ont construit leur environnement en assemblant une plus grande palette de logiciels ou en le programmant eux-mêmes. Plusieurs apprenants pris au dépourvu face à la tâche ont tout simplement utilisé Ning, une plateforme existante, pour construire leur

EPA. D'autres ont indiqué ne pas avoir les compétences suffisantes face aux technologies ni disposer du temps nécessaire pour apprendre à les manipuler.

Selon Valtonen *et al.*, ces résultats remettent en cause l'hypothèse courante au sujet de l'inventivité et de la créativité des natifs du numérique dans l'usage des technologies tel que le proposent plusieurs études (Kvavik, 2005 ; Valtonen *et al.*, 2011). Les données recueillies montrent que mêmes les plus jeunes ne savent pas utiliser les technologies du web social dans un contexte d'apprentissage formel. Les résultats indiquent également que les apprenants éprouvent des difficultés à participer, à collaborer et à maintenir des interactions de qualité avec les autres apprenants. Pour ces chercheurs, le problème ne réside pas dans la capacité d'assembler un EPA mais plutôt dans le développement de pratiques qui exploitent efficacement les technologies pour apprendre.

Ainsi confrontés à la réalité du terrain, les présomptions recensées dans les écrits en rapport avec le processus de construction des EPA, leur configuration et leur usage par les apprenants n'ont pas été vérifiés. Les idées visionnaires exprimées surtout dans la première vague de recherches sur les EPA ne se sont pas avérées. Valtonen et ses collaborateurs indiquent toutefois que les résultats obtenus sont malgré tout encourageants. Bien que la construction des EPA ait représenté un défi pour plusieurs, la plupart des apprenants ont donné un sens à la construction de leur EPA et ont trouvé l'expérience enrichissante.

6.2. Les EPA, une composante du design pédagogique

La recherche de (Väljataga & Laanpere, 2010) est menée dans le cadre d'un cours en ligne offert à des apprenants de plusieurs pays. Elle prend la forme d'une intervention ayant pour objectif la création et la mise en œuvre d'expériences éducatives au cours desquelles les apprenants pourront s'exercer à l'auto-direction par la réalisation d'un projet d'apprentissage personnel et par la création de leur EPA. Cette recherche soulève la problématique du contrôle de l'apprenant et met en cause le design de l'intervention pédagogique.

Le contrôle y est défini comme une expression de l'auto-direction et les EPA sont conceptualisés comme un moyen de développement du contrôle. Selon les auteurs, en matière de design pédagogique, on se doit de délaisser les approches prescriptives pour se tourner vers des approches plus ouvertes et plus globales qui, tout en visant l'apprentissage de connaissances liées à un domaine, soutiennent la capacité de l'apprenant

à construire et à entretenir son propre environnement d'apprentissage. Dans ce contexte, la recherche/intervention de Väljataga et Laanpere met en œuvre le design d'un cours en ligne structuré en deux grandes étapes favorisant des apprentissages autodirigés. La première étape du cours réalisée sur Moodle est dédiée à la définition par chaque apprenant d'un projet personnel d'apprentissage dont il aura le contrôle. Au cours de la seconde étape, le cours migre sur un blogue et des groupes sont formés. Chaque apprenant crée alors son propre blogue qui servira de base à la construction de son EPA. Chacun formalise par la suite son projet sous forme de contrat incluant les objectifs, les actions à mener et les ressources à utiliser, les résultats escomptés et les critères d'évaluation. Ce travail a valeur d'engagement que l'apprenant prend avec lui-même et dont il a l'entier contrôle.

Des 77 apprenants inscrits à ce cours expérimental, 49 ont réussi, 16 ont abandonné dès le début et 12 autres ont échoué. Les résultats de la recherche indiquent que la préparation du contrat d'apprentissage fut une étape exigeante. Seulement la moitié des apprenants ont pu jusqu'à un certain degré développer et clarifier leur projet. La difficulté s'explique par la nouveauté de la tâche. Par ailleurs, l'expérience de construction des EPA a posé un défi à ceux qui n'avaient évolué que dans des environnements d'apprentissage fermés, structurés et prédéfinis. Pour eux, l'exercice s'est avéré ardu et chronophage, mais ce ne fut pas le cas pour ceux qui avaient des connaissances en informatique. Après avoir passé l'étape du choix des outils et des services, les apprenants ayant éprouvé des difficultés se sont sentis plus à l'aise pour apprendre dans l'environnement qu'ils avaient construit et qu'ils contrôlaient. L'absence de structure des EPA n'a pas fait l'objet de critiques. Tous étaient d'avis que les outils qu'ils avaient retenus étaient utiles pour la communication et la socialisation et qu'ils allaient continuer à les utiliser à l'avenir. Tous ont aussi eu le sentiment d'apprendre beaucoup non seulement sur le plan du contenu mais aussi sur le travail en équipe.

Les recherches qui s'apparentent à celles de Valtonen *et al.* (2012) et de Väljataga et Laanpere (2010) ne sont pas légion. Elles appliquent des démarches de recherche systématiques mettant à l'épreuve le discours prospectif, voire idéalisé, sur les EPA et sur les effets qu'ils induisent. Ces travaux représentent un intérêt pour la construction et la problématisation de l'objet de recherche et pour la vérification sur le terrain d'idées qui, confrontées à des données réelles, peuvent être ou ne pas être qualifiées d'objets scientifiques.

6.3. Construction de l'objet scientifique

L'objet scientifique tel que défini par (Davallon, 2004) désigne une représentation du réel construite en s'appuyant sur des résultats de recherche et sur la connaissance produite. Les deux recherches présentées dans cette partie bouclent le processus de recherche par la production de résultats vérifiés par l'expérience à partir desquels il est possible de déconstruire une représentation idéale des EPA et d'amorcer la construction d'une représentation scientifiquement fondée des EPA.

La première recherche confirme l'idée voulant que l'assemblage d'un EPA ne suffise pas pour assurer un apprentissage engagé, autonome, autogéré et participatif, nourri par des interactions sociales fécondes. Elle propose une représentation hybride des EPA en deux dimensions. Ils sont d'abord un artefact technologique personnalisable aux configurations diverses, dont les variations sont principalement attribuables à l'intention de l'apprenant. Ils sont également un phénomène associé à des défis que l'apprenant se donne : construire l'artefact (acquérir des compétences techniques) et apprendre à l'utiliser pour apprendre (se familiariser avec la manipulation des technologies en contexte d'apprentissage et intégrer des pratiques de communication et de collaboration dans sa manière d'apprendre).

La deuxième recherche construit une représentation fort différente. Les EPA ne sont pas considérés avant tout comme un artefact technologique construit par l'apprenant. Ils vont au-delà du choix de technologies et de ressources qui le composent. Ils font partie d'une stratégie de design pédagogique ouvert invitant l'apprenant à construire son EPA dans le but de l'investir du plein contrôle de ses apprentissages. Les EPA renvoient ainsi à un phénomène subjectif associé à un projet d'apprentissage intentionnel autodirigé.

7. Conclusion

En utilisant les définitions de Davallon (2004), nous avons analysé des écrits scientifiques témoignant de la diversité des conceptualisations des EPA. Notre but était d'atteindre une meilleure compréhension des recherches sur cette thématique et de les situer par rapport au processus de construction des connaissances. L'exercice nous apparaissait nécessaire afin de mettre en perspective les travaux réalisés depuis une dizaine d'années.

Notre étude montre que la première vague de recherches menées par des chercheurs en informatique est marquée par des développements

technologiques qui prennent leur fondement sur une vision idéale des EPA. Ces travaux ont servi de point de départ à des explorations plus poussées du phénomène par des chercheurs d'autres disciplines, notamment en technologie éducative. Cette deuxième vague de recherches tente de mieux comprendre ce que sont les EPA à travers des constructions théoriques d'objets de recherche originaux et porteurs, ouvrant la voie à un cycle complet de production de connaissances dont la scientificité est renforcée par la formulation d'hypothèses et leur vérification sur le terrain.

Sans pouvoir anticiper l'orientation que pourra prendre une troisième vague de recherche, nous croyons que le questionnement sur la nature des EPA est toujours d'actualité et qu'il devrait y occuper une place importante. Le texte de cadrage de la conférence internationale sur les EPA de 2013 (PLE Conference, 2013) abonde dans ce sens. En s'interrogeant sur ce que sont les EPA, les promoteurs de la conférence apportent une réponse soulignant l'hétérogénéité du phénomène. « *What are Personal Learning Environments (PLEs)? Personal Learning Environments (PLEs) are an approach to Technology-Enhanced Learning based on the principles of learner autonomy and empowerment. PLEs include methods, tools, communities, and services constituting individual learning infrastructures or ecosystems which learners use to direct their own learning and pursue their educational goals.* » L'édition 2014 de cette même conférence (PLE Conference, 2014) prend une distance par rapport à la question en se donnant comme objectif d'aller au-delà des discussions au sujet de la définition des EPA pour les envisager comme une pratique. « *The 5th Edition of the PLE conference aims to move beyond discussions about definitions to explore emergent practices for living, learning and working in relation to PLEs and the new understandings and underlying needs that arise around these practices in our contemporary society.* » Nous pensons qu'il serait réducteur de définir les EPA uniquement comme une pratique. Les recherches à venir ne pourront négliger leur complexité et leur hétérogénéité. Les EPA sont des hybrides de science et de technologie liés à des problématiques que des chercheurs de diverses appartenances disciplinaires construisent à partir de leur analyse de la réalité technique et sociale. Les points de vue multiples et les différentes conceptualisations des EPA qui éclairent le phénomène ne peuvent que contribuer à la mise en œuvre de processus de recherche féconds qui aideront à appréhender les profondes transformations individuelles et sociétales de l'ère numérique, notamment les nouvelles pratiques qui façonnent les nouvelles manières d'apprendre.

L'hybridité et la complexité font des EPA une thématique de recherche multidisciplinaire. Dans ce contexte, il serait souhaitable que les chercheurs qui s'y intéressent travaillent en synergie et croisent leurs résultats afin d'exploiter de la complémentarité de leurs recherches tant dans leurs dimensions techniques que sociales. Les chercheurs en informatique pourront tirer de ce partage un enrichissement des conceptualisations qui guident la conception des EPA comme objet technique, alors que les chercheurs d'autres disciplines pourront y trouver matière à l'élaboration de problématiques qui intègrent une meilleure prise en compte de l'instrumentation technique. L'objectif étant de soutenir un processus de construction des connaissances toujours plus rigoureux et de développer au sein de la communauté de chercheurs qui s'intéressent aux EPA une vision cohérente et partagée de cette thématique de recherche.

-
- 1 MOOC, pour Massive Open Online Course. Stephen Downes distingue deux types de MOOC à savoir les xMOOC et les cMOOC qui renvoient à des conceptions de l'apprentissage diamétralement opposées. Les xMOOC se limitent le plus souvent à des visionnements de capsules vidéo et à la passation de courts questionnaires à choix multiples. On y observe une relative pauvreté des activités pédagogiques proposées aux participants et ils n'offrent que peu ou pas d'encadrement pédagogique. Les cMOOC se caractérisent par une approche pédagogique fondée sur la théorie du connectivisme de Siemens. Pour une présentation de ce qu'est un cMOOC : <http://www.youtube.com/watch?v=eW3gMGqcZQc>
 - 2 Les écrits recensés portent sur les EPA et ont été publiés entre 2006 et 2011 dans des revues scientifiques, des actes de colloques et de conférences, du matériel de cours sur les EPA, des rapports de projets et des billets sur des blogues d'experts. Buchem et ses collègues ont rassemblé ces écrits dans une banque de ressources sur les EPA extrêmement complète et accessible à tous. Ils invitent les chercheurs à contribuer à cette banque par l'ajout de nouvelles références (<http://plep.pbworks.com>).
 - 3 La troisième étape de la méthode n'a pas été appliquée pour l'élément « division du travail ». Elle prévoyait la mise en relation des concepts clés avec les cinq autres pôles du système.

BIBLIOGRAPHIE

ATTWELL G. (2007a). E-portfolios - the DNA of the personal learning environment? *Journal of e-Learning and Knowledge Society*, 3(2), 39-61. Disponible sur internet : http://je-lks.maieutiche.economia.unitn.it/en/07_02/05Art_attwell_inglese.pdf (consulté le 25 août 2014).

ATTWELL G. (2007b). Personal Learning Environments The future of eLearning? *eLearning Papers*, vol. 2, n° 1, 8 p. ISSN 1887-1542. Disponible sur internet : http://www.informelles-lernen.de/fileadmin/dateien/Informelles_Lernen/Buecher_Dokumente/Attwell_2007-ple.pdf (consulté le 25 août 2014).

BUCHEM I., ATTWELL G. & TORRES R. (2011) Understanding Personal Learning Environments: Literature review and synthesis through the Activity Theory lens. In *Proceedings of The PLE Conference 2011*, 10th-12th July, Southampton, UK. p. 1-33. Disponible sur internet :

<http://fr.scribd.com/doc/62828883/Understanding-Personal-Learning-Environments-Literature-review-and-synthesis-through-the-Activity-Theory-lens> (consulté le 25 août 2014)

CHAN T., CORLETT D., SHARPLES M., TING, J., & WESTMANCOTT O. (2005). Developing interactive logbook: a personal learning environment. *Proceedings of the IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education*, p. 73-75. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society Press.

COLLOQUIA. (2002). Disponible sur internet : <http://www.colloquia.net/> (consulté le 25 août 2014).

DAVALLON J. (2004). Objet concret, objet scientifique, objet de recherche. In Hermès. *Cognition, communication, politique*, n° 38, Les sciences de l'information et de la communication. Savoirs et pouvoirs. CNRS EDITIONS, p. 30-37. Disponible sur internet : http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/9421/HERMES_2004_38_30.pdf?sequence=1(consulté le 25 août 2014).

DE LAVERGNE C. (2007). Principes d'action pour favoriser les émergences apprenantes dans les dispositifs socio-techniques. *Revue internationale de psychosociologie et de gestion des comportements organisationnels*, Vol. 13, 123-161.

DE PAULA R., FISCHER G., & OSTWALD J. (2001) Courses as Seeds: Expectations and Realities. In P. Dillenbourg, A. Eurelings, & K. Hakkarainen (Eds.), *Proceedings of the European Conference on Computer-Supported Collaborative Learning*, Maastricht, Netherlands, p. 494-501.

DESSUS P. (2006). Quelles idées sur l'enseignement nous révèlent les modèles d'Instructional design? *Revue Suisse des Sciences de l'Éducation*, Vol 28, n°1, p. 137-157. Disponible sur internet : <http://halshs.archives-ouvertes.fr/docs/00/32/14/23/PDF/idRSSE06.pdf> (consulté le 25 août 2014).

DOWNES S. (2007). *Learning Networks in Practice*. Ottawa, Archives des publications du Conseil national de recherche du Canada.

FIEDLER S. & VÄLJATAGA T. (2011). Personal learning environments: concept or technology? *International journal of virtual and personal learning environments*. Vol 2, n° 4, p. 1-11. Disponible sur internet : http://seblogging.cognitivearchitects.de/wp-content/uploads/2010/07/ple_submission_45.pdf (consulté le 25 août 2014).

FISCHER G., & OSTWALD J. (2002). Seeding, Evolutionary Growth, and Reseeding: Enriching Participatory Design with Informed Participation, Malmö University, Sweden, p. 135-143.

GIACCARDI E. (2005). Metadesign as an Emergent Design Culture. *Leonardo, MIT Press Journals*, Vol. 38, n° 4, 342-349.

JOHNSON M., & LIBER O. (2008). The personal learning environment and the human condition: from theory to teaching practice. *Interactive Learning Environments*, 16(1), 3-15.

KVAVIK R. (2005). Convenience, communications, and control: how students use technology. In D. Oblinger, & J. Oblinger (Eds.). *Educating the net generation*, EDUCAUSE.

LEINONEN T. *et al.* (2003). *Learning with Collaborative software – A guide to fle3. Media Lab.* University of Art and Design Helsinki UIAH. Disponible sur internet : http://fle3.uiah.fi/papers/fle3_guide.pdf (consulté le 25 août 2014).

OLIVIER B., & LIBER O. (2001). Lifelong learning: The need for portable Personal Learning Environments and supporting interoperability standards. Disponible sur internet : <http://wiki.cetis.ac.uk/Ple> (consulté le 25 août 2014).

PLE Conference. (2013). The PLE Conference 2013. Learning and Diversity in the Cities of the Future. Berlin et Melbourne, 10th–12th July 2013. Disponible sur internet : <http://pleconf.org/2013/> (consulté le 25 août 2014).

PLE Conference. (2014). PLE 2014: The 5th Personal Learning Environments Conference 2014. Beyond formal: emergent practices for living, learning and working. Tallinn, 16th–18th July. Disponible sur internet : <http://www.wikicfp.com/cfp/servlet/event.showcfp?eventid=35804©ownerid=60844> (consulté le 25 août 2014).

SEVERANCE C., HARDIN J. & WHYTE A. (2008). The coming functionality mash-up in Personal Learning Environments. *Interactive Learning Environments*, Vol. 16 n° 1, 47-62.

VÄLJATAGA T. & LAANPERE M. (2010). Learner control and personal learning environment: a challenge for instructional design. *Interactive Learning Environments*, Vol. 18, n° 3, p. 227-291. Disponible sur internet : <http://arnetminer.org/publication/learner-control-and-personal-learning-environment-a-challenge-for-instructional-design-3127069.html;jsessionid=F143654F4E811F8A88FB9B5025D6F4C3.tt> (consulté le 25 août 2014).

VALTONEN T., PÖNTINEN S., KUKKONEN J., DILLON P., VÄISÄNEN P., & HACKLIN S. (2011). Confronting the technological pedagogical knowledge of Finnish net generation student teachers. *Technology, Pedagogy and Education*, Vol. 20 n° 1, 1–16.

VALTONEN T., HACKLIN S., DILLON P., VESIENAHO M., KUKKONEN J., & HIETANEN A. (2012). Perspectives on personal learning environments held by vocational students. *Computers & Education*, Vol. 58, Issue 2, 732–739.

WILLIAMS R., KAROUSOU R., & MACKNESS J. (2011) Emergent Learning and Ecologies in Web 2.0. *Learning International Review of Research in Open and Distance Learning*, Vol. 12. n° 3, 39-49. Disponible sur internet : <http://www.irrodl.org/index.php/irrodl/article/view/883> (consulté le 25 août 2014).

WILLIS J. (1995). A recursive, reflective instructional design model based on constructivist interpretivist theory. *Educational Technology*, Vol. 35 n° 6, p. 5-23.

WILSON S. (2005). Future VLE. Disponible sur internet : <http://www.flickr.com/photos/elifishtacos/90944650/> (consulté le 25 août 2014).

WILSON S. *et al.* (2006). Personal learning environments: Challenging the dominant design of educational systems. Disponible sur internet : <http://hdl.handle.net/1820/727> (consulté le 25 août 2014).



Persister dans la conception de son environnement personnel d'apprentissage : Contributions et complémentarités de trois théories du self (autodétermination, auto-efficacité, autotélisme-flow).

► **Jean HEUTTE** (équipe Trigone-CIREL EA 4353, Lille1 et ESPE Lille Nord de France)

■ **RÉSUMÉ** • Cette contribution a pour objet la proposition d'un modèle socio-cognitif de la persistance à développer un Environnement Personnel d'Apprentissage (EPA) du point de vue de l'étudiant. Après avoir replacé la problématique du développement de l'EPA dans sa perspective sociotechnique, il s'agit de synthétiser les aspects essentiels de trois théories du self (*cf.* l'autodétermination, l'auto-efficacité et l'autotélisme-flow), en vue de mettre en exergue les complémentarités de ces trois théories pour appréhender le phénomène de la persistance, au regard du développement de l'EPA. *In fine*, la prise en compte de cette complémentarité ouvre des pistes originales de recherches théoriques et empiriques sur les EPA, notamment dans la perspective de mettre en lumière certains éléments constitutifs d'un environnement optimal d'apprentissage.

■ **MOTS-CLÉS** • autodétermination, auto-efficacité, autotélisme-flow, environnement optimal d'apprentissage, environnements personnels d'apprentissage

■ **ABSTRACT** • *This paper presents a socio-cognitive model of student' persistence to develop a Personal Learning Environment (PLE). Following the presentation of the problematic of the PLE in its socio-technical perspective, we will endeavour to synthesize key aspects of three theories of the self (see self-determination, self-efficacy and autotelism - flow) to highlight their complementarity to better understand the phenomenon of persistence, in terms of development of the PLE. Ultimately, the inclusion of the original tracks opens complementary theoretical and empirical research on the PLE, particularly in view to highlight some elements of an optimal learning environment.*

■ **KEYWORDS** • *self-determination, self-efficacy, autotelism-flow, optimal learning environment, personal learning environment*

Jean HEUTTE

Persister dans la conception de son environnement personnel d'apprentissage : Contributions et complémentarités de trois théories du self (autodétermination, auto-efficacité, autotélisme-flow)

Sticef, vol. 21, 2014, p. 149-184, en ligne sur <sticef.org>

Introduction

En 1377, à l'époque du Moyen-Âge de la société occidentale, l'historien, père de la sociologie, Abd al-Rahmân Ibn Khaldûn écrivait « le développement des connaissances et des compétences est atteint par la discussion, l'apprentissage collectif et la résolution des conflits cognitifs par le co-apprentissage »ⁱ. Depuis la nuit des temps, de l'arbre à palabre au Massive open online course (MOOC), la construction et la diffusion sociale des connaissances est un des éléments qui fondent l'humanité *via* l'activité humaine. En tant que tel, ne serait-ce que de part la façon dont il est nommé, l'environnement personnel d'apprentissage (EPA) est résolument au coeur de nombreuses tensions qui concernent la dimension psychosociale de l'individu : entre le *personnel* et le *collectif*, entre *environnements/espaces privés* et *environnements/espaces de partage*, entre *individu* et *communautés*...

Dans cette perspective, empruntant à Carré (2005), sa définition de l'apprenance, nous définissons une communauté d'apprenance comme étant une « *communauté favorisant l'émergence, la croissance et/ou le maintien d'un ensemble stable de dispositions affectives, cognitives et conatives, favorables à l'acte d'apprendre, dans toutes les situations formelles ou informelles, de façon expérientielle ou didactique, autodirigée ou non, intentionnelle ou fortuite* » (Heutte, 2013, p. 122). L'étude des communautés d'apprenance participe à une meilleure compréhension du déploiement de l'écologie de l'apprenance. Dans cette perspective, la construction d'un EPA par l'étudiantⁱⁱ contribuerait à outiller (idéalement à fluidifier) l'articulation entre des niveaux de réflexivité individuels et/ou collectifs entre des espaces personnels, partagés et/ou publics.

Cet article a pour objectif principal la proposition d'un cadre théorique pour l'analyse de l'EPA en tant qu'élément constitutif de l'environnement optimal d'apprentissage de l'étudiant, dans une perspective sociocognitive. La proposition est argumentée en trois parties.

La première partie souhaite éclairer certaines caractéristiques de l'EPA qui nécessitent de le penser en tant qu'outillage (à la fois processus et produit) d'une alternance entre des épisodes autodidactiques réflexifs (Cyrrot, 2007, 2009) et des temps de médiation ou d'étayage en interaction avec des autres, *via* des communautés d'apprenance et/ou des institutions. Cette préoccupation conduit à s'interroger sur l'importance de la part des autres dans l'agentivité de l'apprenant, notamment dans sa persistance à vouloir s'outiller pour pouvoir comprendre : seul... mais jamais vraiment sans des autres...

La deuxième partie souhaite mettre en évidence l'importance de certains déterminants de la persistance à vouloir comprendre avec des autres, en tant que « moteur » du processus de conception d'un EPA du point de vue de l'apprenant. Elle synthétise les aspects essentiels de trois théories du *self* (cf. l'autodétermination, l'auto-efficacité et l'autotélisme *flow*), en vue de mettre en exergue, dans une troisième partie, les complémentarités de ces trois théories et de proposer un modèle sociocognitif pour appréhender le phénomène de la persistance, au regard du développement de l'EPA.

Enfin, nous concluons cet article par l'ouverture sur des pistes de recherches concernant la contribution de l'EPA à la définition de l'environnement optimal d'apprentissage, ainsi que les rapprochements possible entre EPA et d'autres concepts, *via* une vision asiatique du knowledge management.

1. Perspective sociotechnique de l'EPA

1.1. Un environnement personnel pour mieux contribuer avec des autres : connexion postmoderne des hupomnēmata et des gymnásions.

Foucault (1983) a été l'un des premiers à réévaluer le rôle et l'importance des *hupomnēmata* (ὀπόμενα : carnet de notes, carnet de travail, registre...) dont Sénèque, Epictète ou Plutarque notamment firent grand usage. Il s'agissait de dispositifs techniques d'écriture, organisé dans des formes diverses, évolutives, constitués principalement selon un principe d'accumulation sélective : un « environnement » personnel permettant l'enregistrement des savoirs glanés.

« Il ne faudrait pas envisager ces hupomnēmata comme un simple support de mémoire, qu'on pourrait consulter de temps à autre, si l'occasion s'en présentait. Ils ne sont pas destinés à se substituer au souvenir éventuellement défaillant, Ils constituent plutôt un matériel et un cadre pour des exercices à effectuer fréquemment : lire, relire, méditer, s'entretenir avec soi-même et avec d'autres, etc. Et cela afin de les avoir, selon une expression qui revient souvent, prokheiron, ad manum, in promptu. « Sous la main » donc, non pas simplement au sens où on pourrait les rappeler à la conscience, mais au sens où on doit pouvoir les utiliser, aussitôt qu'il en est besoin, dans l'action. Il s'agit de se constituer un logos bioèthikos, un équipement de discours secourables, susceptibles - comme le dit Plutarque d'élever eux-mêmes la voix et de faire taire les passions comme un maître qui d'un mot apaise le grondement des chiensⁱⁱⁱ. Et il faut pour cela qu'ils ne soient pas simplement logés comme dans une armoire aux souvenirs mais profondément implantés dans

l'âme, « fichés en elle » dit Sénèque, et qu'ils fassent ainsi partie de nous-mêmes : bref, que l'âme les fasse non seulement siens, mais soi. » (Foucault, 1983, p. 6).

Cependant, aussi personnels qu'ils soient, ces *hupomnēmata* ne doivent pas être compris comme des journaux intimes (*cf.* littérature chrétienne ultérieure^{iv}), car en tant que tels, ils ne constituent pas un récit de soi-même : « il s'agit non de poursuivre l'indicible, non de révéler le caché, non de dire le non-dit, mais de capter au contraire le déjà-dit ; rassembler ce qu'on a pu entendre ou lire, et cela pour une fin qui n'est rien de moins que la constitution de soi. » (Foucault, 1983, p. 8). L'écriture des *hupomnēmata* constitue selon Foucault un relais important dans la subjectivation du discours avant sa formalisation médiatisée, notamment *via* des interactions langagières avec des autres. Ainsi, bien qu'étant des « espaces personnels », les *hupomnēmata* ont aussi vocation à permettre de mieux préparer les conférences philosophiques, exercices littéraires ou autres joutes oratoires dans les portiques du *gymnasion* (*γυμνάσιον* : gymnase).

Via cette évocation, nous pouvons identifier quelques fonctions basiques, intemporelles et incontournables qui peuvent aujourd'hui motiver la construction d'EPA :

- se constituer un logos bioèthikos personnel (accumuler, collecter, organiser, sélectionner, trier...) ;
- s'outiller pour que cet « équipement de discours » soit facilement disponible, *prokheiron*, *ad manum*, *in promptu*, le plus souvent désormais accessible d'un clic (souris) ou d'un doigt (écran tactile) ;
- formaliser ce que l'on pense avoir compris *via* des espaces de médiatisation/publication sélectifs, selon un continuum de porosité de ces espaces, du plus strictement privé (réflexif et intime) au complètement public, en passant par différents espaces plus ou moins largement partageables avec des autres significatifs (Mead, 1963).

L'EPA permet donc d'outiller l'alternance entre des épisodes autodidactiques réflexifs (Cytrot, 2007, 2009) et des temps de médiation ou d'étayage en interaction avec des autres. Pour reprendre la métaphore du déploiement de l'écologie des communautés d'apprenance (Carré, 2005 ; Heutte, 2011b), la construction de l'EPA va conforter l'écosystème (son biotope, comme sa biocénose) dans lequel *Homo sapiens retiolus* (*cf.* Homme « qui pense en réseau ») va pouvoir « utiliser de façon raisonnée, toutes les technologies qui sont à sa disposition, notamment, pour créer de la valeur (information, connaissance et/ou savoir), en interaction avec des réseaux de pairs et d'experts, *via* les réseaux numériques » (Heutte, 2005, 2010).

Sans nécessairement chercher à trancher entre une conception des EPA en tant qu'assemblages de services web institutionnels, ou en tant que

bricolages conçus et créés par les étudiants pour soutenir leurs apprentissages formels ou non formels, nous référant au concept d'agentivité (Bandura, 2001, 2008), nous souhaitons considérer que l'étudiant/ l'apprenant est à la fois produit et producteur de son environnement d'apprentissage :

- produit, car il est tributaire des conditions institutionnelles et/ou techniques liées aux outils à sa disposition (ou institutionnellement mis à sa disposition), ce qui va nécessairement avoir un impact sur son pouvoir d'apprendre ;
- producteur, car il peut toujours détourner/déjouer/contourner les usages prescrits de ces outils, y compris par exemple pour choisir de ne pas se servir de ceux qui sont institutionnellement mis à sa disposition et d'en utiliser d'autres qui lui semblent plus pratiques (Bonfils & Pe-raya, 2011).

Partant du principe selon lequel la conception d'un dispositif de formation se poursuit dans l'usage qui en est fait par les apprenants (Astier *et al.*, 2012), l'EPA n'échappe en rien aux questions concernant la porosité et la perméabilité des espaces public, privé, institutionnel (Caron & Varga, 2009) qu'il chevauche. Quelle qu'en soit la conception retenue, la tension liée à l'interconnexion entre la sphère personnelle/privée et la mise en réseau avec autrui (en tant qu'individu ou qu'institution) est clairement au cœur de l'EPA. De ce fait, la persistance du processus de construction et de révision réflexive régulière de son EPA par l'étudiant/apprenant, ne peut à l'évidence s'envisager sans la prise en compte de ses interactions avec un environnement social, lui-même lié à un contexte singulier.

1.2. Un environnement personnel connectable à des communautés

Dans le contexte d'une société dite « 2.0 », la capacité pour les individus, comme pour les organisations, d'identifier « qui sait quoi » et de se connecter les uns aux autres pour favoriser la création de nouvelles connaissances est devenue stratégique. Ainsi, les opportunités offertes par les réseaux numériques font la part belle aux compétences favorisant les connaissances connectives de leurs membres. De ce fait, elles bousculent les méthodes et les compétences nécessaires pour décider, pour travailler et pour comprendre « avec des autres ». Elles influent aussi sur les frontières des « collectifs pour apprendre ». Ce contexte offre à l'évidence un terrain pour la recherche dans le champ de l'autoformation sociale. Cette dynamique est vraisemblablement le moteur des communautés d'apprenance (*cf.* définition p. 2).

Le passage de la notion de groupe à celle de communauté (Wenger, 2007) introduit une nuance rendant moins évidente la forme des « collec-

tifs pour apprendre » (Heutte, 2011b). De même, le caractère formel des tâches, des pratiques ou des centres d'intérêt qui réunissent les individus, sera variable selon le type de communauté. Suivant les besoins/objectifs de son propriétaire, la construction de l'EPA consistera donc à le connecter à diverses communautés. La force du lien avec ces communautés fluctuera en fonction de ses intérêts et de ses besoins. Les différents types de communautés peuvent par ailleurs être classés selon une sorte de *continuum* depuis (1) celles constituées de vastes réseaux d'individus ni réellement identifiés, ni réellement choisis car ils sont principalement perçus en tant que (trans)porteurs potentiels d'information à (2) celles qui sont constituées d'individus qui sont tout à fait identifiés car clairement choisis (parfois cooptés) en tant que tel, en fonction de caractéristiques ou de compétences particulières (Heutte, 2005). Suivant le type de communauté, les contraintes fonctionnelles et techniques sont différentes : il est donc important pour les institutions souhaitant contribuer au développement d'EPA par les étudiants de bien les identifier.

2. Quatre types de communautés d'apprenance peuvent être distingués (Heutte, 2005, 2013)

- *Communautés d'intérêt* : la dissémination de l'information.

Ce type de communauté rassemble des individus qui partagent des idées, des croyances, une cause commune ou simplement une proximité propice à l'échange. Ces communautés sont parfois implicites. Elles constituent de temps à autre des réseaux souterrains de pouvoir. Deux lois expliquent ce « pouvoir » : la loi de Metcalfe, (cité par Glider (1993)) « l'influence d'un groupe augmente au carré du nombre de participants » ou la loi de Reed (1999) partant du principe que les réseaux encourageant la construction de groupes qui communiquent créent une valeur qui croît de façon exponentielle avec la taille du réseau. Ces lois de croissance indiquent comment la connectivité potentielle crée la valeur d'un réseau pour ses usagers. Les communautés d'intérêt sont ouvertes, elles jouent un rôle dans la dissémination d'informations. Par ailleurs, appartenir à plusieurs communautés d'intérêt permet d'être plus réceptif aux signaux faibles annonceurs d'innovations. Techniquement, cela se traduit par exemple par le besoin de pouvoir intégrer dans son EPA des outils de réseautage (eg. Facebook, Twitter, Youtube...), ainsi que des agrégateurs de flux. Cela implique aussi le cas échéant de disposer d'outils de publication permettant la syndication de contenus (cf. participation au MOOC ITYP).

- *Communautés de pratiques* :
l'identification des flux de connaissances.

Dans une communauté de pratique les membres s'identifient par des pratiques communes. Ils s'engagent à s'entraider, échanger de l'information, apprendre les uns des autres, construire des relations, partager leurs savoir-faire. La communauté de pratique est informelle et spontanée, mais moins ouverte qu'une communauté d'intérêt. Souvent, les individus doivent être cooptés pour en devenir membre. Ce sont essentiellement les flux de connaissances qui caractérisent les communautés de pratiques. Techniquement, cela se traduit par exemple par le besoin de pouvoir intégrer dans son EPA des alertes issues de forums (publics comme privés), mais aussi des outils de gestion de son capital social, comme ceux fournis par certains réseaux sociaux professionnels (eg. LinkedIn, Viadeo, Xing...).

- **Communautés de projet** : la création collective de valeur.

Une communauté de projet est centrée sur la tâche. Le flux d'information et de connaissance y est important, mais totalement dédié au projet. Il s'agit de délivrer un rendu, un produit ou une prestation, dans un délai alloué. Les acteurs ont un rôle donné. Pour être efficace, une communauté de projet ne peut compter trop de membres. Au-delà d'une dizaine, il est généralement conseillé de créer des échelons intermédiaires. Le nombre 13 est superstitieusement souvent évoqué comme une limite à ne pas dépasser... Techniquement, cela se traduit par exemple par le besoin de pouvoir connecter son EPA à des environnements numériques de travail, des espaces de travail partageables, des outils de gestion électronique des documents, de gestion de projet (agenda partageable, gestionnaire de tâches, téléconférence...)

- **Communautés épistémiques** : la création collégiale de connaissances.

Une communauté épistémique est centrée sur la connaissance. Elle est constituée d'un nombre restreint de membres reconnus et acceptés, le plus souvent selon un principe de cooptation. Ces derniers travaillent sur un sous-ensemble conjointement défini de questions en lien direct avec la création de nouvelles connaissances (Cowan *et al.*, 2000). Les membres d'une communauté épistémique acceptent de contribuer ensemble selon une autorité procédurale. Une telle autorité peut se définir comme, « un ensemble de règles ou de codes de conduite définissant les objectifs de la communauté et les moyens à mettre en œuvre pour les atteindre et régissant les comportements collectifs au sein de la communauté » (Cohendet & Diani, 2003 p. 705). Cette structuration autour d'une autorité procédurale est acceptée car elle est essentielle à la création de nouvelles connaissances. Techniquement, cela se traduit par exemple par le besoin de pouvoir connecter son EPA à un système de gestion de publications collectives (workflow permettant

l'édition, le commentaire, l'évaluation, la révision, la publication de contenus...).

Au-delà de ces objets communs, il convient aussi, et peut-être avant tout de garder à l'esprit que la force d'une communauté d'apprenance est liée à la force des liens qui (ré)unissent ces membres (Granovetter, 1973). Comme cela sera détaillé dans la suite de cet article, le sentiment d'appartenance sociale (lié au besoin de se sentir reconnu et accepté par des autres significatifs) est l'un des moteurs essentiels de la persistance à vouloir contribuer avec des autres.

2.1. Un environnement personnel connectable à des institutions

Comme évoqué précédemment, en tant que tel, l'environnement d'un EPA peut être multiforme, voire très hétéroclite. Sur un plan matériel, il peut intégrer un lieu physique réel (une pièce, un bureau, un espace réservé « à soi »/préservé « pour soi »...), avec éventuellement des ouvrages et des documents divers (classés dans des étagères, selon un vrac, plus ou moins structuré en strates archéologiques...), des dispositifs « pense-bêtes » (tableau, post-it®, ordinateur, accès au *cloud*...), des outils permettant la structuration et la médiation dans d'autres espaces (réels, comme virtuels/organisés dans une métaphore informatique), avec d'autres personnes, notamment des autres significatifs (en présence, comme à distance). Bien entendu, qu'il soit envisagé en tant que produit, comme en tant que processus, la dynamique de la construction de son EPA par l'apprenant intéresse, ou pour le moins questionne, les institutions éducatives et les organismes de formation. Au-delà d'une problématique principalement centrée sur les outils informatiques permettant le stockage temporaire de documents, il convient désormais à l'évidence de privilégier les infrastructures et services numériques favorisant l'exploitation des flux de données et d'information entre les EPA et les espaces institutionnels, dans un écosystème aux interactions multiples, centrée autour du principe de flux persistants, activables par son propriétaire, en l'occurrence ici l'étudiant, en fonction de ses intentions et projets.

La question de l'institutionnalisation de la construction d'EPA par les étudiants dans un processus pédagogique, comme celle de ses éventuelles connexions avec des plateformes de formation ou des systèmes d'information n'est pas sans rappeler les nombreuses questions soulevées par la problématique de l'institutionnalisation des démarches du ePortfolio. Tout d'abord parce que l'EPA de certains étudiants peut parfois se limiter à un ePortfolio, mais aussi parce que l'EPA peut le cas échéant permettre de pro-

duire des ressources en vue d'alimenter un environnement institutionnel d'apprentissage, voire un système ePortfolio^v.

La synthèse des recommandations d'un grand nombre d'acteurs impliqués dans des projets ePortfolio, effectuée par Heutte et Jézégou (2012) fait apparaître trois préoccupations majeures qui semblent tout à fait applicables pour les EPA :

- La première préoccupation consiste à se centrer principalement sur la démarche EPA (intégrée dans un processus pédagogique) plutôt que sur l'outil EPA (intégré dans un système d'information) en tant que tel, tout en repérant les conditions institutionnelles et éducatives permettant de soutenir cette démarche.
- La deuxième préoccupation interroge une inversion de paradigme culturellement et institutionnellement délicate : d'une logique d'enseignement plutôt centrée sur « l'activité de transmission de savoirs par les enseignants » à « une logique de construction de compétences centrée sur l'apprentissage et la construction de connaissances par l'étudiant ». En effet, la démarche nécessite de mieux considérer autrement les acquis de la formation, au-delà des contenus des *curricula*, pour davantage raisonner « compétences » et valorisation des acquis de l'éducation, de la formation et de l'expérience (cf. *learning outcomes*). Cette inversion de paradigme, à laquelle participe la démarche EPA, peut nécessiter une formation et un accompagnement non seulement en direction des enseignants, mais aussi des étudiants. D'une manière générale, il s'agit de développer un enseignement davantage centré sur la construction de connaissances et de compétences par l'étudiant lui-même, tout en lui mettant à disposition un ensemble de ressources éducatives qu'il devra s'approprier avec l'aide de l'enseignant. Une telle évolution induit la décentration d'un enseignement régi par la logique de transmission de contenus pour s'orienter vers un modèle centré sur l'aide à l'apprentissage. Ainsi, ce déplacement traduit une mutation pédagogique à laquelle les enseignants doivent être sensibilisés, préparés et formés.
- La troisième préoccupation est liée au fait que l'EPA est un objet personnel appartenant à son auteur, en l'occurrence l'étudiant. De plus, il doit être connectable à des systèmes institutionnels d'information, de formation et de valorisation. Il s'agit de penser la malléabilité et la porosité dans l'ensemble des dispositifs techniques afin de permettre des flux d'échanges entre la personne, les entreprises, les organismes de formation dans le contexte de la formation tout au long de la vie.

La construction et la mise à jour de l'EPA est surtout et avant tout une démarche qui doit avoir du sens pour l'étudiant. On peut d'ailleurs légitimement se poser la question de savoir si l'institutionnalisation de l'EPA est réellement pertinente. En effet, le processus perdra pratiquement toute valeur éducative s'il est perçu par les étudiants comme une activité en plus (en trop ?), ou pire encore, comme une nouvelle forme de « devoir à rendre ». Trop souvent hélas, le gouffre qui sépare les intentions du dispositif pédagogique rêvé par des *enseignants-concepteurs d'un dispositif qui se veut émancipateur* de celui qui est vécu ou détourné par des *étudiants-consommateurs d'un service dont la seule finalité perçue est la délivrance d'un diplôme* est considérable. Cela conduit parfois d'ailleurs à des situations grotesques dans lesquelles les étudiants se contentent de singer les attendus des enseignants, le temps d'obtenir une note, avec l'intention de pouvoir « passer à autre chose » dès que possible^{vi}, car cette activité exigeante demande du temps et de la persistance (Gauthier & JézéGou, 2009).

Ainsi, en sus de la difficulté de maintenir la motivation des institutions et des équipes pédagogiques impliquées dans des démarches de construction et de mise à jour d'EPA par les étudiants, il convient aussi de s'interroger sur les motivations peuvent soutenir leur persistance à le mettre à jour, indépendamment d'une démarche de formation formelle institutionnalisée, mais plutôt dans le cadre de la formation « tout au long et tout au large de la vie » (Carré, 2005). Pour notre part, nous souhaitons poursuivre notre intention d'éclairer les déterminants psychosociaux de cette persistance : « *seul... mais jamais vraiment sans des autres* »

3. Vers un modèle sociocognitif de la persistance : éclairer la part du rapports aux autres dans l'agentivité personnelle.

Pour le profane ou le politique, la motivation apparaît comme une « baguette magique » qui permettrait de résoudre la plupart de nos soucis individuels ou collectifs contemporains. « Pourtant, ce mot si commun n'est apparu que très récemment et son usage s'est propagé seulement à partir du milieu du vingtième siècle (Feertchak, 1996 ; Mucchielli, 1981) » (Fenouillet, 2012, p. 1). L'étude scientifique de la motivation bien que relativement récente n'est pas moins foisonnante. Fenouillet (2012) s'est arrêté au nombre « magique » de 101 théories de la motivation identifiées depuis James (1890) ou McDougall (1908) qui peuvent être considérées comme étant à l'origine des premiers travaux scientifiques sur ce que nous appelons aujourd'hui la motivation.

S'inspirant de la définition de Vallerand et Thill (1993), Fenouillet introduit une nuance entre la notion de force, qui est particulièrement bien adaptée pour qualifier la motivation d'un point de vue interne, et les déterminants de cette force qui peuvent être internes ou externes, en proposant : « La motivation désigne une hypothétique force intra-individuelle protéiforme, qui peut avoir des déterminants internes et/ou externes multiples, et qui permet d'expliquer la direction, le déclenchement, la persistance et l'intensité du comportement ou de l'action. » (Fenouillet, 2012, p. 9).

Ainsi, selon Fenouillet, il est nécessaire de distinguer la motivation qui reste un hypothétique phénomène interne, de ses déterminants qui peuvent également être internes mais aussi externes. Par exemple, si la menace d'une sanction (déterminant externe) peut expliquer le changement de comportement d'un élève, elle ne caractérise pas la nature de la force (ou motivation) qui modifie le comportement. Cette sanction doit avoir un relais interne par exemple en termes de peur, de honte ou d'anxiété pour expliquer la nature de la force (ou motivation) qui entraîne le changement de comportement. « Il n'existe pas une seule forme de motivation. La motivation est avant tout un terme générique, généralement utilisé à défaut d'une spécification plus précise sur la nature exacte de la force qui produit un comportement ou une action. En fonction du contexte, d'autres termes peuvent être utilisés pour définir plus précisément la nature de cette force. Les notions telles que « but », « besoin », « émotion », « intérêt », « désir », « envie », et bien d'autres encore, peuvent être utilisées pour une description plus précise. » (Fenouillet, 2012, p. 9).

Enfin, Fenouillet (2012, p. 4) souligne que l'introduction des modèles volitionnels (Achtziger & Gollwitzer, 2008 ; Gollwitzer, 1999 ; Heckhausen, 1986 ; Kuhl, 1987) installe un changement paradigmatique : la motivation ne cherche plus seulement à expliquer le comportement mais aussi la persistance de l'action. Ainsi, l'impact de la motivation ne peut donc être restreint au seul comportement, mais doit être étendu à l'action. Cette dernière peut être envisagée comme une succession de comportements. Dans cette perspective, une action ne peut persister que si elle est entretenue et entretient en retour la motivation. Quels que soient les dispositifs pédagogiques, la question des déterminants de la persistance des étudiants est récurrente. Elle encore plus vive avec l'actualité des MOOC, dispositifs généralement en mesure de perdre, peu ou prou, la moitié des étudiants chaque semaine...

Poursuivant notre perspective d'une vision de l'EPA en tant que dispositif d'apprentissage « *seul... mais jamais vraiment sans des autres* », nous souhaitons tenter d'éclairer la part du rapport aux autres dans l'agentivité

personnelle (Heutte, 2011b), *via* l'étude des contributions et complémentarités de trois théories du *self* (cf. l'autodétermination (Deci & Ryan, 2002), l'auto-efficacité (Bandura, 2005) et l'autotélisme (Csikszentmihalyi, 2006)). Pour ce faire nous devons tout d'abord présenter chacune de ces théories.

3.1. La théorie des besoins psychologiques de base : clarifier les sources du climat motivationnel

Selon Laguardia et Ryan (2000, p. 284), « la théorie de l'autodétermination adopte le concept de l'eudémonie ou de la réalisation de soi comme critère d'existence de bien-être mais, de plus, elle définit explicitement ce qu'il faut entendre par la réalisation de soi et par quels processus elle est atteinte ». En effet, la TAD soutient que les humains ont des besoins psychologiques fondamentaux et que la satisfaction de ces besoins psychologiques fondamentaux est essentielle à leur croissance, à leur intégrité et à leur bien-être. Ainsi, quand ces besoins sont satisfaits, l'organisme connaît la vitalité (Ryan & Frederick, 1997, cités par Laguardia & Ryan, 2000), la congruence interne (Sheldon & Elliot, 1999, cités par Laguardia & Ryan, 2000) et l'intégration psychologique (Deci & Ryan, 1991) : comme ces besoins fournissent une grande partie du sens et des intentions sous-jacents à l'activité humaine, leur satisfaction est ainsi vue comme un but « naturel » de la vie (Deci & Ryan, 2000). La TAD « propose une psychologie sociale du bien-être psychologique » (Laguardia & Ryan, 2000, p. 284). Elle explique les conditions sous lesquelles le bien-être d'un individu est facilité au lieu d'être entravé en spécifiant quels sont les besoins psychologiques fondamentaux :

- définir le minimum requis pour qu'une personne soit en santé ;
- prescrire ce que le milieu doit fournir pour qu'elle se développe et s'épanouisse psychologiquement.

Ainsi, la TAD maintient que, d'une façon innée, l'humain tend à satisfaire trois besoins psychologiques fondamentaux, à savoir le besoin d'autodétermination, le besoin de compétence et le besoin de relation à autrui (Deci & Ryan, 2000, 2008 ; Laguardia & Ryan, 2000).

L'**autodétermination** réfère au sentiment de se sentir à l'origine ou à la source de ses actions, de sorte qu'elle est en congruence avec elle et qu'elle l'assume entièrement (De Charms, 1968 ; Deci & Ryan, 1985). Cependant, agir de façon autodéterminée ou de façon autonome ne veut pas dire agir seul : il convient de bien distinguer l'autonomie et l'individualisme. Nous serions même tenté de dire que paradoxalement, il est presque impérativement nécessaire d'être avec d'autres pour ressentir réellement son auto-

mie, notamment quand il sera possible de percevoir qu'ils respectent nos choix, même s'ils ne les partagent pas.

La **compétence** réfère à un sentiment d'efficacité sur son environnement (Deci, 1975 ; White, 1959), ce qui stimule la curiosité, le goût d'explorer et de relever des défis. À elle seule, l'efficacité ne suffit pas toutefois à susciter le sentiment d'être compétent ; elle doit comprendre aussi le sentiment de la prise en charge personnelle de l'effet à produire (Laguardia & Ryan, 2000). Là encore, il est difficile de ressentir réellement sa compétence sans quelque part sa « confirmation » par d'autres. Souvent, certaines de nos compétences sont d'abord perçues par d'autres alors que nous n'en avons même pas conscience. Cette révélation, et donc le bien-être psychologique qui en découle, ne peut s'effectuer sans eux.

Le **besoin d'être en relation à autrui** implique la perception de l'affiliation et le sentiment d'être relié à des personnes qui sont importantes pour soi (Baumeister & Leary, 1995 ; Ryan, 1991). Ressentir une attention délicate et sympathique confirme alors qu'on est quelqu'un de significatif pour d'autres personnes et objet de sollicitude de leur part.

Dans une recherche concernant l'impact du climat scolaire sur la motivation, Leroy constate que « c'est principalement *via* la signification que donnent les élèves à leur environnement scolaire que les comportements de l'enseignant affectent les apprentissages » (Leroy, 2009, p. 157). Ainsi, c'est au travers de la mesure de la qualité des relations interpersonnelles et du sentiment d'acceptation (entre les étudiants, comme vis à vis des enseignants) que s'appréhende notamment le sentiment d'appartenance sociale (Heutte, 2011b).

Dans nos travaux (Heutte, 2011b), nous avons eu l'occasion de souligner que des trois besoins psychologiques de base, le dernier historiquement énoncé par Deci et Ryan, à savoir *l'affiliation* est, sans pour autant remettre en cause la complémentarité de ces trois besoins, selon nous, certainement le plus important : c'est à l'évidence celui qui est le plus « humain », peut-être tout particulièrement parce qu'il permet d'entrevoir l'impérieuse nécessité d'une part d'humanité dans l'humain. Cela trouve tout particulièrement son sens dans le contexte de la construction d'un EPA en vue de maintenir le lien avec une communauté d'apprenance. En effet, que pourrait-il y avoir de plus satisfaisant que de sentir que l'on fait partie d'une communauté qui, tout en acceptant l'éventuel l'éclectisme de certains de nos choix dans la sélection des éléments qui nous permettent de construire nos connaissances (ce qui conforte notre besoin d'autonomie), reconnaît la qualité et la pertinence de la façon dont nous articulons ces éléments pour exprimer ce que nous pensons avoir compris (ce

qui conforte notre besoin de compétence). Ne serions-nous pas prêt à accomplir certaines tâches, bien au-delà d'un intérêt intrinsèque personnel, juste pour s'assurer que pouvoir continuer à faire partie de cette communauté qui satisfait tous nos besoins psychologiques de base ?

3.2. L'agentivité et l'auto-efficacité : le pouvoir de croire qu'on peut

Selon Bandura (2001), « l'être humain n'est pas simplement l'hôte et spectateur de mécanismes internes orchestrés par des événements du monde extérieur. Il est l'agent plutôt que le simple exécutant de l'expérience. Les systèmes sensoriels, moteurs et cérébraux constituent les outils auxquels les personnes ont recours pour réaliser les tâches et atteindre les buts qui donnent sens, direction et satisfaction à leur vie »^{vii}.

Dans cette perspective, l'agentivité peut être définie comme :

- le fait d'exercer une influence personnelle sur son propre fonctionnement et sur son environnement (Bandura, 1986) ;
- la puissance personnelle d'agir (Riccœur, 2000) ;
- le pouvoir personnel et collectif d'agir (Nagels, 2005).

Le sentiment d'auto-efficacité constitue la croyance que possède un individu en sa capacité de produire ou non une tâche (Bandura, 1982, 2003). Plus grand est le sentiment d'auto-efficacité, plus élevés sont les objectifs que s'impose la personne et l'engagement dans leur poursuite (Bandura, 2003).

Selon Carré (2003, préface *in* Bandura, 2003, p. IV), « d'après Bandura, le système de croyances qui forme le sentiment d'efficacité personnelle est le fondement de la motivation et de l'action, et partant, des réalisations et du bien-être humains. Comme il l'indique régulièrement, avec une clarté et une force de conviction rares, *« si les gens ne croient pas qu'ils peuvent obtenir les résultats qu'ils désirent grâce à leurs actes, ils ont bien peu de raisons d'agir ou de persévérer face aux difficultés »*

Les croyances d'auto-efficacité des élèves et des étudiants sont positivement associées à l'acquisition directe des apprentissages et à la réussite scolaire (Bandura, 2003 ; Leroy, 2009), mais également *via* la préférence pour des tâches présentant un certain niveau de nouveauté. « Ainsi, plus l'élève aura confiance en sa capacité à exécuter les tâches scolaires, plus il s'orientera vers des activités qu'il perçoit comme des défis personnels. On voit en cela que les élèves possédant de fortes perceptions d'efficacité n'hésitent pas à exprimer des aspirations surpassant leur niveau actuel de réussite et se disent prêts à faire des efforts pour dépasser leurs performances habituelles (Bandura, 2008). Cette vision optimiste quant aux capacités scolaires s'avère ainsi une condition nécessaire à l'utilisation de

stratégies d'apprentissage considérées comme adaptatives en contexte scolaire. » (Leroy, 2009, p. 158).

Le sentiment d'auto-efficacité est un construit multifactoriel. Bandura (Bandura, 2003) établit une distinction entre les résultats tangibles et les attentes d'efficacité, de telle sorte que les gens peuvent croire que certaines actions vont produire certains résultats (attentes de résultats), mais s'ils ne se sentent pas capables d'exécuter ces actions, ils ne pourront ni les initier ni persister à les accomplir (attentes d'efficacité).

Nous inspirant des propos de Bandura (1986), nous estimons que *« l'auto-efficacité (personnelle comme collective) renvoie aux jugements que les personnes font à propos de leur(s) capacité(s), personnelle(s) comme collective(s), à organiser et réaliser des ensembles d'actions requis pour atteindre des types de performances attendus, mais aussi aux croyances à propos de leurs capacités à mobiliser la motivation, les ressources cognitives et les comportements nécessaires pour exercer un contrôle sur les événements de la vie »* (Heutte, 2011b, p. 91). Ces croyances constituent le mécanisme le plus central et le plus général de l'agentivité.

Selon Fontayne (2007), le sentiment de contrôle que les personnes développent à propos des événements qui jalonnent leur vie est en grande partie influencé par leur perception d'efficacité. Les croyances d'efficacité se construisent à travers différents processus cognitifs individuels qui exercent une influence unique sur le sujet : les expériences de maîtrise, les expériences vicariantes, les persuasions sociales, les états physiologiques et émotionnels (Bandura, 1997).

La théorie sociale cognitive étend le concept d'agentivité humaine jusqu'à l'agentivité collective (Bandura, 1997). La croyance qu'ont les gens de pouvoir produire collectivement des résultats souhaités est une composante essentielle de l'agentivité collective. Les réussites des groupes ne sont pas seulement générées par le partage des intentions, du savoir et des compétences de ses membres, mais également par la synergie des dynamiques interactives et coordonnées qui caractérisent leurs transactions. Étant donné que la performance collective d'un système social implique des dynamiques transactionnelles, l'efficacité collective perçue est une propriété émergente au niveau du groupe ; elle n'est pas simplement la somme des croyances des individus en leur efficacité. Cela dit, il n'existe pas d'entité émergente qui opèrerait indépendamment des croyances et des actions des individus qui composent le système social. Ce sont les personnes qui agissent conjointement à partir de croyances partagées, non pas un esprit de groupe désincarné qui réfléchit, vise des résultats, se motive et régule son action à cette fin. Les croyances d'efficacité collective

servent des fonctions semblables à celles du sentiment d'efficacité personnelle et fonctionnent au travers de processus tout à fait analogues (Bandura, 1997). Des études empiriques en provenance de divers champs de recherche confirment l'impact de l'efficacité collective perçue sur le fonctionnement du groupe (Bandura, 2000). D'autres études ont examiné les effets qu'exercent des croyances d'efficacité collective développées naturellement sur le fonctionnement de divers systèmes sociaux. Dans leur ensemble les résultats montrent que plus l'efficacité collective perçue est forte, plus les aspirations d'un groupe et son investissement dans ses projets sont élevés, plus il résiste face aux obstacles et aux revers, meilleurs sont son moral, sa résilience face au stress et ses performances.

Dans le contexte de la construction d'un EPA au sein d'une communauté d'apprenance, les expériences vicariantes (notamment le fait de pouvoir observer les réussites des pairs dans la maîtrise des outils), la multiplication des occasions d'expériences de maîtrise (de part la diversité et la sophistication incrémentale des activités à accomplir), les persuasions sociales (notamment encouragements des enseignants), peuvent provoquer des états physiologiques et émotionnels qui vont contribuer à renforcer le sentiment d'efficacité personnelle comme collective.

3.3. L'autotélisme : l'émotion de l'expérience optimale (état de *flow*)

Dans les années 1970, au cours de ses études doctorales, le psychologue hongrois Csikszentmihalyi étudie plus particulièrement ce que ressentent de nombreuses personnes (artistes, sportifs, joueurs d'échec...) qui consacrent beaucoup de temps et d'énergie à des activités pour le simple plaisir de les faire sans recherche spécifiques de gratifications conventionnelles comme l'argent ou la reconnaissance sociale. Ainsi progressivement, Csikszentmihalyi (1990) identifie les conditions de l'expérience optimale liée à un état psychologique subjectif spécifique qu'il appelle « *flow* ». Le *flow* se manifeste souvent quand il y a perception d'un équilibre entre les compétences personnelles et les exigences de la tâche (la « demande » (Engeser & Schiepe-Tiska, 2012)). En contexte éducatif, le *flow* est, par exemple, ressenti quand l'ensemble des actions à réaliser pour comprendre, notamment celles qui réclament une attention particulièrement soutenue, semblent « couler de source », avec une telle fluidité telle qu'à aucun moment l'apprentissage ou la compréhension ne seront interrompus par une quelconque inquiétude concernant ce qu'il faut faire pour y parvenir ou ce que les autres pourraient en penser. Bien que la définition du concept ait légèrement évolué depuis les années 70 (pour revue voir (Heutte, 2011b ; Heutte *et al.*, 2014c)), celle-ci fait actuellement l'objet d'un large consensus

(Engeser & Schiepe-Tiska, 2012). Selon Nakamura et Csikszentmihalyi (2009), le *flow* est caractérisé par : (1) concentration intense et focalisée sur l’instant présent, (2) fusion de l’action et de la conscience, (3) absence de préoccupation à propos du soi et dilatation de l’ego-épanouissement de la dimension sociale du soi, (4) contrôle de l’action (5) altération de la perception du temps et (6) bien être procuré par l’activité en elle-même (activité autotélique).

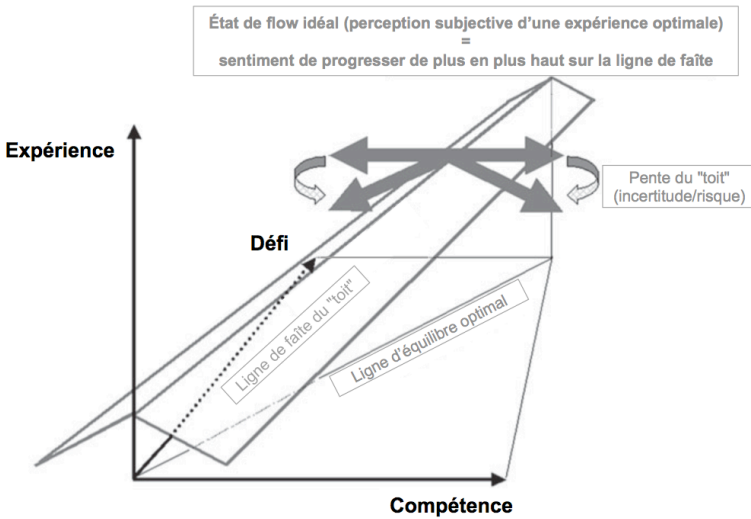


Figure 1 • Représentation tridimensionnelle du *flow* d’après (Moneta, 2012) traduction personnelle.

L’expérience optimale apparaît lorsqu’il y a une correspondance adéquate (un équilibre optimal) entre le défi (les exigences de la tâche) et les compétences. Par nature, l’expérience optimale exige une concentration totale de l’attention sur la tâche en cours, de sorte qu’il n’y a plus de place pour la distraction. Cette concentration va temporairement occulter les aspects déplaisants de la vie, les frustrations ou les préoccupations quotidiennes. Dans le cadre d’un apprentissage, l’expérience optimale est plus particulièrement ressentie dans les phases qui nécessitent une importante mobilisation de compétences : le *flow* est un état psychologique dans lequel le sujet se sent simultanément cognitivement efficace, motivé et heureux de progresser. Moneta et Csikszentmihalyi (1996) évoquent la métaphore d’une action se déroulant sur le faîte d’un toit en pente : l’échec ou la réussite tiennent à peu de choses (incertitude/risque), cependant compte tenu de l’équilibre optimal entre le défi et ses compétences, ainsi que de son expérience, l’apprenant perçoit progressivement que l’objectif est probablement accessible. Ainsi, au cours d’une phase d’apprentissage, au fur et à

mesure que l'apprenant s'aperçoit qu'il progresse dans la compréhension de ce qu'il souhaitait étudier, ce sentiment le portera et le poussera à s'appliquer de plus en plus, en lui procurant un tel bien-être, qu'il souhaitera que cette expérience (émotion liée à la perception de cette progression) se prolonge. C'est d'ailleurs pour continuer à ressentir le *flow* qu'il persistera dans l'apprentissage, y compris parfois en se fixant lui-même de nouveaux objectifs, afin de maintenir le sentiment de progresser sur une ligne de faite de plus en plus haute (cf. figure 1) : faire plus vite ou faire mieux, par exemple en optimisant ses actions ou les ressources à sa disposition.

L'expérience optimale entraîne des conséquences très importantes : meilleure performance (Jackson & Csikszentmihalyi, 1999), créativité, développement des capacités, estime de soi et réduction du stress (Csikszentmihalyi, 2006). Un ensemble d'études (pour revue, voir (Delle Fave *et al.*, 2011)) apportent des résultats concourants et montrent l'importance d'autres concepts dans l'expérience du *flow*. Comme, par exemple, des liens positifs entre la motivation et le *flow*, ainsi que des liens négatifs entre le *flow* et l'anxiété ou le désengagement (Asakawa, 2004).

3.3.1. Le *flow* dans les environnements numériques

Des travaux récents font état du grand intérêt et du caractère prometteur des recherches concernant le *flow* dans les environnements numériques (Choi *et al.*, 2007 ; Pearce *et al.*, 2005). En effet, le *flow* est une variable explicative très régulièrement évoquée pour comprendre les expériences positives avec les ordinateurs (pour revue, voir (Heutte, 2011b)), et plus récemment, pour ce qui concerne l'usage d'internet (Chen, 2006 ; Novak *et al.*, 2000). Cette théorie a notamment été utilisée afin de mieux appréhender l'absorption cognitive (Agarwal & Karahanna, 2000) pendant les activités d'exploration (Ghani, 1995 ; Webster *et al.*, 1993), de communication (Trevino & Webster, 1992), d'apprentissage (Ghani, 1995), d'utilisation de serious game (Fu *et al.*, 2009 ; Heutte *et al.*, 2014c).

3.3.2. Le *flow* en contexte éducatif

Un nombre grandissant de recherches s'intéressent à l'impact du *flow* en contexte éducatif, par exemple pour étudier la motivation des élèves de collèges (Fenouillet *et al.*, 2014 ; Rathunde & Csikszentmihalyi, 2005) ou dans des lycées (Fenouillet *et al.*, 2014 ; Peterson & Miller, 2004) ou dans des universités (Caron *et al.*, 2014 ; Heutte, 2011b ; Heutte *et al.*, 2014a ; Heutte *et al.*, 2014b ; Heutte *et al.*, 2014c ; Heutte *et al.*, 2014d ; Shernoff *et al.*, 2003). Turner et Meyer (2004) ont notamment étudié l'impact du soutien et de l'étayage des étudiants par les enseignants sur le

flow. Il est parfois courant d'observer dans des espaces virtuels de formation formels comme informels, des hyperconnectants enthousiastes capables de catalyser une dynamique collective positive (Heutte et Casteignau, 2006) donnant l'impression qu'ils le font sans revendication ou attente de gratification particulière : comme s'il le faisait juste pour le plaisir (Heutte, 2010). L'intérêt de ces personnes pourrait parfois juste être guidé par l'envie de vivre des temps forts collectifs pour « apprendre » et « connaître » (Heutte, 2011b).

Afin de pouvoir mieux appréhender le *flow* en contexte éducatif (*via* la construction de l'échelle de mesure EduFlow), Heutte et ses collègues (2014b) retiennent 4 dimensions : (1) l'absorption cognitive, (2) l'altération de la perception du temps, (3) l'absence de préoccupation à propos du soi, et (4) le bien-être procuré par l'activité en elle-même. Ces quatre dimensions éclairent remarquablement la persistance du comportement des apprenants en contexte de formation.

3.3.3. L'absorption cognitive : quand plus rien ne peut perturber.

L'expérience de *flow* est décrite par de nombreuses personnes comme un des meilleurs moments de leur vie au cours duquel les actions se déroulent avec une extraordinaire impression de fluidité, en ayant le sentiment d'être très à l'aise, sans avoir l'impression de devoir faire un effort pénible. Dans cet état, ils étaient tellement complètement impliqués dans l'activité que plus rien d'autre ne pouvait les perturber. Au-delà du plaisir lié à l'activité et de la persistance liée à l'intérêt intrinsèque pour l'activité, l'immersion totale dans l'activité est un aspect central de l'expérience de *flow* (Csikszentmihalyi *et al.*, 1993 ; Ellis *et al.*, 1994 ; Ghani & Deshpande, 1994 ; Heutte *et al.*, 2014b).

Après échanges avec Agarwal et Karahanna, et avec leur accord, nous suggérons d'en étendre et d'en revoir la définition originale (Agarwal & Karahanna 2000), pour proposer de définir l'absorption cognitive (AC) comme un état de profond engagement focalisé sur la volonté de comprendre avec, comme sans, l'usage des technologies numériques. Cet état est « lié à un épisode d'attention totale (expérience optimale d'apprentissage) qui 'absorbe' (qui focalise) entièrement les ressources cognitives au point que plus rien d'autre n'importe que de comprendre, ce qui a notamment pour conséquence immédiate que pratiquement plus rien ne peut effectivement perturber la concentration exclusivement centrée sur la compréhension » (Heutte, 2011b, p. 105). Ainsi, nous considérons l'AC comme « une focalisation exclusive, extrême et apaisante, liée à un état de concentration totale dans une activité » (Heutte, 2011b, p. 107). Trivialement, nous sommes tenté de dire, qu'à ce moment-là, le sujet « fait le vide

autour de lui/est dans sa bulle », alors que le plus souvent, il serait certainement plus juste de dire que « le vide/la bulle se fait autour de lui » car, l'AC est liée à un intérêt intrinsèque « envahissant » pour l'activité et se produit à certains égards aux dépens du sujet, en dehors de sa volonté : quand le sujet est en quelque sorte pris au piège de son propre intérêt pour l'activité ! » (Heutte, 2011b, p. 105). Dans les activités induites par la motivation intrinsèque à comprendre, l'AC est l'un des éléments fondamentaux du rapport au savoir et de la motivation à apprendre : un état dans laquelle l'ensemble des ressources cognitives du sujet sont exclusivement mobilisées autour de la cognition (Heutte *et al.*, 2014b).

Dans le contexte de la construction d'un EPA au sein d'une communauté d'apprenance, l'absorption cognitive va provoquer l'altération de la perception du temps (ce qui va prolonger la persistance des étudiants dans la construction et la mise à jour de leur EPA, ainsi que dans l'interconnexion avec les autres), une absence de préoccupation à propos du soi (ce qui va faciliter la demande d'explication ou d'aide en cas de manque de compétence ou d'incompréhension). Enfin, cette expérience optimale va provoquer un bien-être qui incite à augmenter le défi pour ressentir à nouveau l'état de *flow*. En tant que tel, un environnement d'apprentissage qui soutient le *flow* (l'expérience optimale) est un environnement optimal d'apprentissage (Heutte, 2014).

4. Proposition d'un modèle sociocognitif de la persistance : contribution et complémentarité de l'autodétermination, de l'auto-efficacité et de l'autotélisme.

Bien que chacune des trois théories évoquées dans les lignes précédentes contiennent une prise en compte de la dimension sociale de l'individu, en tant que telles, elles ne permettent pas réellement d'éclairer la persistance de l'étudiant à construire et à mettre à jour de son EPA, en tant que dispositif d'apprentissage personnel, mais qui ne peut se concevoir pleinement « *sans des autres* ». C'est dans cette dernière partie que nous souhaitons proposer un modèle sociocognitif de la persistance *via* les contributions et complémentarités de trois théories du *self* (cf. l'autodétermination, (Deci & Ryan, 2002), l'auto-efficacité (Bandura, 2005) et l'autotélisme (Csikszentmihalyi, 2006)).

D'un point de vue sociocognitif, il est en effet possible de se sentir littéralement porté par le contexte collectif, boosté par le *flow* et le sentiment de vivre une expérience optimale d'apprentissage, notamment du fait que nos choix sont respectés ou suivis (ce qui conforte notre besoin d'autodétermination), ainsi que par des feedbacks positifs quant à la qualité de nos

contributions (ce qui conforte notre besoin de compétence (Deci & Ryan, 2000)). La conjugaison de ces besoins psychologiques de base a une incidence sur le bien-être et le sentiment d'efficacité personnelle, comme collective. Il s'agit-là de conditions essentielles à la persistance dans les efforts pour partager, acquérir et construire des connaissances, dans la mesure où elle pousse à s'impliquer bien souvent au-delà de ce qu'il est possible de réaliser seul. Ainsi, les contributions et complémentarités de ces trois théories du *self* offrent un cadre d'analyse pertinent pour éclairer l'implication (motivation) et la persistance (volition) de l'étudiant dans le désir de progresser, d'acquérir de nouvelles compétences, de comprendre et donc de vouloir, *via* le développement d'un EPA, se former et apprendre par soi-même et à certains égards pour les autres, afin de pouvoir être reconnu et accepté dans une communauté, en tant que sujet sachant. Cette expérience est si gratifiante, elle procure une telle émotion, qu'elle justifie à elle seule que ceux qui l'ont vécu (au moins une fois) se donnent parfois beaucoup de mal pour réunir toutes les conditions afin de pouvoir la revivre à nouveau. Ainsi, pouvons-nous considérer que le sentiment d'acceptation est l'un des déterminants essentiels de la persistance à vouloir s'outiller afin de pouvoir contribuer dans des communautés d'apprenance, notamment *via* la construction et la mise à jour de son EPA.

C'est dans le but d'éclairer la construction dynamique, de ces communautés d'apprenance que nous avons suggéré le *Modèle heuristique du collectif individuellement motivé* (MHCIM, *cf.* figure 2) développée selon l'hypothèse que le bien-être psychologique est une des conditions du développement optimal des individus, des groupes et des organisations (Heutte, 2011b). Élaboré et validé initialement dans le cadre d'une étude impliquant plus de 700 étudiants, nous en avons envisagé l'extension pour étudier la persistance à vouloir travailler et apprendre avec des autres dans des contextes variés (Heutte, 2012). Les résultats de cette étude (Heutte, 2011b) sont conformes à tous les travaux concernant le climat motivationnel (pour revue (Tessier *et al.*, 2006)) : ils mettent en évidence l'importance de la perception de l'affiliation sur le bien-être psychologique (Deci & Ryan, 2000), notamment que la qualité des relations interpersonnelles (QRI), tout particulièrement avec les enseignants (QRIP), est un antécédent du bien-être (FlowD4) des étudiants.

Nos résultats (Heutte, 2011b, p. 191) mettent en évidence :

- La très forte contribution de la perception de la qualité des relations interpersonnelles (QRI) au sentiment d'acceptation (ACC) que ce soit respectivement avec les enseignants ou avec les étudiants.
- La contribution des perceptions de l'affiliation avec les enseignants sur celles concernant les étudiants est plus élevée pour la qualité des rela-

tions interpersonnelles (QRI) que pour le sentiment d'acceptation (ACC).

- La contribution de la perception du sentiment d'acceptation (ACC) au bien-être (FlowD4) est plus marquée avec les enseignants qu'avec les étudiants.

La qualité des relations interpersonnelles avec les enseignants (QRIP) est pour ainsi dire le point de départ d'une sorte dynamique positive qui impacte la qualité des relations interpersonnelles entre les étudiants (QRIe), ainsi que sur leur sentiment d'acceptation avec les enseignants (ACCp) comme avec les étudiants (ACCe) et leur bien-être (FlowD4). Il apparaît ensuite (Heutte, 2011b, p. 196), d'une part (1) que le sentiment d'efficacité personnelle (SEP) des étudiants est davantage lié à la perception de la qualité des relations interpersonnelles avec les enseignants (QRIP) qu'avec les étudiants (QRIe), d'autre part (2) que le sentiment d'efficacité collective des étudiants (SEC) est davantage lié au sentiment d'acceptation par les étudiants que par les enseignants. Enfin, dans le modèle testé (Heutte, 2011b, p. 194), il apparaît que l'auto-efficacité a un pouvoir explicatif élevé (50 % de la variance) de l'absorption cognitive. L'examen du niveau de signification associé aux coefficients de régression met par ailleurs en évidence que la contribution du SEC à l'absorption cognitive (FlowD1) est nettement plus importante que celle du SEP.

Ainsi, ces résultats mettent en évidence l'impact essentiel, du soutien des besoins d'appartenance sociale des étudiants par les enseignants. Il s'agit de l'une des conditions nécessaires pour qu'au sein de la communauté d'apprentissage les liens entre les étudiants et leur SEC soient suffisamment forts pour induire leur absorption cognitive (FlowD1). Nous pouvons formuler l'hypothèse que l'altération de la perception du temps (FlowD2), l'absence de préoccupation à propos du soi (FlowD3), ainsi que le bien-être (FlowD4) provoqué par l'absorption cognitive (FlowD1) vont avoir un impact respectifs sur la persistance dans la création ou la mise à jour de l'EPA (du fait de la perte de la notion du temps), la qualité de l'apprentissage (du fait qu'en état de *flow*, faire appel à la communauté pour comprendre n'a pas d'impact sur l'ego) et l'intention de maintenir les conditions du renouvellement de cette expérience émotionnelle liée au plaisir de s'apercevoir que l'on comprend.

Ce modèle qui se veut aussi dynamique considère que la *boucle volitionnelle du SEC* (SEC → absorption cognitive → bien-être → SEC → absorption cognitive → bien-être →...) est pour ainsi dire alimentée par deux flux complémentaires (cf. figure 2) :

- l'ensemble des variables qui renforcent les conditions du *flow* (notamment l'absorption cognitive), à savoir, le SEP et le SEC ;
- l'ensemble des variables qui renforcent les caractéristiques (les effets) du Flow (notamment le bien-être), à savoir, le sentiment d'affiliation avec ceux qui travaillent et apprennent dans le dispositif (QRiA/ACCa), ainsi qu'avec ceux qui sont responsables de l'organisation du dispositif (QRiR/ACCr).

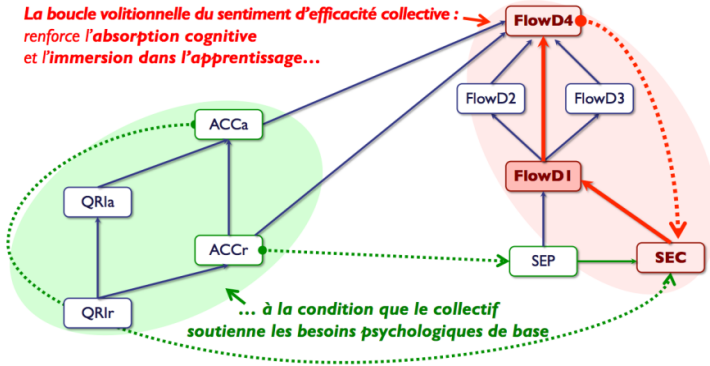


Figure 2 Modèle heuristique du collectif individuellement motivé (MHCIM) : Les influences de l'affiliation, de l'auto-efficacité et du *flow* sur le bien-être. (Heutte, 2011a) p. 239

- QRiR : qualité des relations interpersonnelles avec ceux qui sont responsables du dispositif
- QRiA : qualité des relations interpersonnelles avec ceux qui travaillent ou apprennent dans le dispositif
- ACCr : sentiment d'acceptation avec ceux qui sont responsables du dispositif
- ACCa : sentiment d'acceptation avec ceux qui travaillent ou apprennent dans le dispositif
- SEP : sentiment d'efficacité personnelle
- SEC : sentiment d'efficacité collective
- FlowD1 : absorption cognitive
- FlowD2 : altération de la perception du temps
- FlowD3 : absence de préoccupation à propos du soi / dilatation de l'ego
- FlowD4 : bien-être

Ces flux se combinent entre eux pour renforcer le bien-être et la persistance à vouloir contribuer avec des autres : la *boucle volitionnelle du SEC* serait ainsi l'un des constituants essentiels de cette spirale positive et optimale à mettre en œuvre.

La proposition du MHCIM permet d'envisager le principe d'une ingénierie de formation autotélique dont l'énergie principale est co-produite par les interactions et surtout les contributions des membres de la communauté d'apprenance. S'appuyant sur le principe de l'apprentissage en tant que participation légitime périphérique (Lave & Wenger, 1992), la prise en compte incrémentale de l'expertise des membres de la communauté peut

permettre aux créateurs/concepteurs de la communauté de changer le statut des novices afin de pouvoir les intégrer progressivement, de façon incrémentale, dans des groupes en charge de la régulation de la communauté. Dans l'absolu, un système autotélique massivement multiapprenants (couplage idéal d'EPA et de communautés d'apprenance, à mi chemin entre un jeu massivement multi-joueurs en ligne et un MOOC) peut même échapper au système d'éducation formel ayant été le cas échéant à l'origine de sa conception : le système devient autopoïétique dans la mesure où il auto-produit sa propre gouvernance.

5. Éclairer certains éléments constitutifs d'un environnement optimal d'apprentissage : quelques pistes de recherches originales et prometteuses.

Reprenant le fil de nos propos, les premières pistes de recherche auxquelles nous pensons concernent plus particulièrement les EIAH. Nous avons évoqué dans la première partie de ce texte de nombreuses fonctionnalités qui nous semblaient constitutives d'un EPA en tant que dispositif d'apprentissage permettant de s'outiller pour pouvoir mieux comprendre « *seul... mais jamais vraiment sans des autres...* ». Cependant, nous sommes loin d'avoir cerné l'ensemble des besoins, et surtout des contraintes institutionnelles, pédagogiques et techniques. Nous avons laissé de nombreuses questions en suspend, comme par exemple : Comment résoudre la tension entre la perspective d'un EPA dont la construction et la mise à jour relèvent exclusivement de la responsabilité de l'étudiant, tout en s'assurant que cet EPA sera à la fois potentiellement connectable à des communautés d'apprenance et à des systèmes d'information, des infrastructures et services numériques institutionnels ? Quelle(s) porosité(s) et quelle(s) malléabilité(s) prévoir entre les systèmes institutionnels et l'écosystème de l'EPA ? Comment outiller la transformation d'un flux d'information en une connaissance construite et objectivée en interaction avec des autres ?

Sans minorer ces questions fondamentales concernant le biotope des communautés d'apprenance, nous souhaitons surtout attirer l'attention sur l'importance des interactions nécessaire à la persistance à vouloir comprendre « *seul... mais jamais vraiment sans des autres...* » : la biocénose des communautés d'apprenance. En effet, au-delà de la qualité des infrastructures numériques, nous soutenons que la persistance des étudiants dans la construction et la mise à jour de leur EPA repose en grande partie sur des déterminants psychosociaux.

Compte tenu de très nombreux relatifs échecs concernant l'introduction d'innovations sociotechniques dans les dispositifs pédagogiques,

il conviendra dans un premier temps d'étudier les représentations des étudiants : Quel(s) sens donnent-ils à la construction d'un EPA ? Cette construction est-elle réellement perçue comme une occasion de développement personnel, ou plutôt comme un exercice scolaire ? Comment faire en sorte que l'étudiant soit concepteur d'un environnement qui réponde à ses besoins ? À quelles conditions est-ce possible ?

Bien entendu, l'étude de l'évolution des perceptions des enseignants offre également de nombreuses pistes de recherche : Quelles sont leurs conceptions de l'EPA ? Comment conçoivent-ils l'intérêt de la construction d'un EPA par l'étudiant ? Comment prennent-ils en compte cette démarche dans leurs actes pédagogiques ? Comment les accompagner (le cas échéant, les former) pour renforcer la réussite de leurs initiatives ?

Concernant notre proposition d'un modèle sociocognitif de la persistance de la construction d'un EPA par l'étudiant, les premières pistes de recherche concernent tout d'abord l'étude de ses éventuels effets sur l'évolution de la satisfaction des besoins psychologiques de base : Les étudiants développent-ils des compétences qui les rendent plus autonomes ? Se sentent-ils académiquement/professionnellement plus compétents ? Quels sont les effets du soutien de la construction d'EPA sur la qualité des relations interpersonnelles entre étudiants comme avec les enseignants ? Les étudiants développent-ils le sentiment d'appartenance à des communautés d'apprentissage ?

La théorie sociale cognitive offre des perspectives de recherche qui peuvent par exemple se centrer plus particulièrement sur l'auto-efficacité des étudiants, comme des enseignants : Quelle est l'évolution du sentiment d'efficacité personnelle de l'ensemble des acteurs dans l'usage des outils nécessaires à la construction de l'EPA ? Quels sont les déterminants du renforcement du sentiment d'efficacité personnelle et/ou collective des étudiants comme des enseignants ? Comment accompagner (le cas échéant, former) l'ensemble des acteurs ?

Pour sa part, l'autotélisme suggère plus particulièrement l'étude des éventuels effets de la construction d'un EPA sur le *flow* des étudiants : La démarche renforce-t-elle l'absorption cognitive des étudiants ? L'altération de la perception du temps prolonge-t-elle la persistance des étudiants dans la construction et la mise à jour de leur EPA ? L'absence de préoccupation à propos du soi favorise-t-elle l'interconnexion avec les autres ? Quels sont les liens entre les dimensions du *flow* et l'auto-efficacité personnelle comme collective ?

Enfin, nous souhaitons inscrire nos propos dans le champ de la psychologie positive (Gable & Haidt, 2005 ; Seligman & Csikszentmihalyi,

2000). Dans la mesure où l'intention de la construction d'un environnement optimal d'apprentissage est de contribuer au *flow* (à l'expérience optimale) en contexte éducatif, cette préoccupation constitue un axe spécifiquement dédié à la recherche en psychologie positive dans le champ de l'éducation et de la formation (*cf.* psychologie de l'éducation positive), à savoir, selon Heutte et ses collègues (Heutte *et al.*, 2013), l'étude scientifique des conditions et des processus qui contribuent à l'épanouissement et/ou au fonctionnement optimal :

- des apprenants, personnels de l'éducation ou de la formation et autres acteurs de la communauté éducative ;
- des communautés (réelles, comme virtuelles) dans lesquelles ils travaillent ou apprennent ;
- des systèmes, organismes ou dispositifs d'éducation et de formation.

Ce triple niveau d'interrogation (individu, groupe et organisation) semble ouvrir sur de nombreuses pistes de recherches originales, prenant pleinement en compte la dimension à la fois intime et sociale de l'émotion liée au plaisir de comprendre, laissant ainsi entrevoir des rapprochements féconds entre EPA et ePortfolio (Gauthier & Pollet, 2013), *elearning* (Downes, 2009 ; Jézégou, 2012a, 2012b), gestion personnelle des connaissances (McFarlane, 2011), connectivisme (Siemens, 2005), auto-formation éducative (Jézégou, 2006, 2008 ; Poisson, 1997) ou encore intelligence collective (Levy, 1997).

En guise d'ouverture conclusive, nous souhaitons attirer l'attention sur la pertinence de la vision asiatique du *knowledge management*. Celle-ci considère en effet que les connaissances les plus stratégiques sont souvent collectives et tacites. Ainsi le « savoir qui » pourrait être encore plus stratégique que le « savoir quoi ». Là où certains imaginent que pour pouvoir résoudre un problème inconnu, il suffit de « stocker la connaissance de ceux qui savent » pour maîtriser leur savoir afin de trouver la solution, d'autres préfèrent « favoriser les flux d'échanges entre ceux qui savent » et leurs faire confiance pour les laisser co-construire de nouveaux savoirs afin de trouver la solution. Cela revient à dépasser la logique des infrastructures et services, pour penser les TIC en termes de déploiement des technologies de l'intelligence collective (Heutte, 2005), au service du fonctionnement optimal des communautés d'apprenance qui composent l'organisation et ses dispositifs de travail ou de formation.

Nonaka et Konno (1998) proposent ainsi un modèle de création spiralaire des connaissances (*cf.* figure 3) qui intègre quatre modes de conversion du savoir selon les trois niveaux (individu, groupe et organisation) dont l'articulation permet d'entrevoir de nombreuses interactions fé-

condes entre EPA et communautés d'apprenance, au service de l'intérêt mutuellement bénéfique des individus, des groupes et de l'organisation dans laquelle ils travaillent ou apprennent :

- Tacite vers tacite : socialisation (entre des individus = connaissance « sympathique », liée à l'empathie) ;
- Tacite vers explicite : extériorisation (entre des individus au sein d'un groupe = connaissance « conceptuelle », liée à l'articulation) ;
- Explicite vers explicite : combinaison (entre des groupes au sein d'une organisation = connaissance « systémique », liée aux connexions) ;
- Explicite vers tacite : intériorisation (individu au sein de son groupe et de l'organisation = connaissance « opérationnelle », liée à l'incarnation).

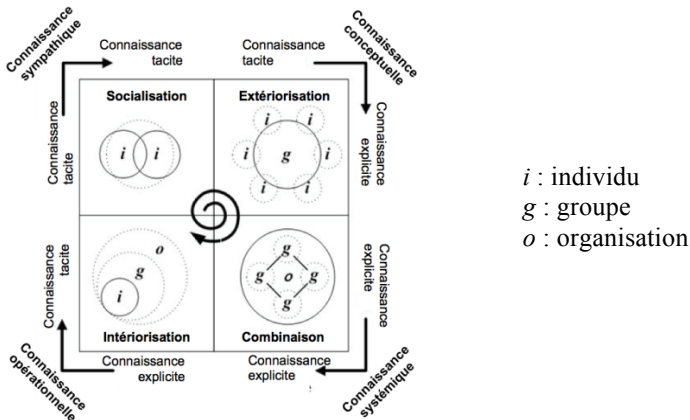


Figure 3 Modèle de la création spiralaire des connaissances (Nonaka et Konno, 1998) p. 43, traduction personnelle.

Cela nous permet de venir réinterroger l'environnement optimal d'apprentissage, avec un autre éclairage : celui de la logique du lieu^{viii}. Selon Nonaka et ses collègues (2000), l'environnement optimal serait le « Ba » : un espace social partagé qui transcende les frontières cognitives, sociales ou organisationnelles en permettant la confrontation des idées pour faire émerger de nouvelles connaissances (cf. figure 4).

La conjonction de tous ces éléments est un événement qui transforme le rapport au savoir et à la connaissance. Quant à l'émotion ressentie à ce moment-là, elle constitue l'un des moteurs de la persistance : si apprendre est rarement une partie de plaisir, comprendre (faire comprendre, se faire comprendre, être compris...) peut être totalement jubilatoire. Cette expérience est si gratifiante qu'elle justifie à elle seule que ceux qui l'ont vécu (au moins une fois) se donnent parfois beaucoup de mal pour réunir toutes les conditions

afin de pouvoir la revivre à nouveau. Ainsi, est-il possible de considérer que certains (cf. l'épicurien de la connaissance (Heutte, 2010)) se régaler du savoir, de la connaissance et surtout de la compréhension (du plaisir de s'apercevoir que l'on comprend) dans un rapport presque charnel au savoir.

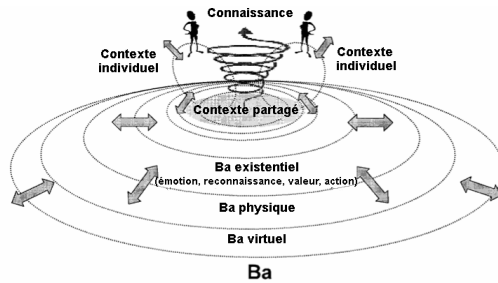


Figure 4 : Concept de Ba (Nonaka et Toyama, 2003 traduction Heutte (2014))

À la lumière des différents éléments qui viennent d'être détaillés dans les lignes précédentes, il est possible d'ouvrir la réflexion sur ce qui semble caractériser cet écosystème. À l'évidence, l'environnement optimal d'apprentissage doit *a minima* permettre de conforter :

- le besoin d'autodétermination, de compétence et d'appartenance sociale de l'ensemble des acteurs ;
- leur sentiment d'efficacité personnelle, comme collective ;
- leur persistance à vouloir comprendre, apprendre et travailler ensemble, en assurant leur bien-être psychologique.

Cela revient à inventer une pédagogie de l'innovation en privilégiant une approche à la fois systémique (partant du principe que l'innovation institutionnelle est un préalable à l'acceptation de l'innovation pédagogique et/ou technologique) et socio-cognitive, pour tenter de co-construire collégalement cet environnement avec l'ensemble des acteurs : ceux qui doivent apprendre et travailler ensemble, comme ceux qui sont responsables (directement, comme indirectement) de leurs conditions de travail ou d'étude. Dans la mesure où ils favorisent un climat motivationnel de nature à renforcer le *flow* des apprenants (cf. figure 2), tous ces éléments sont des variables contributives de la conception d'un environnement optimal d'apprentissage.

L'étude scientifique des conditions et des processus qui contribuent à l'émergence, la croissance et/ou le maintien d'un environnement optimal d'apprentissage ouvre de nombreuses pistes de recherche (dans des

champs disciplinaires et interdisciplinaires variés) qui confortent la posture systémique de la psychologie de l'éducation positive.

-
- 1 « ملكة التصرف بفتق اللسان بالمنظرة والمناورة و المحاوره في العلم (sauf erreur de notre part...)
 - 2 Dans ce document, la forme masculine est utilisée sans aucune discrimination et uniquement dans le but d'alléger le texte.
 - 3 Plutarque, *De tranquillitate*, 464e. (De la tranquillité de l'âme, trad. J. Dumortier et J. Defradas, in *Oeuvres morales*, Paris, Les Belles Lettres, « Collection des universités de France », 1975, t. VII, 1re partie, p. 98 [N.d.E.]
 - 4 Dans la *Vita Antonii*, Anastase (Anastase, 357/1989) présente la notation écrite des actions et des pensées comme un élément indispensable de la vie ascétique, de même qu'« on ne forniquera pas devant témoin [...], l'écriture remplace les regards des compagnons d'ascèse : rougissant d'écrire autant que d'être vus, gardons-nous de toute pensée mauvaise... », ainsi, « ce que les autres sont à l'ascète dans une communauté, le carnet de notes le sera au solitaire. »
 - 5 Selon Ravet (2009), le dispositif technique ePortfolio doit être réfléchi en tenant compte de ces trois niveaux d'organisation :
 - *Le système de gestion de ePortfolios* (SGeP) est un dispositif technique permettant à une organisation de gérer un ensemble de ePortfolios en adéquation avec le système d'information et la gestion du dispositif, telle qu'elle sera définie au préalable par l'organisation.
 - *Le système ePortfolio* (SeP) est un ensemble de services numériques institutionnels permettant à une personne (ou une organisation) d'archiver les résultats de ses apprentissages, de les relier entre eux et à d'autres sources d'informations (autres documents, bases de données de compétences) et de publier des portfolios adaptés aux besoins d'audiences particulières. C'est également dans le SeP que s'organisent les échanges entre les acteurs (étudiants, enseignants, tuteurs, maîtres de stage, administration...).
 - *Le ePortfolio* (eP) est un espace personnel de l'étudiant/apprenant avec un ensemble de services lui permettant d'organiser ses données.
 - 6 Dans un établissement où en Master 1 il était proposé un temps de formation/ accompagnement pour la création ou la mise à jour de son porte-feuille d'expérience et de compétence (PEC), une étudiante de répondre : « Moi je n'en ai pas besoin, le PEC je l'ai déjà, je l'ai passé l'année dernière : on n'avait pas le choix, c'était obligatoire dans mon ancien établissement...Ça prend du temps, je n'ai vraiment pas compris à quoi ça peut servir...Je me suis fais avoir une fois, ça m'a suffit... »
 - 7 Adaptation par S. Brewer et P. Carré de l'article : Social cognitive theory : An agentic perspective, *Annual Review of Psychology*, 2001. 52 : 1-26, publiée dans (Carré & Fenouillet, 2008)
 - 8 La *logique du lieu* (場所の論理**bashotekironri**), si chère au philosophe japonais Nishida, permet de donner un sens philosophique à une certaine capacité mimétique propre à la culture japonaise, consistant notamment à se vider de son soi propre pour mieux comprendre la connaissance de l'autre

BIBLIOGRAPHIE

AGARWAL R., KARAHANNA E. (2000). Time Flies When You're Having Fun: Cognitive Absorption and Beliefs about Information Technology Usage. *MIS Quarterly*, 24(4), 665-694.

ASAKAWA K. (2004). Flow experience and autotelic personality in Japanese college students: How do they experience challenges in daily life? *Journal of Happiness Studies*, 5(2), 123-154.

ASTIER P., FAULX D., LECLERCQ G. (2012), Usages et Dispositifs de formation, les dispositifs de formation entre domination et initiative, *TransFormations-Recherches en éducation et formation des adultes*, n°7, Juin 2012, Institut CUEEP-Université Lille 1

ATHANASE, *Vita Antonii*, trad. B. Lavaud, Paris, Éd. du Cerf, coll. « Foi vivante », n° 240, rééd. 1989, 3e partie, § 55 : « Conseils spirituels du solitaire à ses visiteurs », pp. 69-70.

BAKKER A. B. (2008). The work-related flow inventory: Construction and initial validation of the WOLF. *Journal of Vocational Behavior*, 72 (3), 400-414.

BANDURA A. (1982). Self-efficacy mechanism in human agency. *American psychologist*, 37(2), 122-147.

BANDURA A. (1986). *Social foundations of thought and action*.

BANDURA A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. Worth Publishers.

BANDURA A. (1998). Personal and collective efficacy in human adaptation and change. *Advances in Psychological Science: Social, personal, and cultural aspects*, 51.

BANDURA A. (2000). Exercise of human agency through collective efficacy. *Current directions in psychological science*, 75-78.

BANDURA A. (2001). Social cognitive theory: An Agentic Perspective. *Annual review of psychology*, 52(1), 1-26.

BANDURA A. (2003). Auto-efficacité. Le sentiment d'efficacité personnelle. Bruxelles, De Boeck.

BANDURA A. (2005). The evolution of social cognitive theory. *Great minds in management*, 9-35

BANDURA A. (2006). Toward a psychology of human agentivity. *Perspectives on psychological sciences*, vol 1 (issue 2), 164 - 180.

BANDURA A. (2008). La théorie sociale cognitive : une perspective agentique. Dans CARRE P., FENOUILLET, F. (dir). *Traité de psychologie de la motivation*. Paris, Dunod.

BARTH B.-M. (1993). *Le savoir en construction*, Paris, Retz

BAUMEISTER R. F., LEARY M. R. (1995). The need to belong: Desire for interpersonal attachments as a fundamental human motivation. *Psychological bulletin*, 117, 497-497.

BONFILS P., PERAYA, D. (2011). Environnements de travail personnels ou institutionnels ? Les choix d'étudiants en ingénierie multimédia à Toulon. In Vieira, L.; Lishou, C.; Akam, N. *Le numérique au coeur des partenariats: enjeux et usages des technologies de l'information et de la communication* (pp. 13-28). Dakar : Presses universitaires de Dakar.

CARRÉ P. (2005). *L'apprenance*. Dunod.

CARON, P.-A., HEUTTE, J. & ROSSELLE, M. (2014). Rapport d'expertise, évaluation et accompagnement par la recherche du dispositif expérimental MOOC

iNum (publié le 10 janvier 2014) <http://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00950766>

CARON P.-A., VARGA R. (2009). Artefacts malléables et perméables (AMP) pour mener des activités pédagogiques. *Distances et savoirs*, 7(2), 155-177.

CHEN H. (2006). Flow on the net-detecting web users' positive affects and their flow states. *Computers in Human Behavior*, 22, 221-233.

CHOI D. H., KIM J., KIM S. H. (2007). ERP training with a web-based electronic learning system: The flow theory perspective. *International Journal of Human-Computer Studies*, 65(3), 223-243.

COHENDET P., DIANI M. (2003). L'organisation comme une communauté de communautés croyances collectives et culture d'entreprise, *Revue d'économie politique* 5/2003 (Vol. 113), p. 697-720.

COWAN R., DAVID P., FORAY D. (2000), *The Economics of Knowledge Codification and Tacitness*, Industrial and Corporate Change, vol. 6, n° 3, p. 211-253.

CSIKSZENTMIHALYI, M. (1990). *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. New York, Harper & Row.

CSIKSZENTMIHALYI M. (2004). *Creativity, fulfillment and flow*. Monterey, California: TED.com.
http://blog.ted.com/2008/10/creativity_fulf.php

CSIKSZENTMIHALYI, M. (2006). *La créativité: psychologie de la découverte et de l'invention*. R. Laffont.

CSIKSZENTMIHALYI M., ABUHAMDEH S., NAKAMURA, J. (2005). Flow. In A.-J. Elliot & C.-S. Dweck (eds.) *Handbook of competence and motivation*, 598-608. New York: Guilford Press.

CSIKSZENTMIHALYI M., LEFÈVRE J. (1989). Optimal experience in work and leisure. *Journal of Personality and Social Psychology*, 56(5), 815-822.

CSIKSZENTMIHALYI M., RATHUNDE K., WHALEN S. (1993). *Talented Teenagers: The Roots of Success and Failure* (New York: Cambridge University Press).

CYROT P. (2007). « L'autodidacte » : un Robinson Crusoe de la formation ? *Savoirs*, 1(13), 79-93.

CYROT P. (2009). *Episodes et sociabilités autodidactiques*. Thèse de doctorat inédite. Nanterre : Université Paris Ouest Nanterre La Défense.

de CHARMS R. (1968). Personal causation : the internal affective determinants of behavior. New York: Academic Press.

DECI E.L. (1975). *Intrinsic motivation*. Plenum Press New York.

DECI E.L., RYAN R.M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. Springer.

DECI E.L., RYAN R.M. (1991). A motivational approach to self: integration in personality. Dans *Nebraska Symposium on Motivation*. *Nebraska Symposium on Motivation* Vol. 38, 237-288.

DECI E.L., RYAN R.M. (2000). The " what " and " why " of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry*, 227-268.

Jean HEUTTE

DECI E.L., RYAN R.M. (2002). *Handbook of self-determination research*. University Rochester Press.

DELLE FAVE A., MASSIMINI F., BASSI M. (2011). *Psychological Selection and Optimal Experience Across Cultures: Social Empowerment Through Personal Growth*. Springer.

DOWNES S. (2009). *The Future of Online Learning and Personal Learning Environments*. <http://www.slideshare.net/Downes/the-future-of-online-learning-and-personal-learning-environments>

ELLIS G.D., VOELKL J.E., MORRIS C. (1994). Measurement and analysis issues with explanation of variance in daily experience using the flow model. *Journal of Leisure Research*, 26(4).

ENGESER S., SCHIEPE-TISKA A. (2012). Historical lines and an overview of current research on flow. In S. Engeser (Ed.), *Advances in flow research (pp. 1-22)*. New York: Springer.

FENOUILLET F. (2012). *Les théories de la motivation*. Dunod, Paris

FENOUILLET F., MARTIN-KRUMM C., HEUTTE J., BESANÇON M. (2014) *An urgent call for change: Flow, motivation and well-being in French School students*. 7th European Conference on Positive Psychology (ECP), Amsterdam, the Netherlands.

FONTAYNE P. (2007). *Effets de la catégorisation sociale dans le champ des Activités Physiques Sportives et Artistiques* (Note de synthèse pour l'HDR), Université Grenoble 1.

FOUCAULT M. (1983). *L'écriture de soi*, Corps écrit, no 5 : L'Autoportrait, février 1983.

FU F.L., SU R.C., YU S.C. (2009). EGameFlow: A Scale to Measure Learners' Enjoyment of E-Learning Games. *Computers & Education*, 52 (1), 101-112.

GABLE S.L., HAIDT J. (2005). What (and why) is positive psychology? *Review of General Psychology*, 9(2), 103.

GAUTHIER Ph.-D., JÉZÉGOU A. (2008). Publier son e-portfolio ? Motifs de persistance à la publication. *Colloque international e-portfolio*. Montréal, Canada.

GAUTHIER Ph.-D., POLLET M. (2013). *Accompagner la démarche portfolio. Du portefeuille de compétences au ePortfolio. De l'insertion à l'employabilité durable*. Paris : Qui Plus Est.

GHANI J.A. (1995). Flow in human computer interactions: test of a model. Human factors in information systems: Emerging theoretical bases, 291-311.

GLIDER G. (1993). Metcalfe's law and legacy. *Forbes ASAP*, September 13, 1993

GRANOVETTER M. (1973). The Strength of Weak Ties. *American Journal of Sociology*, vol. 78, n° 6, 1360- 1380.

HEUTTE J. (2005) - Statut de la connaissance dans les organisations apprenantes : tentative de description d'un écosystème favorable au développement de l'espèce Homo sapiens retiolus. *Journée d'étude « Organisation des Connaissances »*, Université Paris VIII, Paris (France), 20 janvier 2005.

HEUTTE J. (2010). Mise en évidence du flow perçu par des étudiants au cours d'un travail collectif en ligne : *Homo sapiens retiolus* est-il un épicurien de la connaissance ? 26^{ème} congrès de l'AIPU, Rabat (Maroc).

HEUTTE J. (2011a). Piloter l'innovation de l'intérieur : pour la promotion d'une science de conception orientée vers la production collective de connaissances, *23e colloque de l'ADMEE*, Paris (France).

HEUTTE J. (2011b). La part du collectif dans la motivation et son impact sur le bien-être comme médiateur de la réussite des étudiants : Complémentarités et contributions entre l'autodétermination, l'auto-efficacité et l'autotélisme. Thèse de doctorat inédite. Université Paris Ouest-Nanterre-La Défense.

HEUTTE J. (2012). Focus sur quelques conditions psychosociales du pilotage de l'innovation institutionnelle nécessaire au déploiement de la pédagogie universitaire. *27e congrès de l'AIPU, Trois-Rivières, Canada*.

HEUTTE J. (2013). L'écologie des communautés d'apprenance : quelques jalons épistémologiques pour l'éclairage théorique de la part des autres dans l'agentivité personnelle, *Dans D. Cristol, P. ; Cyrot et C. Jeunesse (dir). Renforcer l'autoformation : Aspects sociaux et dimensions pédagogiques* p. 121-144. Lyon : Chronique Sociale

HEUTTE J. (2014) Écologie de l'apprenance : construire l'environnement optimal d'apprentissage, *Dans S. Delbart & I. Kustoz (dir.). Société de la connaissance - L'humain au cœur des innovations*, Collège régional de prospective de la Région Nord-Pas de Calais, Travaux Fabrique #1, 11-14

HEUTTE J., CARON P.-A., ROSSELLE M. (2014). Contribution à l'outillage conceptuel, méthodologique et technique de l'évaluation la persistance des apprenants dans un MOOC. *2e Colloque international sur les TIC en éducation : bilan, enjeux actuels et perspectives futures*. Montréal, Canada

HEUTTE J., CASTEIGNAU G. (2006). L'apprentissage en autonomie dans la société du savoir. Le campus virtuel des TIC de l'université de Limoges : un écosystème idéal pour l'étude ethnographique de l'homo sapiens retiolus, *7e colloque européen sur l'autoformation* Auzeville-Toulouse (France).

HEUTTE J., FENOUILLET F., MARTIN-KRUMM C. (2013). Contribution de la psychologie positive au pilotage de l'innovation : élaboration progressive du tableau de bord de l'évaluation du plan e-éducation de la ville de Bordeaux. *Congrès Francophone de Psychologie Positive*, Metz, France.

HEUTTE J., FENOUILLET F., BONIWELL I., MARTIN-KRUMM C., CSIKSZENTMIHALYI M. (2014). Optimal learning experience in digital environments: theoretical concepts, measure and modelisation, *Symposium "Digital Learning in 21st Century Universities"*, Georgia Institute of Technology (Georgia Tech), Atlanta, GA.

HEUTTE J., GALAUP M., LELARDEUX C., LAGARRIGUE P., FENOUILLET F. (2014). Etude des déterminants psychologiques de la persistance dans l'usage d'un jeu sérieux : évaluation de l'environnement optimal d'apprentissage avec Mecagenius. *Revue STICEF, n° spécial « Evaluation dans les jeux sérieux »*.

HEUTTE J., JÉZÉGOU A., (2012), La démarche ePortfolio dans l'enseignement supérieur français : Retours d'expériences et proposition de clarification, *24e colloque de l'ADMEE*, Luxembourg.

HEUTTE J., KAPLAN J., FENOUILLET F., CARON P.-A., & ROSSELLE, M. (2014). MOOC User Persistence - Lessons from French Educational Policy Adoption and Deployment of a Pilot Course. *Dans L. Uden, J. Sinclair, Y.-H. Tao, & D. Liberona (dir.), Learning Technology for Education in Cloud. MOOC and Big Data (LTEC'14)*, Communications in Computer and Information Science Vol. 446, 13-24. Springer.

Jean HEUTTE

JACKSON S.A., CSIKSZENTMIHALYI M. (1999). *Flow in sports: the keys to optimal experiences and performances*. Human Kinetics Champaign, Ill.

JAMES W. (1890). *The principles of psychology* (Vols. 1 & 2). New York: Holt.

JÉZÉGOU A. (2006). La recherche de flexibilité en formation : conceptions et usages de l'autoformation. *Education Permanente*, n°168. Paris, 113-122.

JÉZÉGOU A. (2008). Formations ouvertes et Autodirection de l'apprenant. *Savoirs*, n°16. Paris, L'Harmattan, 97-115.

JÉZÉGOU A. (2012a). La présence en e-learning : modèle théorique et perspectives pour la recherche. *Journal of Distance Education / Revue de l'Education à Distance*, 26 (1),

JÉZÉGOU A. (2012b). Towards a Distance Learning Environment that Supports Learner's Self-Direction. The Model of Presence. *International Journal of Self-Directed Learning*, 8 (2), 11-23.

KHALDOUN I. (1377). Les prolégomènes. Traduits en Français et commentés par William Mac Guckin de Slane en 1863 (3 volumes) (Les Classiques des sciences sociales, Vol. Collection « Les auteur(e)s classiques »). Chicoutimi, Ville de Saguenay, Province de Québec, Canada.

LAGUARDIA J.G., RYAN R.M. (2000). Buts personnels, besoins psychologiques fondamentaux et bien-être: théorie de l'autodétermination et applications. *Revue québécoise de psychologie*, 21(2), 281-304.

LAVE J., WENGER É. (1991). *Situated Learning : Legitimate Peripheral Participation*, Cambridge : Cambridge University Press.

LÉVY P. (1997). *L'intelligence collective : pour une anthropologie du cyberspace*. La Découverte.

LEROY N. (2009). Impact du contexte scolaire sur la motivation et ses conséquences au plan des apprentissages. Thèse de doctorat. Université Pierre Mendès-France - Grenoble II.

McDOUGALL W. (1908). *An introduction to social psychology* London: Methuen.

McFARLANE D.A. (2011). Personal Knowledge Management (PKM): Are We Really Ready?, *Journal of Knowledge Management Practice*, vol. 12, no. 3.

MEADG.-H. (1963). *L'esprit, le soi et la société*, traduit de l'anglais par Jean Gazenneuve, Eugène Kaelin et Georges Thibault. Paris. PUF.

MONETA G.B. (2012). On the Measurement and Conceptualization of Flow. In Engeser, S. (ed.) *Advances in. Flow Research* (pp. 23-50).New York: Springer

MONETA G.B., CSIKSZENTMIHALYI M. (1996). The effect of perceived challenges and skills on the quality of subjective experience. *Journal of Personality*, 64, 275-310.

NAGELS M. (2005). Construire le sentiment d'efficacité personnelle en formation professionnelle supérieure. Le cas des novices dans les champs du travail social et de la santé publique. *Colloque Questions de pédagogie dans l'enseignement supérieur*, Lille, 1-3 juin 2005

NAKAMURA J., CSIKSZENTMIHALYI M. (2009). Flow theory and research. In S. J. Lopez & C. R. Snyder (Eds.), *Handbook of positive psychology* (pp. 195-206). New York: Oxford University Press.

- NISHIDA K. (1999). *Logique du lieu et vision religieuse du monde*. Ed. Osiris.
- NONAKA I., KONNO N. (1998). The concept of « ba »: Building a foundation for knowledge creation. *California Management Review*, 40(3), 40-54.
- NONAKA I., TAKEUCHI H. (1995). *The knowledge-creating company*. Oxford University Press US.
- NONAKA I., TOYAMA R. (2003). The knowledge-creating theory revisited: knowledge creation as a synthesizing process. *Knowledge Management Research; Practice* (1)
- NONAKA I., TOYAMA R., KONNO N. (2000). *SECI, BA and Leadership: a Unified Model of Dynamic Knowledge Creation*. Long Range Planning vol. 33(1), 5-34.
- NOVAK T.P., HOFFMAN D.L., YUNG Y.F. (2000). Measuring the flow construct in online environments: A structural modeling approach. *Marketing Science*, 19(1), 22-42.
- PEARCE J.M., AINLEY M., HOWARD S. (2005). The ebb and flow of online learning. *Computers in Human Behavior*, 21(5), 745-771.
- POISSON D. (1997). L'ingénierie pour l'autoformation éducative. In Carré P., Moisan A. & Poisson D., *L'autoformation: psychopédagogie, ingénierie, sociologie*. Paris, PUF.
- RATHUNDE K., CSIKSZENTMIHALYI M. (2005). Middle school students' motivation and quality of experience: A comparison of Montessori and traditional school environments. *American Journal of Education*, 111(3), 341-371.
- REED D.P. (1999). Weapon of math destruction. *Context Magazine*. Spring.
- RYAN R.M. (1991). The nature of the self in autonomy and relatedness. *The self: Interdisciplinary approaches*, 208-238.
- SCHWARZER R., JERUSALEM M. (1995). Generalized Self-Efficacy scale. In J. Weinman, S. Wright, & M. Johnston, *Measures in health psychology: A user's portfolio. Causal and control beliefs* (pp. 35-37). Windsor, UK: NFER-NELSON.
- SELIGMAN M.E.P., CSIKSZENTMIHALYI M. (2000). Positive psychology: An introduction. *American Psychologist*, 55(1), 5-14.
- SHERNOFF D.J., CSIKSZENTMIHALYI M., SCHNEIDER B., SHERNOFF E.S. (2003). Student engagement in high school classrooms from the perspective of flow theory. *School Psychology Quarterly*, 18(2), 158-176.
- SIEMENS G. (2005) Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age. <http://www.elearnspace.org/Articles/connectivism.htm>
- TESSIER D., SARRAZIN P., TROUILLOUD D. (2006). Climat motivationnel instauré par l'enseignant et implication des élèves en classe: l'état des recherches. *Revue Française de Pédagogie*, 157, 147-177.
- TREVINO L.K., WEBSTER J. (1992). Flow in computer-mediated communication: Electronic mail and voice mail evaluation and impacts. *Communication research*, 19(5), 539.
- TURNER J.C., MEYER D.K. (2004). A classroom perspective on the principle of moderate challenge in mathematics. *The Journal of Educational Research*, 97(6), 311-318.

Jean HEUTTE

VALLERAND R.J., THILL E.E. (1993). Introduction au concept de motivation. *Introduction à la psychologie de la motivation*, 3–39.

WEBSTER, J., TREVINO, L. K., RYAN, L. (1993). The dimensionality and correlates of flow in human-computer interactions. *Computers in human behavior*, 9, 411–411.

WENGER E. (2007). *Communities of practice*. Cambridge University Press.

WHITE R.W. (1959). Motivation reconsidered: The concept of competence. *Psychological review*, 66(5), 297



L'analyse des Environnements Personnels d'Apprentissage sous l'angle de la discontinuité instrumentale

► **Cédric FLUCKIGER** (Théodile-CIREL, EA4354, Université Lille 3)

■ **RÉSUMÉ** • La notion d'EPA rend compte du fait que les étudiants utilisent de manière croissante les outils numériques quotidiens pour leurs activités universitaires. Nous proposons de revenir sur la notion d'EPA en soulignant que le concept d'instrument peut permettre de mieux cerner la discontinuité des pratiques entre les sphères académiques et privées, en montrant que ce ne sont pas les mêmes instruments (au sens de l'approche instrumentale) qui sont convoqués dans des pratiques relevant de contextes différents, et en tirons quelques conclusions sur la notion d'EPA.

■ **MOTS-CLÉS** • instruments numérique, étudiants, pratiques personnelles, EPA.

■ **ABSTRACT** • *The notion of PLE explains how students increasingly use daily digital tools for their academic activities. We propose to revisit the notion of PLE noting that the instrument concept can help us to describe the discontinuity between academic and private use universes. In that purpose, we show how it is not the same instruments that are used in practices in different contexts. We draw some conclusions on the notion of PLY*

■ **KEYWORDS** • *digital tools, students, personal practices, PLE*

1. Introduction, intentions et limites de l'article

Les étudiants utilisent de manière croissante des outils numériques du quotidien dans le cadre de leurs activités universitaires. Cet usage d'outils personnels, leur intégration aux activités de travail et d'apprentissage, a conduit à formaliser le concept d'Environnement Personnel d'Apprentissage (EPA), qui tire sa force heuristique de la volonté de dépasser les oppositions binaires éducatif/personnel (ou scolaire/extrascolaire) dont on sait de longue date les limites (ne serait-ce que du fait de l'extension des activités scolaires/universitaires « à la maison », et réciproquement). Parler d'EPA incite donc à considérer l'ensemble des outils de l'étudiant et non les seuls instruments fournis ou proposés par les institutions universitaires.

Pour autant, cet usage ne va pas de soi, certains transferts semblent ne pas se faire et le constat d'un hiatus entre usages académiques et privés demeure (Bruillard, 2008 ; Fluckiger, 2011a ; Guichon, 2012). Les chercheurs du champ des EIAH¹ et de l'instrumentation des apprentissages ont maintes fois noté la faible participation des étudiants aux dispositifs collaboratifs mis en place institutionnellement (Conole et Alezivu, 2010). Pourtant, ces étudiants, que l'on trouve si passifs dans nos environnements, forums éducatifs, campus numériques, ENT, ne sont-ils pas justement de cette génération baptisée parfois hâtivement *digital natives* ? Ne sont-ils pas censés être des habitués du Web 2.0, des « communicants » obsessionnels, accrochés à leurs portables, branchés en permanence, se jouant d'identités multiples et fragmentées sur les réseaux sociaux, multipliant les interactions ? Et pourtant, ils ne se saisiraient pas (ou mal) des outils de communication qui leurs sont offerts en contexte éducatif ?

Si certains outils du quotidien sont entrés en formation, les usages, eux, semblent ainsi demeurer spécifiés. Par quoi et comment, telle est la question sur laquelle nous entendons poser quelques jalons théoriques.

Ces évolutions imposent de penser à nouveaux frais les relations entre usages éducatifs (qu'on les nomme académiques, de formation, etc.) et les usages personnels (ordinaires, quotidiens, familiaux, etc.) des étudiants². Cet article prolonge ici des résultats présentés auparavant (Fluckiger, 2011b), qui portaient de l'hypothèse d'une discontinuité des *pratiques*³ entre ces deux grands univers. Pour cela, nous discutons plus spécifiquement de la portée heuristique de la notion d'*instrument* (Rabardel, 1995) pour aborder les environnements personnels d'apprentissage (EPA) des étudiants. Nous argumenterons que l'approche instrumentale, appliquée

aux EPA, peut permettre de mieux cerner la nature de cette discontinuité, sur deux plans :

- en proposant que les distinctions passent non pas entre les instruments, qui relèveraient de l'un ou l'autre contexte d'usage, mais au sein même des instruments ;
- en suggérant que la discontinuité n'est pas à entendre entre deux blocs (éducatif et personnel) pensés comme homogènes, mais relève de dynamiques locales et contextuelles d'appropriation des moyens d'apprentissage (Fluckiger, 2014)⁴.

En retour, l'étude des EPA permet de mettre en avant une dimension peu travaillée des systèmes d'instruments, lorsqu'ils sont mobilisés dans des systèmes d'activités variés (loisir, travail, communication, apprentissage, etc.). Nous montrerons que les instruments peuvent alors présenter ce que nous nommerons *des discontinuités instrumentales*.

Dans un premier temps (partie 2), nous présenterons le dispositif expérimental qui nous a conduit à formuler les propositions et leur corollaire qui constituent le corps de l'article. Nous discuterons ensuite (partie 3) de l'apport de la notion d'EPA à l'étude des pratiques de communication et d'apprentissage instrumentées des étudiants, tout en soulignant certaines difficultés actuelles que soulèvent cette notion. Nous formulerons (partie 4) trois propositions et leur corollaire, pour mettre en évidence certaines *genèses instrumentales* différenciées selon les contextes d'usage. Nous discuterons ainsi de la possibilité de considérer les *instruments* comme unité d'analyse fondamentale des EPA, à même de contribuer à la constitution des EPA comme objets de recherche ; nous montrerons que les mêmes artefacts peuvent être mobilisés dans des situations variées ; nous proposerons enfin de considérer que les instruments au sein des EPA sont davantage locaux et spécifiques que généraux. Enfin, nous établirons quelques perspectives pour des recherches futures sur la base des propositions énoncées, en proposant des pistes de travail pour dépasser les oppositions binaires entre académique et privé notre démarche vise à dénaturer les oppositions mais il faut bien partir des catégories mobilisées par les acteurs, les distinctions que nous proposons ici permettent d'ouvrir le chantier (le mettre en perspectives ?)

2. Étayage empirique et méthodologie

Cet article a une dimension programmatique assumée. En discutant de notions théoriques possibles, nous entendons contribuer aux réflexions d'un champ en émergence, mais le travail d'étayage empirique et de validation des hypothèses n'est à ce jour qu'à peine entamé, et les notions

avancées ici (comme celle de *discontinuité instrumentale*) ne pourront prétendre à une certaine stabilité qu'une fois mise au travail empirique⁵.

Les résultats présentés, sans se substituer au travail empirique encore à venir, permettent de donner un premier aperçu des résultats que la posture « discontinuiste », défendue ici, pourra mettre en évidence. Surtout, cette enquête exploratoire permet de souligner la difficulté à étudier un objet comme les EPA, c'est-à-dire étudier l'ensemble des outils de communication, d'échange et d'accès aux informations et aux savoirs.

Se pose en premier lieu la question de la délimitation des outils à prendre en compte dans l'analyse : les outils de communication, d'échange etc. sur internet ou aussi les communications par téléphone ou en face à face ; les outils numériques ou également les outils « papier » (livres, notes de cours, post-it...) ; les dispositifs techniques ou également des individus (pairs, personnes ressources...) ; les outils matériels seulement ou bien les outils cognitifs (entendus dans un sens vygotkien, (Vygotksky, 1930/1985), etc. voir (Roland, 2013) qui pose ce problème) ? Pour notre part, si nous ne limitons pas formellement *a priori* l'EPA au seul environnement « numérique », car nous ne voyons pas de raison théorique de le distinguer absolument d'autres dispositifs (analogiques, papiers...), c'est de fait aux outils numériques (mail, outils de réseaux sociaux, traitement de texte...) que nous nous intéressons ici.

Mais le problème principal auquel se heurte la recherche est celui de disposer d'un recueil de données suffisamment exhaustif, pour deux raisons :

- en premier lieu, s'il est relativement aisé d'avoir accès à des traces d'activités sur les plates-formes ou campus numériques mis en place institutionnellement, les chercheurs ont plus difficilement accès aux échanges sur les outils personnels des étudiants (mails, Skype, pages Facebook...). À moins de dispositifs lourds (sondes installées sur les ordinateurs, téléphones, etc. des étudiants), auxquels bien peu de laboratoires ont accès (Smoreda, 2007), le propre des outils personnels de communication est précisément qu'ils échappent largement au regard des chercheurs ;
- en second lieu, dans la perspective esquissée ci-dessous où l'EPA est un environnement « égocentré » ne préexistant pas aux usages qu'en fait l'étudiant, le chercheur ne peut circonscrire *a priori* les outils que l'étudiant considérera comme faisant partie de son environnement d'apprentissage. L'EPA ne peut être reconstitué qu'après coup, avec l'aide de l'étudiant.

Afin de tenir compte de ces difficultés, nous avons expérimenté (en juin 2011) un dispositif méthodologique articulant une approche quantitative et une approche qualitative.

D'une part, nous avons proposé un questionnaire à des étudiants de l'Université Lille 3 (Sciences Humaines et Sociales) sollicités aléatoirement⁶ sur le campus, par un questionnaire papier auto-administré (N = 104), conçu et analysé avec *Sphynx*[®].

D'autre part, pour éviter de figer des catégories d'analyse *a priori* et permettre le recueil des traces d'échanges, nous avons mené parallèlement un recueil de données qualitatives auprès d'un groupe de Master 1 de Lettres Modernes. La tâche demandée consistait à rédiger, par groupes de 3 étudiants, un dossier de recherche sur une problématique de sociologie des usages. Aucune consigne ou outil spécifique ne leur était fourni pour réaliser cette tâche. Nous avons procédé par des entretiens semi-directifs avec 12 étudiants et par la collecte des messages mails échangés au sein des 3 groupes devant réaliser un travail universitaire commun. Nous avons formulé la demande initiale aux groupes volontaires, avant le travail commun, de conserver l'intégralité de leurs échanges au sein du groupe pour ce travail. Les entretiens *a posteriori* permettaient aux étudiants de décrire les échanges qui avaient eu lieu au sein des groupes d'étudiants, sans préjuger des moyens employés par ces groupes. C'est donc bien l'interaction avec les étudiants qui permettait de circonscrire les outils et les échanges à prendre en compte dans l'analyse, dans une démarche itérative, proche de celle mise en œuvre par (Roland, 2012) sur l'utilisation du podcast. L'une des limites de la démarche est bien entendu que les messages mails collectés l'ont été suite à la demande initiale, sans qu'il ne soit possible de savoir si les étudiants ont procédé à un tri avant de nous en faire copie.

3. La notion d'Environnement Personnalisé d'Apprentissage (EPA) : apports, limites et discussions

La notion d'EPA permet indéniablement de mettre l'accent sur un point relativement aveugle des recherches sur les pratiques éducatives instrumentées. Pour les chercheurs, la distance n'a longtemps été pensée qu'en tant qu'elle était conçue et mise en œuvre institutionnellement, opérationnalisée dans des plates-formes, campus numériques (Fichez, 2006), dispositifs hybrides (Charlier, Deschryver & Peraya, 2006), etc. Or le développement d'Internet et des réseaux sociaux, la banalisation des appareils mobiles connectés conduit, de fait, à l'émergence de nouvelles formes de distances : les étudiants communiquent entre eux à propos des

cours, se connectent à l'ENT de l'établissement, créent des pages Facebook « parallèles » pour échanger des informations (Bonfils & Peraya, 2010), échangent des mails pour faire des travaux communs, etc. De leur point de vue, la distance peut être envisagée comme une caractéristique des formations universitaires, même lorsque l'enseignement est qualifié de présentiel (Fluckiger, 2011a). En conséquence, depuis quelques années, des recherches se penchent sur les choix et usages des étudiants « en marge des dispositifs sociotechniques ou technopédagogiques proposés par une institution pédagogique » (Peraya & Bonfils, 2012, p. 2) ; voir aussi (Roland, 2013).

Une première interrogation sur la notion d'EPA concerne la nouveauté du phénomène qu'elle entend décrire. Si, comme le souligne Henri (2013), le fait que les apprenants doivent organiser leur propre environnement n'est certes pas nouveau, ce qui, du point de vue des usages, constitue l'originalité de ce phénomène, est sans doute le fait que les mêmes outils peuvent être utilisés, et qu'ils le sont effectivement, aussi bien dans des situations académiques que des situations ludiques ou de sociabilité personnelle. Ce qui pouvait être embryonnaire dans certains usages détournés des plates-formes académiques, avec la privatisation de certains échanges (entre autres Peraya, 2003) devient alors massif.

Pour autant, la notion d'EPA s'avère encore non stabilisée, et ne dispose pas d'une définition unique et consensuelle (Lubensky, 2012). Si l'idée générale d'un « espace d'interactions dans lequel l'apprenant construit activement, par sa propre expérience, ses connaissances » (Peraya & Bonfils, 2013), constitué d'un ensemble d'artefacts voir de personnes (Roland, 2013) semble partagée, plusieurs tensions sont pointées par les différents articles de ce numéro : notamment entre un EPA envisagé comme un système technologique (Van Harmelen, 2006) ou, pour (Fiedler & Våljataga, 2010), comme un concept ou une approche (Roland, 2013) ; entre objet concret, objet de recherche et objet scientifique (Henri, 2013), etc.

L'appellation elle-même questionne : faut-il entendre un environnement personnel ou personnalisé ? Cet *environnement* ne serait-il pas plutôt un *dispositif* (Roland, 2013) ? Le terme apprentissage lui-même peut-être discuté : si l'EPA fournit aux étudiants un environnement de travail et de communication, rien ne permet de déterminer *a priori* si et quand des apprentissages auront lieu.

Nous n'entendons pas ici apporter une nouvelle définition des EPA, complémentaire ou concurrente. Nous entendons mettre en lumière une

propriété des EPA, que nous nommerons provisoirement la *discontinuité instrumentale*, à travers la formulation de 3 propositions et leur corollaire.

4. Propositions pour une hypothèse de discontinuité instrumentale

4.1. Proposition 1 : un EPA peut être décrit comme un système d'instruments

Au sens courant des termes, qu'un EPA soit un système d'instruments semble une évidence. Au sens de l'approche instrumentale, cette proposition a des conséquences théoriques importantes. Elle permet notamment de définir l'*instrument* comme unité d'analyse fondamentale des EPA.

Citant les travaux de Davallon parus en 2004, Henri (2013), rend compte de l'évolution des recherches sur les EPA et des tentatives de passer de l'objet concret à l'objet de recherche puis à l'objet scientifique. Elle souligne la dualité sous-jacente aux analyses, l'EPA étant tout à la fois un ou des dispositifs ou artefacts technologiques et une réalité subjective vécue par les apprenants, en lien avec leurs projets éducatifs. Cette dualité nous semble constitutive du projet même de construire l'EPA comme objet de recherche en soi : un EPA ne peut-être que les deux, artefact et réalité subjective.

Cela impose d'aborder l'étude des EPA en construisant une unité d'analyse à même de rendre compte de cette double nature du phénomène considéré, mais aussi de la dépasser dialectiquement. Rappelons que si Vygotsky a vu dans la signification du mot l'unité d'analyse fondamentale de la pensée et du langage⁷, c'est précisément parce que la signification du mot relève des phénomènes langagiers et cognitifs, individuels et sociaux. Plusieurs concepts peuvent prétendre jouer ce rôle d'unité d'analyse des EPA : *l'usage* (Perriault, 1989 ; Proulx, 2001), *l'activité*, au sens de la théorie de l'activité (Engeström, 1987), le *dispositif* (Pera & Bonfils, 2013), etc., précisément parce que tous relèvent d'une telle dualité...

Dans l'approche instrumentale, l'*instrument* est conçu comme étant une entité mixte, comprenant une composante *artefact* et une composante constituée d'un ou de plusieurs *schèmes* d'utilisation, eux-mêmes souvent liés à des *schèmes*⁸ d'action plus généraux. Le terme *artefact* est utilisé comme un terme neutre, désignant « toute chose ayant subi une transformation, même minime, d'origine humaine » (Rabardel, 1995, p. 58), et pouvant désigner un objet matériel ou symbolique. L'*instrument* au contraire tient à la fois du sujet et de l'*artefact*, définit par Rabardel

comme un « artefact en situation, inscrit dans un usage, dans un rapport instrumental à l'action du sujet, en tant que moyen de celle-ci » (Rabardel, 1995, p. 6).

C'est cette double nature de l'*instrument*, « entité mixte » qui tient de l'*artefact* et du sujet, qui permet de considérer le concept d'*instrument*, au sens que lui donne Rabardel (1995), comme unité d'analyse pertinente.

Les instruments fonctionnent rarement isolément, mais constituent, dans les différents domaines d'activités, des *systèmes d'instruments*, « vastes ensembles d'instruments et de ressources de nature hétérogènes » (Bourmaud, 2007).

Le recours à la notion d'*instrument* comme unité d'analyse des EPA nous semble donc permettre :

- de mettre l'accent sur la dualité intrinsèque des EPA, comme dispositif technique et comme dispositif « approprié » par les apprenants, et donc de saisir, du fait de la double nature des *instruments* (artefacts et schèmes), les processus organisateurs des EPA dans leurs dimensions technique, représentationnelle et conceptuelle (Vergnaud, 1991) ;
- de souligner leur dimension construite (et constamment reconstruite dans l'activité) et donc d'être attentifs aux moments de cette construction dans une épistémologie génétique au sens de Piaget et Vygotsky (Bronckart, 2004) ;
- de souligner que dans cette approche les EPA sont les médiateurs de l'activité d'apprentissage. En d'autres termes la question qui est posée est celle de la construction et de l'usage des moyens de l'apprentissage « disciplinaire », et non celle (intéressante également) de l'apprentissage des usages des instruments de l'EPA ;
- de souligner que les EPA sont à la fois individuels et collectifs.

4.2. Corollaire 1 : Un EPA est à concevoir comme une construction personnelle des étudiants

Un EPA peut déjà être conçu comme un assemblage d'outils et de services « Web 2.0 » prescrit ou offert par l'université aux étudiants, qui disposent dès lors d'un environnement souple et malléable qu'ils peuvent ou non s'approprier (l'EPA est alors l'ensemble des services offert aux étudiants dans le cadre d'une formation). Dans cette perspective, l'EPA pré-existe aux usages. Mais l'EPA peut également être conçu comme l'environnement tel qu'il est construit par les usages mêmes des étudiants, en marge, voire contre l'institution (les étudiants articulant outils pres-

crits et non prescrits). Dans cette conception, l'EPA est le produit des usages effectifs des étudiants.

Or considérer les EPA comme des systèmes d'instruments implique :

- que l'activité instrumentale repose sur des *schèmes*, c'est-à-dire sur un jeu de représentations, de connaissances en actes, d'inférences, etc., qui participent donc de la constitution de l'EPA tel qu'il est vécu par les apprenants (et constituent une partie de la dimension subjective de l'EPA) ;
- que les EPA font l'objet de *genèses instrumentales*, c'est-à-dire d'un processus de construction dans l'activité, dans un double processus d'*instrumentation* et d'*instrumentalisation*, dirigé vers l'artefact et vers le sujet. Les EPA, pour paraphraser (Rabardel, 1995, p. 12) ne sont pas donnés à l'utilisateur, celui-ci les élabore progressivement ;
- que les EPA sont en conséquences propres aux individus dans la mesure où les *schèmes*, bien qu'ils puissent être partagés ou collectifs, sont également des construits individuels, fonctions de l'expérience, des habitudes, des capacités de chaque utilisateur.

Pour notre part, nous parlerons donc ici d'EPA en référence à l'environnement construit dans et par les usages de chaque apprenant, comprenant l'ensemble des dispositifs, ressources, aides, mobilisées dans les situations de travail et/ou de communication, susceptibles d'entraîner des apprentissages (formel ou informel).

Dans l'enquête qualitative présentée ici, les étudiants devaient réaliser un travail de recherche et de rédaction par groupe de trois, sans aucune consigne spécifique sur les outils de travail et d'échange à mobiliser. Ils avaient tous la possibilité de travailler avec des pages sur la plateforme Moodle, ce qu'aucun n'a fait. Les étudiants ont privilégié les échanges par mail, dans une moindre mesure par SMS ou via leur profile Facebook. Ils ont tous rédigé leur texte à l'aide du logiciel Word. Mais au-delà de cette unité apparente, si l'on considère plus finement comment les étudiants ont échangé et travaillé, chacun des étudiants a mobilisé le système instrumental à sa disposition en fonction de son expérience, de ses compétences, de ses besoins aux différents moments du travail. Ainsi, Julien explique « *Eva, elle répond pas trop au mail, des fois je lui envoie un mail et elle répond sur Facebook. Les mails elle les lit, bien sûr, mais elle est pas aussi réactive que sur Facebook* ». Envisagé au niveau artefactuel, le mail est présent dans les EPA de Julien et dans celui d'Eva, mais au niveau instrumental, il s'agit bien de deux systèmes d'instruments distincts : avec les mêmes artefacts, chacun a créé un système d'instrument spécifique.

Le fait que l'EPA, envisagé au niveau instrumental, de chacun lui soit spécifique ne signifie pas qu'il n'y ait pas des phénomènes de diffusion et d'harmonisation : chacun doit adapter ses habitudes et schèmes incorporés à ceux des autres membres du groupe. Cela peut passer par l'abandon de certaines pratiques et donc une harmonisation des EPA par le plus petit dénominateur commun. Sophia aurait bien aimé utiliser Dropbox pour échanger des fichiers « *j'ai essayé hein, mais les autres elles y arrivaient pas alors...* », le groupe a donc utilisé les envois groupés par mail. D'autres schèmes se diffusent (comme ceux de l'utilisation de la couleur dans les documents Word, détaillés *infra*), contribuant donc à enrichir l'EPA de certains de nouvelles manières de faire.

4.3. Proposition 2 : Les mêmes artefacts peuvent être mobilisés dans des situations variées

Les recherches sur les EPA le montrent : même les étudiants n'ayant cours qu'en présentiel sont amenés à utiliser quotidiennement des outils de communication à distance dans le cadre de leurs études ; inversement, certains outils leurs permettent de poursuivre jusque dans les cours leurs relations personnelles. La plupart de ces outils n'ont pas été conçus à des fins éducatives, et ne sont pas fournis par l'institution universitaire. Ainsi, les étudiants peuvent prendre des notes pendant les cours dans un document Word, sur un ordinateur portable, tout en restant connectés à Facebook et en envoyant des messages privés ou des SMS. Ils peuvent faire des recherches bibliographiques depuis leur domicile, échanger des mails avec les autres étudiants du cours, rédiger un mémoire à plusieurs, c'est à dire travailler et apprendre avec des outils qui ne leur sont pas imposés, ni même proposés par leur université.

Ces usages ne peuvent être catégorisés au sein de l'opposition de sens commun entre ce qui relèverait de l'éducatif et ce qui relèverait des usages privés des étudiants. Ce sont bien les mêmes outils qui sont utilisés par les étudiants dans leurs pratiques personnelles, et qui constituent au moins une partie de l'environnement numérique de leur formation et de leurs apprentissages. Plus précisément, un EPA est hétérogène déjà dans la mesure où il agrège des outils relevant de l'expérience personnelle, extra-éducative des apprenants (mail, traitement de texte...) et d'autres qui relèvent clairement de la sphère éducative.

Cette hétérogénéité des systèmes d'instruments constituant les EPA est sans doute l'une de leurs caractéristiques majeures – et l'une des plus nouvelles.

4.4. Corollaire 2 : Les instruments peuvent avoir des statuts hétérogènes pour les étudiants

Cette hétérogénéité au sein des EPA peut prendre plusieurs formes. Elle peut par exemple se caractériser quantitativement par la fréquence de connexion aux outils académiques bien plus faible que celle aux outils personnels. Ainsi, dans l'enquête quantitative que nous avons conduite, si 80 % des étudiants interrogés déclarent se connecter tous les jours à leur compte Facebook (Fluckiger, 2011a), ils ne sont qu'un peu plus d'un sur dix à se connecter à leur Espace Numérique de Travail (ENT).

Mais cette hétérogénéité se caractérise aussi par le fait que les différents outils que les étudiants utilisent (ou peuvent utiliser) pour communiquer entre eux, échanger et éventuellement apprendre n'ont pas tous le même statut symbolique. Certains sont assignés à des contextes sociaux bien précis.

Ainsi, pour les étudiants interrogés, Moodle est sans surprise clairement indexé à la sphère « éducative », alors que Facebook relève de la sphère « ludique ». Dans les groupes étudiés, les étudiants avaient recours à l'un comme à l'autre, mais leur attribuaient des places bien différentes. Marie distingue les deux : « Moodle ça reste dans le cadre scolaire, alors que Facebook on peut plus se l'approprier. C'est un espace que pour nous, on sait que les profs ne vont pas aller regarder. Moodle c'est lié à tout ce qui est administratif, tout ce qui est cours. Dans la pratique, comme tout le monde a Facebook, si quelqu'un met un message je vais le voir ».

Ces différences entre Moodle et Facebook ont des conséquences en termes d'usage, comme le souligne Armelle : « Moodle, on y va moins souvent, quand quelqu'un participe il faut se connecter sur son adresse mail Lille 3, c'est moins fonctionnel, on a moins de possibilités, Facebook tout le monde l'a, on va même de notre côté. (...) Si ça avait été mis en place par l'université : ça aurait limité certaines paroles ». D'autres études montrent de même des outils qui sont, pour les étudiants, attachés à la sphère académique, même s'ils ne sont pas proposés directement par l'institution universitaire, comme Dropbox ou Google Docs, voir (Pera et Bonfils, 2013).

Mais si « Facebook on peut plus se l'approprier » (Marie), cela ne signifie pas que son usage à des fins académiques aille de soi. Pour communiquer avec d'autres étudiants en contexte éducatif, il est même largement moins utilisé que le mail, non seulement par les étudiants interrogés mais plus largement dans le volet quantitatif de l'enquête : pour échanger lorsqu'ils doivent travailler à plusieurs, les étudiants déclarent utiliser essentiellement leur mail (70 %) et leur téléphone (48 %), les autres outils restant

marginiaux : Facebook concerne moins de 8 % des étudiants. Ce résultat diverge en revanche fortement de ceux de (Peraya & Bonfils, 2013), qui montrent au contraire un fort usage de Facebook comme instrument de communication en situation académique. Ces différences peuvent s'expliquer par la date de l'enquête (2011 pour notre part) et les évolutions plus récentes de Facebook, facilitant par exemple l'utilisation de groupes, par les différences de nature du public concerné (étudiants en lettre vs étudiants en cursus technologique, plus habitués des outils Web 2.0), ou encore par l'existence de cultures locales, co-construites et véhiculées sur le mode de la circulation horizontale entre pairs et dont, précisément, les notions d'EPA et d'instrument permettent de rendre compte.

Le mail semble donc avoir un statut hybride dans l'environnement communicationnel des étudiants, intermédiaire entre les outils institutionnels (la plate-forme Moodle dans le cas étudié) et Facebook. En terme de possession et d'usages, le mail figure parmi les outils les plus répandus (99 % des étudiants interrogés dans l'enquête déclarent posséder et utiliser une adresse mail, contre 74 % pour Facebook par exemple), mais d'un usage plus rare : on ne s'y connecte pas tous les jours. Le mail est également hybride quant au statut symbolique que lui assignent les étudiants : il est moins lié à la sphère ludique. Marie explique que « *Facebook c'est la sphère de détente, ou pour des indications de dernière minute. Le mail c'est plus pour avoir des informations précises* ». Armelle précise que le mail, par son caractère asynchrone, engage déjà à une forme de distance réflexive : « *Quand c'est une conversation spontanée, on va directement dire ses idées, tandis que par mail, déjà c'est plus réfléchi, forcément on a un peu plus de recul. Et puis on sait qu'on va pas avoir tout le monde en même temps, on va devoir attendre un peu* ». Le fait que le mail soit un outil d'un usage moins quotidien en fait donc, dans les représentations des étudiants, un outil plus adapté que Facebook au travail collaboratif⁹.

D'autres études donnent à voir des situations où le même outil peut avoir un statut variable, et rendent compte des stratégies mises en œuvre par les étudiants pour gérer cette pluralité. Peraya et Bonfils (2013) soulignent l'usage croissant par les étudiants des outils les plus quotidiens, comme le smartphone et le compte Facebook, notamment pour leur fonction d'*awareness*, permettant la gestion du flux informationnel. Mais cet usage ne signifie pas pour autant l'abandon de formes de spécifications. Ainsi Roland (2013) cite le cas d'étudiants qui distinguent bien le groupe Facebook dédié à un cours ou une formation et les « amis », ou encore des étudiants qui utilisent deux comptes Dropbox distincts. Il note que non

seulement les étudiants « ne laissent pas entrer n'importe quel contenu académique au sein de leur sphère privée et n'utilisent pas n'importe quel outil privé à des fins académiques » (Roland, 2013, p. 32), mais encore que « les étudiants ne vont pas adopter des comportements identiques à ceux qu'ils ont avec leurs "amis Facebook" » (*idem*).

L'EPA des étudiants est donc constitué d'outils aux statuts variés : référés clairement à l'un des espaces ou non, d'usage quotidien ou moins fréquent.

4.5. Proposition 3 : Au sein des EPA, les instruments sont davantage locaux et spécifiques que généraux

Nous sommes partis de l'hypothèse très générale d'une discontinuité des pratiques entre éducatif et personnel. Mais encore faut-il expliciter là où se situe la discontinuité, c'est-à-dire d'une part préciser « ce » qui se transfère ou non entre différentes situations ou contexte d'usage, d'autre part quels sont ces contextes qui spécifient les pratiques.

4.5.1. De la continuité et discontinuité au sein des EPA

Cette question peut paraître paradoxale, tant la notion d'EPA permet précisément de souligner la continuité qui existe dans les outils et les pratiques, continuité à laquelle serait aveugle une vision dichotomique, opposant de manière rigide les usages éducatifs et personnels. La prise en compte de cette continuité s'avère d'ailleurs heuristique en ce qu'elle permet de rendre compte d'usages éducatifs empruntant leurs outils au monde des pratiques privées, ludiques et de sociabilité, en matière de communication interpersonnelle (Peraya & Bonfils, 2012), de pratiques scripturales (Lienard, 2012 ; Marcocchia *et al.*, 2014 ; Schneider, 2014), etc.

Pour autant, la nature même des EPA, construits par les apprenants, articulants des outils issus de l'univers académique à des outils issus de leur univers personnel, excédant donc les frontières établies institutionnellement entre académique et personnel, conduit à interroger les transferts possibles entre ces univers. En dépassant les frontières académiques, l'objet EPA contraint à poser frontalement la question de ce qui peut (ou ne peut pas) se transférer d'un univers à l'autre, d'un contexte à l'autre, et donc à adopter une posture plus moins « unifiante » ou « plurielle » du sujet. En ce sens, la notion d'EPA représente indéniablement une avancée non pas en ce qu'il confond les deux univers mais en ce qu'il incite à la prise en compte de leurs relations réciproques.

Ainsi, la notion d'EPA rend possible une posture de recherche, qui tend à mettre l'accent sur les discontinuités instrumentales plus que sur

les continuités¹⁰. Si l'hypothèse de continuité s'avère heuristique pour penser les pratiques académiques, elle porte le risque de minorer certaines de leurs spécificités, en omettant de mettre l'accent sur le rôle du contexte dans le formatage des usages.

Cette posture « discontinuiste » des pratiques est relativement peu mise en œuvre dans les recherches actuelles : le « sujet apprenant » construit par les recherches est, selon la distinction proposée par Lahire (1998), davantage un acteur « unifié », « solidaire » qu'un « acteur pluriel ». En témoigne notamment le fait que les pratiques extra-éducatives, au sens large, sont très largement absentes des analyses (Fluckiger, 2012) : peu de travaux investiguent les pratiques ludiques et personnelles d'un point de vue éducatif, tout comme peu de travaux analysent en retour les pratiques en contexte éducatif à la lumière de ce que l'on sait des pratiques personnelles. La conséquence en est que, les habitudes de présentation de soi, le recours à des formes conversationnelles particulières, sont le plus souvent analysées sans que les habitudes des mêmes apprenants dans d'autres contextes ne soient évoquées : les formats relationnels, stratégies de communications sont-ils les mêmes, sont-ils apparentés, sont-ils en contradiction avec ceux développés dans d'autres contextes ? Cette question n'est pour ainsi dire jamais posée ; soit qu'elles soient supposées radicalement distinctes, soit qu'elles soient supposées identiques, les relations entre pratiques scolaires/extrascolaires, académiques/personnelles sont rarement thématiques et construites théoriquement en tant que telles.

4.5.2. Discontinuité et hypothèse de pluralité appliquée aux instruments

Il est des raisons théoriques de mettre l'accent sur la pluralité ou la discontinuité des pratiques. Divers courants théoriques, sociologiques ou psychologiques ont, de manière pertinente, montré le gain heuristique d'une focalisation de l'attention sur la pluralité interne des sujets. C'est notamment le cas en sociologie qui a, de longue date, questionné les solidarités ou les fractures intra-individuelle des acteurs, sous l'angle des dispositions plurielles plus ou moins cohérentes (Lahire, 1998) ou de la pluralité des régimes d'engagement (Thévenot, 2006) par exemple. C'est le cas également des courants l'apprentissage situé (Anderson *et al.*, 1996) ou encore, en psychologie, de l'action située (Conein & Jacopin, 1994 ; Suchman, 1987), qui soulignent que « tout cours d'action dépend de façon essentielle de ses circonstances matérielles et sociales » (Suchman, 1987, p. 50).

Plus spécifiquement, Lahire (1998) considère que « dès lors qu'un acteur a été placé, simultanément ou successivement, au sein d'une pluralité de mondes sociaux non homogènes, et parfois contradictoires [...] alors on a affaire à un acteur au stock de schèmes d'actions ou d'habitudes non homogène, non unifié et aux pratiques conséquemment hétérogènes. » (p. 35). A l'appui de son argument, Lahire discute l'usage fait par Bourdieu du concept de *schème* de Piaget, notant que si pour ce dernier, les *schèmes* sont ce qui est « transposable », « généralisable » d'une action, « certains schèmes sont beaucoup moins généraux » (Piaget, 1992, p. 16). Pour Lahire en conséquence, « chaque contexte social peut déclencher des schèmes spécifiques », (p. 95).

Lahire ne parle pas spécifiquement des *schèmes d'utilisation*, mais ceux-ci sont bien, pour Vergnaud comme pour Rabardel, « relatifs à une classe de situations » (Vergnaud, 1991), formés « d'invariants organisateurs de l'activité du sujet, dans les classes de situations et domaines d'activités qui sont habituellement les siens » (Rabardel, 2005). En d'autres termes, l'approche instrumentale considère que les mêmes *artefacts* peuvent être construits en tant qu'*instruments* spécifiés dans des contextes ou « classes de situations » différentes. L'hypothèse de discontinuité que nous formulons ne fait donc *in fine* que prendre au sérieux un principe théorique fondamental de l'approche instrumentale.

L'idée d'une discontinuité des *pratiques* que nous évoquions plus haut nous semble donc pouvoir être dépassée en en précisant la nature : ce que nous nommons ici *discontinuité instrumentale* ne tient pas uniquement à ce que ce seraient des outils différents qui seraient utilisés, mais au fait que leur usage est construit et reconstruit (ou non) par les étudiants en fonction des différentes situations. Le hiatus parfois décrit entre éducatif et personnel ne doit, dans cette perspective, pas être entendu comme passant uniquement *entre* les outils, certains relevant par nature de l'univers privé et d'autres de l'univers académique, mais également *au sein même* des *instruments*.

4.6. Corollaire 3 : Les instruments font l'objet de *genèses instrumentales* spécifiques à des situations d'usage variées

Si les schèmes sont relatifs à des « contextes sociaux », « classes de situations » ou « domaines d'activités », cela signifie que les mêmes *artefacts* peuvent éventuellement être appropriés en tant qu'*instruments* différents selon qu'ils sont mobilisés en contexte d'apprentissage ou non, et suivant la nature de la tâche des apprenants. Cela signifie donc que des *genèses instrumentales* spécifiques doivent avoir lieu.

Cette perspective théorique conduit donc à rechercher les conditions et processus d'élaboration de nouveaux *instruments*, les modifications et restructurations entraînées dans le système instrumental de l'apprenant, mais aussi les représentations, connaissances, etc. et leurs évolutions. Nous avons ainsi reconstitué certaines *genèses instrumentales*, qui nous semblent spécifiques non uniquement aux situations académiques, mais plus précisément à la situation de collaboration en contexte d'apprentissage académique. Nous en donnons deux exemples.

4.6.1. Communiquer dans un groupe : le mail comme instrument pivot

L'usage du mail dans les situations de « collaboration ordinaire » (Fluckiger, 2011b), non instrumentées institutionnellement, telles celles que nous avons étudiées pose la question de ce que le chercheur doit considérer comme faisant partie de l'EPA. Le mail, en tant qu'*instrument* spécifique à cette situation, ne préexiste pas à la situation de collaboration. Les schèmes disponibles ne convenant pas nécessairement, il est nécessaire d'en construire de nouveaux. Les propos des étudiants laissent entendre qu'il ne s'agit pas là d'un usage stabilisé, acquis par exemple dans d'autres situations de collaborations antérieures.

Par exemple, au cours de la collaboration, il est nécessaire de décider quand envoyer un mail individuel ou un mail collectif. Ainsi, Armelle explique « *Des fois on n'envoie qu'à certaines personnes, on se corrige, c'est pas forcément tous en même temps. Moi c'est plus avec Marie, on fonctionne beaucoup à deux. Je lui envoie déjà à elle pour qu'elle me corrige, et après on les envoie aux autres. (...) C'est une fois que c'est plus finalisé qu'on l'envoie à tout le monde, sinon ça ferait trop de mail, après on s'en sort, plus* ». C'est bien l'usage au sein du groupe qui oblige à se poser ces questions, à développer des stratégies plus ou moins conscientes ou implicites, à créer des schèmes d'usage partagés. Comme nous l'avons indiqué, ces genèses sont individuelles, mais également collectives ; certains groupes recourront ainsi presque exclusivement à des mails collectifs, d'autres fonctionneront par dyades.

Cette construction n'est d'ailleurs pas achevée avec le début de la situation de travail collaboratif. L'analyse des mails échangés au sein des groupes montre des évolutions dans le statut et la fonction des mails envoyés au sein du groupe. Cette modulation dépend bien entendu de la phase du travail collectif, mais elle fait également l'objet d'ajustements collectifs. Nous avons catégorisé les mails récoltés en fonction de leur fi-

nalité. Il a été possible de repérer trois grands types de fonction aux mails échangés :

- des mails de coordination (« quelle sont vos disponibilités ? ce serait bien de mettre en place le projet dès cette semaine (définir le type et le nombre de tâches) », « si on n'a pas le temps de se voir on peut toujours communiquer par mail », « Franck, on te mettra au goût du jour demain ») ;
- des mails support d'échange de contenus (« je vous envoie le résumé de l'article que j'ai lu pour la sociologie », « je vous fais part de mes trouvailles », « j'ai trouvé une revue en ligne qui s'intitule Mobile et Société », « je vous donne les liens ») ;
- des mails manifestant l'avancée du travail (« J'ai commencé ma partie », « je vais commencer à créer des activités », « je compte faire un Powerpoint pour la présentation du blog »), ou demandant la réciproque (« et vous, comment ça avance ? si vous avez des problèmes techniques n'hésitez pas. »).

Dans les différents groupes les proportions évoluent, à chaque phase du travail, les mails envoyés par les uns contribuent à instituer les usages du mail des autres : l'envoi de mails de coordination impose des mails semblables en retour. Les schèmes tendant à se diffuser au sein du groupe. Ainsi lorsqu'on demande à Eva, qui envoyait très peu de mails, pourquoi et dans quelles circonstances elle a envoyé un mail annonçant « *demain je vous envoie mon compte-rendu [de lecture]* », elle témoigne de la pression collective qu'elle ressent et qui la conduit à harmoniser sa manière de faire : « *c'est vrai que moi je travaille dans mon coin [...] j'avance, j'ai pas besoin de dire tout le temps j'ai fait-ci, j'ai fait ça... Mais faut pas qu'ils croient que je fais rien non plus. Eux ils disent tout le temps voilà, j'ai fait ça, bon ben moi aussi* ».

Dans leur usage du mail pour accomplir la tâche prescrite, les étudiants ne se sont pas contentés de « piocher » parmi les outils à leur disposition : ils ont littéralement construit un nouvel *instrument*, en partie personnel, en partie propre au groupe, et non stabilisé. En effet, si les étudiants utilisent certes le mail, en tant qu'*artefact*, en revanche l'*instrument* de *coordination*, d'*échange* de contenus, de *manifestation* de l'engagement dans la collaboration a bien, lui, fait l'objet de *genèses instrumentales* spécifiques : c'est bien la situation éducative nouvelle (de collaboration imposée mais non instrumentée *a priori*) qui a conduit à l'émergence de ce nouvel *instrument*.

Cela signifie que ce n'est pas le « mail », en tant qu'*artefact* qui doit être considéré comme faisant partie de l'EPA, mais bien cet *instrument* nouveau créé dans l'activité académique. Cet instrument est triplement spécifié : par la situation (situation académique de collaboration), par le groupe et son fonctionnement, par le sujet, son expérience, ses compétences. Mais pour chaque étudiant, les schèmes d'utilisation associés à l'*artefact* mail sont bien distincts, spécifiques. Le hiatus bien connu entre usages privés et universitaires trouve ici une forme nouvelle : ce ne sont plus les *outils* qui varient d'un univers à l'autre mais ce que les apprenants en font, c'est-à-dire les *instruments*.

4.6.2. La genèse instrumentale du traitement de texte comme instrument collectif

La tâche demandée aux étudiants impliquait la rédaction d'un dossier collectif. Il leur a alors été nécessaire d'opérer une autre *genèse instrumentale* pour faire du traitement de texte, instrument individuel d'écriture et de mise en forme textuelle (André, 2006), un *instrument* collectif sur lequel il est possible d'écrire à plusieurs.

Cette *genèse instrumentale* conduisant à une appropriation collective est très dépendante du niveau technique des étudiants. Dans le contexte d'étudiants en lettres modernes, l'usage de fonctionnalités « avancées », comme le suivi des modifications ou l'usage d'outils spécifiques de partage de documents (type Dropbox) s'avérait inexistant. Les rares étudiants ayant connaissances de possibilités techniques avancées font état, dans les entretiens, d'une part de difficultés techniques liées aux différences de versions et de logiciels (Mac, OpenOffice, Microsoft Word...), d'autre part aux réticences des autres membres du groupe, conduisant de fait à renoncer à les utiliser. Les étudiants ont donc recours à des règles partagées pour suivre les modifications de chacun et tenir des versions à jour du document collectif. Nous avons ainsi pu distinguer deux *genèses instrumentales* principales distinctes, mais qui peuvent se superposer :

- la délégation de la responsabilité du document à l'un des participants ;
- l'emploi de la couleur pour signaler les modifications.

En ce qui concerne la délégation de la responsabilité, Marie explique : « Souvent c'est Armelle qui centralise tout à la fin. Elle aime bien faire la mise en page, elle est plus habile aussi, on lui envoie tout chacune notre partie, et elle, elle remet tout dans l'ordre. » Armelle confirme : « Souvent quand c'est des fichiers informatiques, c'est moi qui ai le dossier et que le renvoie aux autres, et quand les autres ont fait une modification elles me le renvoient, et si il y en a une autre, je lui dit "attends avant de faire tes corrections, je t'envoie le

dernier“, pour qu’il y en ait au moins une qui ait le fichier final, parce que si on envoie toutes en même temps, il faut reprendre et être sûr que tout est remis. (...) Si on a 36 fichiers avec le même nom, pour retrouver, il faut être sûr d’être bien organisé. J’envoie, je dis voilà le fichier final... je tiens le fil conducteur, quel est le dernier... ». Cette procédure et ces schèmes sont collectifs, partagés. Ils peuvent bien sûr être partiellement hérités de situations antérieures, mais dans la forme de leur exécution, ce sont bien les ajustements réciproques qui conduisent à la création d’un *instrument* collectif d’écriture, en partie *artefact*, en partie *schèmes*, propre à la situation, à ce groupe d’étudiant et aux différents sujets.

Mais si tous les groupes ne disposent pas d’un « expert » qui centralise le document, tous en revanche utilisent les couleurs pour se signaler entre membres du groupe les modifications et les ajouts : « *Quand on se corrige, généralement on utilise les polices de couleurs. Quand on ajoute quelque chose, on va mettre les choses en gras, soit une couleur... ou alors si on corrige des syntaxes pas très correctes, on les met par exemple en rouge, on se donne des codes couleurs. Mais essaie de garder le texte tel qu’il est. En plus il y en a qui sont sur mac, des fois on passe d’Office à Word, sur mac des fois ça décale tout, donc on essaie de garder le texte tel qu’il est sans trop décaler à droite et à gauche* » (Armelle). Là encore, les manières de faire se diffusent : « *au début je leur disais en rouge, c’est un ajout, là en vert c’est que j’ai corrigé une faute [...] après tout le monde s’y est mis* ». Cet usage collectif du traitement de texte nécessite une *genèse instrumentale* collective, par la circulation de la signification des codes couleurs et la diffusion de schèmes d’usages associés au sein du groupe.

Cet exemple permet de souligner que si le traitement de texte peut-être envisagé comme un *instrument* présent dans l’EPA de Marie, Armelle, Julien, etc., c’est bien en tant qu’*instrument* re-construit, auquel de nouveaux schèmes ont été associés et non directement du traitement de texte utilisé en situation individuelle. Cette reconstruction n’est pas uniquement spécifique des situations de collaboration, mais bien de cette situation de collaboration singulière, fonction des compétences et habitudes du groupe particulier, l’usage qui en est fait doit être chaque fois renégo-cié, adapté aux finalités, à la temporalité du travail.

4.7. Perspectives

L’idée d’une *discontinuité instrumentale*, c’est-à-dire que des instruments différents peuvent être construits dans les diverses situations (éducatives ou non) à partir des mêmes artefacts a émergé des premiers résultats d’enquête présentés ci-dessus. Ils n’ont pas encore donné lieu à une

validation empirique systématique. Un tel travail empirique, partant de cette hypothèse, devrait se donner les moyens non pas seulement d'observer quelques *genèses instrumentales* en repérant ce qu'elles peuvent avoir de spécifique ou de non transposable, mais bien d'observer systématiquement l'usage des mêmes artefacts dans des situations (éducatives et non éducatives) variées.

Plus précisément, il s'agirait de recenser et typologiser les différentes situations d'usage des artefacts de communication, d'apprentissage et de travail mobilisé par les étudiants et constituant leur EPA, afin de dégager quelques indices sur ce qui peut caractériser une telle « situation ». En effet, si Vergnaud (1991) emploie le terme de « classe de situations » dans le contexte de problèmes mathématiques, il serait nécessaire de clarifier ce qu'on peut entendre par « situation », « classe de situations », « domaines d'activités », du « contexte social » dans le cadre d'usage d'artefacts numériques et qui conduit à des usages différenciés : les finalités d'usage, le contexte institutionnel ? L'usage « privé », au sens de « non éducatif » du mail, par exemple, est une construction qui subsume des pratiques variées (ludiques, commerciaux, de sociabilité, administratifs...), répondant à leurs logiques propres. Or, si la notion d'EPA rend compte du fait que les catégories « ordinaires » opposant de manière dichotomique « l'académique » et le « privé » n'opèrent pas concernant l'usage des outils numériques (Fluckiger, 2014), si les exemples précédents étayaient l'idée que ce sont des contextes plus fins que ces macro-catégories, il ne pouvait entrer dans le cadre de cet article de déterminer plus précisément comment les différentes situations d'usage diffèrent.

Une telle étude devrait également déterminer empiriquement plus précisément ce qui diffère entre les divers *instruments* tels qu'ils sont construits, et ce à trois niveaux :

- au niveau des *artefacts*, en cherchant notamment les fonctionnalités mobilisées ou non dans des situations différentes, par l'observation et le recueil de traces d'activités ;
- au niveau des schèmes d'action, en repérant par des observations en situation des récurrences dans les manières, individuelles et collectives, de faire ;
- au niveau représentations (de l'utilité, des finalités...) ou des valeurs attribuées par les sujets aux *artefacts* en fonction des différentes situations.

Ces genèses instrumentales opérant à la fois au niveau individuel et au niveau collectif, au sein du groupe, ce travail devrait en outre examiner

attentivement les dynamiques à l'intérieur des groupes afin de mettre en lumière comment les schèmes, représentations, valeurs circulent, sont partagées, s'homogénéisent ou non dans la situation d'apprentissage collaboratif.

Un premier travail dans le sens du « dépliage » des macro-situations « académiques » a été réalisé par Annocques (2014), qui a étudié les variations dans l'usage des outils d'une même plate-forme institutionnelle (incluant des outils de type forum, chat, etc.) en fonction des disciplines enseignée. Annocques partait de l'hypothèse nettement didactique que les contenus d'enseignement, et secondairement les représentations et images que les apprenants se faisaient de ces contenus et de leur organisation disciplinaire, structuraient la manière de s'appropriier les mêmes outils, conduisant à des *genèses instrumentales* différentes. Des études similaires pourraient être conduites, autour d'autres variations que cette variation disciplinaire (parti pris théorique des didactiques), afin de déterminer ce qui, dans les contextes d'usages, s'impose aux instruments, c'est-à-dire ce qui constitue une « classe de situations ».

5. Conclusions, retour sur la notion d'EPA

Le concept d'EPA permet, de toute évidence, de souligner à quel point les dichotomies présence/distance, personnel/institutionnel, ludique/éducatif sont en train d'être dépassées par la diffusion des technologies personnelles, en particulier mobiles. Ces évolutions entraînent des convergences, qu'il est nécessaire de pointer pour éviter de reproduire dans le domaine scientifique les oppositions ordinaires, binaires non construites (jeunes branchés vs école débranchée, académique vs privé, etc.). Bonfils et Peraya (2010) notent ainsi à juste titre « une certaine congruence » entre les sphères personnelle et éducative, en tous cas dans le choix des outils.

Pour autant, d'autres aspects demanderaient parallèlement à être examinés sous l'angle des divergences ou des tensions dans les manières de faire, de s'engager, de diviser le travail au sein du groupe. Il apparaît alors que des différences surgissent, qui conduisent à penser que les mêmes *artefacts* sont appropriés en tant qu'*instruments* différents. Pour peu que l'on prête attention à la pluralité des contextes d'usage, apparaissent des logiques en tension, qui nécessitent de nouvelles *genèses instrumentales*. Or s'interroger sur la pluralité des contextes d'usage des mêmes outils conduit à interroger les procédés de passage des uns aux autres.

Cette perspective interroge en retour le concept développé actuellement d'EPA, considéré ici comme *système d'instruments* et qui serait éventuellement à moduler : doit-il renvoyer à l'idée d'un environnement unique, transversal aux différentes situations sociales traversées par l'étudiant, dont certaines fonctionnalités sont partagées et d'autres non, ou faut-il davantage envisager que l'environnement, constitué dans les différentes classes de situation via des *genèses instrumentales* spécifiques, est une caractéristique de la situation plus que de l'apprenant ?

Si la première position renvoie à une conception « unifiée » du sujet, parcourant les différentes situations sociales armé des mêmes instruments, schèmes, compétences ; la seconde renvoie à une conception attentive à la pluralité interne, pour laquelle les *instruments* ne « suivent » pas un sujet invariable, mais qu'au contraire le sujet se (re)constitue en activant schèmes, dispositions, engagements spécifiques. La mise en œuvre de l'hypothèse de discontinuité nous semble ainsi permettre d'éclairer sous un autre jour les constats de « percolation des usages » et de l'existence de « dispositifs passeurs » (Peraya & Bonfils, 2012).

-
- 1 Environnements Informatisés pour l'Apprentissage Humain.
 - 2 Précisons que l'un des objectifs de cet article consiste précisément à dépasser cette opposition binaire, non construite en montrant que cette distinction n'opère pas concernant les EPA. Le scolaire, le hors-scolaire sont des constructions d'autant moins construites qu'elles s'éloignent des objets centraux du chercheur (Reuter, 2013) : le sociologue parlera aisément du « scolaire », le didacticien du « hors-scolaire » là où chacun établira des distinctions plus fines.
 - 3 Précisons que dans ce texte, les termes de pratique et usage sont à entendre comme des termes de travail utiles, et ne sont pas employés en tant que notions théoriquement construites, bien que nous nous efforcions de réserver le terme d'usage à ce qui fait l'objet d'un partage social, le terme de pratique renvoyant davantage à une dimension individuelle.
 - 4 « cette dichotomie fait [...] l'impasse sur le fait bien connu que le travail scolaire, puis le travail étudiant, ne se déroulent pas qu'en présentiel, pendant les heures de cours, mais se poursuivent largement hors des institutions éducatives sur le « temps libre » des élèves ou étudiants » (Fluckiger, 2014, p. 59).
 - 5 Les notions ne deviennent concept qu'une fois qu'ils sont partagés et ont montré leur valeur dans la confrontation aux données de recherche. The proof of the pudding is in the eating.
 - 6 Sans que la représentativité de cet échantillon ne soit assurée, le contrôle a posteriori des grandes variables (âge, genre, UFR d'origine, année) n'a pas montré de distorsions importantes d'avec l'ensemble de la population mère.
 - 7 « La signification du mot est non seulement l'unité de la pensée et du langage mais aussi l'unité de la généralisation et de l'échange social, de la communication et de la pensée. » (Vygotski, 1934/1986, p. 58 ; voir (Bronckart, 1985)). Vygotsky s'appuie lui-même sur certaines réflexions de Marx qui voit dans la marchandise l'unité d'analyse fondamentale pour l'analyse de l'économie et de la société capitaliste, car la marchandise présente elle-même cette double nature, comme objet matériel et comme objet signifiant, porteur de valeur socialement partagée, mais aussi comme « valeur d'usage » et « valeur d'échange ». (Marx, 1867/1993).

- 8 Le concept de schème est lui-même emprunté à Piaget (1968) et à Vergnaud, qui les définit comme « l'organisation invariante de la conduite pour une classe de situations donnée » (Vergnaud, 1991, p. 136). Les schèmes sont donc des unités à la fois structurales et fonctionnelles (Brun, 1994), tout à la fois produits et organisateurs de l'activité, et rendent compte de l'invariance de l'action et de son adaptabilité (Pastré, 2005).
- 9 Notons que malgré cette représentation du mail comme « plus réfléchi », les mails effectivement échangés ne semblent pas véritablement plus « travaillés » que d'autres formes de communication : les mails sont généralement courts et s'ils véhiculent souvent de l'information ce n'est pas le contenu du mail lui-même qui construit la réflexion.
- 10 Précisons bien qu'il ne s'agit ici en rien d'une posture normative ou d'une quelconque injonction, mais plutôt de la formalisation d'une posture « possible » (et de fait peu mise en œuvre), ainsi que d'un plaidoyer pour l'explication des options théoriques et méthodologiques prises. Cela n'enlève bien entendu rien à l'intérêt de la posture « continuiste » et des apports des travaux : c'est bien la complémentarité des regards qui peut permettre d'appréhender dans leur complexité les phénomènes considérés ici.

Bibliographie

ANDERSON J. R., REDER L. M., SIMON H. A. (1996). Situated Learning and Education, *Educational Researcher*. Vol. 25 n° 4, p. 5-11.

ANDRÉ B. (2006). *Utilisation des progiciels : Identification des obstacles et stratégie de formation*. Thèse de doctorat en Sciences de l'Éducation, UMR STEF, Ecole Normale Supérieure de Cachan.

ANNOQUES F. (2014). *Conscience disciplinaire et outils numériques*. Mémoire de Master 2 Recherches DEA, Université Lille 3.

BÉGUIN P., CLOT Y. (2004). L'action située dans le développement de l'activité. *@ctivités*, Vol. 1 n° 2, p. 35-49.

BONFILS P., PERAYA D. (2010). Environnements de travail personnels ou institutionnels ? Les choix d'étudiants en ingénierie multimédia à Toulon. Dans L. Vierra, C. Lishou, C., N. Akal, *Le Numérique au cœur des partenariats*, Dakar, Sénégal, Presse universitaires de Dakar, p. 13-28.

BOURMAUD G. (2007). L'organisation systémique des instruments : méthodes d'analyse, propriétés et perspectives de conception ouvertes. *Colloque ARCo'07 – Cognition, complexité, collectif*, Nancy, 28-30 novembre 2007. Disponible sur internet : http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/19/11/28/PDF/061-076_Bourmaud.pdf (consulté le 15 septembre 2014).

BRONCKART J.-P. (1985). Vygotsky, une œuvre en devenir. Dans J. P. Bronckart, B. Schneuwly, L. S. Vygotsky, *Vygotsky aujourd'hui*, Neuchâtel. Delachaux et Niestlé, p. 7-21.

BRONCKART J.-P. (2004). Pourquoi et comment analyser l'agir verbal et non verbal en situation de travail. *Cahiers de la section des sciences de l'éducation*, n° 103, p. 11-144.

BRUILLARD E. (2008). Travail et apprentissage collaboratifs dans des formations universitaires de type hybride. Éléments de réflexion. *Education et Formation*, n° e-288, p. 55-63. Disponible sur internet : <http://ute3.umh.ac.be/revues/index.php?revue=4&page=3> (consulté le 15 septembre 2014).

BRUN J. (1994). Evolution des rapports entre la psychologie du développement cognitif et la didactique des mathématiques. Dans M. Artigues, R. Gras, C. Laborde, P. Tavignot (dir.) *Vingt ans de didactique des mathématiques en France. Hommage à Guy Brousseau et à Gérard Vergnaud*. Grenoble, La Pensée Sauvage, p. 67-83.

CHAMBAT P. (1994). Usages des technologies de l'information et de la communication. *Technologies et Société*, Vol. 6 n° 3, p. 249-270.

CHARLIER B., DESCHRYVER N., PERAYA, D. (2006). Apprendre en présence et à distance : Une définition des dispositifs hybrides. *Distances et Savoirs*, Vol. 4 n° 4, p. 469-496.

CONEIN B. et JACOPIN E. (1994). Action située et cognition. Le savoir en place. *Sociologie du travail*, n° 4, p. 475-500.

CONOLE G., ALEVIZOU P. (2010). *A literature review of the use of Web 2.0 tools in Higher Education*. The Open University.

ENGESTRÖM Y. (1987). *Learning by expanding: an activity-theoretical approach to developmental research*. Helsinki, Orienta-Konsultit OY.

FICHEZ E. (2006). Campus Numériques: des ambitions à l'épreuve des terrains. *Distances et savoirs*, Vol. 4 n° 3, p. 299-332.

FIEDLER S., VALJATAGA T. (2010). Personal Learning Environments_ concept or technology?. *The PLE Conference Barcelona, 6-8 July 2010*. Disponible sur internet : http://pleconference.citilab.eu/wp-content/uploads/2010/07/ple2010_submission_45.pdf (consulté le 15 septembre 2014).

FLUCKIGER C. (2011a). De l'émergence de nouvelles formes de distance. Les conséquences des nouvelles pratiques de communication ordinaires sur la FAD dans le supérieur. *Distances et Savoirs*, Vol. 9 n° 3, p. 397-417.

FLUCKIGER C. (2011b). La collaboration ordinaire des étudiants par les outils du web social. *Colloque international EPAL*, Grenoble, 23-25 juin 2011. Disponible sur internet : http://w3.u-grenoble3.fr/epal/dossier/06_act/pdf/epal2011-fluckiger.pdf (consulté le 15 septembre 2014).

FLUCKIGER C. (2012). Colloque JOCAIR 2012 : apprentissages instrumentés en réseaux, quel sujet apprenant?. *Distances et médiations des savoirs*, n° 1/2012. Disponible sur internet : <http://dms.revues.org/150> (consulté le 15 septembre 2014).

FLUCKIGER C. (2014). Outils numériques, continuités et ruptures entre pratiques scolaires et pratiques personnelles. *Recherches*, n° 60, p. 57-68.

GUICHON N. (2012). Les usages des TIC par les lycéens - déconnexion entre usages personnels et usages scolaires. *Revue STICEF*, Vol. 19. Disponible sur internet : http://sticef.univ-lemans.fr/num/vol2012/05-guichon/sticef_2012_guichon_05.htm (consulté le 15 septembre 2014).

HENRI F. (2013). Recherches sur les environnements personnels d'apprentissage. De l'objet de recherche à l'objet scientifique. *Communication orale au symposium du REF2013 « Les environnements personnels d'apprentissage. Entre description et modélisation : quelles approches, quels modèles ? »*, Genève, 9-10 septembre 2013, Université de Genève.

LIENARD F. (2012). TIC, écriture électronique, communautés virtuelles et école. *Etude de Linguistique Appliquée (éla)*, n° 166, p. 143-155.

LAHIRE B. (1998). *L'homme pluriel. Les ressorts de l'action*. Paris, Nathan.

LUBENSKY R. (2012). The present and future of Personal Learning Environments (PLE). *Deliberations*. Disponible sur internet : <http://www.deliberations.com.au/2006/12/present-and-future-of-personal-learning.html> (consulté le 15 septembre 2014).

MARCOCCIA M., HATIFI H, GAUDUCHEAU N. (2014). La construction du rapport à autrui dans les forums de discussion d'adolescents et ses enjeux en situation d'apprentissage scolaire. Le point de vue de l'analyse des interactions. *Recherches en Education*, n° 17. Disponible sur internet : <http://www.recherches-en-education.net/spip.php?article160> (consulté le 15 septembre 2014).

MARX K. (1867/1993). *Le Capital*. Paris, Presses Universitaires de France.

PASTRÉ P. (2005). La conception de situations didactiques à la lumière de la théorie de la conceptualisation dans l'action. Dans P. Rabardel et P. Pastré (dir.). *Modèles du sujet pour la conception. Dialectiques activités développement*. Toulouse, Octares, p. 73-107.

PERAYA D. (2003). De la correspondance au campus virtuel: formation à distance et dispositif médiatique. Dans B. Charlier, D. Peraya (dir.). *Technologies et innovation en pédagogie*. Bruxelles, De Boeck, pp. 79-92.

PERAYA D., BONFILS P. (2012). Nouveaux dispositifs médiatiques : comportements et usages émergents. *Distance et médiation des savoirs*, n°1. Disponible sur internet : <http://dms.revues.org/126> (consulté le 15 septembre 2014).

PERAYA D., BONFILS P. (2013). Environnements personnels d'apprentissage et environnements de travail de groupe : choix et processus décisionnels. *Communication orale au symposium du REF2013 « Les environnements personnels d'apprentissage. Entre description et modélisation : quelles approches, quels modèles ? »*, Genève, 9-10 septembre 2013, Université de Genève.

PERRIAULT J. (1989). *La logique de l'usage. Essai sur les machines à communiquer*. Paris, Flammarion.

PIAGET J. (1968). Epistémologie et psychologie de la fonction. *Etudes d'épistémologie génétique*. Paris, Presses Universitaires de France.

PIAGET J. (1992). *Biologie et connaissance*. Neuchâtel, Delachaux et Niestlé.

PROULX S. (2001). Usages des technologies d'information et de communication : reconsidérer le champ d'étude ?. *SFSIC, Émergences et continuité dans les recherches en information et communication, Actes du XIIe Congrès national des sciences de l'information et de la communication*, p. 57-66.

RABARDEL P. (1995). *Les hommes et les technologies: approche cognitive des instruments contemporains*. Paris, Armand Colin.

RABARDEL P. (2005). Instrument subjectif et développement du pouvoir d'agir. Dans P. Rabardel, P. Pastré (dir.). *Modèles du sujet pour la conception. Dialectique activités développement*. Toulouse, Octarès, p. 11-30.

REUTER Y. (2013). *Dictionnaire des concepts fondamentaux des didactiques*. Bruxelles, De Boeck.

ROGALSKI J. (2004). La didactique professionnelle : une alternative aux approches de « cognition située » et « cognitiviste » en psychologie des acquisitions. *@ctivités*, Vol. 1 n° 2, p. 103-120.

ROLAND N. (2013). Articulation entre l'environnement personnel d'apprentissage des étudiants de l'enseignement universitaire et leurs stratégies d'apprentissage. *Communication orale au symposium du REF2013 « Les environnements personnels d'apprentissage. Entre description et modélisation : quelles approches, quels modèles ? »*, Genève, 9-10 septembre 2013, Université de Genève.

SCHNEIDER E. (2014). Comment l'écriture avec le numérique renouvelle la question du sujet adolescent : vers une géographie de l'écriture. *Recherches en Education*, n° 17. Disponible sur internet : <http://www.recherches-en-education.net/spip.php?article160> (consulté le 15 septembre 2014).

SMOREDA Z (dir.) (2007). *Réseaux*, Vol. 25 n°145-146, *Entrelacement des pratiques de communication et de loisir*. Hermès-Lavoisier.

SUCHMAN L. (1987). *Plans and situated actions*. New York, Cambridge University Press.

THEVENOT L. (2006). *L'action au pluriel. Sociologie des régimes d'engagement*. Paris, Editions La Découverte.

THEUREAU J. (2004). L'hypothèse de la cognition (ou action) située et la tradition d'analyse du travail de l'ergonomie de langue française. *@ctivités*, Vol. 1 n° 2, p. 11-25.

VAN HARMELEN M. (2008). Design trajectories: four experiments in PLE implementation. *Interactive Learning Environments*, Vol. 16 n° 1, p. 35-46.

VERGNAUD G. (1991). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en didactique des mathématiques*, Vol. 10 n° 2-3, p. 133-170.

VYGOTSKY L. S. (1930/1985). La méthode instrumentale en psychologie. Dans J.-P. Bronckart, B. Schneuwly, L. S. Vygotsky, *Vygotsky aujourd'hui*. Neuchâtel, Delachaux et Niestlé, p. 39-47.

VYGOTSKY L. S. (1934/1986). *Pensée et langage*. Paris, Editions sociales.



Les Environnements Personnels d'Apprentissage : des instruments pour apprendre au-delà des frontières

► **Bernadette CHARLIER**

(Département des Sciences de l'Éducation, Université de Fribourg)

■ **RÉSUMÉ** • Cet article invite à appréhender les Environnements Personnels d'Apprentissage (EPA) comme des systèmes d'instruments médiateurs d'expériences d'apprentissage au-delà des frontières. Après avoir justifié cette construction des EPA comme objet de recherche singulier. Un cadre théorique est suggéré pour investiguer cet objet de recherche à six niveaux : les expériences d'apprentissage auxquelles ils renvoient, les caractéristiques des individus qui les construisent et de leur environnement social, les objets techniques qui sont mobilisés, les activités déployées et les systèmes d'instruments éventuellement constitués. Enfin, ce cadre est utilisé de manière exploratoire pour analyser trois cas de jeunes adultes mettant en évidence l'intérêt heuristique de cette proposition, ses limites et les perspectives qu'elle ouvre.

■ **MOTS-CLÉS** • Environnement personnel d'apprentissage, Apprentissage au-delà des frontières, études de cas.

■ **ABSTRACT** • *In this paper, we invite to apprehend Personal Learning Environments (PLE) as systems of instruments mediating cross boundaries learning experiences. Firstly, we justify this research object. Then, we elaborate a conceptual framework to study it at six levels: the learning experience, the individual and the social characteristics, the technical objects, the activities and the system of instrument. Eventually, this framework is used to analyse three cases of young adults. This exploratory research examines the heuristic value of our proposal, its limits and the opened perspectives.*

■ **KEYWORDS** • *Personal learning environment, cross boundaries learning, case study*

1. Introduction

L'intérêt pour la construction d'un nouvel objet de recherche peut-il se fonder sur une intuition ? Suffit-il d'observer ou d'écouter nos étudiants ? Au début de nos investigations à propos des EPA (Henri *et al.*, 2008), ce témoignage d'un étudiant de master en Sciences de l'Éducation a particulièrement attiré notre attention :

« J'utilise le service de moodle pour télécharger les documents de cours, pour vérifier les échéances. J'utilise ensuite google agenda pour agender les échéances et partager ma charge de travail. Je synchronise l'agenda avec mon téléphone mobile. J'utilise aussi google documents pour stocker les documents personnels afin d'y avoir accès depuis différents endroits. Le service google documents nous a aussi été utile au partage d'idées ou de documents entre étudiants pour les travaux de cours. J'utilise aussi un logiciel pour transformer les textes en sons mp3 par synthèse vocale. Je peux ainsi écouter les cours en voiture, en bus etc. J'utilise aussi google documents pour y insérer les liens des pages Internet qui sont en rapport avec les cours. »

Ce témoignage évoque les activités de gestion de l'information au moyen d'applications web et de technologies mobiles permettant à cet étudiant de gérer ses activités d'apprentissage, de partager avec d'autres étudiants, d'écouter ou de réécouter des cours ou, encore, d'enrichir les informations reçues. Mais, au-delà de la variété de ces activités, ce qui frappe de manière intuitive est en quelque sorte l'élargissement des lieux et des moments d'apprentissage possibles. Ce phénomène demande à être investigué pour « comprendre l'apprentissage vécu en des lieux multiples (salle de classe, communautés et réseaux, travail) et au fil du parcours de vie » (Facer & Sandford, 2010). Ce que nous avons appelé, « l'apprentissage au-delà des frontières » (Charlier, 2013, p. 64).

Quelle pertinence y aurait-il à construire les EPA en tant qu'objet de recherche comme des systèmes d'instruments révélateurs de cette expérience d'apprentissage au-delà des frontières ? Comment le faire ? Avec quel cadre conceptuel ? Et, quelles perspectives cette construction singulière de l'EPA comme objet de recherche ouvre-t-elle pour les personnes et pour les environnements ?

Pour aborder ces questions, nous proposons au lecteur un parcours en quatre étapes. Tout d'abord, nous examinons la pertinence de la recherche proposée en évoquant les travaux antérieurs à laquelle elle peut se référer. Dans un second temps, pour comprendre comment appréhender la construction de cet objet de recherche nous faisons nôtres les exigences posées par (Barbier, 2013) aux recherches correspondant à

un champ de pratique. Troisièmement, après avoir clarifié les concepts d'instrument et de système d'instruments, nous élaborons un cadre conceptuel nous permettant d'investiguer ces systèmes d'instruments. Enfin, dans une quatrième étape, ce cadre est utilisé de manière exploratoire pour analyser trois cas de jeunes adultes questionnant l'intérêt heuristique de cette proposition, ses limites et les perspectives qu'elle ouvre.

2. Construire les EPA comme objet de recherche : pertinence et démarche

2.1. Pourquoi les EPA pour comprendre l'apprentissage au-delà des frontières ?

Les étudiants ont depuis toujours poursuivi leurs activités de lecture, d'écoute, de réflexion en dehors de situations formelles d'apprentissage. D'autres auteurs bien avant nous ont proposé de construire des objets de recherche permettant d'appréhender ce processus que nous avons appelé (Charlier, 2013) : l'apprentissage au-delà des frontières et y ont étudié les rôles des artefacts et des environnements.

Ainsi, une approche écologique de l'apprentissage reconnaît le phénomène d'apprentissage au-delà des frontières en stipulant :

« Que (a) les individus sont engagés de manière simultanée dans plusieurs situations ; (b) qu'ils créent des environnements d'apprentissage pour eux-mêmes dans et par-delà les situations ; (c) que les barrières entre situations peuvent être perméables et (d) que ces activités dirigées par l'intérêt individuel peuvent dépasser les barrières contextuelles et être autorégulées si le temps, la liberté et les ressources sont disponibles. » (Barron, 2006, p. 199-201, notre traduction).

Dans cette perspective, Barron (2006), à partir de questionnaires et d'analyses de cas uniques auprès d'adolescents américains, a décrit cinq patterns ou configurations articulant les intentions de l'apprenant, son contexte physique ou virtuel et des pratiques médiatiques spécifiques : explorer les médias (essayer des applications, surfer, etc.) ; construire un réseau social (joindre des groupes d'intérêts, trouver des mentors, avoir des conversations avec des pairs ou des proches) ; rechercher de sources d'informations textuelles ; créer de nouvelles activités interactives telles que des projets et poursuivre des opportunités d'apprentissage structurées comme des cours.

Par ailleurs, Beach (1999) a proposé de reconceptualiser le concept de transfert en parlant de « transitions » qui peuvent être la conséquence des apprentissages de l'individu – et donc construites dans son histoire et

accompagnant ses transformations identitaires. Selon l'auteur, ces transitions peuvent aussi être latérales et collatérales lorsqu'elles concernent de manière concomitante des transformations des activités des individus en institution de formation, dans la famille, la communauté ou le lieu de travail. Ce processus de transition conçu par l'auteur comme un processus conscient et volontaire peut aussi être englobant et médiationnel susceptible de modifier les activités d'apprentissage elles-mêmes en créant de nouveaux artefacts ou de nouvelles activités. Cependant, avec d'autres auteurs (Konkala *et al.*, 2007 ; Volet, 2013), nous pensons que, si dans la perspective de Beach (1999), le transfert est conceptualisé comme « *incluant des mouvements multidirectionnels et réciproques au-delà des frontières de différents systèmes d'activités* » (p. 214), la manière dont les individus et les activités sont changés à travers ces mouvements n'est pas suffisamment étudiée (Volet, 2013, p. 93), notre traduction. De plus, nous aimerions souligner tout l'intérêt d'étudier, au sein des systèmes d'activités, le rôle des artefacts constitués en instruments ou systèmes d'instruments.

Cependant, il est bon de se rappeler que les rôles des artefacts comme facilitateurs de l'apprentissage et compagnons de celui-ci ont été étudiés il y a près de vingt ans dans les travaux de (Salomon *et al.*, 1991) à propos de la cognition distribuée considérant « l'individu-plus » c'est-à-dire, la personne et son environnement physique et social » (Perkins, 1995 p. 57). Ainsi lorsque Perkins écrit :

« Il est certainement possible en outre d'envisager un processus éducatif qui soit orienté davantage vers l'individu-plus, qui permettrait aux étudiants de capitaliser avec plus de conscience et d'art les ressources cognitives mises à disposition par les ressources physiques et humaines qui les entourent et qui rendrait, même, les étudiants capables de construire leur propre « plus » autour d'eux, leur propre environnement pour une tâche qui évoluerait en fonction de cet environnement. » (Perkins, 1995, p. 69).

N'envisageait-il pas les EPA d'aujourd'hui ? Intéressantes encore pour notre propos, les propositions récentes de ces deux auteurs (Perkins et Salomon, 2012) à propos de l'analyse du transfert considéré comme un processus « *detect-elect-connect* » dans lesquels les moments de transfert peuvent être décrits par des épisodes de détection de relations potentielles avec un apprentissage antérieur, de choix d'établir cette relation et de travail pour réaliser une connexion fructueuse. Il est cependant dommage que dans cette contribution ces auteurs eux-mêmes n'aient pas fait de relation avec leurs travaux antérieurs sur la cognition distribuée !

Cependant, un dernier ensemble de travaux ont, nous semble-t-il, fait cette connexion, la récente revue de littérature d'Akkermann et Bakker à propos des passages de frontières (« *boundary crossing* ») et des objets de passage (« *boundary objects* ») (Akkerman & Bakker, 2011) en rend compte. Ainsi les auteurs rappellent la définition initiale du concept d'objets-frontières proposée par (Star, 1989) considérés comme des artefacts supportant le passage de frontières par la prise en charge de fonctions de mise en relation. L'exemple du portfolio d'enseignement est ainsi évoqué comme objet de passage entre la pratique de classe et le lieu de formation. Rappelons qu'avec Saunders et Bonamy, nous avons nous-même, dans le cadre de nos travaux sur les projets d'innovation pédagogique, défini les objets frontière comme étant produits par les acteurs pour les aider à créer une stabilité provisoire dans leur passage parfois difficilement vécu entre d'anciennes et de nouvelles pratiques (Saunders *et al.*, 2005). Il s'agissait dans ce cadre d'exemples, de métaphores, de vignettes, de cas, de récits, de manières de travailler, de règles et de routines.

Dans une perspective qui nous semble proche de la nôtre, Akkerman et Bakker (2011) rappellent à raison que la notion de frontière doit être comprise comme étant de nature socioculturelle et comme étant anticipée par les sujets comme conduisant à des discontinuités (et non pas considérée *a priori*). Le passage de frontière étant ainsi composé de quatre processus intentionnels pouvant soutenir l'apprentissage : l'identification de moments de discontinuités ou de différences de pratiques, la coordination au sein duquel les objets frontières jouent un rôle particulier d'« artefacts médiateur » pour articuler différentes pratiques, la réflexion sur des discontinuités suscitant des prises de conscience porteuses d'apprentissage et la transformation mettant l'accent sur les effets de ces processus sur la création de nouvelles pratiques. Cependant, il nous semble qu'en relation avec nos travaux antérieurs sur l'innovation, il nous faut insister sur le fait que ces objets frontières sont construits par les individus et les communautés pour faciliter ces passages ou transitions entre des activités perçues comme divergentes. En ce sens, nous rejoignons les travaux d'Engeström et Sannino (2010) pour lesquels : « *Le passage de frontières suppose de se plonger dans un domaine non familier. C'est essentiellement un effort créatif qui demande de nouvelles ressources conceptuelles.* » (p. 24, notre traduction). Les auteurs implantent ce processus dans une approche de formation qu'ils nomment *boundary crossing laboratory*. Dans ce cadre, ils soulignent le rôle joué par les objets frontières, *boundary crossing objects* (répertoires de connaissances, modèles, graphiques etc.).

Pour conclure cette brève revue de la littérature, nous espérons avoir montré que ces études renouvelées du transfert et du rôle des objets frontières peuvent enrichir les recherches actuelles sur les EPA : dans quelle mesure ces environnements conçus en usage par les apprenants constituent-ils des supports aux processus d'apprentissage au-delà des frontières ? Dans quelles conditions peuvent-ils servir à l'apprenant pour : « détecter des relations avec des apprentissages antérieurs, faire le choix de poursuivre l'apprentissage et établir des connexions plus riches » ? (Perkins & Salomon, 2012, p. 252, notre traduction). Ou encore pour tirer parti pour leur apprentissage de ces passages de frontières par « l'identification, la coordination, la réflexion et la transformation » ? (Akkerman & Bakker, 2011, p. 132) ou pour oser plonger dans des situations encore inconnues (Engeström & Sannino, 2010). Enfin, dans quelle mesure, intègrent-ils la construction d'objets-frontières ?

Si cette approche des EPA comme objet de recherche nous paraît pertinente, comment construire cet objet de recherche ?

2.2. Comment construire les EPA comme objet de recherche ?

Puisque le champ de recherche sur les EPA correspond à un champ de pratiques, nous proposons d'adopter, pour notre recherche, les six exigences posées par (Barbier, 2013) pour ce type de recherche. Par la suite, chacune de ces exigences est reprise et nous indiquons comment nous tentons d'y répondre.

Il s'agit en premier lieu de prendre pour objet de recherche un objet qui fait sens pour les acteurs, un objet qui lie « *les sujets, des activités et des environnements* » et qui porte leurs enjeux de transformation individuelle et sociale. L'environnement personnel d'apprentissage envisagé comme une construction individuelle, mais partagée d'un environnement qui accompagne l'apprentissage au travers des multiples expériences de l'individu semble répondre à ce premier critère. Selon (Barbier, 2013) cette perspective induit « *une approche holiste* » qui devrait nous conduire à observer les activités mises en œuvre mais aussi à tenter de comprendre le sens que leur donnent les personnes.

En second lieu, il s'agit d'éviter de tomber dans le piège de présenter comme « *résultats de recherche* » (*idem*) une réification des valeurs qui sont accordées par les acteurs et les développeurs aux EPA : agentivité des acteurs, autonomie, partage, mobilité etc. Comme le dit Barbier, faire une recherche en sciences sociales suppose de « *faire un pas de côté* » (*idem*). Ceci implique deux exigences pour notre recherche, il s'agit de bien la

distinguer en tant que recherche pour l'intelligibilité d'une recherche-développement ayant pour but de développer des EPA. Ensuite, il s'agit de ne pas utiliser le concept d'EPA que l'on pourrait qualifier de « *mobilisateur, polysémique, porteur de souhaitables* » (*idem*) directement comme un outil d'analyse et d'interprétation mais, plutôt, de construire un cadre théorique permettant de décrire et de questionner les processus qui nous intéressent en identifiant des « *existants* », autorisant « *l'observation et la documentation* » (*idem*). Par exemple, dans notre cas, les représentations des individus par rapport à leur apprentissage et leurs représentations schématiques de leurs EPA.

Ensuite, en troisième lieu, il s'agit de « *disposer d'un appareil conceptuel liant constructions des activités et constructions des sujets individuels/collectifs dans leurs (inter-)activités* » (Barbier, 2013, p. 15). A cet égard, notre recherche sur les EPA nous paraît particulièrement adaptée puisqu'il s'agit en exploitant notamment le cadre conceptuel de la genèse instrumentale (Rabardel, 2005) de saisir comment l'activité de construction en usage de son environnement personnel soutient l'apprentissage et les transformations de l'individu lui-même. La quatrième exigence est fortement liée à la précédente, puisqu'il s'agit de pouvoir rendre compte du caractère dynamique de la relation entre l'activité du sujet et ses transformations. Cela suppose, a priori, l'adoption d'une méthode de recherche longitudinale que nous ne réalisons pas dans le cadre de cette recherche exploratoire. Cela dit, dans le discours des personnes, des indicateurs de ces changements et de ces transformations peuvent être trouvés : origine d'une activité, événement déclencheur, répétitions, expression d'émotions, envie de revivre une activité.

La cinquième exigence consiste à « *rendre compte de la singularité des activités par une approche située* » (Barbier, 2013, p. 18). Il s'agit de pouvoir repérer des invariants, des régularités tout en reconnaissant le caractère unique de chaque cas. Le concept de configuration défini par Barbier (Barbier, 2013) « *comme une organisation singulière de formes régulières* » (Barbier & Galatanu, 2003, p. 18) est à cet égard tout à fait approprié. La sixième et dernière exigence suppose de considérer notre recherche, elle-même, comme une activité. Pour ce qui nous concerne, il s'agit de documenter et de décrire suffisamment notre démarche pour que d'autres chercheurs puissent la comprendre et la critiquer.

3. Les EPA, des systèmes d'instruments

Nous pensons que les Environnements Personnel d'Apprentissage peuvent être appréhendés comme des systèmes d'instruments tels que

définis par (Rabardel, 2005) et opérationnalisés par Bourmaud dans sa thèse de doctorat (Bourmaud, 2006) : ensemble cohérent d'instruments « *organisé par le sujet pour répondre à la variété des situations rencontrées* » (Bourmaud, 2006, p. 322). Dans les travaux des auteurs, ces systèmes d'instruments sont étudiés dans le cadre d'activités particulières d'une communauté de praticiens. Ils ont notamment pour caractéristique d'être différents d'un individu à l'autre tout en partageant des points communs. Ils se caractérisent entre autres par la présence d'un instrument pivot pour lequel Bourmaud (2006) a mis en évidence quelques indicateurs objectifs :

« Il présente la fréquence d'occurrences dans le domaine d'activité la plus élevée ; sa fréquence d'usage pour chacune des classes de situations dans lesquelles il est mobilisé est constamment estimée à toujours ; sa répartition est homogène et couvre ainsi dans sa plus large globalité le domaine d'activité du Sujet » (p. 268).

Cette perspective instrumentale également développée dans ce numéro spécial par Henri et par Roland et Talbot, nous semble tout à fait cohérente avec une approche de l'EPA intégrant le point de vue du sujet construisant lui-même son environnement au service de son projet d'apprentissage. Dans ce cadre, l'EPA serait un système d'instruments au service notamment de l'activité constructive du sujet, c'est-à-dire centrée sur le développement du sujet lui-même, sur ses apprentissages (Rabardel, 2005).

Pour décrire et analyser les EPA comme systèmes d'instruments au-delà des frontières, nous proposons d'envisager plusieurs dimensions et de nous doter des concepts théoriques nous permettant de les appréhender :

- L'expérience d'apprentissage ;
- Les caractéristiques individuelles ;
- Les caractéristiques sociales ;
- Les objets techniques utilisés ;
- Les activités ;
- Les instruments construits et leur inscription dans un système (pivot).

3.1. L'expérience d'apprentissage

L'expérience d'apprentissage nous semble être la porte d'entrée pour l'étude des EPA considérés comme un système d'instruments supportant l'apprentissage au-delà des frontières. C'est pourquoi nous avons défini cet apprentissage comme étant « *reconnu par l'adulte comme une expérience significative développée dans plusieurs espaces et temporalités et médiée par les technologies* » (Charlier, 2013, p. 65). À cet égard, une analyse du contenu

des discours des sujets devrait nous conduire à décrire le sens qu'ils donnent à leur expérience, c'est-à-dire la direction, l'intention (Greimas, 1983) et la signification qu'ils leur accordent. Le sujet a-t-il l'intention de dépasser des frontières réelles ou imaginaires entre ses différentes activités ? Exprime-t-il une telle expérience de passage ou de transition ? L'EPA représente-t-il pour lui l'instrument de cette expérience ? Comme nous l'avons évoqué plus haut cette entrée par l'expérience a également été adoptée par Barron (2006). Elle conduit à nommer les expériences relatées par le sujet en respectant autant que possible leur discours.

Pour comprendre l'expérience dont les apprenants rendent compte en relation avec leur EPA, il nous paraît également stimulant d'évoquer la notion d'expérience d'apprentissage optimale ou de flow telle que définie par Heutte (2011) :

« Dans sa théorisation originelle (Csikszentmihalyi, 1990), l'expérience optimale apparaît (...) lorsqu'il y a une correspondance adéquate entre le défi (les exigences de la tâche) et les capacités de l'individu. L'expérience optimale rend l'individu capable d'oublier les aspects déplaisants de la vie, les frustrations ou les préoccupations. La nature de l'expérience optimale exige une concentration totale de l'attention sur la tâche en cours, de sorte qu'il n'y a plus de place pour la distraction. L'expérience optimale entraîne des conséquences très importantes : meilleure performance (Jackson & Csikszentmihalyi, 1999 ; Demontrond-Begr & Fournier, 2003), créativité, développement des capacités, estime de soi et réduction du stress (Csikszentmihalyi, 2006). » (p. 100).

En effet, on pourrait considérer que l'EPA construit par un sujet pourrait être le lieu d'une telle expérience qu'il chercherait à renouveler.

3.2. Les caractéristiques individuelles

Les caractéristiques individuelles des apprenants font partie des conditions de l'apprentissage à côté des conditions environnementales associées aux ressources humaines et non humaines à disposition. Ces conditions individuelles et environnementales sont, bien entendu, à considérer dans leurs interactions réciproques.

Au niveau des caractéristiques individuelles, nous retenons ici deux concepts centraux. L'autodirection et l'« *adaptive expertise* ». Comme nous l'avons déjà souligné en 2008 avec Henri et Limpens, l'autodirection de l'apprenant constitue un fondement de la notion d'Environnement Personnel d'apprentissage (Henri *et al.*, 2008). Il n'est pas imposé à un individu mais construit de manière autonome par lui pour répondre à ses besoins. À cet égard, (Jézégou, 2012) rappelle la

définition proposée par Carré en 2003 : « *l'apprenant autodirigé serait à la fois fortement engagé dans son propre projet (autodétermination), armé de techniques et de ressources cognitives, matérielles et humaines dont il est capable de réguler les usages en fonction de ses propres objectifs (autorégulation), le tout étant fortement soutenu et dynamisé par un sentiment affirmé de son efficacité personnelle à apprendre* » (p. 56).

Une autre caractéristique individuelle nous semble associée à la précédente, il s'agit de *l'adaptative expertise* (Bransford *et al.*, 2006). Elle est liée à la révision du concept de transfert, déjà évoquée plus haut. Dans cette perspective, le contenu du transfert est élargi aux composantes affectives et motivationnelles. La nature active du processus de transfert est soulignée, ainsi que le contrôle métacognitif de l'apprenant sur la situation de transfert. Cette capacité à anticiper sur quand, pourquoi et comment les aspects des connaissances acquises, compétences et motivation seront pertinents pour une autre situation est nommée *l'adaptative expertise*.

Envisager ainsi les conditions de l'apprentissage au-delà des frontières nous conduit à considérer l'Environnement Personnel d'Apprentissage comme un environnement construit par un apprenant autodirigé exploitant et adaptant les ressources technologiques et humaines à sa disposition pour apprendre, c'est-à-dire transformer les composantes de ses systèmes d'activités individuelles et collectives. Cet environnement devrait être considéré comme un système d'instruments adaptable selon les contextes reconnus par l'apprenant comme des contextes d'apprentissage au sein duquel cependant certains instruments pivots pourraient être identifiés.

3.3. Les caractéristiques sociales

L'EPA a une forte composante sociale dont nous n'avons pas encore parlé. À ce niveau, nous pourrions évoquer les caractéristiques des réseaux ou des communautés auxquelles l'apprenant appartient ainsi que la qualité des interactions vécues dans ces contextes. Wenger (2000) a montré le potentiel d'innovation et d'apprentissage associé à l'appartenance des personnes à plusieurs communautés en mettant en évidence le rôle de supports humains les personnes qui jouent le rôle de courtier ou d'intermédiaires entre des communautés tout comme les objets frontières ou les objets de transition dont nous avons déjà parlé plus haut.

Enfin, la qualité des interactions pourrait être analysée en caractérisant le niveau de construction des connaissances, *content processing* (le niveau

haut correspondant à une construction de signification ou de connaissances et le niveau bas à un simple échange ou à une acquisition de connaissances), ainsi que le type de régulations sociales, *social regulation* (individuelle, centrée sur soi ou collective centrée sur le groupe), vécues au sein des réseaux et des communautés (Volet *et al.*, 2009) auxquelles l'apprenant appartient. Le croisement de ces deux axes permet d'identifier 4 patterns : *low-level individual regulation, low-level co-regulation, high-level individual regulation, and high-level co-regulation*. Nous choisissons le modèle de Volet *et al.* (2009) pour ses qualités de lisibilité et d'applicabilité mais également pour la rigueur de son élaboration théorique.

3.4. Les objets techniques

En tant qu'objet concret, l'EPA renvoie notamment à un ensemble d'artefacts techniques à la disposition de l'apprenant. S'il n'est guère utile de les lister tant ils sont nombreux et changeants, il peut être intéressant pour notre propos de tenter de les caractériser. Ainsi au plan technique, ces environnements renvoient à des applications WEB 2.0 conçues pour aider les personnes à agréger et à partager des ressources, participer à l'élaboration collective de connaissances et gérer leur construction de connaissances (Dabbagh & Kitsantas, 2011), mais aussi à une quantité d'applications disponibles sur le WEB servant différentes fonctions telles que caractérisées par (Attwell, 2008) et reprises par (Felder, 2014) : recherche et structuration d'informations, traitement, analyse, réflexion, présentation, transfert, partage et réseautage. Nous y avons ajouté (Henri *et al.*, 2008) des fonctions d'autorégulation, de réflexivité et d'apprentissage collectif. Enfin, comme le font bien remarquer (Väljataga & Laanpere, 2010) l'intérêt des études sur les environnements d'apprentissage réside d'avantage dans la description et l'analyse de ce que les apprenants font avec ces technologies plutôt que dans les technologies elles-mêmes.

3.5. Les activités

De manière intuitive, l'activité se perçoit comme un phénomène dynamique. L'approche clinique analyse l'activité en appréhendant les interactions entre d'une part, les intentions du sujet avec leurs actions menées en interaction avec d'autres acteurs humains et non-humains et, d'autre part, leurs opérations observées à un niveau plus micro à partir de traces de comportements ou chaînes de comportements précis (Durand, 2009). Cette approche a été adoptée et diffusée notamment en français par Clot (1995) et en anglais par les travaux d'Engeström (2009).

Plusieurs concepts peuvent être convoqués pour appréhender ces différents niveaux de l'activité des apprenants et leurs interactions. L'approche clinique de l'activité de Clot intègre particulièrement bien l'analyse de l'intention du sujet puisqu'elle ne s'intéresse pas uniquement à l'activité réalisée mais aussi à l'activité possible. Ce que le sujet aurait voulu faire et ce qu'il fait vraiment.

Qu'est-ce qui peut spécifiquement pousser une personne à chercher à sortir de son cadre ou à construire une expérience significative à partir de son engagement dans des activités multiples et parfois en contradiction ? À ce niveau, il nous semble que le modèle des motifs d'engagement d'adultes en formation de Carré (2001) et particulièrement bien présenté par Vertongen *et al.* (2012) pourrait être stimulant :

*« Carré identifie dix motifs d'engagement en formation, trois intrinsèques et sept extrinsèques, chacun étant focalisé sur un aspect particulier du rapport à la formation: épistémique (pour le savoir en lui-même), socio-affectif (pour rencontrer d'autres personnes), hédonique (pour participer à l'ambiance), économique (pour un bénéfice économique direct ou indirect), prescrit (par obligation ou contrainte), dérivatif (pour échapper à autre chose), opératoire professionnel (pour acquérir des compétences dans le cadre de son emploi), opératoire personnel (pour développer des compétences utiles à un projet personnel), identitaire (pour l'image de soi) et vocationnel (pour répondre à un projet de mobilité professionnelle). » (Vertongen *et al.*, 2012, p. 4).*

Ensuite, au niveau de l'action, les médiations recherchées permettraient de décrire les stratégies voulues ou mises en œuvre en lien avec les motifs identifiés. Ainsi, le concept de médiation tel que décrit par Rabardel et Béguin (2005) s'articulerait partiellement avec la typologie de motifs proposée par Carré :

« Les relations entre le sujet et l'objet sur lequel il agit pour réaliser un but ne sont pas directes mais médiées (...) les actions du sujet sur l'objet peuvent prendre deux formes : les médiations épistémiques sont orientées vers la connaissance de l'objet et de ses propriétés ; les médiations pragmatiques sont orientées vers la transformation de l'objet, sa manipulation (...) Durant son activité avec un instrument, le sujet n'est pas seulement en relation avec l'objet. Les médiations réflexives concernent les relations du sujet avec lui-même médiées par un instrument (...) Finalement, les médiations relationnelles concernent les relations médiées avec d'autres » (Rabardel & Béguin, 2005, p. 443).

Enfin, au niveau des opérations, la construction des instruments et systèmes d'instruments (Rabardel, 2005) constituerait un objet d'observation central (*cf. infra*).

Pour conclure, la dimension régulatrice de l'activité doit être prise en compte pour appréhender les interactions possibles entre les trois niveaux de l'activité : intention, action, opération. À ce niveau, la définition de l'autorégulation environnementale proposée par Zimmermann cité par (Jézégou, 2012) nous paraît particulièrement utile : « *Elle concerne plus particulièrement les stratégies que le sujet met en œuvre pour disposer des conditions environnementales propices à ses apprentissages (Zimmerman, 2002).* » (p. 60). Il s'agirait de décrire et de comprendre par quels processus et dans quelles conditions, l'individu réalise ces régulations. À cet égard, la recherche que mène actuellement (Felder, 2014) ouvre des perspectives intéressantes.

3.6. Les instruments construits

Comme le rappelle bien (Rabardel, 2005), l'instrument composé d'un schème d'usage et d'un artefact symbolique ou matériel n'est instrument que pour le sujet. En ce sens, il est de nature subjective, c'est-à-dire constitué par le sujet ou le groupe dans le cadre de médiations – épistémique, relationnelle, pragmatique et réflexive – le caractérisant.

Nous avons proposé dans l'introduction de ce paragraphe de considérer l'EPA comme un système d'instruments. En ce sens l'articulation d'un ensemble d'instruments constitués par le sujet pour soutenir son apprentissage caractériserait son EPA. Pour le décrire, il serait nécessaire d'en identifier le pivot, permettant de relier entre eux plusieurs instruments, ainsi que la configuration d'instruments plus stable et propre à un individu.

3.7. Synthèse du cadre descriptif

Le cadre conceptuel constitué, de nature encore très exploratoire, permet d'appréhender l'EPA en tant que système d'instrument révélateur et médiateur d'une expérience d'apprentissage au-delà des frontières. Dans celui-ci, nous situons l'EPA dans un cadre d'analyse de l'activité interagissant avec des conditions : caractéristiques individuelles et de l'environnement matériel et humain.

Le schéma de la figure 1 synthétisant ce cadre devrait être vu en trois dimensions, l'expérience venant en surplomb des autres parties.

À la droite de celui-ci, l'expérience d'apprentissage au-delà des frontières pourrait être décrite et analysée du point de vue de l'adulte en réponse à des questions du type :

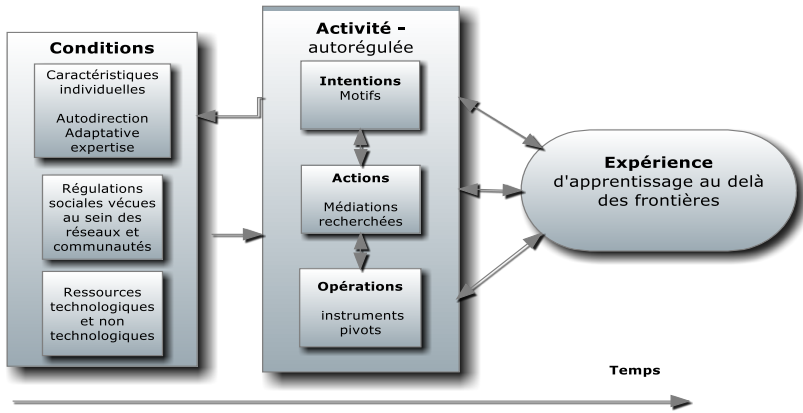


Fig. 1 • Un modèle pour comprendre l'apprentissage au-delà des frontières

« Pourriez-vous choisir une situation dans laquelle vous avez eu l'impression d'apprendre durant ces derniers mois. Cette situation devrait avoir commencé en formation, au cours de vos loisirs ou sur votre lieu de travail et s'être poursuivie dans un autre contexte. Pourriez-vous décrire cette situation, en essayant de vous rappeler les détails. C'était quand ? Avec quel point de départ ? Avec qui ? Avec quelles ressources (personnelles ou extérieures, éventuellement technologique) ? Que ressentiez-vous ? Quel était votre but ? Votre intention ? » (Charlier, 2013, p. 64).

L'analyse des contenus des discours permettrait notamment de caractériser un nombre limité d'expériences d'apprentissage auxquelles nous pourrions associer des analyses plus détaillées de l'activité et du système d'instruments constitué. Les conditions contribuant ou formant obstacle à un apprentissage au-delà des frontières pourraient être objectivées : les caractéristiques des apprenants et de l'environnement notamment les types d'outils technologiques à disposition et les régulations sociales vécues.

Ainsi, nous pourrions répondre aux questions posées précédemment : dans quelle mesure les EPA constituent-ils des supports aux processus d'apprentissage au-delà des frontières ? Dans quelle mesure intègrent-ils la construction d'objets frontières ? Quelles perspectives cette construction singulière de l'EPA comme objet de recherche ouvre-t-elle pour les personnes et pour les environnements ?

4. Méthode

Huit entretiens d'explicitation auprès de jeunes adultes ayant terminé depuis une à deux années leur master en Sciences de l'Education ont été réalisés. Ce choix est justifié par le caractère exploratoire de cette recherche et par la volonté de situer cette investigation auprès d'un public habitué aux usages des technologies (Web 2.0, réseaux sociaux, etc.) et vivant une période de transition dans leur vie personnelle et professionnelle, nécessitant potentiellement la réalisation de nombreux apprentissages. Il s'agit en d'autres termes de se donner toutes les chances de rencontrer un phénomène encore peu exploré comme tel. Outre les questions proposées au point 2.1.4., il a été demandé aux jeunes adultes de représenter leur EPA par un dessin. Les huit entretiens ont été retranscrits verbatim et analysés en appliquant la technique d'analyse catégorielle selon le modèle mixte (L'Ecuyer, 1990). Ainsi, à partir du cadre conceptuel, décrit au paragraphe précédent, un système de catégories a été produit. Les analyses de contenu ont permis la proposition de nouvelles catégories. Cette analyse a été facilitée par l'usage du logiciel *HYPERRESEARCH*. Les dessins produits n'ont malheureusement pas été de qualité suffisante pour une analyse approfondie. En particulier, les commentaires produits par les sujets au moment de réaliser ces dessins auraient dû être enregistrés. Ci-dessous nous détaillons donc les trois analyses cas fondées uniquement sur l'analyse du contenu des entretiens. Pour chaque analyse de cas, nous présentons tout d'abord le sujet interrogé et synthétisons, ensuite, les données sous la forme d'une matrice conceptuelle (Miles & Huberman, 2003) reprenant les principaux concepts représentés dans la figure 1.

Tableau 1 • Matrice conceptuelle (Charlier, 2013, p. 73)

Expériences	Activité	Conditions
Type d'expérience	Intentions- Motifs	Caractéristiques individuelles
Signification	Action- médiations	Interactions sociales : régulations vécues EPA : conception et évolution
	Opérations Instruments pivots	EPA : artefacts et systèmes d'artefacts

Tableau 2 • Matrice conceptuelle Jean-Marc

Expériences	Activité	Conditions
<p>Type d'expérience : « apprendre à côté »</p>	<p>Intention - Motifs Socio-affectifs, hédoniques et identitaires</p>	<p>Caractéristiques individuelles : auto- dirigé, de type expert adaptatif</p>
<p>Signification « Entrer en contact, échanger et construire un environnement selon ses besoins pour gagner du plaisir, rester éveillé « à côté ». »</p>	<p>Action- médiations Relationnelle : « entrer en contact, échanger » « Au moment où Skype démarre ça me frappe toujours, j'ai l'impression qu'il est à le côté de moi comme vous êtes là maintenant.. »</p>	<p>Interactions sociales : « [On est] vraiment à fond là- dedans dans le travail, on est sur le même document et c'est extrêmement efficace.. » EPA : conception et évolution « Mon environnement il évolue lorsque j'ai un besoin. (...) Ça veut dire que pour moi je sens que j'ai vraiment besoin pour pouvoir avancer j'ai besoin d'un outil qui me permettrait de faire telle tâche et ensuite si je trouve un outil qui correspond à mon besoin je l'adopte »</p>
<p>« Si je suis en train de faire le Skype depuis la maison si j'entends du bruit de la maison, les enfants qui m'appellent ou n'importe, c'est comme si ça n'existait pas, je suis focalisé sur une activité. »</p>	<p>Opérations Instruments pivots L'ordinateur portable</p>	<p>EPA : « à la maison, je vais représenter ici mon bureau avec l'écran de, l'ordinateur portable, le téléphone, posé comme ça sur un trépied pour travailler (...) déjà les livres et quelques articles (...). Ensuite sur le téléphone ici, j'ai Skype, je le mets ici comme ça me permet de garder le visage de l'autre visible (...). Ensuite le document avec Google doc (...) ici, en règle générale, je partage l'écran en deux, avec une partie internet et puis une partie Zotero. Comme ça je trouve mes notes et références plus facilement ».</p>

5. Analyses de cas

5.1. Jean-Marc

Jean-Marc après des études d'instituteur a repris ses études universitaires « sur le tard » à l'âge de 37 ans afin de conserver son emploi. Pour faire son métier actuel, il n'a pas vraiment l'impression de devoir apprendre « *par contre pour garder la motivation pour gagner du plaisir, pour rester éveillé* », il a « *l'impression de toujours devoir chercher un petit peu à côté du travail* ». Il résume sa démarche comme suit : « *Je réfléchis sur ce sujet, il y en a d'autres qui réfléchissent j'ai envie de pouvoir rentrer en contact et de pouvoir échanger avec ces personnes* ». La situation qu'il choisit d'évoquer est une situation de collaboration avec un collègue québécois, à côté de son travail : « *on a voulu faire une communication dans un colloque ensemble et à ce moment-là on a dû commencer à travailler en collaboration à distance pour préparer le travail. Et tout cet apprentissage autour (du sujet...) c'est un domaine que j'avais jamais étudié vraiment précisément, c'est un apprentissage que j'ai pu faire dans ce cadre-là.* »

Dans le cas de Jean-Marc, se décrivant lui-même comme un apprenant autodirigé et orienté vers la réutilisation de ses connaissances (usage de Zotero), son EPA semble accompagner l'expérience de « *plonger dans une situation encore inconnue* » suscitant un apprentissage créatif tel qu'Engeström et Sannino (2010) le proposent. Il ne s'agit pas de se confronter à une barrière imaginaire ou réelle entre l'apprentissage et le travail mais de s'évader volontairement pour « apprendre à côté ». En ce sens l'EPA est construit et évolue de manière intentionnelle par Jean-Marc pour répondre à un besoin. Le système d'instruments constitué semble cependant présenter certains invariants. Ainsi, dans l'expérience relatée l'ordinateur portable apparaît comme un pivot associé à Google doc (éditeur) et à Zotero (gestionnaire de bibliographie).

Dans le cas de Jean-Marc, on pourrait considérer que la situation de communication avec son collègue québécois lui permettant d'« être à côté de lui » répond à des motifs socio-affectifs, hédoniques et identitaires (Carré, 2001). Ce type de situation et les conditions technologiques, physiques et sociales qui l'accompagnent (supposant un haut niveau d'interactions sociales et des régulations collectives) seront recherchées à nouveau par Jean-Marc comme Heutte (2011) l'a montré dans sa thèse concernant les conditions du bien être des étudiants à l'Université. Tout se passe comme si Jean-Marc vivait une expérience optimale (« *flow* ») et cherchait par la suite à la recréer au travers de la construction de son EPA.

Tableau 3 • Matrice conceptuelle Jean

Expériences	Activité	Conditions
Type d'expérience : « ajouter des compétences, je sais le faire »	Intentions – Motifs : Intrinsèques, opératoires, personnels et professionnels	Caractéristiques individuelles : autodirigé
Signification : « Rechercher de l'information, apprendre par soi-même »	Action- médiations : « Je vais regarder des forums sur internet je vais aller chercher des revues spécialisées (médiations épistémiques) » « je fais des tests, des essais et à un moment donné je vais dire « ok, je sais le faire » (médiation pragmatique)	Interactions sociales : EPA : conception et évolution
	Opérations Instruments pivots : Il n'y a pas d'instrument pivot, plutôt un espace pivot. « Alors, si je dois prendre le cadre général où j'apprends le plus, étonnamment c'est la maison. (...) la plus part des temps on étudie chez soi, donc c'est pour ça que la maison prend de l'importance et puis après, le bureau, ce n'est pas un lieu où j'apprends beaucoup, c'est un lieu où j'exécute où je fais les choses et autre. »	EPA : artefacts et systèmes d'artefacts « Puis après à la maison bon si je fais un croquis on va mettre (...) la télévision, je regarde simplement la télévision, mais des choses assez pointues qui m'intéressent, puis après j'ai, on va dire, tout ce qui est la lecture qui prend une grande place, alors, si c'est des choses universitaires ça sera les articles, des choses, on va dire, scientifiques et tout ce qui est, justement par rapport à tous ces outils de graphisme c'est des revues et puis c'est des revues spécialisées et autres et puis après ben il y a l'ordinateur, internet »

5.2. Jean

Jean, 27 ans a terminé son Master, il y a un an. Il travaille dans le monde de la presse, c'est un travail qu'il avait déjà commencé à la fin de ses études. En réponse à la question posée, il nous dit : « je suis quelqu'un qui marche surtout au challenge »; « Ça veut dire qu'un moment donné je ne sais pas faire quelque chose, surtout en informatique euh on est en train de mettre en place une application iPhone. Il y a quelque mois en arrière je ne savais pas le faire, et après je vais prendre des renseignements, c'est très

empirique hein je vais regarder des forums sur internet je vais aller chercher des revues spécialisées et puis je vais m’y mettre. Je prends du temps pas sur les heures de travail bien sûr, parce que j’ai aussi de l’intérêt de rajouter des compétences et je bosse le weekend, je fais des tests, des essais et à un moment donné je vais dire « ok, je sais le faire ». « J’utilise les outils où là je vais apprendre quelque chose et je vais y arriver avec ça. ». « Et c’est un peu (...) j’aime bien cette manière de rechercher l’information, d’apprendre par soi-même tout d’un coup, de posséder l’outil et de savoir créer les choses. Au niveau du ressenti ben, il y a une grande satisfaction à le faire à diffuser un nouvel outil et le but c’est de rajouter des compétences, mais c’est des compétences qui sont assez spécifiques. ».

Chez Jean, comme chez Jean-Marc d’ailleurs, l’autodirection semble prégnante. Cette intention est située par (Barron, 2006) dans une perspective d’écologie de l’apprentissage, l’individu crée un contexte dans lequel il va apprendre pour réaliser un but qui est né ailleurs dans un autre contexte. Ses motifs semblent intrinsèques, opératoires et personnels (« je sais le faire »). Pour Jean c’est le domicile qui constitue le contexte le plus favorable à ses apprentissages répondant à des challenges nés sur le lieu de travail. À ce propos, Jean établit une frontière assez claire entre le travail et le domicile : « *au travail on n’apprend pas* ». Cependant, c’est au travail que le besoin de compétences nouvelles né et que ces compétences développées à domicile seront réinvesties. La place centrale occupée par le domicile comme espace d’apprentissage (lieu où on retrouve la télévision, l’ordinateur avec l’accès internet et les revues spécialisées) pourrait conduire à se représenter l’EPA également comme un lieu, un espace intermédiaire comme le sont les objets frontières ou les objets de transition nécessaire pour chercher, apprendre, essayer seul puisque dans le cas de Jean les interactions sociales sont peu présentes.

5.2. Marie

Marie 26 ans a également terminé son master depuis un an, elle a décidé de passer quelques mois à l’étranger pour apprendre l’anglais avant de chercher un emploi dans le domaine des Sciences de l’Education. C’est en évoquant le téléphone intelligent qu’elle évoque le mieux ses expériences d’apprentissage : « *Alors, pour moi je pense qu’il (le téléphone intelligent) est, bon capital peut être qu’on pourrait faire autrement, mais disons c’est surtout dans le sens où c’est quelque chose qui va très vite, l’utilisation. Par exemple si (...) assez souvent quand tu parles de quelque chose avec des amis, tu te dis « mais oui, voir par exemple simplement les sujet actuel, l’Euro (la compétition de football) par exemple on se dit « dis donc ce joueur dans quelle*

équipe il joue par exemple ? » ou ce genre des choses et toute de suite tu pianotes sur ton téléphone et tu as la réponse, alors je pense que, mais ça c'est des apprentissages entre guillemets, mais voilà par exemple mais disons qu'après ça peut être la même chose pour, dans une discussion quelqu'un emploie un mot que tu te dis « dis donc t'es sur que c'est juste dans ce contexte ? » tu cherches aussi très rapidement et puis t'as toute de suite la réponse. C'est aussi quelque chose qui, peut-être tu n'utiliserais pas comme un dictionnaire, c'est quelque chose que t'utilises tellement rapidement que c'est, c'est vraiment génial au fait, j'aime beaucoup parce que c'est vrai que si tu dois aller noter sur un bout de papier, aller chercher dans ton dictionnaire le soir quand tu rentres, je pense qu'on le fait pas. Donc après ce que l'on retient exactement ce qu'on a été cherché je ne sais pas, mais en tout cas on l'a au moins une fois lu. Donc... »

Tableau 4 • Matrice conceptuelle Marie

Expériences	Activité	Conditions
Type d'expérience : « apprendre tout le temps, partout, tous les jours »	Intentions – Motifs : Extrinsèques, opératoires personnels	Caractéristiques individuelles : relativement peu autodirigée
Signification : « J'aime beaucoup, c'est capital »	Action- médiations : « C'est immédiat, c'est quelque chose que t'as tous les temps sur toi donc ton téléphone » (médiation pragmatique) « Non, apprendre partout, je pense que c'est aussi finalement, si on arrive soit dans les transports publics, soit à lire deux lignes de théorie (...) on arrive à peut-être les mémoriser aussi même si que c'est deux lignes, donc je pense que c'est aussi bien de (...) de l'avoir partout au fait. » (médiation épistémique)	Interactions sociales : EPA : conception et évolution
	Opération Instruments pivots : Téléphone intelligent	EPA : artefacts et systèmes d'artefacts : Téléphone intelligent

Marie décrit une expérience dans laquelle elle fait apparaître peu d'auto-direction c'est plutôt la situation et la disponibilité du téléphone intelligent qui la conduit à réaliser un apprentissage en cherchant sur le vif une information factuelle. En ce sens dans cette expérience c'est

l'absence de frontières qui est remarquable. On peut apprendre partout et tout le temps. Le motif semble extrinsèque et opératoire, il s'agit de montrer que l'on peut répondre à une question dans l'instant. Les interactions sociales correspondantes seraient de bas niveau (échange d'information) et régulées individuellement.

Chez Marie l'apprentissage semble être moins guidé par l'intention d'apprendre que par la disponibilité de l'accès à l'Internet pour rechercher des informations. C'est la disponibilité partout de cette technologie qui rend possible un apprentissage du type « prendre des informations ». L'EPA conçu dans ce cadre apparaît comme beaucoup moins complexe et renvoie à une seule technologie à disposition : le téléphone mobile.

6. Analyse intercas et discussion des résultats

Les cas de Jean-Marc, Jean et Marie sont suffisamment contrastés pour évoquer des configurations particulières comme l'a fait (Barron, 2006) en distinguant des types d'apprentissage « auto-initiés » comme l'exploration de médias (essayer des applications, surfer...), construire un réseau de connaissances (joindre des groupes d'intérêts, trouver des mentors, avoir des conversations avec des pairs ou des proches) ou ceux d'(Ito *et al.*, 2008) concernant les genres de participation des adolescents américains sur internet (« *Hanging out, seeking around et geeking* »). C'est la raison pour laquelle dans la catégorie « signification » de l'expérience nous avons présenté les termes caractérisant, selon nous, le mieux l'activité d'apprentissage au-delà des frontières telle qu'exprimée par ces trois adultes. Le cas de Jean-Marc est sans doute le plus complet puisqu'il est possible de mettre en relation son intention de « *gagner du plaisir* », « *rester éveillé* », « à côté » avec ses actions « *d'entrer en contact et d'échanger* » et ses opérations de conception et d'usage de son EPA. Les cas de Jean et de Marie montrent, par ailleurs, qu'il serait possible de distinguer plus finement les formes d'apprentissage au-delà des frontières en tenant compte de motifs différents (« *apprendre par soi-même, devenir compétent en cherchant des informations* » et « *apprendre tout le temps* »).

Dans la suite de notre analyse, nous reprenons les trois questions de notre recherche exploratoire et identifions les pistes apportées par notre démarche. Ce faisant nous en questionnons la valeur heuristique.

Dans quelle mesure les EPA conçus en usage par les apprenants constituent-ils des supports aux processus d'apprentissage au-delà des frontières ?

Chez Jean-Marc tout comme chez Jean, des processus de passages de frontières décrits dans la littérature peuvent être identifiés. Il s'agit essentiellement d'oser plonger dans des situations inconnues (Engeström & Sannino, 2010) et du premier processus décrit par Akkerman et Bakker (2011) et par Perkins et Salomon (2012) : détecter ou identifier une situation dans laquelle un besoin de compétences se fait sentir. Dans ces deux cas, il est intéressant de constater que l'EPA pourrait lui-même être considéré comme un espace intermédiaire, frontière, de transition ou passeur selon l'expression adoptée pour traduire l'expression anglaise de « *boundary object* ». Tout se passe comme si le sujet se construisait son environnement d'apprentissage comme un environnement « protégé » à la fois physique et instrumenté au plan social et technologique, lui permettant de se plonger dans l'inconnu, de faire des essais, enfin d'apprendre.

L'intuition de départ semble donc pertinente. Cependant, pour poursuivre notre recherche, plusieurs aspects devraient être pris en compte : il s'agirait tout d'abord de revoir la situation de recueil de données qui nous semble trop spécifique. En effet, si elle permet au sujet d'évoquer des expériences riches et précises, elle empêche d'envisager d'autres types d'expériences vécues éventuellement sur une période de vie plus longue. En outre, pour vraiment saisir une expérience d'apprentissage au-delà des frontières une étude longitudinale s'avèrerait indispensable.

Dans quelle mesure constituent-ils des systèmes d'instruments ?

Dans les deux premiers cas également, les EPA décrits peuvent être considérés comme des systèmes d'instruments, c'est-à-dire des ensembles cohérents d'instruments « *organisés par le sujet pour répondre à la diversité des situations rencontrées* » (Bourmaud, 2006). Si l'ordinateur joue un rôle central, contrairement à ce que nous avons envisagé au départ, l'espace du domicile joue un rôle particulièrement important. Malgré le caractère mobile des applications, l'espace physique du domicile rend possible une expérience d'apprentissage valorisée par nos deux sujets particulièrement autodirigés. Notons à nouveau qu'il est difficile d'identifier réellement un instrument pivot au plan individuel sans réaliser d'étude longitudinale et se doter d'observations plus précises.

Quelles perspectives cette construction singulière de l'EPA comme objet de recherche ouvre-t-elle pour les personnes et pour les environnements ?

Dans notre article de 2013, nous suggérons trois conjectures : 1. « *Il est possible de mettre en évidence des configurations spécifiques ; (...) 2. Ces configurations évoluent et impactent sur les intentions d'apprendre (conceptions, motifs) (...); 3. Les EPA constituent des systèmes d'instruments de transition* » (Charlier, 2013, p. 75-76).

Les configurations spécifiques nous semblent être bien décrites au moyen de notre cadre d'analyse (figure 1. et table 1.) ainsi que leur rôle potentiel comme systèmes d'instruments de transition.

À ce niveau, il faut insister sur la différence marquante apparue avec le cas de Marie. Au travers de ce qu'elle nous donne à voir, Marie semble beaucoup moins autodirigée. La constitution de son EPA serait bien davantage orientée par l'action que par l'intention. En relation avec cette intention, son EPA semble être limité à son téléphone intelligent et à ses fonctionnalités de recherche d'informations.

Bien entendu, la mise en évidence de configurations spécifiques devrait être poursuivie dans le cadre d'autres recherches. Mais, en attendant, nous pouvons nous interroger sur les rôles des dispositifs de formation formels et des technologies dans le développement de nouvelles manières d'apprendre. Apprendre partout et tout le temps a parfois été considéré comme un label de qualité, or ce type de démarche peut renvoyer davantage à la prise d'informations ponctuelles qu'à des apprentissages. Ou, au contraire, nos visions de l'apprentissage et de son évaluation devraient peut-être évoluer au sens de « l'individu plus » proposé par Perkins (1995). Ce seraient aussi les objets autour de nous qui apprendraient.

Au-delà des recherches nécessaires, une réflexion approfondie devrait être menée sur le rôle de nos formations pour préparer les individus à devenir des experts adaptatifs, ou encore comme le proposent Cune et Entwistle (2011) à développer leur disposition à comprendre par eux-mêmes (« *disposition to understand for oneself* »). Cette préparation ne passerait pas seulement par une réflexion sur leurs manières d'apprendre mais aussi par une préparation à un usage efficient des ressources à leur disposition (outils technologiques et ressources humaines).

7. Conclusions et perspectives

Les EPA semblent pouvoir constituer des sources de données essentielles. Au-delà de données objectives (traces, logiciels utilisés, interactions sociales), notre contribution démontre qu'il n'est pas possible de les décrire et de les analyser sans prendre en compte les intentions et les

représentations des apprenants. En effet, les EPA intègrent aussi un environnement social et des enjeux identitaires qu'il n'est pas possible de représenter uniquement avec les technologies. Les apprenants construisent et font évoluer leurs EPA non seulement en fonction de leurs motifs mais aussi en réaction à leurs expériences d'apprentissage (dans les cas analysés pour les revivre). Nous ne savons pas quels impacts ces expériences plus ou moins complexes ont sur le devenir personnel et professionnel des personnes. De nombreuses questions restent ouvertes.

Au regard de nos analyses, nous avons relevé plusieurs limites à cette recherche exploratoire. Nous pensons cependant avoir pu démontrer tout l'intérêt heuristique d'un programme de recherche sur les EPA comme systèmes d'instruments pour l'apprentissage au-delà des frontières. Il s'agit d'aller au-delà du discours idéal associé aux dernières nouvelles technologies, d'en repérer les exigences et les impacts sur et pour les apprenants. Bref tenter de « *faire un pas de côté* » (Barbier, 2013). Le cadre d'analyse du passage de frontières nous semble particulièrement stimulant pour ce faire.

BIBLIOGRAPHIE

AKKERMAN S. F., BAKKER, A. (2011). Boundary crossing and boundary objects. *Review of educational research*, Vol. 81 n° 2, 132-169.

ATTWELL G., BIMROSE J., BROWN A., BARNES S.A. (2008). Maturing Learning : Mash up Personal Learning Environments. Disponible sur Internet : <http://ftp.informatik.rwth-aachen.de/Publications/CEUR-WS/Vol-388/attwell.pdf> (consulté le 20.07.2014).

BARRON B. (2006). Interest and Self-Sustained Learning as Catalysts of Development: A Learning Ecology Perspective. *Human Development*, Vol. 49, 193-224.

BARBIER J.-M. (2013). Un nouvel enjeu pour la recherche en formation : entrer par l'activité. *Savoirs*, Vol. 3 n° 33, 9-22. Disponible sur Internet <http://www.cairn.info/revue-savoirs-2013-3-page-9.htm> (consulté le 19 août 2014).

BEACH K. (1999). Consequential transitions: a sociocultural expedition beyond transfer in education. *Review of Research in Education*, Vol. 24, 101-139.

BIGGS J. (2003). *Teaching for Quality Learning at University*. Buckingham, The Society for Research into Higher Education and Open University Press.

BONFILS P., PERAYA D. (2014). Détournements d'usages et nouvelles pratiques numériques : l'expérience des étudiants d'Ingémédia à l'Université de Toulon. *STICEF vol. 21, 2014, numéro spécial « Les environnements d'apprentissage : entre description et conceptualisation »*.

BOURMAUD G. (2006). *Les systèmes d'instruments : méthodes d'analyse et perspectives de conception*. Thèse en Psychologie dirigée par P. Rabardel. Université Paris VII-Saint-Denis.

BRANSFORD J., BARRON B., PEA R., MELTZOFF A., KUHL P., BELL P. STEVENS R., SCHWARTZ D., VYE N., REEVES B., ROSCHELLE J., SABELLI N., (2006). *Foundations and opportunities for an interdisciplinary science of learning*. Disponible sur internet : http://www.stanford.edu/roypea/RoyPD%20folder/A129_LIFE_CHLS.pdf (consulté le 24 mars 2010).

CARRE P. (2001). *De la motivation à la formation*. Paris, L'Harmattan

CARRE P. (2003). La double dimension de l'apprentissage autodirigé, Contribution à une théorie du sujet social apprenant. *Revue Canadienne pour l'étude de l'éducation des adultes*, Vol. 1 n° 1, 66-91.

CHARLIER B. (2013). Apprendre au-delà des frontières : entre nomadismes et mobilités. *Savoirs*, Vol. 2 n° 32, 63-79.

CLOT Y. (1995). *Le Travail sans l'homme*. Paris, La Découverte.

DABBAGH A., KITSANTAS A. (2011). Personal Learning Environments, social media, and self-regulated learning: A natural formula for connecting formal and informal learning. *Internet and Higher Education*, Vol. 15, 3–8.

DURAND M. (2009). Analyses du travail dans une visée de formation : cadres théoriques, méthodes et conceptions. Dans Barbier, J.-M., Bourgeois, E., Chapelle, G. Ruano-Borbalan, J.-C. *Encyclopédie de la formation*. Paris, Presses Universitaires de France, p. 827-844.

ENGESTROM Y., SANNINO A. (2010). Studies of expansive learning: Foundations, findings and future challenges. *Educational Research Review*, doi:10.1016/j.edurev.2009.12.002

ENGESTROM Y. (2009). Expansive learning. Toward an activity-theoretical reconceptualization. Dans Illeris, K. (Ed), *Contemporary theories of learning*. Routledge, London and New-York.

CUNE M.C., ENTWISTLE N. (2011), Cultivating the disposition to understand in 21st century university education. *Learning and Individual Differences*, Vol. 21 n° 3, 303-310, ISSN 1041-6080. Disponible sur Internet : <http://dx.doi.org/10.1016/j.lindif.2010.11.017> (consulté le 19 août 2014).

FACER K., SANDFORD R. (2010). The next 25 years?: future scenarios and future directions for education and technology. *Journal of computer assisted learning*, Vol. 26 n° 1, 74-93.

FELDER J. (2014, à paraître). *Régulation de l'Environnement Personnel d'Apprentissage*. Master en Sciences de l'Éducation. Université de Fribourg.

GREIMAS A. J. (1983). *Du sens II*. Paris, Seuil.

HENRI F., CHARLIER B. & LIMPENS F. (2008). Understanding PLE as an Essential Component of the Learning Process. In *Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications 2008*, Chesapeake, VA, AACE, p. 827-844. Disponible sur internet : <http://www.editlib.org/p/28906>. (consulté le 19 août 2014.)

HEUTTE J. (2011). La part du collectif dans la motivation et son impact sur le bien-être comme médiateur de la réussite des étudiants : complémentarités et

contributions entre l'autodétermination, l'auto-efficacité et l'autotélisme. Thèse de Doctorat en Sciences de l'Éducation. Université Paris Ouest Nanterre La Défense. Disponible sur internet : <http://jean.heutte.free.fr/spip.php?article123> (consulté le 19 août 2014.).

ITO M., HORST H., BITTANTI M., BOYD D., HERR-STEPHENSON B., LANGE P. G., ROBINSON L. (2008). Living and Learning with New Media: Summary of Findings from the Digital Youth Project. *John D. and Catherine T. MacArthur Foundation*. Disponible sur internet : <http://www.editlib.org/p/28906> (consulté le 19 août 2014.).

JÉZÉGOU A. (2012). *L'ouverture et la présence en E-Learning: contribution à la modélisation des environnements de E-learning favorables à l'autodirection de l'apprenant*. Note de synthèse en vue de l'obtention de l'Habilitation à Diriger des Recherches en Sciences de l'Éducation, Université Européenne de Bretagne-Rennes2. UFR Sciences Humaines. Département des Sciences de l'Éducation.

KONKOLA R., TUOMI-GRÖHN T., LAMBERT P., LUDVIGSEN (2007) Promoting learning and transfer between school and workplace. *Journal of Education and Work*, Vol. 20 n° 3, 211-228.

MILES M.B., HUBERMAN M. (2003). *Analyse des données qualitative*. Bruxelles, De Boeck.

RABARDEL P. (2005). Instrument, activité et développement du pouvoir d'agir. Dans P. Lorino et R. Teulier, *Entre connaissance et organisation : l'activité collective*. Paris, La Découverte, p. 251-265.

RABARDEL P., BEGUIN P. (2005). Instrument mediated activity: from subject development to anthropocentric design. *Theoretical issues in ergonomics sciences*, Vol. 6 n° 5, p. 429-461.

PERKINS D. (1995). L'individu plus : une vision distribuée de la pensée et de l'apprentissage. *Revue Française de Pédagogie*, n° 111, 57-71.

PERKINS D. N., SALOMON G. (2012). Knowledge to go: A motivational and dispositional view of transfer. *Educational Psychologist*, Vol. 47 n° 3, 248-258.

SALOMON G., PERKINS D. N., GLOBERSON T. (1991). Partners in cognition: Extending human intelligence with intelligent technologies. *Educational researcher*, Vol. 20 n° 3, 2-9.

SAUNDERS M., CHARLIER B., BONAMY J. (2005). Using evaluation to create 'provisional stabilities': bridging innovation in Higher Education change processes. *Evaluation: the international journal of theory, research and practice*, Vol, 11 n° 1, 37-55.

STAR S. L. (1989). The Structure of 111 Structured Solutions: Boundary Objects and Heterogeneous Distributed Problem Solving. *Distributed Artifical Intelligence*, Vol. 2, 37-54.

VÄLJATAGA T., LAANPERE M. (2010). Learner control and personal learning environment: a challenge for instructional design. *Interactive Learning Environments*, Vol. 18 n° 3, 227-291. Disponible sur internet : <http://arnetminer.org/publication/learner-control-and-personal-learning-environment-a-challenge-for-instructional-design-3127069.html;jsessionid=F143654F4E811F8A88FB9B5025D6F4C3> (consulté le 19 août 2014.).

VERTONGEN G., BOURGEOIS E., NILS F., DE VIRON A.-F., TRAVERSA, J. (2012). Les motifs d'entrée en formation des adultes en reprise d'études universitaires. *L'orientation scolaire et professionnelle* [En ligne], Vol. 38 n° 1 (2009). Mis en ligne le 15 mars 2012. Disponible sur internet : <http://osp.revues.org/1829> ; DOI : 10.4000/osp.1829 (consulté le 13 décembre 2013.)

VOLET S., SUMMERS M., THURMAN, J. (2009). High-level co-regulation in collaborative learning: How does it emerge and how is it sustained? *Learning and Instruction*, Vol. 19 n° 2, 128-143.

VOLET S. (2013). Extending, broadening and rethinking existing research on transfer of training. *Educational Research Review*, Vol. 8 n° 1, 90-95.

WENGER E. (2000). Communities of Practice and Social Learning Systems. *Organization*. Vol. 7 n° 2, 225-246.

À propos de l'auteur

Bernadette Charlier est titulaire d'un doctorat en sciences de l'éducation de l'Université Catholique de Louvain (UCL), elle est professeur ordinaire au Département des sciences de l'éducation de l'Université de Fribourg (Suisse), titulaire du domaine d'expertise Innovation, Formation et directrice du Centre de didactique universitaire de cette université. Elle y enseigne depuis 2002 après avoir dirigé le Centre multimédia de l'Université de Namur (Belgique) et la Cellule d'ingénierie pédagogique de la même institution. Ses recherches et ses enseignements portent sur la Technologie de l'Éducation, la formation des adultes et la pédagogie universitaire.

Adresse : Université de Fribourg, Centre de Didactique Universitaire, Boulevard de Pérolles 90, CH. 1700 Fribourg, Suisse.

Courriel : bernadette.charlier@unifr.ch



Détournements d'usages et nouvelles pratiques numériques : l'expérience des étudiants d'Ingémédia à l'Université de Toulon

► **Daniel PERAYA** (TECFA, Genève),
Philippe BONFILS (Ingémédia, Toulon)

■ **RÉSUMÉ** • Ce texte contribue à une étude menée depuis trois ans sur l'analyse des usages numériques de groupes d'étudiants en situation de projet à l'Unité Formation Recherche Ingémédia de l'Université de Toulon. Il décrit les environnements virtuels de travail adoptés par ces groupes d'étudiants et tente d'analyser les fonctions de communication et d'information mobilisées durant les projets. Les résultats proposés montrent que certaines nouvelles pratiques culturelles et sociales numériques participent fortement de détournements d'usages au sein des dispositifs utilisés. Les auteurs concluent sur l'émergence de ce qu'ils qualifient de nouvelles formes en ligne « d'être ensemble » pour mieux « faire ensemble ».

■ **MOTS-CLÉS** • Environnements collectifs de travail, usages, pratiques sociales et culturelles, faire ensemble, être ensemble.

■ **ABSTRACT** • *A This paper contributes to a study conducted for three years on the analysis of digital uses of students involved in project at the faculty of Ingemedia at the University of Toulon. It describes the collective virtual working environments adopted by these groups of students and attempts to analyze the functions of communication and information mobilized for projects. The results show that some new cultural and social digital practices highly participate hijacking uses within the devices. The authors conclude with the emergence of what they call new online forms of "being together" for a better "working together".*

■ **KEYWORDS** • *Collective virtual working environment, uses, social and cultural practices, doing together, being together.*

1. Introduction

Ce texte s'inscrit dans la continuité de deux études précédentes consacrées aux environnements de travail que se construisent des étudiants en formation en ingénierie multimédia à l'Ufr Ingémédia de l'Université de Toulon. La première (Bonfils & Peraya, 2011) montrait que les étudiants¹ avaient tendance à préférer aux environnements technopédagogiques déployés par leur université, des dispositifs de type « réseaux sociaux » (Facebook, Twitter, etc.) ou des dispositifs « collaboratifs » ouverts (Google Docs, Google Wave, Dropbox, etc.) qui constituent la base socio-technique (Bonfils & Dumas, 2007) ou techno-sémiopragmatique (Peraya, 1999) de leurs environnements personnels de communication et de travail. Sur la base d'observations empiriques, nous avons décrit le développement d'environnements virtuels de travail et d'apprentissage plus proches des environnements personnels des apprenants, voire intégrés à ceux-ci, et construits selon une logique des besoins et d'usages personnalisés (Attwell, 2007).

La deuxième recherche (Peraya & Bonfils, 2012) introduisait une dimension longitudinale : les mêmes étudiants avaient été interrogés six mois plus tard alors qu'ils poursuivaient leur parcours universitaire. Cette période de six mois nous a paru d'autant plus importante qu'elle coïncidait avec la pénétration de nouveaux dispositifs technologiques tels que le smartphone et le développement important de leur usage dans les sphères privées. Dans cette publication, nous avons décrit plus finement la dynamique décisionnelle qui mène à l'adoption des dispositifs au sein des groupes ainsi que l'évolution dans les choix et l'utilisation des dispositifs adoptés. Nous avons aussi identifié les raisons d'abandon et d'adoption des dispositifs, les comportements nouveaux et les usages émergents liés aux caractéristiques majeures des nouveaux environnements de travail virtuels en ligne (web participatif) ou mobiles (les smartphones). Nous avons pu mettre en relation ces comportements avec les représentations et les valeurs largement attribuées à ces technologies : synchronicité, connexion permanente, flux communicationnel, travail en temps réel, mobilité, nomadisme, etc. Enfin, ces résultats ont montré l'effacement progressif des frontières entre les usages personnels et académiques, et le rôle de certains dispositifs particuliers, tels que les smartphones, dans un contexte de travail qui associe présentiel et distanciel, informationnel et relationnel, enfin entre formel et informel.

La troisième étude que nous présentons ici porte sur l'analyse des données recueillies auprès des mêmes étudiants durant l'année 2012-

2013. Notre objectif était, toujours dans une perspective longitudinale, d'observer l'évolution des usages et des comportements décrits dans les deux premières études. Nous avons particulièrement centré notre observation sur les environnements de travail de groupes et, d'autre part, sur les effets de l'usage de plus en plus important de médias sociaux tels que Facebook ou Twitter à des fins collaboratives sur les pratiques communicationnelles et organisationnelles des groupes. Enfin, nous avons souhaité comprendre le rôle que pourrait jouer le smartphone dans l'adoption et l'usage de dispositifs numériques non institutionnels.

L'approche par fonctions constitutives de tout environnement de formation médiatisée (Charlier *et al.*, 2006 ; Meunier & Peraya, 2004 ; Peraya, 2003) constituera le cadre de référence sur lequel nous fonderons l'observation de l'évolution des usages et des comportements d'une part, notre réflexion critique d'autre part. Par ailleurs, nous avons pris le parti d'analyser comment se construisent les EPA à partir de la construction d'environnement de travail de groupe. Notre objectif est en effet de comprendre quels sont, à terme, les effets de l'observation, de la négociation et des processus d'appropriation des membres des groupes sur leur propre EPA. L'analyse des nombreuses médiations opérées dans les groupes nous a déjà montré dans les études précédentes que ces effets sont complexes. Elles donnent lieu par l'intermédiaire de dynamiques collective à des régulations et à la construction d'environnements de groupes. Nous faisons ainsi l'hypothèse que les usages avérés de ces environnements de groupe ont un impact dans la durée sur les usages individuels des sujets, et dans cette continuité qu'ils sont susceptibles de transformer progressivement la construction d'environnements personnels d'apprentissage.

2. Ancrage théorique,

2.1. Dispositifs et environnements : objets théoriques et empiriques

La littérature propose aujourd'hui de nombreux termes concurrents pour désigner les technologies numériques à partir desquelles les individus comme les groupes construisent leurs environnements d'apprentissage, de travail, de communication, etc. : dispositif sociotechnique (DISTIC) (Bonfils, 2007), dispositif techno-sémiopragmatique (DTSP), (Peraya, 1998), dispositif de formation et de communication médiatisées (Meunier & Peraya, 2004), outils, services (Gauthier, 2004) ou services web, environnement technopédagogique, etc. Quels sont nos choix théoriques et terminologiques ?

Du point de vue théorique, notre définition du dispositif s'inspire des travaux de Foucault et de l'interactionnisme discursif (Bronckart, 1996). Elle considère un dispositif comme une instance d'interaction sociale caractérisée par des dimensions technologiques, sociales et relationnelles, symboliques, sémiotiques et cognitives propres. Ces dimensions, dans leur diversité, contribuent à modelerⁱⁱ, à l'occasion du processus d'appropriation du dispositif, les comportements psycho et sensorimoteurs, sémiocognitifs, relationnels, réflexifs, praxéologiques (Peraya, 1999) et posturaux (Peraya & Peltier, 2012) d'utilisateurs. Enfin, tout dispositif instrumente l'activité humaine (Rabardel, 1995) et son analyse doit donc être considérée comme indissociable de l'analyse de l'activité. Apprendre, communiquer, travailler, produire seul ou ensemble doivent être considérés comme des activités instrumentées par de nombreux dispositifs ou, dans le champ de la communication et de la formation médiatisées, comme des activités médiatisées d'apprentissage. Entendu en ce sens, le dispositif est un objet de recherche au sens que Bourdieu, Chamboredon et Passeron (2005) donnent à ce dernier terme : un objet qui n'a « plus rien de commun avec les unités découpées par la perception naïve » (p. 52) et qui « si partiel et parcellaire soit-il, ne peut être défini et construit qu'en fonction d'une problématique théoriqueⁱⁱⁱ permettant de soumettre à une interrogation systématique les aspects de la réalité mis en relation par la question qui leur est posée. » (*ibid.*, p. 54). En conséquence, cette définition constitue un cadre d'analyse qui a pour vocation de rendre compte d'une importante diversité des dispositifs concrets, empiriques (un système de formation, une salle de classe, un campus numérique, un logiciel de visioconférence, etc.) ainsi que de leur degré de granularité et de complexité (par exemple un environnement numérique de travail, un environnement personnel d'apprentissage ou un simple « outil » de chat).

En tant qu'objet de recherche, un environnement d'apprentissage doit d'abord être considéré comme un dispositif au sens de notre définition générale. Mais il s'agit d'un dispositif répondant à une configuration particulière relativement aux agents qui les construisent, aux buts que ces derniers lui assignent, aux usages qu'il permet, aux dispositifs particuliers qui le composent, etc. À la suite de Basque et Doré et en accord avec la conception constructiviste de l'apprentissage dans laquelle s'inscrivent ces auteures, nous définirons plus particulièrement l'environnement d'apprentissage comme l'espace d'interactions dans lequel l'apprenant construit activement, par sa propre expérience, ses connaissances : « L'environnement est donc le lieu qui abrite un système avec ses sous-

systèmes [eux-mêmes constitués de composantes^{iv}], ce lieu pouvant être réel ou virtuel. » (Basque et Doré, 1998).

En tant qu'objets empiriques, les environnements d'apprentissage apparaissent le plus souvent de nature composite, articulant des éléments numériques et non numériques. Nous nous intéressons dans le cadre de cet article aux environnements numériques. Ceux-ci, lorsqu'ils sont déployés par l'institution de formation, font l'objet de nombreuses dénominations concurrentes : campus numérique ou virtuel, plateforme virtuelle de travail, environnement technopédagogique, etc., autrement dit des environnements institutionnels d'apprentissage. De plus en plus souvent, les étudiants ou des groupes d'étudiants construisent eux-mêmes leurs propres environnements d'apprentissage en agrégeant des composantes, ce que nous avons appelé des « dispositifs particuliers » (Peraia & Bonfils, 2012) d'origines diverses : il s'agit d'applications, de services web 2.0 tels qu'un chat, un wiki, un outil de partage de fichiers, etc. (Dropbox, Google Drive, Skype, Facebook) désignés, dans le langage ordinaire, le plus souvent par le terme d'« outil ».

La figure 1 ci-dessous rend compte d'une structure récurrente dans les groupes.

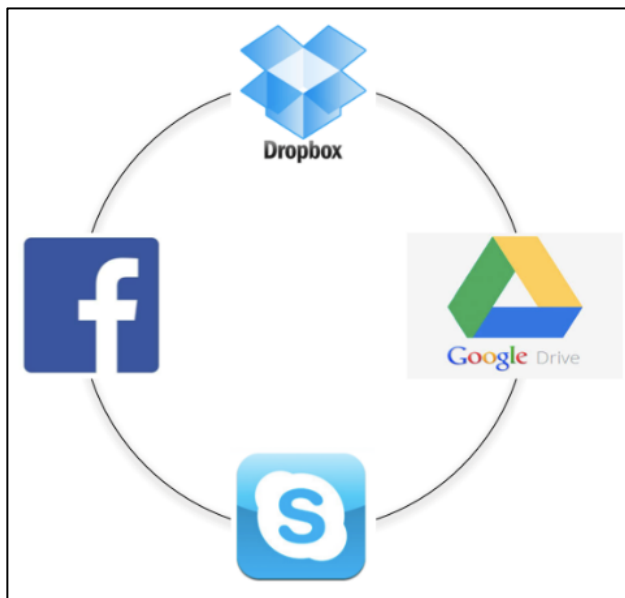


Figure 1 • Articulation des différents dispositifs

On observe dans la littérature une certaine confusion, qu'il s'agisse de l'amalgame entre l'objet empirique, l'objet concret, et l'objet de recherche (Peraya, 2010) ou encore des désignations concurrentes pour ces différents objets concrets, dispositifs et environnements. Nous nous référerons dans la suite de ce texte au cadre définitoire proposé ci-dessus.

2.2. Des particularités du terrain à l'objet de recherche

La formation Ingémédia de l'Université de Toulon et le cours « Réalisation collective » (Réa Co) constituent un terrain très particulier dont les caractéristiques ne sont pas sans influence sur notre objet de recherche comme sur le rapport de celui-ci à la thématique de ce numéro spécial.

La formation Ingémédia forme des ingénieurs multimédias ; elle est donc de nature professionnalisante. Dans cette perspective, les trois niveaux d'études concernés par cette recherche (L3, M1, M2) sont organisés autour d'un projet collectif mené dans le cadre du cours Réa Co dont l'objectif principal vise à développer les compétences de gestion d'un projet multimédia. Ce cours constitue la « colonne vertébrale » de la formation dans la mesure où il structure toute la formation et lui donne son sens : de nombreux cours s'y adossent et chacun de ceux-ci constitue en même temps un apport spécifique au projet global. De plus, le cours est organisé comme un dispositif hybride de formation (Charlier *et al.*, 2006) et la distribution relative des activités en présence et à distance varie selon les niveaux. Nous avons d'ailleurs mis en évidence l'influence de ce mode d'organisation sur les dispositifs et les environnements choisis par les étudiants (Bonfils & Peraya, 2011 ; Peraya & Bonfils, 2012).

Le scénario du cours met en œuvre une pédagogie de type immersif (Peraya & Peltier, 2012) qui place les étudiants face à une situation « authentique », autrement dit aussi proche que possible de la réalité professionnelle qu'ils rencontreront après leurs études. En conséquence, les étudiants apprennent à gérer un projet en faisant l'expérience de la gestion d'un projet. Enfin, les projets menés dans le cadre du cours Réa Co le sont par des groupes et tous sont composés d'étudiants aux profils divers – artistique, technique ou « marketing » – ; la grande majorité d'entre eux possède un degré élevé de familiarisation avec les technologies. L'apprentissage consiste non seulement à apprendre à gérer un projet constitué de tâches, mais aussi un environnement de travail de groupe (gestion de la communication interne et externe, gestion de projet). L'effet de mise en abyme que nous avons souligné implique que l'environnement de gestion du projet de chaque groupe d'étudiants, à

savoir leur environnement de travail, se confond dès lors avec leur environnement d'apprentissage.

Cette indistinction peut sembler brouiller la clarté que nous avons tenté d'introduire. Pourtant une telle situation s'apparente à celle que les chercheurs rencontrent souvent dans les formations aux technologies et à leurs usages éducatifs. Les TICE, dans leur diversité, se trouvent être à la fois l'objet d'apprentissage, l'environnement d'apprentissage des étudiants, le moyen d'instrumenter les recherches que ces derniers mènent sur les TICE et, souvent, l'environnement de leurs activités professionnelles, autrement dit leurs « outils » professionnels (Peraya *et al.*, 2008). Aussi considérons-nous l'environnement de travail des groupes, dans le contexte académique particulier du cours Réa Co, comme leur environnement d'apprentissage.

La deuxième remarque porte sur la distinction entre environnement personnel d'apprentissage et environnement de groupe. On nous objectera facilement qu'un environnement de groupe ne peut être assimilé à un environnement personnel, construit par une seule personne. Nous savons que les étudiants ont développé des compétences, le plus souvent expertes, à travers des nombreux usages personnels de ces technologies, en dehors de la sphère académique. Nous avons montré que les environnements des groupes étaient construits à partir des dispositifs particuliers qu'utilisent les étudiants dans leurs sphères personnelles ou professionnelles d'activité dont ils détournent les usages (Perriault, 1989 ; Rabardel, 1995).

Par conséquent, ces environnements de groupes possèdent avec les environnements personnels des caractéristiques communes : les dispositifs particuliers qui les composent sont choisis par les étudiants eux-mêmes et doivent être considérés comme personnels dans la mesure où ils se différencient nettement des environnements institutionnels ; les étudiants se construisent ainsi des environnements adaptés à leurs besoins, à leur façon de faire et à leur degré d'appropriation des dispositifs numériques afin de soutenir des démarches d'organisation et de production autonomes et autorégulées. Si le fait que les étudiants utilisent un environnement de groupe n'implique pas forcément que chacun développe les mêmes processus d'appropriation instrumentale, certaines déclarations nous encouragent à penser que l'appropriation individuelle de ces environnements de travail de groupe a un impact sur les constructions individuelles de leurs EPA : « Quand je suis satisfaite d'un dispositif, je reste fidèle à celui-ci surtout quand celui-ci peut s'adapter aussi bien aux

activités professionnelles que personnelles ou étudiantes » (questionnaire en ligne, question 6.3, réponse li 0632), ou « Car j'y suis habituée et si je les utilise professionnellement c'est qu'ils sont efficaces et donc que je peux m'en servir personnellement si gratuit » (questionnaire en ligne, question 6.3, réponse li 0639).

Il s'agit dès lors d'effets qui s'inscrivent dans un double va et vient entre les niveaux individuel et collectif : chaque étudiant influe sur la construction de l'environnement de groupe et se nourrit de manière réflexive des usages de ce dernier pour construire son EPA. Nous ne disposons malheureusement pas de suffisamment de données pour explorer ces phénomènes ; aussi envisageons-nous de traiter ces aspects spécifiques dans une prochaine étape de cette étude.

Si les modalités de construction des environnements de groupe trouvent leur origine dans les usages personnels de leurs membres et dans l'adoption, par le collectif, de propositions individuelles, il faudra bien évidemment expliciter la dynamique intragroupe et les logiques décisionnelles qui permettent de parvenir à un choix collectif. Les premières observations font apparaître l'importance du dialogue et des interactions collectives dans les processus de choix et d'adoption des dispositifs particuliers composant les environnements de groupe, même si les chefs de groupe ou un membre bénéficiant d'une expertise pointue dans un domaine de compétence particulier peuvent se montrer plus influents.

Nous nous intéresserons donc aux environnements des groupes considérés comme des environnements de travail autant que d'apprentissage. Enfin, nous identifierons autant que possible les usages et les pratiques personnels intégrés aux environnements des groupes.

2.3. De l'étude des usages aux pratiques culturelles

Il nous faut cependant clarifier la notion d'« usage » et la situer par rapport à la notion de « pratique » souvent confondue avec la première. Suivant en cela Proulx, il s'agit pour nous de prendre en compte les usages individuels, mais aussi les collectifs d'usagers, et d'identifier le dispositif technique en l'articulant avec la structure organisationnelle (Proulx, 2005). Cette étude des usages s'inscrit donc dans la volonté de mettre en évidence ce qui, dans ces usages, pourrait relever de pratiques culturelles plus larges (symboliques, affectives, idéologiques et esthétiques) puisque, comme l'indique Jeanneret (2009) « l'usage est un élément de la pratique culturelle, celui qui concerne les situations où les sujets sociaux sont confrontés à des dispositifs conçus par d'autres qu'eux » (p. 29).

Pour le dire autrement, notre démarche consiste à identifier et à analyser les usages (autrement dit à observer et à comprendre comment les étudiants se servent des environnements), pour tenter de mettre en évidence ce qui se joue au-delà des usages en termes de pratiques culturelles. Dans cette perspective, nous nous appuyons sur un paradigme interprétatif (Boltanski, 1990) et essayons de comprendre les constructions subjectives de sens des acteurs en les inscrivant dans des rapports sociaux de pouvoir (rapport à l'institution, effets de leaderships, processus décisionnels intra-groupes, échanges socioaffectifs).

La mise en évidence de l'utilisation fréquente de Facebook par les étudiants au cours de l'année 2012-2013 peut sans doute nous permettre d'atteindre cet objectif. En effet, nous avons identifié à travers les dires des étudiants un phénomène de porosité entre leurs sphères de leurs vies publique et privée (Klein, 2012) : ils utilisent des dispositifs qui relèvent de la sphère privée dans des contextes collectifs, notamment Facebook (Peraya & Bonfils, 2012). Cette porosité nous renvoie à l'analyse des médias sociaux que proposent Proulx, Milette et Heaton (2012). Ces auteurs montrent qu'ils « deviennent pour les jeunes et les moins jeunes des lieux où les formes de coopération entre utilisateurs apparaissent multiples et prolives » (*ibid.*, p. 3). Ces usages détournés, liés à des identités multiples (Georges, 2010 ; Lahire, 1998), pourraient aider à mieux comprendre ce phénomène de porosité. Cardon a montré que Facebook se trouvait au « cœur de cette recomposition, puisque les utilisateurs, derrière leur nom propre, mêlent de plus en plus amis, collègues et inconnus, tout en présentant aussi de plus en plus fortement les risques identitaires qu'ils prennent à susciter ce mélange. » (Cardon, 2008).

Dans nos prochaines recherches, il nous faudra comprendre en quoi, par exemple, les environnements personnels des étudiants préexistants au projet influencent le choix de leurs environnements collectifs. Inversement, en quoi, au terme du projet, les choix d'environnements collectifs sont-ils susceptibles d'influencer les environnements personnels des étudiants ? Une troisième hypothèse, suivant en cela Fluckiger (2011), consisterait à se demander si les dispositifs « passeurs » (Peraya & Bonfils, 2012) ne sont pas trompeurs : au-delà d'une ressemblance de surface, au sein de chacune des sphères particulières, on observerait un processus d'instrumentation et d'instrumentalisation différent et l'on devrait donc identifier deux instruments différents fondés sur le même artefact.

3. Méthodologie

3.1. Les sujets

Les 259 étudiants concernés par cette recherche appartiennent à l'UFR Ingémédia de l'Université de Toulon. Ils étaient inscrits en licence, en master 1 ou 2 durant l'année académique 2011-2012 et se répartissent de la façon suivante : 65 en licence 3, 195 en master 1 et 89 en master 2. Parmi ceux-ci, on retrouve donc des étudiants de master 1 ou 2 qui, l'année dernière, étaient respectivement soit en licence soit en M1.

3.2. Les données recueillies et leur traitement

Nous avons opté pour une approche mixte alliant les approches quantitative et qualitative dont rend compte de façon synthétique le tableau 1.

Le questionnaire individuel comportait sept groupes de questions fermées relatives 1) aux variables individuelles, 2) à la possession et à l'usage du smartphone, 3), à la description de l'environnement de travail de projet de groupe. 4) aux dispositifs numériques les plus utilisés durant l'année académique en cours et à ceux qui le seraient dans les années à venir, 5) sur les procédures d'adoption de ces dispositifs au sein du groupe. 6) à l'importance du climat social au sein du groupe et enfin, 7) à leur usage de Facebook.

Tableau 1 • Les différents types de données recueillies, méthode de recueil et de traitement, nombre d'étudiants interrogés

Type de données	Instrument de recueil	Traitement	Répondants
Quantitatives provoquées	Questionnaire en ligne : questions fermées (décembre 2012)	Analyse statistique descriptive	N=128 soit 49,4 % des étudiants
Qualitatives provoquées	Questionnaire en ligne : questions ouvertes (décembre 2012)	Analyse quantitative de contenu instrumentée par Alceste	N=128 soit 49,4 % des étudiants
Qualitatives suscitées dans l'interaction	Entretiens focus groupe (février 2013)	Analyse catégorielle de contenus instrumentée par Atlas.ti	11 entretiens, N= 2 à 3 étudiants par entretien

Le questionnaire comportait aussi six questions ouvertes, permettant de détailler les informations recueillies, relatives : 1) à l'environnement personnel de travail des étudiants, 2) aux environnements numériques de leurs prochains projets, 3) aux raisons d'abandon ou de maintien des dis-

positifs en cours de leur projet, 4) à la prise leadership de certains membres du groupe notamment dans les processus de décision d'adoption des dispositifs numériques, 5) à la description des outils de collaboration utilisés et enfin, 6) à l'explication des raisons d'utilisation des mêmes dispositifs dans les sphères d'activités différentes.

Le deuxième recueil de données qualitatives est constitué par 11 entretiens menés par les auteurs et enregistrés le 28 février dans les locaux d'Ingémédia. Ces entretiens ont pris la forme de focus groupes réunissant deux à trois personnes dont au moins le ou les chefs de projet. Chaque entretien a duré entre 30 et 40 minutes. Après retranscription, le corpus rassemble 130 pages soit 54 263 mots, y compris les questions des intervenants. À l'exception de ces dernières, les verbatim ont fait l'objet d'un codage catégoriel instrumenté grâce au logiciel *Atlas.ti*. L'analyse se base principalement sur ce corpus ainsi que sur l'analyse de cinq questions ouvertes du questionnaire en ligne^v. Nous nous sommes appuyées sur les données quantitatives et leur traitement en termes de statistique descriptive pour préciser certains usages décrits par les étudiants interrogés, notamment ceux du smartphone et de Facebook. Nous avons aussi parcouru, dans les cahiers des charges des projets, les pages consacrées à la description de leur environnement de travail (données invoquées). Comme les informations recueillies étaient déjà saturées par les autres corpus qualitatifs, nous ne les avons donc pas utilisées.

Dans l'écriture de ce texte, les longs extraits des entretiens sont portés en note afin de ne pas rompre la fluidité du texte et de sa lecture tandis que les citations courtes sont, quant à elles, insérées dans le texte. Les citations extraites des verbatim sont référencées conventionnellement de la façon suivante : numéro de l'entretien suivi du numéro donné, dans le corpus, par *Atlas.ti* à la ou aux lignes concernées (par exemple, Entretien3, li425).

4. Résultats et analyses : gestion de projet, collaboration coordination des tâches et environnements des groupes

Comme évoqué précédemment, nous avons, dans cette étude, fait le choix de structurer notre réflexion à partir du cadre d'analyse relatif aux fonctions constitutives de tout environnement de formation médiatisée proposé par Peraya, (2003), Meunier et Peraya (2004) et Charlier *et al.* (2006). Les analyses visent à faire apparaître quels buts les étudiants assignent à leurs environnements de groupe, quels sont les usages et quelles fonctionnalités ils privilégient et enfin, quels sont les dispositifs particuliers qui le composent.

Les environnements de groupe tels que les décrivent les sujets interrogés instancient cinq des huit fonctions constitutives de tout environnement de formation médiatisée : il s'agit des fonctions : a) de partage des dossiers en cours et des ressources, b) de gestion de l'information, c) d'*awareness*, de présence sociale à distance, incarnée notamment par les notifications, d) de production des documents écrits et multimédias et, enfin, e) la fonction de communication et d'interaction. À chacune de ces fonctions sont associés un ou plusieurs dispositifs particuliers. Les données recueillies ne nous ont cependant pas permis d'étudier finement les fonctions de collaboration, de gestion et d'évaluation. De ce fait, nous envisageons de récolter des données relatives à ces trois fonctions dans le cadre d'une autre contribution (notamment lors d'une étude plus fine des processus décisionnels). Cela permettra peut-être d'identifier si les « manières » de collaborer ont une influence sur la construction des EPA.

De plus, chacune de ces fonctions entretient des rapports avec les autres et, parmi toutes celles-ci, la fonction de gestion de l'information apparaît centrale. S'il faut partager de documents pour produire en groupe comme en sous-groupe, ce partage demande lui aussi une certaine gestion : gestion et réglementation du processus d'écriture et de collaboration, des ressources, des tâches et des échéanciers ; la fonction d'*awareness* qui permet à chacun de suivre le flux informationnel est de toute évidence liée à celle de la gestion de l'information de façon presque indissociable ; la communication et l'interaction s'avèrent indispensables autant à l'organisation du projet qu'à la réalisation collaborative des tâches et, finalement, à la réussite du projet considérée sous ses deux aspects : professionnel et académique. Les étudiants avaient déjà souligné cet aspect lors des précédentes études (Bonfils & Peraya, 2011 ; Peraya & Bonfils, 2012). Nous commencerons à décrire les environnements des groupes par la fonction de gestion informationnelle.

4.1. La fonction de gestion informationnelle

Cette fonction regroupe tout ce qui concerne la mise à disposition des informations relatives à la coordination, à l'organisation du projet et à la mise à disposition de ressources, de documents utiles à la réalisation des tâches. Facebook est le premier dispositif qui se trouve associé par presque tous les groupes à cette fonction de gestion informationnelle. Seul le groupe 9 fait exception : ses représentants interrogés lors de l'entretien collectif déclarent utiliser le mail pour diffuser 75 % des informations du groupe tandis que Facebook ne vient qu'en seconde position. On peut donc dire que tous les groupes ont utilisé, à des degrés divers, cet univers

de réseautage social pour s'informer mutuellement tant au niveau du groupe^{vi} que de certains de leurs sous-groupes^{vii}. Le mur, le *wall*, de la page du groupe comme celle du sous-groupe accueille ainsi toutes les informations utiles à l'avancement du projet : date de réunion, rappel des échéances et des réunions, consignes et répartition des tâches, etc. Bref, Facebook « est devenu l'outil informationnel par excellence. » (Entretien 2, li 0356) : il consulté très régulièrement, plusieurs fois par jour et la rapidité de réaction est d'ailleurs vécue par ceux-ci comme une manifestation d'engagement individuel dans le projet. Malgré un certain inconfort de lecture souvent relevé par les étudiants, le smartphone apparaît comme le principal dispositif de consultation de l'information^{viii}.

L'envoi de SMS depuis le smartphone ainsi que les appels téléphoniques peuvent suppléer à la diffusion de l'information via Facebook. Dans ce cas, il s'agit principalement de messages courts ou de communications brèves qui possèdent une fonction de rappel et qui doublent ainsi l'information diffusée à travers Facebook. Le mail peut d'ailleurs assurer la même fonction^{ix} sachant que seuls les mails courts seront envoyés à partir d'un smartphone. Cette communication considérée comme « informelle » par un des étudiants du focus groupe 1 s'adresse à ceux qui sont indisponibles, qui n'ont pu, pour des raisons pratiques, consulter la page du groupe^x, à ceux, plus rares, qui ont décidé de se garder des « moments volontaires de déconnexion aux TIC »^{xi}et enfin à ceux qui feraient preuve d'un manque d'engagement dans le projet^{xii}. De façon plus générale, les SMS comme les mails peuvent aussi constituer une invitation collective à consulter Facebook pour y découvrir une information nouvelle : il s'agit ici encore d'une fonction de rappel par une voie alternative des notifications envoyées par Facebook aux membres concernés^{xiii}. Enfin, le téléphone est utilisé entre deux partenaires lors de communications brèves, souvent urgentes, destinées à faire le point sur une question ponctuelle^{xiv} ou à résoudre des difficultés que la communication écrite et asynchrone ne peut parvenir à aplanir^{xv}. Il s'agit donc clairement de renforcer le *grounding* de la communication et de suppléer à une certaine pauvreté de la communication asynchrone médiatisée (Clark & Brennan, 1991).

Un consensus semble émerger parmi les étudiants interrogés pour fixer un ordre de priorité, une sorte de hiérarchie, entre ces différents dispositifs d'information : « Dans la hiérarchie d'importance c'est Facebook, texto un peu plus et appel téléphonique [quand] c'est urgent. Dans l'attente^{xvi} qu'on en a c'est à peu près ça. » (Entretien 8, li 1425).

Soulignons à ce propos l'importance que les étudiants accordent au smartphone dans la gestion de l'information et le contrôle du flux informationnel nécessaire à la mise en œuvre du projet de groupe. Nous avons montré la rapidité de l'adoption par les étudiants de ce dispositif en une année (Peraya & Bonfils, 2012). Aujourd'hui, seuls 12 % des 138 étudiants ne possèdent pas de smartphone. Pour les 80 % de ceux qui en disposent, il est devenu le principal outil de consultation du web et d'Internet quand ils se trouvent en déplacement (questionnaire en ligne, question 1.3.2) tandis que 36 % des possesseurs de smartphone l'utilisent comme dispositif de consultation et de lecture en tous lieux, en toutes circonstances, quelles que soient les tâches qu'ils accomplissent (questionnaire en ligne, question 1.3.3).

Les réponses des étudiants (n = 128) à la question 1.3.1 « Si vous avez répondu posséder un smartphone, quelles fonctions utilisez-vous le plus ? » du questionnaire en ligne apportent des informations complémentaires intéressantes. Les usages du smartphone se répartissent de la façon suivante : SMS 29 %, emails 23 %, réseautage social 20 %, appels téléphoniques 18 % et autres 10 %. Ses principaux usages relèvent donc de la communication écrite, bi- ou pluridirectionnelle, perçue aujourd'hui comme immédiate et instantanée. En réalité, du point de vue strictement technique, il s'agit de communication asynchrone puisque la communication est interrompue entre chacune des interventions. Pourtant cette forme de communication est perçue subjectivement comme une communication synchrone grâce au smartphone. C'est donc l'état de disponibilité permanente, que rend possible la connexion interrompue au réseau, qui détermine la perception du caractère synchrone de la communication. Pour l'utilisateur, la synchronicité serait devenue avant tout une question de perception, une manière de vivre, des points de vue affectifs autant que relationnels, en quelque sorte une expérience communicationnelle instrumentée durant laquelle les étudiants mobilisent des compétences communicationnelles partagées, selon l'expression d'Odin (2012) « un réservoir de modes de production de sens et d'affects » (p. 23).

La fonction d'*awareness* décrite ci-après rend bien compte de l'importance de cette forme d'instantanéité recherchée par les étudiants.

4.2. La fonction d'*awareness*

Toutes les fonctionnalités des dispositifs constitutifs des environnements de groupe qui permettent à ses utilisateurs de se rendre compte de l'évolution de l'état de l'environnement relèvent de la fonction d'*awareness*. Le plus souvent automatisées, elles permettent à chaque utili-

sateur de connaître en temps réel l'activité des autres membres, les dernières informations déposées, les mises à jour des fichiers, etc. Au-delà de son rôle essentiel dans l'expression de la présence sociale et de la circulation des signes de la présence (Jacquinot-Delaunay, 2002), la fonction d'*awareness* contribue donc aussi au contrôle et à la régulation du flux informationnel.

Dans cette perspective, Facebook offre une fonctionnalité considérée comme fort importante par les étudiants interrogés au sein de chacun des focus groupes. Rappelons qu'au sein de ceux-ci, au moins l'un des étudiants présents était le chef du groupe. Il s'agit de la notification : chaque membre du groupe est avisé en temps réel de toute nouvelle information déposée sur le mur. Dropbox propose une fonctionnalité assez proche quoiqu'éphémère : lorsque l'on est connecté au réseau, toute mise à jour d'un fichier auquel on a accès dans Dropbox est signalée par une notification qui disparaît progressivement au bout de quelque temps. De même, lorsque l'ordinateur se connecte au réseau, un message signale les fichiers qui ont été mis à jour. Mais à nouveau, cette information « s'éteint » après un court laps de temps. Ce système de notification n'est pas considéré comme très efficace^{xvii}. Pour cette raison, une mise à jour d'un fichier dans Dropbox est souvent annoncée sur Facebook par son auteur ou par le chef de projet^{xviii} ou alors il arrive à ce dernier de transmettre le fichier par mail^{xix}. Une fois de plus, on voit que les étudiants doublent toute information importante à travers des dispositifs complémentaires d'information : la redondance constitue bien le meilleur moyen de pallier le bruit de la communication. La fonction de notification est assez classique aujourd'hui et les étudiants avaient déjà signalé, lors des précédentes analyses (Peraya & Bonfils, 2012), l'importance qu'ils lui accordent pour développer un sentiment d'instantanéité, d'immédiateté, mais aussi d'engagement.

Facebook possède une seconde fonctionnalité appréciée par les étudiants : il est possible à chaque visiteur du mur de signifier qu'il a pris connaissance des nouvelles informations affichées^{xx}. Cette information constitue ainsi une trace, tout au moins formelle, de l'activité des membres du groupe au sien de « leur » Facebook.

La première de ces fonctionnalités – la notification – peut être considérée comme une information descendante tandis que la seconde, qui remonte l'information des membres du groupe vers le chef de projet, permet à celui-ci d'enclencher les procédures d'information de rappel sous la forme de SMS, d'appels téléphoniques ou éventuellement de mails (*cf.* ci-

dessus). Gestion de l'information et *awareness* paraissent indissociablement liées dans la conscience autant que dans la pratique des chefs de projet comme dans celles des étudiants pour la réalisation de leur projet.

4.3. La fonction de partage des ressources

La fonction de partage concerne la mise en commun des fichiers entre les membres du groupe, qu'il s'agisse de fichiers de textes ou des fichiers multimédias. En général, les fichiers sur lesquels travaillent l'ensemble des membres d'un groupe-projet sont les fichiers de textes composant le cahier des charges tandis que les fichiers multimédias, les fichiers graphiques, son, vidéo, etc. sont partagés par des sous-groupes spécialisés, conformément à une logique de coordination et de partage des tâches maintes fois rappelée par chefs de projets interrogés^{xxi}.

Plusieurs dispositifs particuliers permettent d'assurer cette fonction : Dropbox^{xxii}, Google Drive^{xxiii} et WeTransfer^{xxiv} et, enfin, plus rarement le mail. Ceux-ci se révèlent complémentaires d'autant qu'ils n'offrent pas tous les mêmes fonctionnalités. Aussi les caractéristiques de ces trois dispositifs de partage de fichiers déterminent-elles des appropriations différentes et des usages particuliers, « spécialisés ».

Le premier de ces dispositifs particuliers de transfert et d'échanges de fichiers est Dropbox dont l'usage n'a cessé de progresser depuis le début de nos observations : 9 groupes sur 13, soit 69.0 % l'utilisaient en 2010-2011 (Peraya et Bonfils, 2012) alors que 9 groupes sur 11, soit 81.8 %, déclarent l'utiliser en 2012-2013. De plus, l'usage de Dropbox s'est spécifié en fonction des caractéristiques et du potentiel des autres dispositifs de partage. Dropbox permet de partager des fichiers communs de taille plus ou moins importante. Le logiciel permet aussi de synchroniser la version en ligne des fichiers avec leur copie locale, conservée sur l'ordinateur de chacun des membres du groupe, de sorte que chacun a toujours accès à la dernière version des fichiers. Mais l'espace dont disposent les utilisateurs est limité, en tous cas dans la version gratuite de Dropbox^{xxv}. Or, nous le savons, depuis trois années, les étudiants déclarent n'utiliser que des logiciels gratuits. Aussi, ces derniers utilisent-ils WeTransfer^{xxvi} pour partager de lourds fichiers multimédias principalement entre les membres des sous-groupes, ceux-ci étant alors conservés en local par chacun. Nous pouvons supposer que les problèmes de synchronisation se révèlent, de fait, moins cruciaux au sein de groupes restreints.

Quant à Google Drive, son usage s'est généralisé depuis les observations faites en 2010-2012 : il est utilisé par tous les groupes pour conserver

et partager tous les fichiers qui entrent dans un processus d'écriture collaborative à distance menant à la production des « rendus », rapport et cahiers des charges. Les fichiers partagés étant conservés uniquement dans le cloud, chacun a toujours accès à la dernière version du fichier.

Le partage des documents se révèle essentiel à production collaborative des documents et des rendus du groupe. Aussi poursuivrons-nous notre exposé par la description de la fonction de production et des dispositifs qui l'instancient.

4.4. La fonction de production textuelle

Nous nous intéresserons prioritairement à la description des dispositifs d'écriture des rendus communs, des rapports qui concernent tous les membres du groupe projet. Le premier de ces dispositifs est Google Docs^{xxvii} associé à Google Drive. Il est considéré par tous les groupes comme l'environnement d'écriture collaborative à distance le plus évident, le plus « naturel »^{xxviii} dans la mesure où chacun possède un compte Google et qu'il appartient à une culture partagée, commune aux individus et aux groupes. 106 étudiants ont d'ailleurs déclaré utiliser ce dispositif d'écriture (questionnaire en ligne, question 2.1).

Skype peut apporter à l'activité d'écriture la « couche » interactionnelle lorsque celle-ci se déroule en sous-groupe, ou avec quelques membres : les modifications adoptées à l'issue du débat sont alors portées au texte dans un éditeur standard, en local, par l'un deux sur sa machine personnelle^{xxix}. Couplé à Google Docs, le chat de Google Docs qui, offre les mêmes fonctionnalités, a finalement peu été utilisé par les étudiants sans que nous n'ayons obtenu de justification à ce choix. Nous pouvons émettre l'hypothèse de la prégnance des usages acquis relativement aux messageries vocales synchrones, d'autant que Skype et/ou MSN sont utilisés par 65 répondants (questionnaire en ligne, question 2.1.). Les environnements de groupe s'adosent aux pratiques comme aux usages individuels.

Mais Skype et Google Docs connaissent aussi leurs limites : un nombre trop élevé des personnes engagées dans le processus de collaboration et de communications à distance rend la réalisation de la tâche souvent difficile^{xxx}. Pour pallier ces difficultés, il est indispensable de construire des règles de fonctionnement partagées telles que l'attribution des codes de couleur au curseur de chaque participant au processus d'écriture, le plus souvent par les chefs de projets à chaque pôle de travail et, par les chefs de pôle, à chacun au sein du sous-groupe^{xxxi}. Cette mode de fonctionne-

ment en cascade se conforme à une division stricte du travail, calquée plus que vraisemblablement sur les valeurs de professionnalisation liée à la situation authentique propre au projet (Peraya & Bonfils, 2012). Du point de vue de l'analyse de l'activité, la modélisation proposée par Engeström (1994) et les différentes relations qu'elle permet de décrire rendent parfaitement compte de la situation dépeinte par les étudiants relativement aux relations suivantes : sujet/communauté/division du travail, sujet/règles/communauté, sujet/instrument/objet, règles/instrument/communauté ou encore division du travail/instrument/communauté. Il s'agit pour les étudiants d'apprendre à faire seul dans un premier temps, puis de trouver les moyens d'être ensemble pour faire ensemble.

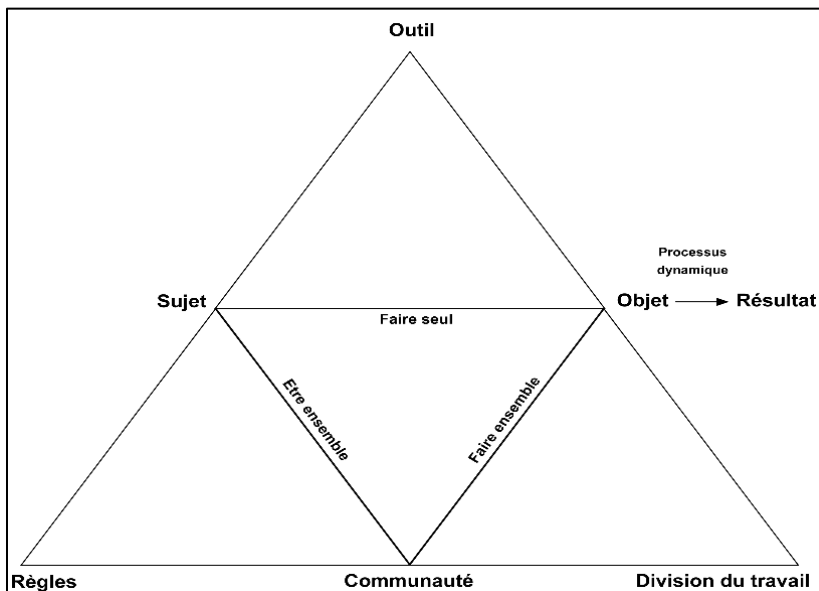


Figure 2 • Système d'activité selon Engeström

4.5. La fonction d'interaction

Pour les étudiants interrogés, un dispositif de communication orale synchrone médiatisée par ordinateur, ou plus concrètement un dispositif de visioconférence s'impose dans deux circonstances : les réunions générales^{xxxii} à ou alors des réunions de travail dans des sous-groupes à tâches. Un dispositif comme Breeze, qui offre de nombreuses fonctionnalités de métacommunication (l'avatar « main levée » pour demander la parole, la possibilité d'afficher ses réactions d'approbation ou de désapprobation par

rapport aux interventions des participants, etc.), facilite le processus de communication à distance même pour de grands groupes^{xxxiii}. Les réunions générales à distance peuvent cependant devenir peu efficaces, car un nombre élevé de participants, comme dans le cas de la production textuelle analysé ci-dessus, peut provoquer rapidement des dysfonctionnements et entraîner une certaine inefficacité^{xxxiv}. À la suite de l'indisponibilité de Breeze au sein de l'institution, les groupes se sont finalement résolus à utiliser Skype, un peu par défaut^{xxxv}. Or ce dispositif de visioconférence ne possède pas de telles aides à la régulation et à la gestion de la communication^{xxxvi}. De plus, la version gratuite de Skype ne permet ni l'usage de la vidéo ni le partage d'écran dès que plus de deux participants sont connectés. Ces caractéristiques techniques rendent donc la communication plus difficile lorsque les participants sont nombreux.

Par contre, les réunions des sous-groupes, dans Skype, sont perçues comme productives par les étudiants, car elles permettent de prendre les premières décisions collectives et d'accomplir des tâches précises notamment, ainsi que nous l'avons montré ci-dessus, en rapport avec le processus d'écriture collaborative à distance. L'efficacité de ce dispositif de communication synchrone et orale est d'autant mieux perçue que la tâche de chacun est indissociable de celles des autres, comme le rapportent le graphiste et le monteur d'un des projets^{xxxvii}. Dans cet exemple particulier, la division technique des tâches se rapproche de la technique classique du puzzle, du *jigsaw*, qui fonde de nombreuses séquences pédagogiques collaboratives tant en présence qu'à distance. La collaboration autour d'une tâche a été perçue, par de nombreux groupes, notamment par le groupe 8, comme indispensable pour la réussite du projet^{xxxviii}.

4.6. Le manque d'un outil de gestion et de planification du projet

On aurait pu s'attendre à ce que les groupes aient recours à un *groupware* pour la coordination des tâches et la gestion globale du projet : un outil « qui allait un peu regrouper tout : planification, gestion des tâches, communication » (Entretien 4, li 578). Le choix d'un collecticiel constitue une préoccupation importante pour six des chefs de projet qui abordent le sujet dans les entretiens. Ils déclarent avoir mené une veille importante pour déterminer le dispositif le plus adapté aux besoins de leur projet^{xxxix} et font allusion à plusieurs logiciels tels que Agora Project, Productive, Team Lab. Si certains chefs de groupe ont proposé de tester un *groupware*, son usage ne s'est jamais développé, même si l'année précédente l'expérience avait été concluante : c'est le cas par exemple du groupe 4

parce que, dans ce cas précis, la nouvelle version du logiciel Team Lab ne semblait plus répondre aux besoins^{xi}. La désaffection^{xii} dont font l'objet ces dispositifs de la part les membres du groupe explique que les chefs de projet finissent par renoncer à l'usage d'un *groupware*^{xiii}. Ces derniers expliquent ce processus de désintéressement par la lourdeur et la complexité de ces dispositifs, par leur design peu adapté^{xiii}, par leur ergonomie peu intuitive ainsi que par le temps nécessaire à leur prise en main^{xiv}. Enfin, les habitudes acquises par les membres du groupe, la culture numérique de ceux-ci, leur maîtrise de certains dispositifs et la recherche d'une certaine facilité^{xv}, qu'il faut sans doute interpréter comme un souci d'efficacité immédiate, constituent des facteurs individuels très importants, mais partagés par le groupe.

L'ensemble de ces facteurs caractéristiques tant des logiciels que des individus, ne favorisent pas l'utilisabilité perçue des *groupware*^{xvi} surtout face la concurrence du web collaboratif, des réseaux sociaux et de leurs outils. Facebook dont l'usage est détourné au profit de la gestion des informations nécessaires au bon fonctionnement du projet offre justement cette efficacité immédiate dont ont besoin les membres du groupe d'autant que les contraintes de temps sont fortes. Google Docs ou Dropbox sont dans le même cas. On peut penser que les étudiants vivent une contradiction entre un dispositif extrêmement formel lié aux valeurs de la gestion et de l'organisation des entreprises (mode coopératif) et les dispositifs issus du web collaboratif qui favorisent, quant à eux, la dimension horizontale de la communication, la disponibilité, la sociabilité, les rapports de collaboration, le relationnel et les valeurs socioaffectives (mode collaboratif).

Ce refus des *groupware* au profit des dispositifs de type web 2.0 manifesterait des tensions déjà signalées entre le formel et l'informel, entre le monde professionnel et le monde académique, entre la coordination et la réparation des tâches d'une part et la collaboration d'autre part. L'organisation même des projets reflète ces tensions : forte présence des chefs de projet et des chefs de pôles, répartition des tâches et division du travail, mais en même temps une forte adhésion aux valeurs du réseautage social.

4.7. Une modélisation des environnements de groupe

Dans les sous-sections précédentes, nous avons cherché, à partir de déclarations d'étudiants, à identifier pour chacune des fonctions de l'environnement de groupes qu'ils se construisent, les dispositifs particuliers qui constituent ces environnements de travail et d'apprentissage.

Comme les tâches et les contraintes liées à la pédagogie de projet mise en œuvre s'avèrent identiques pour chaque projet, il est possible de proposer dans la figure 3 une modélisation type de ces environnements ainsi que des relations entre les fonctions elles-mêmes.

L'analyse a permis de mettre en évidence les rapports entre chacune des cinq fonctions, la place centrale qu'occupe la fonction d'*awareness* et fait ressortir la socialité portée par Facebook, déjà perçue lors de l'étude précédente (Peraya & Bonfils, 2012). De nombreux étudiants déclaraient en effet que Facebook était le moyen d'introduire de la convivialité, le fait « d'être ensemble », dans un univers professionnel : « Du point de vue de la dynamique de groupe, l'accent est mis sur les interactions sociales, sur la gestion de la relation et de la convivialité comme l'exprime le Groupe M1 CO malgré les caractéristiques authentiques et professionnalisantes du projet "Recherche de convivialité dans un contexte pro" (li 84) » (p. 37).



Figure 3 • Modélisation de l'environnement de travail des groupes

Facebook constitue donc bien, pour le groupe, l'espace où se développent et se tissent les liens entre ses membres, liens dont la « force » repose, selon les termes de Granovetter (1973), sur une « *combination of the amount of time, the emotional intensity, the intimacy (mutual confiding) and the reciprocal services which characterize the tie* », (p. 1361). Le réseau contribue ainsi au renforcement de la confiance mutuelle des membres du groupe grâce à un système d'obligations et d'attentes, mais aussi au développement de sa capacité à faire circuler comme à partager l'information, des normes sociales, des valeurs, etc.

De nombreux auteurs font le lien entre le renforcement de la confiance mutuelle, du capital humain et celui du capital social. Citant Bourdieu, Paturel, Richomme-Huet et De Freyman (2005) définissent ce dernier comme « l'ensemble des ressources actuelles ou potentielles qui sont liées à la possession d'un réseau durable de relations plus ou moins institutionnalisées d'interconnaissance et d'inter-reconnaissance ; ou en d'autres termes, à l'appartenance à un groupe, comme ensemble d'agents non seulement dotés de propriétés communes (susceptibles d'être perçues par l'observateur, par les autres ou par eux-mêmes), mais aussi unis par des liaisons permanentes et utiles » (p. 6). L'intérêt pour le lien entre fonctionnement en réseau, capital humain et capital social (Coleman, 1988) tient à l'impact du processus sur l'amélioration du fonctionnement du groupe y compris en termes de comportements et d'atteintes d'objectifs professionnels, notamment en ce qui concerne les coûts de gestion relationnelle.

Les environnements des groupes, construits à l'articulation des contraintes d'apprentissage académique et des exigences professionnelles inscrivent donc bien dans leur configuration et leur fonctionnement la duplicité des relations personnelles ancrées dans la convivialité et la dimension socioaffective d'une part, des relations professionnelles fondées sur le développement de compétences et visant à l'efficacité, d'autre part.

5. Conclusion et perspectives

Cette contribution a décrit les environnements de travail que se sont donnés les groupes, elle a mis en évidence les usages des étudiants en termes de choix des environnements.

La première partie de la contribution a permis d'extraire plusieurs « arts de faire » au niveau des processus informationnels et communicationnels. Celle-ci a donné lieu à une tentative de modélisation des envi-

ronnements de travail de groupe construits par les étudiants (voir 1.7). L'analyse de ces premiers résultats confirme des processus qui pourraient s'articuler en trois temps.

Le lancement du projet donne lieu à de nombreux échanges sur les choix des environnements. Il s'agit pour les étudiants de « mettre en commun » des informations pour trouver un concept et commencer à « écrire ensemble » les premiers rendus pour l'équipe pédagogique. Nous proposons de nommer cette étape le « s'informer pour faire ensemble ». Ce processus fait l'objet de nombreuses médiations (techniques, sociales et sémiocognitives) par l'intermédiaire des environnements. Il permet la confrontation de points de vue et l'installation de leaderships. Cette étape est très stratégique pour les groupes à plusieurs niveaux : propositions d'idées pour le concept, retours d'expérience individuels sur les environnements personnels pour la mise en place de l'organisation et de la communication). Au-delà du s'informer pour faire ensemble, les étudiants doivent dans le même temps choisir des environnements afin « de décider ensemble » (premiers choix décisionnels). L'adoption rapide et massive de Facebook (notamment avec la fonction de sondage) rentre dans une démarche de renforcement des liens pour accroître leur efficacité décisionnelle. Il s'agit dans un triple processus d'informer chaque membre du groupe, de connaître son activité en temps réel et de lui donner la capacité immédiate de réagir et de participer aux processus décisionnels. C'est ce que nous avons nommé la fonction d'*awareness*. L'analyse des données recueillies nous laisse penser que celle-ci est centrale dans l'appréhension par les étudiants de la dynamique relationnelle et de l'engagement des acteurs au sein des groupes. Il semblerait donc que par des logiques d'adaptation, il n'est plus seulement question de s'informer pour faire ensemble et décider ensemble (mode coopératif), mais aussi de « s'informer pour être ensemble » (mode collaboratif) à partir de pratiques privées de partages de valeurs d'immédiateté et de présence constante au niveau des flux de communication.

L'analyse des résultats montre aussi que ces logiques se construisent à partir de propositions individuelles de certains membres qui sont progressivement adoptées par le collectif, et donc qu'elles sont l'objet de détournements d'usages des environnements personnels d'apprentissage appliqués aux environnements de travail de groupes. Enfin, les usages particuliers de Facebook qui sont décrits illustrent selon nous un détournement des pratiques culturelles et sociales des étudiants qui sont propres au contexte particulier du projet étudiantin (celui se situe entre les

sphères privées et une forme de sphère publique proche d'un contexte professionnel). Le fait que les étudiants acceptent assez facilement de « décloisonner » de manière symbolique leurs espaces privés et publics pour l'efficacité relationnelle du projet illustre assez bien ces nouvelles formes de pratiques en ligne qui dépassent les effets d'usage.

Pour conclure, il est important de noter que nous disposons aussi de certaines données exploratoires qui nous renseignent sur le processus inverse (effet de rétroaction), soit sur l'impact de ces choix collectifs sur les environnements personnels d'apprentissage des étudiants. Pour autant, ces données sont limitées et nécessiteraient d'être validées par une étude permettant d'observer concrètement les environnements des étudiants au terme de leur projet. Celle-ci fera l'objet d'un prochain article construit à partir de la confirmation du recueil de données actuelles et la mise en place de nouveaux instruments de recueil de données d'observation. Cet article permettra ainsi de finaliser dans le même type de contexte une étude longitudinale entamée il y a maintenant trois ans.

-
- 1 Le masculin est utilisé sans discrimination dans le but d'alléger la lecture du texte.
 - 2 Cette définition ne doit cependant pas être comprise comme l'expression d'une relation d'un déterminisme entre le dispositif et les comportements des acteurs qui le vivent et l'expérimentent : l'acteur demeure actif au sein du dispositif dont il fait d'ailleurs partie et le processus d'appropriation lui permet, nous l'avons vu, de l'adapter ou même de créer des usages détournés.
 - 3 En italiques dans le texte.
 - 4 « Dans la perspective de la théorie des systèmes, l'environnement est un lieu abritant un ou plusieurs systèmes. À son tour, un système est un ensemble de composantes qui, sous l'effet d'un stimulus, génère une réponse (De Carlo, 1989) et dont les actions sont orientées vers un but commun (Romizowski, 1996). » (Basque et Doré, 1998).
 - 5 Il s'agit des questions 2.2 (Pouvez-vous décrire l'essentiel de votre environnement personnel de travail: quels dispositifs numériques ou non, pour quelles tâches, etc.), 3.3 (Pourquoi pensez-vous privilégier ce ou ces dispositif (s) numérique (s) pour votre prochain projet ?), 4.3 (Lorsque vous adoptez un nouveau dispositif numérique, est-il conservé durant tout le projet ? Pouvez-vous justifier votre réponse ?), 5.5 (Dans votre groupe de projet, vous pensez que certaines personnes sont susceptibles d'influencer les choix d'utilisation de certains dispositifs numériques ? Décrivez un exemple de situation vécue dans votre groupe) et enfin la question 6.2 (Si vous avez coché "Outil collaboratif" à la question précédente, pouvez-vous décrire ces usages collaboratifs ?).
 - 6 « Alors pour tout ce qui est gestion dans le groupe... Déjà ne serait-ce que pour les réunions à distance on a créé un groupe Facebook pour tout le monde. » (Entretien 2, li228) ou « on passe tous directement par Facebook dès qu'on a quelque chose à dire » (Entretien 2, li311).
 - 7 « Je suis dans le groupe développement et on a fait un sous-groupe. Du coup juste avec les personnes appartenant au groupe développement et les chefs de projet pour la répartition des tâches, pour pouvoir parler plus en direct dès qu'on a un souci [...] c'est une information qui est quasi instantanée parce qu'on est presque tout le temps sur Facebook » (Entretien3, li425).

- 8 « Oui. Je suis vraiment impliqué dans le projet donc oui je vais lire tout de suite. Je ne vais peut-être pas réagir tout de suite immédiatement parce que sur le téléphone c'est pas très pratique pour les réponses... Facebook ne se met pas à l'horizontale sur le téléphone et bon c'est une horreur déjà je m'en sors pas trop... Donc j'attends d'être chez moi pour vraiment faire une réponse élaborée. » (Entretien2, li375).
- 9 « On fait une annonce Facebook et, si l'annonce mail n'a pas été faite également parce que la plupart ont l'alerte mail sur le téléphone, c'est le chef de projet qui va prendre en main et renvoyer un mail avec le lien. » (Entretien 2, li486).
- 1 « Et ensuite, voilà, communication informelle avec le téléphone. Soit par appel ou SMS dans le dernier cas où on n'arrive pas à joindre les personnes parce qu'ils ne peuvent pas, ils ont des indisponibilités. » (Entretien1, li238).
- 10 « Ben la plupart du temps, je passe ma journée sur l'ordinateur. Je suis déjà connecté à Internet, je rentre chez moi... Le laps de temps où je rentre chez moi c'est peut-être un quart d'heure et puis je branche mon ordi, c'est un rituel. [...] après c'est plus personnel. J'aimerais bien avoir Internet sur moi tout le temps mais ça me couperait de l'idée d'être un peu libre aussi. » (Entretien4, li675).
- 11 « Et après ben forcément les outils qu'on utilisait le plus couramment donc tout ce qui est téléphone portable, SMS, appels pour traquer les gens qui ne voulaient pas forcément travailler [rires] » (entretien 1, li2li).
- 12 « Pour les SMS, les mails... SMS et mails, moi de mon côté, c'était généralement pour [le] rappel de réunions. » (Entretien 4, li663).
- 13 « Sinon je les appelle, on fait un point, c'est important aussi parce que des fois il y en a qui ne peuvent pas donc voilà je les appelle pour faire un point court voilà de quelques minutes. » (Entretien1, li193).
- 14 « Ce qui déclenche l'appel c'est quand, par les autres moyens on n'arrive soit pas à se faire comprendre, soit quand il y a conflit à gérer, deuxième solution, soit troisième fois que la solution Facebook commence à devenir tellement longue en termes de questions-réponses que le seul moyen de s'en sortir c'est l'utilisation de l'outil oral [...] D'aller parler directement aux gens et puis, si par exemple, ça dépend par exemple aussi de la gradation, de l'importance de l'information qu'on désire avoir. Si c'est uniquement où as-tu mis ce fichier, on envoie un texto et on attend la réponse. Et si c'est vraiment important, qu'on a besoin de quelque chose dans les secondes qui suivent, c'est vrai que l'appel est tout de suite beaucoup plus efficace on va dire.» (Entretien 8, 1423-1424).
- 15 Nous soulignons.
- 16 « Le problème avec la Dropbox par exemple, c'est qu'on mettait des choses dans Dropbox mais c'était pas clair qu'on l'avait mis et donc les gens pensent pas à aller voir dans les dossiers des autres. » (Entretien 10, li1884).
- 17 « Chacun doit aller dans la partie qui correspond à ce qu'il veut... Rajouter en dessous, d'une façon différente, donc une couleur différente, police, peu importe... [...]... Et ensuite mettre un lien sur le Facebook pour indiquer qu'il y a eu un ajout. Donc tenir informé le reste du groupe quand même qu'il y a une évolution dans le document. » (Entretien 1, li284).
- 18 « Donc ça c'est plus le chef de projet qui fait ça... pour envoyer vraiment un document précis et qu'au lieu de... parce que des fois, le problème avec la Dropbox par exemple, » (Entretien 10, li1884).
- 19 « Oui. En plus, maintenant avec la nouvelle fonctionnalité Facebook, à chaque fois qu'on poste un message, ça permet de savoir qui l'a vu, qui l'a pas vu. » (Entretien 3, li427).
- 20 « C'est aussi en fonction de la personne, de ses compétences donc voilà là on en est à ce point-là du projet et toi il va falloir que tu fasses cette tâche-là. Précisément. » (Entretien 1, li193).
- 21 « La Drop pour le partage de documents, ça c'était important aussi. » (Entretien 1, li2li).
- 22 « Dropbox, non. On s'est directement orientés vers le GoogleDrive. » (Entretien 2, li232).
« Alors on utilise Google Drive pour le partage de dossiers, de documents. » (Entretien 3, li419).

- 23 « Mais ça c'est pour les des gros fichiers, pour tout ce qui est lié au graphisme... Des fois on a des fichiers qui sont un peu lourds, puisqu'on n'a pas vraiment de limite de poids ou alors c'est 1 giga je crois. Donc c'est plus pratique. » (Entretien 4, li661).
- 24 « On avait commencé à utiliser Dropbox mais y avait des personnes qui avaient plus de place dessus, du coup on a basculé sur Google Drive. » (Entretien 3, li419).
- 25 « [Wi Transfer] on l'utilise aussi. Mais ça c'est pour les des gros fichiers, pour tout ce qui est lié au graphisme... Des fois on a des fichiers qui sont un peu lourds, puisqu'on n'a pas vraiment de limite de poids ou alors c'est 1 giga je crois. Donc c'est plus pratique. » (Entretien 4, li661).
- 26 « Ensuite Google Docs pour tout ce qui est rédaction de documents en commun. » (Entretien 3, li425).
- 27 « Alors la plupart d'entre nous l'avait déjà utilisé les années précédentes donc c'était un souci de rapidité, de fonctionnalité, de pas avoir le temps de prise en main, de directement expliquer à ceux qui ne connaissaient pas... Et puis c'était instinctif. Directement vers ça. » (Entretien 4, li234).
- 28 « Ben Skype vraiment. Skype. Quand on était à distance et qu'il fallait rédiger les dossiers ça a été un élément très, très important. » (Entretien 1, li2li). Ou : En fait, une fois que les tâches étaient définies, voilà, si telle personne doit bosser sur une partie bien précise, voilà on se connectait et on la remodifiait ensemble... voilà. On se connectait et on bossait ça à deux. (Entretien 1, li44).
- 29 « [...] on avait utilisé Google Docs aussi mais ça n'a pas été très efficace parce que si chacun modifie le document on s'en sortait pas en fait. Surtout dans des groupes comme ça où on est 8, c'est quand même pas mal, ça fait quand même pas mal de monde, à la limite bosser à deux sur un document c'est possible mais autant c'était vraiment pas efficace. » (Entretien 1, li42).
- 30 « Ben y avait les chefs de projet qui établissaient le plan à réaliser, avec une couleur pour chaque pôle... et donc après c'était les chefs de pôle qui organisaient dans leur groupe qui écrivait quelle partie. » (Entretien 4, li517).
- 31 « Ensuite, pour les réunions à distance on a essayé sur Breeze au début... Ca a pas mal fonctionné. » (Entretien 1, li234).
- 32 « Donc d'une [part] parce qu'on utilisait le logiciel nous avant, on savait déjà comment ça fonctionnait, et ensuite ben pareil c'était pour la simplicité, la fluidité du truc, quoi. Il y avait le petit système d'avatars sur Breeze où on pouvait lever la main, etc. Ca permettait d'ordonner nos réunions, d'avoir des prises de parole régulières. » (Entretien 1, li236).
- 33 « En ligne il y a trop de règles à respecter pour que ce soit un minimum ordonné, pour que tout le monde puisse suivre. » (Entretien 1, li282).
- 34 « Mais vu qu'au final les salles ont été réquisitionnées pour les cours, on fait sur Skype [rires] mais c'est pas fantastique non plus. » (Entretien 1, li234).
- 35 « Alors que Skype c'est toujours être interrompu pour pouvoir prendre la main. Y a pas de système d'alerte qui permette de signaler qu'on a besoin de dire quelque chose. » (Entretien 1, li238).
- 36 « [...] avec quelqu'un de mon groupe [...] on se voit facilement trois, quatre fois par semaine sur Skype pour pouvoir faire avancer régulièrement le projet parce qu'on a besoin d'énormément d'échanges. Moi je suis chargé de la partie création graphique et l'autre personne est chargée de la partie montage. [...] On a besoin d'un échange sinon on peut pas avancer l'un sans l'autre. » (Entretien 2, li 316).
- 37 « Alors il y a eu un hic à un moment donné c'est qu'on s'est aperçus que le travail mené d'un côté par les développeurs et d'un côté par les graphistes allait mener à rien. Donc on a été obligés de les faire travailler ensemble parce que sinon on aurait obtenu un produit qui correspondait pas à nos attentes ou voire même qui aurait pas pu être finalisé. » (Entretien 8, li 1461).
- 38 « Après c'est vrai que les logiciels comme Team Lab et Agora Project on avait fait pas mal de veille pour essayer de les trouver sur Internet et c'est vrai que c'est des outils qui sont censés être utilisés pour la gestion de projet. » (Entretien 4, li582).
- 39 « Donc on a eu un premier test en début d'année avec Team Lab. On avait eu un bon truc à la fin de l'année dernière ça avait bien marché, le problème c'est qu'ils ont sorti une

- nouvelle version et ça nous convenait pas parce que la gestion des tâches elle était vraiment restreinte au niveau des possibilités. Donc on a changé. » (Entretien4, li578).
- 40 « Donc on l'avait mis à jour dans un premier temps avec les plannings, les tâches pour tout le monde, des documents de référence qu'on pouvait stocker dessus et le problème c'est que c'était pas utilisé par le groupe... » (Entretien4, li578). « Ca s'est vu aussi justement pour TeamLab et Agora puisque TeamLab c'était moi, Agora c'était... on avait cherché tous les deux mais on avait mis du contenu au début, on a vu que les autres allaient pas forcément non plus dessus régulièrement et on a un peu lâché l'affaire nous aussi du coup. ». (Entretien 4, li626).
- 41 « On a lâché l'affaire complètement. On voyait que ça ne fonctionnait pas ». (Entretien 4, li626)
- 42 « L'aspect design en fait on se rend compte...on pourrait se dire, ça a un aspect un peu enfantin mais l'aspect design de l'outil du *groupware* ça va être super important en fait pour nous. Si c'est un outil qui est pas très ergonomique, pas très joli à regarder, on aura encore moins envie de l'utiliser. Ça a été le problème avec Agora. » (Entretien4, li636).
- 43 « Et puis après il y a eu une veille aussi des dispositifs numériques. Les logiciels qu'ils proposaient étaient assez complexes. Enfin je pense qu'ils étaient assez complexes. On n'avait pas spécialement le temps de se concentrer dessus. » (Entretien7, li1359).
- 44 « Parce qu'en fait on a nos habitudes [...] Et puis Facebook c'est vrai que quasiment tout le monde a un compte Facebook. On cherche plus la facilité. » (Entretien7, li1362).
- 45 Un *groupware* (collecticiel) est un logiciel destiné à favoriser le travail en équipe. Il permet à plusieurs individus de collaborer en mode synchrone (temps réel) ou asynchrone, le plus souvent grâce à une palette d'outils parmi lesquels on peut citer : calendrier partagé, chat, visio-conférence, articles, brèves, contacts partagés, webmail, etc. Source: <http://www.dicodunet.com/definitions/developpement/collecticiel.htm>

BIBLIOGRAPHIE

ATTWELL G. (2007). Personal Learning Environments. The future of eLearning? *eLearning Papers*, Vol. 2 n° 1, Disponible sur Internet : <http://www.elearningeuropa.info/files/media/media11561.pdf>

BASQUE J., DORE S. (1998). Le concept d'environnement d'apprentissage informatisé. *Journal of Distance Education, Revue de l'Éducation à Distance*, Vol. 13, n° 1. Disponible sur Internet : <http://www.jofde.ca/index.php/jde/article/view/136/426> (consulté le 10 novembre 2013).

BOLTANSKI L (1990). *L'Amour et la Justice comme compétences*, Paris, Métailié.

BONFILS P., PERAYA D. (2011). Environnements de travail personnels ou institutionnels ? Les choix d'étudiants en ingénierie multimédia à Toulon. Dans L. Vieira, C. Lishou, N. AKAM (Éd.), *Le numérique au cœur des partenariats : enjeux et usages des technologies de l'information et de la communication*, Dakar, Presses universitaires de Dakar, p. 13-28.

BONFILS P., DUMAS P. (2007). Mondes persistants et enseignement à distance : de nouvelles perspectives ? *Information, Savoirs, Décisions et Médiations (ISDM)*, Vol. 29. Disponible sur Internet : <http://isdm.univ-tln.fr/PDF/isdm29/BONFILS.pdf> (consulté le 20 mai 2013).

BOURDIEU P. (1980). *Le sens pratique*, Paris, Éditions de Minuit.

BOURDIEU P., CHAMBOREDON J.C., PASSERON J.C. (2005). *Le métier de sociologue : préalable épistémologiques*, Berlin, Mouton de Gruyter.

Daniel PERAYA, Philippe BONFILS

BRONCKART J.P. (1996). *Activité langagière, textes et discours. Pour un interactionnisme sociodiscursif*, Berne, Peter Lang.

CARDON D. (2008). Le design de la visibilité : un essai de typologie du web 2.0, *Internet Actu.net*. Disponible sur Internet : <http://www.Internetactu.net/2008/02/01/le-design-de-la-visibilite-un-essai-de-typologie-du-web-20/> (consulté le 19 novembre 2013).

CHARLIER B., DESCHRYVER N., PERAYA D. (2006). Apprendre en présence et à distance : une définition des dispositifs hybrides. *Distances et savoirs*, Vol. 4 n° 4, 469-496. Disponible sur Internet : <http://archive-ouverte.unige.ch/unige:17649>

CLARK H., BRENNAN S.E. (1991). Grounding in communication. Dans L.B. Resnick, J. M. Levines, D. Teasley (Eds.), *Perspectives on Socially Shared Cognition*, Washington, American Psychological Association, p. 127-149.

COLEMAN J.S. (1988). Social capital in the creation of human capital, *American Journal of Sociology*, Vol. 94, 95-120.

ENGESTRÖM Y. (1994). Teachers as Collaborative Thinkers: Activity-theoretical Study of an Innovative Teacher Team. In I. Carlgren, G. Handal, & S. Vaage (Eds.), *Teachers' Minds and Actions: Research on Teachers' Thinking and Practice*, London, The Falmer Press, p. 43-61.

FLUCKIGER C. (2011). De l'émergence des nouvelles formes de distances. Les conséquences des nouvelles pratiques de communication ordinaire sur la FAD dans le supérieur. *Distances et savoirs*, Vol. 9 n° 3, 397-417.

GAUTHIER P. (2004). Taxonomie des outils TICE par fonctions technico-pédagogiques, 2004, Groupe des écoles des Mines. Disponible sur Internet : <http://gev.industrie.gouv.fr/IMG/pdf/TaxonomieOutilsTICE-3.pdf> (consulté le 26 mars 2013).

GEORGES F. (2011). L'identité numérique sous emprise culturelle. De l'expression de soi à sa standardisation. *Les Cahiers du numérique*, Vol. 1 n° 7, 31-48.

GRANOVETTER M. (1973). The Strength of Weak Ties. *American Journal of Sociology*, Vol. 78 n° 6, 1360-1380. Disponible sur Internet : <http://www.jstor.org/stable/2776392> (Consulté le 15 novembre 2013).

JACQUINOT-DELAUNAY G. (2002). Absence et présence dans la médiation pédagogique ou comment faire circuler les signes de la présence. Dans R. Guir, *Pratiquer les TICE. Former les enseignants et les formateurs à de nouveaux usages*, Bruxelles, De Boeck, p. 104-116.

JEANNERET Y. (2009). La relation entre médiation et usage dans les recherches en information-communication en France, In RECIIS – *Electronic Journal of Communication Information & Innovation in Health*, Vol. 3, n° 3, 25-34.

KLEIN A. (2012). Facebook quand tu nous tiens. Dans S. Proulx, M. Millette, L. Heaton, *Médias sociaux. Enjeux pour la communication*, Presses universitaires du Québec, Québec, p. 105-116.

LAHIRE B. (1998). *L'homme pluriel. Les ressorts de l'action*, Paris, Nathan.

MEUNIER J.P., PERAYA, D (2004). *Introduction aux théories de la communication. Analyse sémio-pragmatique de la communication médiatique* (2^e édition revue et augmentée), Bruxelles, De Boeck.

ODIN R. (2011). *Les espaces de communication*, Grenoble, PUG.

PAQUELIN D. (2009). *L'appropriation des dispositifs numériques de formation. Du prescrit aux usages*, Paris, L'Harmattan.

PATUREL R., RICHOMME-HUET K., DEFREYMAN, J. (2005). Du capital social au management relationnel. Communication à la XIV^e Conférence Internationale de l'Association Internationale de Management Stratégique, AIMS (Angers, 7-10 juin). Disponible sur Internet : http://www.strategie-aims.com/events/conferences/9-xiveme-conference-de-l-aims/communications?theme=Manoeuvres+-+Concurrence#communication_645 (consulté le 14 novembre 2013).

PERAYA D. (1998). Théories de la communication et technologies de l'information et de la communication : un apport réciproque. *Revue européenne des sciences sociales*, Vol. 36 n° 111, 171-188.

PERAYA D. (1999). Médiation et médiatisation : le campus virtuel. *Hermès*, Vol. 25, p. 153-168. Disponible sur Internet : <http://archive-ouverte.unige.ch/unige:17780>

PERAYA, D. (2003). De la correspondance au campus virtuel : formation à distance et dispositifs médiatiques. In Charlier, B. & Peraya, D. (Éd.). *Technologie et innovation en pédagogie. Dispositifs innovants de formation pour l'enseignement supérieur* (pp. 79-92). Bruxelles : De Boeck. Accès réservé à la communauté de l'Université de Genève : <http://archive-ouverte.unige.ch/unige:29016>

PERAYA D. (2010). Médias et technologies dans l'apprentissage : apports et conflits. Dans B. Charlier, F. Henri, *Apprendre avec les technologies*, Paris, Presses universitaires de France, p. 23-34.

PERAYA D., RICKENMANN R., LOMBARD F. (2002). Changement dans les rapports aux univers technique, relationnel et sémiotique. In R. Guir (Éd.), *Pratiquer les TICE : former les enseignants et les formateurs à de nouveaux usages*, Bruxelles, De Boeck, p. 77-91.

PERAYA D., LOMBARD F., BETRANCOURT M. (2008). De la culture du paradoxe à la cohérence pédagogique. Bilan de 10 années de formation à l'intégration des TICE pour les future-e-s enseignants du primaire à Genève. *Formation et pratiques d'enseignement en questions*, Vol. 7 11-28, p. 11-28. Disponible en ligne sur Internet : <http://archive-ouverte.unige.ch/unige:17661>

PERAYA D., BONFILS P. (2012). Nouveaux dispositifs médiatiques, comportements et usages émergents : Le cas d'étudiants toulonnais en formation à l'Ufr Ingémédia. *Distance & Médiations des Savoirs*, Vol. 1. Disponible sur Internet : <http://dms.revues.org/126> (consulté le 12 février 2013).

PERAYA D., PELTIER C. (2012). Une année d'immersion dans un dispositif de formation aux technologies : prise de conscience du potentiel éducatif des TICE, intentions d'action et changement de pratique. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire* (RITPU), Vol. 9 n°2, p. 111-135. Disponible sur Internet : http://ritpu.ca/IMG/pdf/RITPU_v09_n01-02_111.pdf (consulté le 26 mars 2013).

PERAYA D., BONFILS P. (2013). Environnements personnels d'apprentissage et environnements de travail de groupe : choix et processus décisionnels. Communication orale au symposium du REF2013 « *Les environnements personnels d'apprentissage. Entre description et modélisation : quelles approches, quels modèles ?* » (Genève, 9-10 septembre), Université de Genève.

PERRIAULT J. (1989). *La logique de l'usage*, Paris, L'Harmattan.

Daniel PERAYA, Philippe BONFILS

PROULX S. (2005). Penser les usages des TIC aujourd'hui : enjeux, modèles, tendances. Dans L. Vieira et N. Pinède (Eds.), *Enjeux et usages des TIC : aspects sociaux et culturels*, Tome 1, Presses universitaires de Bordeaux, Bordeaux, p. 7-20.

PROULX S., MILLETTE M., HEATON L. (2012). *Médias sociaux. Enjeux pour la communication*, Québec, Presses universitaires du Québec.

RABARDEL P. (1995). *Les Hommes et les Technologies. Approche cognitive des instruments contemporains*, Paris, A. Colin.



L'agentivité humaine : un moteur essentiel pour l'élaboration d'un environnement personnel d'apprentissage

► Annie JÉZÉGOU (Trigone-CIREL, Lille 1)

■ **RÉSUMÉ** • Aujourd'hui, la sémantique associée à l'expression « environnement personnel d'apprentissage » (EPA) relève principalement du langage courant, lui-même soutenu par des représentations éparées et évolutives. Elle est encore peu étayée au plan théorique, ouvrant ainsi la voie à de multiples interprétations et à des logiques diversifiées d'action. L'article présente les aspects essentiels d'un cadre théorique d'analyse et d'interprétation des EPA, contribuant ainsi à leur apporter une intelligibilité. Ce cadre théorique est ancré dans la théorie sociale cognitive de l'agentivité humaine. Au plan conceptuel, il articule les fondements de cette théorie aux résultats de travaux sur l'autodirection, la collaboration, les communautés d'apprentissage en ligne ainsi que sur la présence en e-learning.

■ **MOTS-CLÉS** • environnement personnel d'apprentissage, agentivité, autodirection, communauté d'apprentissage en ligne, présence en e-learning.

■ **ABSTRACT** • Today, the semantic associated to the expression "personal learning environment" (PLE) is primarily linked to ordinary language, itself supported by scattered patchwork representations. It is still not supported theoretically, paving the way for multiple interpretations and diverse logics of action. The article presents the essential features of a theoretical framework for analysis and interpretation of the EPA, thereby obtaining their intelligibility. This theoretical framework is grounded in social cognitive theory of human agency. Conceptually, it articulates the foundations of this theory to the results of work on self-direction, collaboration, online learning communities as well as presence in e-learning.

■ **KEYWORDS** • personal learning environment, agency, self-direction, online learning community, presence in e-learning.

Annie JÉZÉGOU

L'agentivité humaine : un moteur essentiel pour l'élaboration d'un environnement personnel d'apprentissage

Sticef, vol. 21, 2014, p. 269-286, en ligne sur <www.sticef.org>

1. Introduction

Toute configuration éducative (formelle, informelle, non formelle, médiatisée ou non, en « présentiel », à distance ou hybride, *etc.*) induit, en corollaire, l'existence d'un environnement personnel d'apprentissage, du moins lorsque l'on se place du point de vue du sujet en formation. Le terme « personnel » tend à générer l'idée d'un espace privé – situé et socialisé – propre à l'apprenant. En même temps, le recours explicite et non anodin à celui « d'apprentissage » incite à mettre en retrait les aspects socio-techniques et technico-pédagogiques liés à l'activité des agents éducatifs, pour orienter la réflexion vers l'activité formatrice – voire autoformatrice – du sujet dans la construction de ses propres connaissances. De plus, les représentations sociales sur les environnements personnels d'apprentissage (EPA) véhiculent l'idée d'une dimension socio-éducative, notamment favorisée par l'usage des technologies du Web social. Au regard de ces quelques éléments et d'autres encore, la sémantique associée aux EPA n'est pas neutre, bien qu'elle fasse encore peu l'objet d'une réflexion conceptuelle.

Le cadre théorique présenté dans cet article vise à contribuer à une intelligibilité des EPA, en termes d'analyse et d'interprétation. Il défend le principe fondamental selon lequel l'agentivité humaine est un moteur essentiel pour l'élaboration d'un EPA. Au sens large, l'agentivité est le contrôle exercé par les sujets sur leur propre fonctionnement, leurs conduites et l'environnement. Le paradigme dominant de l'agentivité humaine est la théorie sociale cognitive (Bandura, 1986).

La première partie de l'article montre tout d'abord que l'agentivité individuelle peut être expliquée par les principaux mécanismes psychologiques de l'autodirection. Puis elle précise les trois types d'environnement qui, selon la théorie sociale cognitive, sont ontologiquement inséparables de l'expression de l'agentivité. Elle montre à cette occasion les principales conduites agentiques – donc autodirigées – qui peuvent se mettre en œuvre dans l'élaboration, par le sujet lui-même, de son EPA. La seconde partie de l'article est centrée sur l'agentivité collective. Elle établit des liens entre ce concept et la notion de communauté d'apprentissage en ligne. Elle précise plus particulièrement la manière dont s'exprime l'agentivité collective dans les interactions sociales collaboratives qui permettent de créer une présence au sein d'un espace numérique de communication, cela en contexte de *e-learning*¹. Les articulations opérées entre les concepts explicités dans l'article constituent les fondements du cadre théorique proposé.

2. Agentivité individuelle et EPA

L'expression « environnement personnel d'apprentissage » fait écho à la société postmoderne (Boutinet, 2004) et cognitive (Conseil de l'Europe, 2000). Cette société se caractérise par un nouveau type de capital considéré comme le caractère distinctif d'évolution et de performance non seulement entre les nations, les organisations professionnelles, mais également entre les sujets sociaux eux-mêmes. Ce capital cognitif s'appuie sur la cumulation de savoirs, le contrôle des sources et des facteurs de connaissances, les réseaux de production de savoirs ou encore sur la capacité individuelle et collective à apprendre (Azais *et al.*, 2003 ; Levy & Jouyet, 2006). Le développement de ce capital cognitif ou immatériel s'appuie notamment sur une culture de l'apprenance (Carré, 2005) : une culture où l'apprentissage a une valeur économique mais aussi – peut-on l'espérer – est un moyen d'émancipation et de promotion sociale, de réalisation personnelle et professionnelle. La culture de l'apprenance contribue à un renversement de paradigme éducatif qui rompt avec les modèles éducatifs conventionnels. Ce faisant, elle met en retrait les notions de dispositifs « fonctionnels » et « idéels » de formation (Albero, 2010) centrés sur les activités et les représentations des agents éducatifs en milieu institutionnel pour donner la primauté à la notion d'environnement. Cette notion ouvre une perspective davantage écologique en prenant en compte non seulement le vécu et l'activité effective des sujets en formation, mais aussi leur agentivité individuelle, cela tout au long de la vie et en cohérence avec la culture de l'apprenance.

2.1. Autodirection et agentivité individuelle

L'agentivité individuelle sollicite plus spécifiquement l'activité autoformatrice du sujet (Bandura, 2003). Cette activité est à l'origine de l'essentiel du développement des compétences des adultes (Carré, 2005 ; Carré & Charbonnier, 2003 ; Dumazedier, 2002 ; Hrimech, 1996 ; Tremblay, 2003). Au plan de la recherche, on peut déceler aujourd'hui cinq grandes entrées dans la problématique de l'autoformation (Jézégou *et al.*, 2011) : (1) existentielle basée sur l'analyse phénoménologique de données biographiques ; (2) socio-historique adossée à l'étude des itinéraires autodidactes ; (3) technico-pédagogique centrée sur l'ingénierie des dispositifs d'autoformation accompagnée ; (4) socio-organisationnelle ciblée sur les manifestations groupales et sociétales de l'autoformation et enfin (5) sociocognitive axée sur le rapport à la formation et le concept d'autodirection des apprentissages. C'est cette dernière entrée de l'autoformation comme démarche d'apprentissage autodirigé qui paraît le

mieux répondre aux enjeux de la culture de l'apprenance pour le développement de la société cognitive (Carré, 2005 ; Jézégou *et al.*, 2011).

L'autodirection renvoie à la capacité du sujet « à prendre l'initiative, avec ou sans l'aide d'autrui, de déterminer ses besoins de formation, recenser les ressources humaines et matérielles nécessaires à sa formation, sélectionner et mettre en œuvre les stratégies d'apprentissage adéquates et en évaluer les résultats. » (Knowles, 1975). Carré ajoute à ce propos que « l'apprenant autodirigé est à la fois fortement engagé dans son propre projet (autodétermination), armé de techniques et de ressources cognitives, matérielles et humaines dont il est capable de réguler les usages en fonction de ses propres objectifs (autorégulation), le tout étant fortement soutenu et dynamisé par un sentiment affirmé de son efficacité personnelle à apprendre. » (Carré, 2003).

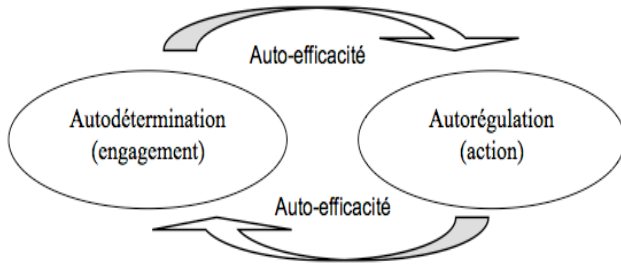


Figure 1. La double dimension de l'autodirection d'après Carré (2003).

L'autodétermination de l'apprenant est nécessaire pour qu'il se mobilise personnellement dans une activité de formation pour atteindre ses propres buts. Elle est également nécessaire pour qu'il autorégule les différents aspects liés à la conduite de cette activité. Par ailleurs, les processus d'autorégulation sont importants pour maintenir, durant l'activité, une motivation autodéterminée initiale. Par conséquent, l'autodétermination est à la fois la source et la conséquence des processus autorégulés qu'il met en œuvre (Cosnefroy, 2011 ; Jézégou, 2013 ; Schunk & Zimmerman, 2007). Nombre de chercheurs s'accordent à dire que certaines dimensions externes ou environnementales permettent de favoriser l'autodétermination et l'autorégulation tandis que d'autres les entravent ; par conséquent, elles peuvent influencer sur les conduites autodirigées (Deci & Ryan, 2007 ; Jézégou, 2013 ; Laguardia et Ryan, 2000 ; Vallerand *et al.*, 2009).

Toutefois, si l'on se réfère à la théorie sociale cognitive (Bandura, 1986), ces conduites – au même titre que toutes autres formes de conduite humaine – ne résultent pas uniquement de l'influence directe exercée par

l'environnement comme le stipule l'approche behavioriste et le courant déterministe de la sociologie. Par ailleurs, elles ne dépendent pas uniquement de caractéristiques personnelles comme l'affirment par exemple la psychanalyse et le courant dispositionaliste de la psychologie. Selon cette théorie, les conduites humaines résultent de l'interaction continue et réciproque avec des facteurs environnementaux (humains, socio-économiques, culturels, matériels, etc.) et des caractéristiques personnelles ; ces caractéristiques pouvant être tout à la fois cognitives, émotionnelles et biologiques. Les relations entre ces trois grandes dimensions sont formalisées dans le modèle de causalité triadique réciproque de Bandura (figure 2) où « C » désigne les conduites, « P » les caractéristiques personnelles et « E » l'environnement :

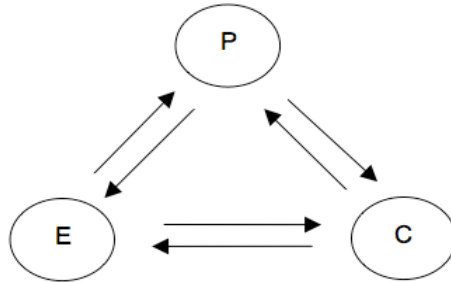


Figure 2. Le modèle de causalité triadique réciproque (Bandura, 1986)

Ces trois dimensions sont en interaction continue et réciproque selon des importances variables et contingentes à des circonstances, des activités et des temporalités données. Elles n'interviennent pas toujours avec la même force et ne sont pas obligatoirement impliquées en même temps. En revanche, l'évolution ou la modification de l'une d'entre elles entraîne une transformation du système d'interactions. Par conséquent, les jeux d'influence entre les trois dimensions du système peuvent changer selon les circonstances et varier d'un sujet à l'autre.

Dans tous les cas, ce dernier devient « agent » lorsqu'il exerce intentionnellement une influence personnelle sur son propre fonctionnement, sur le cours de sa vie et de ses actions, sur les autres et sur les systèmes d'actions collectives ou encore sur l'espace social et naturel (Bandura, 1999, 2006).

Une telle agentivité se manifeste par des conduites autodirigées (Jézégou, 2013 ; Ponton, 2009 ; Ponton & Carr, 2012). Elles consistent notamment à se fixer un but, à choisir, s'engager et persévérer dans un en-

semble d'actions requises pour atteindre ce but (autodétermination), à réguler soi-même ces actions en mobilisant des ressources cognitives, émotionnelles, biologiques et environnementales (autorégulation). La caractéristique personnelle centrale et omniprésente dans l'agentivité est le sentiment d'efficacité personnelle à exercer un contrôle sur ses conduites et à les mener à bien, cela en interaction avec l'environnement et en fonction des résultats souhaités (Bandura, 2003). Ainsi les trois concepts clés que sont l'autodétermination, l'autorégulation et le sentiment d'efficacité personnelle permettent d'expliquer les grands mécanismes psychologiques de l'agentivité individuelle.

2.2. Agentivité individuelle et types d'environnement

La théorie sociale cognitive distingue trois types d'environnements inséparables de l'exercice de l'agentivité humaine (Bandura, 1999) : (1) les environnements imposés, (2) choisis, (3) construits. Ces environnements peuvent tout à la fois être des environnements politiques, socio-économiques, écologiques, technologiques, professionnels ou encore d'apprentissage.

Le tableau 1 ci-après présente de façon synthétique l'articulation opérée, notamment lors du travail à l'origine de cet article, entre ces trois types d'environnement et la manière dont peut s'exprimer l'agentivité individuelle. Chacune de ces relations fait ensuite l'objet d'un développement ou d'une explicitation spécifique.

Tableau 1. Types d'environnement et manière dont peut s'exprimer l'agentivité individuelle du sujet par le biais de son autodirection

Environnement	Expression de l'agentivité individuelle		
	Autodétermination	Autorégulation réactive	Autorégulation proactive
Imposé	X	X	
Choisi	X		X
Construit	X		X

L'environnement « imposé » recouvre des contextes qui laissent peu de choix au sujet quant à la manière dont il peut agir en conséquence. En contexte éducatif, l'environnement imposé correspond à un dispositif hétéro-structuré exerçant un fort contrôle pédagogique sur les conditions d'apprentissageⁱⁱ ; l'apprenant n'a pas vraiment de marges de manœuvre pour en modifier ou en faire évoluer la structure organisationnelle et technico-pédagogique (Jézégou, 2005). Comme le précise (Bandura, 1999),

face à ce type de situation, les conduites varient d'un sujet à l'autre selon la manière dont chacun l'interprète et y réagit. Elles découlent notamment de l'évaluation cognitive de l'environnement par le sujet lui-même, cela en fonction de son propre besoin ou non d'hétéro-structuration pour agir (Neuberg & Newson, 1993), de sa perception quant à l'application des règles imposées, leur adoption, leur violation et l'opposition à leur égard (Burns & Dietz, 2000) ou encore en fonction des pertes ou des gains générés par le respect ou non de ces règles compte tenu de ses propres buts (Gagne & Deci, 2005). En conséquence, deux grandes catégories de conduites peuvent se présenter (Jézégou, 2013) :

1. certains sujets s'ajustent à cette situation contrainte pour des raisons qui leur sont spécifiques et selon des modes singuliers de fonctionnement. Dès lors, ils ne font pas preuve d'agentivité individuelle. Transposé à la problématique traitée dans l'article, ce cas de figure se traduit alors par un environnement personnel d'apprentissage limité au contexte éducatif institué, en termes de périmètre et de centration ;
2. d'autres compensent une liberté limitée d'action en contournant les contraintes qui leur sont imposées. *A contrario* des précédents, ils font preuve d'agentivité individuelle.

Dans ce second cas de figure et au regard de l'autodirection, les mécanismes psychologiques qui soutiennent l'expression d'une telle agentivité individuelle relève à la fois d'une autodétermination (engagement dans leur propre projet) et d'une autorégulation réactive. Selon Zimmerman (2007), cette forme d'autorégulation permet de dépasser les obstacles qui entravent l'atteinte du but poursuivi par la mise en œuvre d'actions spécifiques dont le sujet en contrôle la conduite et en évalue les effets. Ce phénomène a notamment été observé chez des apprenants adultes inscrits dans des dispositifs de formation à distance relativement hétéro-structurés (Jézégou, 2011 ; 2013) : ils se conformaient et s'ajustaient aux conditions imposées d'apprentissage (notamment spatio-temporelles, pédagogiques et de la communication éducative médiatisée) ; parallèlement, ils créaient des conditions informellesⁱⁱⁱ à la marge des dispositifs institués pour répondre à un besoin d'autodétermination. Dès lors, leur environnement personnel d'apprentissage intégraient à la fois des conditions imposées par le contexte éducatif institué et des conditions informelles créées grâce à leur agentivité personnelle. Ainsi, le périmètre de leur environnement personnel d'apprentissage intégrait et dépassait à la fois celui plus restreint et circonscrit par le dispositif institué de formation. L'ampleur de ce périmètre dépendait de la puissance avec laquelle s'exprimait leur agentivité.

vité individuelle (niveau d'autodétermination et d'efficacité des stratégies d'autorégulation réactive).

L'environnement « choisi » découle, quant à lui, de la décision que le sujet prend face à plusieurs options possibles, cela au plan professionnel, social, amical ou encore éducatif. En formation, l'environnement « choisi » peut résulter du choix opéré par l'apprenant entre plusieurs organismes ou établissements (prestataires de formation), cursus universitaires, modalités de formation (en présentiel, à distance ou mixte), etc. Ce choix est notamment issu d'une évaluation cognitive des options possibles au regard de leur pertinence respective pour atteindre le but qu'il s'est fixé. Il peut également résulter d'une évaluation des avantages et inconvénients de chacune de ces options mais aussi des ressources personnelles^{iv} dont il dispose et de ses contraintes^v. Dans tous les cas, l'apprenant manifeste alors des conduites autodéterminées car il est à l'origine du choix opéré ; ce qui traduit une forme d'agentivité individuelle. Si l'environnement est « choisi » par l'apprenant lui-même, cela ne présuppose pas pour autant que ce dernier puisse modifier ou en faire évoluer la structure. Ainsi, l'engagement dans un environnement est certes lié à un choix autodéterminé mais cet environnement peut comporter une structure rigide offrant peu de marge de manœuvre car « imposée ». Les conduites qui en découlent ont été décrites précédemment. Une autre forme d'environnement « choisi » peut résulter d'un agencement proactif, par l'apprenant lui-même, de conditions favorables à ses apprentissages en fonction de son propre projet (autodétermination). Ces conditions peuvent être tout à la fois spatio-temporelles, pédagogiques ou liées à la communication éducative médiatisée. Un agencement « proactif », car il ne se fait pas en réaction à des contraintes instituées qui entravent l'atteinte des résultats souhaités ; il se réalise de façon davantage autodéterminée par la mise en œuvre volontaire d'un plan finalisé d'actions dont l'apprenant en contrôle ensuite la conduite et en évalue les effets (autorégulation proactive), tout en s'appuyant sur la croyance en sa capacité à le mener à bien. En contexte institué de formation, un tel agencement proactif peut être possible dans la mesure où le dispositif de formation offre à l'apprenant des libertés de choix et d'action pour structurer lui-même son environnement d'apprentissage. L'ampleur du périmètre de l'EPA qui en résulte dépend d'une part, du degré de liberté de choix offert à l'apprenant par le dispositif de formation et d'autre part, de la puissance de son agentivité individuelle pour se saisir de ces libertés (autodétermination) et développer des stratégies efficaces d'auto-régulation proactive (Jézégou, 2011, 2013). En contexte informel, ce type d'environnement

renvoie à des situations d'autodidaxie également élaborées par un agencement proactif de conditions environnementales propices aux apprentissages en dehors de tout cadre éducatif institué.

Le troisième et dernier type d'environnement est qualifié de « construit ». Selon la théorie sociale cognitive, les sujets ne sont pas uniquement situés dans un environnement ou un espace social. Ils participent également à la construction de ce dernier par des efforts personnels. En formation, l'environnement d'apprentissage peut être « construit » conjointement par l'apprenant et les formateurs (ou enseignants) par l'élaboration de parcours individualisés de formation et la structuration des situations d'apprentissage, chacune des parties en présence disposant de ses propres ressources et contraintes. Il peut aussi être construit avec les pairs notamment dans le cadre d'un projet collectif en développant une démarche de coopération ou de collaboration visant un but partagé. Dans tous les cas, l'apprenant peut mettre en œuvre son agentivité et exercer ainsi un contrôle intentionnel sur l'agencement proactif de son propre environnement personnel d'apprentissage, cela au travers de ses transactions avec les autres. Cet agencement intègre des conditions d'apprentissage co-construites grâce à des interactions d'expression des points de vue, de négociation, d'ajustement mutuel et de délibération (Jézégou, 2012). L'environnement personnel d'apprentissage dispose alors d'un périmètre spécifique à chacun, mais tout ou partie construit avec les autres.

En résumé, l'agentivité individuelle s'exprime par une forme d'auto-ingénierie d'un environnement personnel d'apprentissage, dont les forces motrices relèvent de l'autodirection en formation. « Personnel » parce que cet EPA matérialise un lieu de « vouloir et de pouvoir » : un lieu où l'apprenant prend intentionnellement le contrôle de sa formation en disposant/agençant des conditions optimales pour apprendre par lui-même et en interaction avec les autres.

Ces conditions sont spatio-temporelles, éducatives et/ou technologiques ; elles peuvent être, selon les cas, toutes à la fois imposées, choisies et co-construites. En contexte éducatif instrumenté, un tel agencement peut être constitué de nombreux supports et médias différents : ordinateur portable, tablette, téléphone sans fil, vidéo, audio, texte, photographie, etc. En même temps, il peut combiner une multitude de services et d'outils : courriel, messagerie écrite et/ou orale instantanée, vidéo, portfolio, blog, wiki, traitement de texte en ligne, échanges de signets, concentrateur de flux RSS, etc. Cet agencement varie d'un sujet à l'autre en fonc-

tion de ses objectifs de formation, de ses intérêts professionnels et personnels, de son niveau d'acculturation aux technologies. Il n'est pas figé : il évolue dans le temps selon les changements liés à l'ensemble de ces différents aspects. Les possibilités d'agencement sont telles que la tentation peut être grande d'assimiler un EPA à la structure technique singulière qui en résulte. Mais cette assimilation directe tend à déposséder les technologies de leur simple statut d'objets techniques pour alimenter à elles-seules l'imaginaire collectif sur les EPA. Une telle centration techniciste tend à évacuer la nécessaire agentivité individuelle dont le sujet doit faire preuve. Par conséquent, elle ne prend pas en compte les mécanismes psychologiques en jeu, tels que décrits précédemment, dans l'élaboration de son propre environnement d'apprentissage. De plus, elle met de côté le rôle fondamental joué par une autre forme d'agentivité : celle dite « collective ».

3. Agentivité collective et EPA

Selon la théorie sociale cognitive, les mécanismes à l'œuvre dans l'agentivité individuelle sont transposables à l'agentivité collective (Bandura, 2003, 2006). Ainsi, l'agentivité collective opère par l'intermédiaire d'un but commun et d'une croyance partagée en termes d'efficacité collective ; elle permet de transformer l'environnement plutôt que de s'y adapter ou de s'y ajuster collectivement ; elle permet également de générer des communautés et de les développer par un effort collectif orienté vers le but partagé.

Cette notion de communauté est régulièrement évoquée dans les discours sur les environnements personnels d'apprentissage, plus spécifiquement sur les EPA ayant recours à l'usage des outils de communication et de collaboration à distance^{vi}. Mais, ces discours évoquent rarement l'agentivité collective qui permet l'émergence et le développement d'une communauté d'apprentissage en ligne. Or, ce type de communauté peut constituer une dimension socio-éducative essentielle d'un EPA.

3.1. Communauté d'apprentissage en ligne

Une communauté est souvent confondue à un groupe d'amis et/ou à un groupe formel. Ces deux formes d'organisation sociale sont différentes de celle d'une communauté (Dillenbourg *et al.*, 2003). Un groupe d'amis n'est pas finalisé ; il ne possède pas forcément de règles de participation et de fonctionnement. Chacun y adhère de façon volontaire par affinités personnelles avec les autres. Toutefois, il peut constituer un réseau d'entre-aide et de soutien en fonction des demandes et/ou des besoins de

chacun de ses membres. C'est notamment une des raisons pour lesquelles les sujets peuvent les intégrer dans leur EPA via des plateformes logicielles de réseaux sociaux^{vii}. Un groupe formel est, quant à lui, créé à l'initiative d'une personne. Il peut s'agir d'un supérieur hiérarchique, d'un expert, d'un formateur ou encore d'un collègue. Cette personne prédétermine les buts à atteindre, le nombre de personnes constituant le groupe ainsi que leurs caractéristiques et les choisit en fonctions des besoins identifiés. Le fonctionnement du groupe ainsi constitué s'appuie généralement sur une logique de coopération : c'est-à-dire sur une structuration de l'activité en différentes tâches, une division du travail et des responsabilités au sein du groupe. Les interactions y sont dominées plus ou moins fortement par un membre du groupe à différentes séquences d'élaboration de l'activité.

Une communauté renvoie à une organisation flexible orientée vers un but partagé par ses membres. Ils s'unissent pour construire une expérience collective, tout en poursuivant leurs propres objectifs personnels. De cette co-construction résulte progressivement une micro-culture partagée autour de valeurs, de pratiques, de règles conversationnelles ou encore de comportements (Dillenbourg *et al.*, 2003 ; Henri & Ludgren-Cayrol, 2001 ; Preece & Maloney-Krichmar, 2003). Une communauté s'organise autour d'un espace commun d'interactions et de partages principalement basé sur une logique de collaboration. Une telle logique se caractérise notamment par l'égalité des statuts des membres du groupe et leur participation aux interactions, ainsi que par le fait qu'ils mènent conjointement des activités définies ensemble. De plus, ils s'y engagent activement et ont accès à des ressources partagées, tout en assurant la réciprocité des informations, des soutiens et des services (Daele, 2013 ; Dillenbourg *et al.*, 2003 ; Henri et Lungren-Cayrol, 2001).

Une communauté d'apprentissage, en ligne ou non, possède l'ensemble des grandes caractéristiques d'une communauté au sens large. Elle peut être définie comme « *un groupe de personnes, membres volontaires aux expertises diverses et d'égale valeur, engagées conjointement dans une démarche collaborative de résolution d'une situation problématique ; cette démarche facilitant la construction individuelle et collective de connaissances* » (Jézégou, 2012). Par résolution d'une situation problématique, on entend ici : conduire un projet, réagir à un évènement ou encore apporter une réponse à un problème. Au plan théorique, deux conceptions de la collaboration sont généralement mises en avant, cela en lien avec l'apprentissage (Baudrit, 2008 ; Damon & Phelps, 1989 ; Jézégou, 2012). La première est dite « constructive » : elle estime que c'est essentiellement

par le dialogue entre les membres du groupe et le partage de leurs savoirs, mais aussi par la coordination de leurs actions qu'ils parviennent à construire de nouvelles connaissances. Cette conception est promue par le courant socio-constructiviste issu des recherches en psychologie culturelle en Amérique du Nord. La seconde conception de la collaboration est qualifiée de « contradictoire » : elle insiste sur le rôle positif joué par la confrontation des points de vue divergents dans les apprentissages. Cette conception est soutenue par la théorie du conflit socio-cognitif issue de l'approche dite « européenne » du socio-constructivisme et développée par la psychologie sociale du développement cognitif (Bourgeois, 1999 ; Darnon *et al.*, 2008 ; Doise & Mugny, 1997 ; Perret-Clermont & Nicolet, 2002).

Selon la conception retenue, les interactions collaboratives ne sont pas appréhendées de la même manière pour expliquer leurs effets sur l'élaboration d'une communauté d'apprentissage. Toutefois, dans les deux cas, lorsque l'on se réfère à la théorie sociale cognitive, cette communauté peut être considérée comme un environnement « construit » conjointement par ses membres. Encore faut-il que le groupe fasse preuve d'une agentivité collective qui, elle-même, nécessite une agentivité individuelle de chacun de ses membres.

3.2. Présence en *e-learning* et EPA

Comme souligné précédemment, une communauté d'apprentissage en ligne est un environnement co-construit par ses membres, notamment grâce à leur agentivité collective. Une telle agentivité permet au groupe de se fixer un but partagé : celui de résoudre une situation problématique. Elle se traduit par l'effort déployé ensemble pour atteindre ce but. Cet effort consiste à définir des modalités de fonctionnement de la collaboration à distance, à adopter et à conduire une démarche conjointe et commune de résolution de la situation problématique. Il porte également sur la mise à l'épreuve les résultats issus de cette démarche, l'évaluation de l'atteinte de ces résultats ou encore l'explicitation des éléments de satisfaction collective. Cet effort collectif consiste aussi à réaliser des bilans intermédiaires, à mettre en place des processus de régulation des activités à mener, à construire une production collective. Il nécessite de croire en l'efficacité du groupe à mener à bien l'ensemble de ces activités, cela dans un contexte instrumenté techniquement et de communication médiatisée à distance.

Ces quelques éléments montrent la manière dont se manifeste l'agentivité collective dans la construction d'une communauté

d'apprentissage en ligne. Mais ils ne permettent pas de caractériser les interactions sociales que sous-tend l'exercice d'une telle agentivité. Plusieurs travaux dans le domaine du *e-learning* contribuent à apporter des réponses (Garrison & Anderson, 2003 ; Garrison & Arbaugh, 2007 ; Garrison *et al.*, 2010 ; Jézégou, 2012 ; Kawachi, 2011). Ils défendent ensemble la position selon laquelle certaines formes d'interactions entre les apprenants permettent de créer « une présence à distance » au sein d'un espace numérique de communication, cela malgré l'éloignement géographique et donc la séparation physique ; cette présence favorise à son tour la construction d'une communauté d'apprentissage en ligne. À ce jour, le phénomène de la présence en *e-learning* a fait l'objet de deux principales modélisations théoriques. La première est directement liée aux recherches sur le modèle de *community of inquiry in e-learning* (Garrison & Anderson, 2003). De la deuxième modélisation résulte le modèle de la présence en *e-learning* (Jézégou, 2012). Les fondements épistémologiques de ces deux modèles sont différents. Par conséquent, ils n'appréhendent pas la présence de la même manière ; ils caractérisent différemment les interactions sociales qui permettent de créer une présence en *e-learning*.

Le modèle de *community of inquiry in e-learning* s'appuie sur la psychologie culturelle liée à la collaboration dite « constructive » ainsi que sur le courant philosophique du pragmatisme porté par Lipman. Le pragmatisme définit une *community of inquiry* (communauté d'enquête) comme un groupe de personnes, membres volontaires aux expertises diverses et d'égale valeur, engagées conjointement dans une pratique d'enquête visant à résoudre conjointement une situation problématique. La pratique d'enquête peut être assimilée à une démarche collaborative qui s'appuie notamment sur la formulation d'hypothèses de résolution, le choix de l'hypothèse la plus pertinente, la mise à l'épreuve de l'hypothèse retenue et l'évaluation des résultats obtenus (Dewey, 1938 ; Dewey & Bentley, 1949 ; Favre, 2006). Le modèle de *community of inquiry in e-learning* attribue notamment deux dimensions à la présence^{viii} : (1) cognitive et (2) sociale. Selon (Garrison et Anderson, 2003), la présence cognitive renvoie à « l'ampleur à laquelle les participants sont capables de construire et de confirmer le sens grâce à la réflexion et au dialogue pour résoudre une situation problématique et se constituer en communauté d'enquête »^{ix}. La présence sociale porte, quant à elle, sur « la capacité des participants d'une communauté d'enquête à se projeter socialement et émotionnellement, dans toutes les dimensions de leur personnalité, au travers du média de communication qu'ils utilisent »^x(Garrison *et al.*, 2000).

Le modèle de la présence en *e-learning* est différent du précédent. Il s'ancre à la fois dans la théorie du conflit socio-cognitif liée à la collaboration de type « contradictoire » et dans le courant du pragmatisme initié Dewey. Il décline notamment cette présence en deux dimensions spécifiques et distinctes de celles proposées par le modèle de *community of inquiry in e-learning*. Il s'agit des présences socio-cognitive et socio-affective^{xi}. « *La présence socio-cognitive en e-learning est générée par les transactions existantes entre les apprenants pour mener conjointement les activités nécessaires à la résolution d'une situation problématique au sein d'un espace numérique de communication* » (Jézégou, 2012). Les transactions sont des interactions sociales d'expression des convergences et des divergences, de confrontation de points de vue, d'ajustement mutuel, de négociation et de délibération qui témoignent d'une collaboration à distance entre les apprenants au sein d'un espace numérique de communication (Jézégou, 2012). Elles contribuent à la construction individuelle et collective de connaissances (Dewey & Bentley, 1949 ; Favre, 2006 ; Jézégou, 2012). La conception de la collaboration privilégiée ici est celle dite « contradictoire ». La présence « socio-cognitive » ainsi générée peut être favorisée par une autre forme de présence : la présence « socio-affective ». Elle « *résulte de certaines formes d'interactions qui permettent de créer un climat socio-affectif favorable aux transactions ; ces interactions sont notamment basées sur la symétrie de la relation et l'aménité* » (Jézégou, 2012). L'effet combiné de ces deux présences – socio-cognitive et socio-affective – est de favoriser la construction d'une communauté d'apprentissage en ligne (Jézégou, 2012).

Bien que différents l'un de l'autre, les deux modèles offrent respectivement une perspective théorique qui permet de caractériser les interactions sociales que sous-tend l'exercice de l'agentivité collective, plus particulièrement en contexte de *e-learning*. Dans les deux cas, les interactions sociales – ainsi caractérisées – permettent de créer une présence qui, à son tour, favorise l'émergence et le développement d'une communauté d'apprentissage en ligne. Au regard de la théorie sociale cognitive, une telle communauté peut être considérée comme un environnement co-construit grâce à l'agentivité collective de ses membres. En même temps, il peut être un des leviers constitutifs essentiels de l'environnement personnel d'apprentissage de chacun d'entre-eux.

4. Conclusion

Les technologies et services numériques offrent des possibilités croissantes d'élaboration, par les sujets eux-mêmes, d'environnements personnels d'apprentissage. Ces EPA, instrumentés techniquement, constituent

un champ de pratiques encore récent dans le domaine de la formation des adultes et des plus jeunes que ce soit en contexte éducatif formel ou informel. Par conséquent, la recherche associée à ce champ ne peut être que relativement nouvelle. D'une manière générale, la recherche nécessite du temps pour produire, valider et capitaliser de nouvelles connaissances, par un va et vient constant entre élaboration de construits théoriques et mise à l'épreuve de travaux empiriques. Les EPA, en tant que champ d'investigation scientifique, n'échappent pas à ces phénomènes temporels. Il n'est donc pas étonnant qu'ils souffrent encore aujourd'hui d'un manque d'intelligibilité.

Le cadre théorique d'analyse et d'interprétation présenté dans cet article contribue aux travaux scientifiques qui permettent notamment de remédier à cette situation. Sa spécificité est d'appréhender les EPA sous l'angle de l'agentivité humaine. Une telle agentivité est considérée ici comme un moteur essentiel pour l'élaboration des EPA. Le cadre théorique proposé est ancré dans la théorie sociale cognitive, paradigme dominant de l'agentivité humaine. Il mobilise et articule des dimensions liées au concept d'autodirection, à la notion de collaboration et celle de communauté d'apprentissage en ligne ou encore de présence en *e-learning*. Les articulations opérées permettent notamment d'expliquer les mécanismes de l'agentivité – tant au plan individuel que collectif – en lien avec l'élaboration des EPA. Ces articulations sont loin d'être exhaustives tant l'agentivité humaine est complexe à appréhender et recouvre de nombreuses et subtiles dimensions.

Aussi, le cadre théorique qui résulte de ces articulations doit être considéré comme un construit à visée heuristique et épistémique. Il ouvre la voie à des perspectives de recherche sur les EPA, en invitant notamment la communauté scientifique du domaine à le mettre à l'épreuve de travaux empiriques.

1 Le terme « e-learning » est pris ici au sens de « l'apprentissage en ligne ».

2 Ces conditions d'apprentissage sont notamment organisationnelles, humaines, didactiques, spatio-temporelles, technologiques et matérielles.

3 Plus spécifiquement des conditions informelles dans la gestion des personnes-ressources extérieures au dispositif (collègues de travail, amis, conjoints, enfants en études, etc.), des outils de communication et de collaboration avec les pairs (messagerie personnelle, forums et chats privés, outils de partage de documents, etc.)

4 Financières, humaines, matérielles, cognitives ou motivationnelles.

5 Familiales, professionnelles, spatio-temporelles, etc.

- 6 tels que des « chats », de la web-téléphonie, des classes virtuelles, des messageries, des forums, des wikis, etc.
- 7 exemples : Facebook, LinkedIn, Viadeo, etc.
- 8 Ce modèle avance également une 3^e dimension de la présence. Il s'agit de la présence éducative : elle résulte des interactions que le formateur entretient avec les apprenants dans « la conception, la facilitation et la direction des processus cognitifs et sociaux pour atteindre des résultats d'apprentissage personnellement significatifs et intéressants d'un point de vue éducatif » (Garrison & Anderson, 2003), traduction libre. Elle n'est pas présentée dans cet article, car elle n'est pas directement liée à l'agentivité collective.
- 9 Traduction libre
- 10 Traduction libre
- 11 Ce modèle attribue également une 3^e dimension à la présence en e-learning. Elle n'est pas présentée dans cet article, car elle n'est pas directement liée à l'agentivité collective. Il s'agit de la présence pédagogique : elle « résulte des interactions sociales de coordination, d'animation et de modération que le formateur (ou enseignant) entretient avec le groupe d'apprenants au sein d'un espace numérique de communication » (Jézégou, 2012).

BIBLIOGRAPHIE

ALBERO B. (2010). La formation en tant que dispositif : du terme au concept. Dans Charlier B., Henri F. (dirs.), *La technologie de l'éducation : recherches, pratiques et perspectives*, p. 47-59. Paris, PUF.

AZAIS C., CORSANI A., DIEUAIDE P. (2003). *Vers un capitalisme cognitif. Entre mutation du travail et territoires*. Paris, L'Harmattan.

BANDURA A. (1986). *Social Foundationd of though and action : a social cognitive theory*. Englewood Cliffs, Prentice-Hall.

BANDURA A. (1999). Social cognitive Theory of Personality. In Perv J., Johen O (eds.), *Handbook of Personnality*. Gildford.

BANDURA A. (2003). *Auto-efficacité. Le sentiment d'efficacité personnelle*. Bruxelles, De Boëck.

BANDURA A. (2006). Toward a psychology of human agency. *Perspectives on psychological sciences*, vol. 1 (issue 2), 164-180.

BAUDRIT A. (2008). *L'apprentissage collaboratif : plus qu'une méthode collective ?* Bruxelles, De Boëck.

BOURGEOIS E. (1999). Interactions sociales et performance cognitive. In Carré P., Caspar P. (dirs.). *Traité des sciences et techniques de la formation*. Paris, Dunod, 301-316.

BOUTINET J.-P. (2004). *Vers une société des agendas, Une mutation des temporalités* Paris, PUF

BURNS T.R., DIETZ T. (2000). Human agency and evolutionary process : institutional dynamics and social revolution. In Wittrock B. (ed.), *Agency in social theory*. Thousand oaks, ca, sage.

CARRÉ P., CHARBONNIER O. (2003). *Les apprentissages professionnels informels*. Paris, L'Harmattan.

CARRÉ P. (2003). La double dimension de l'apprentissage autodirigé, Contribution à une théorie du sujet social apprenant. *Revue Canadienne pour l'étude de l'éducation des adultes*, <http://journals.msvu.ca/index.php/cjsae/article/view/1871/1632>

- CARRÉ P. (2005). *L'apprenance. Vers un nouveau rapport au savoir*. Paris, Dunod.
- CONSEIL DE L'UNION EUROPÉENNE. (2000). Vers une Europe de l'innovation et de la connaissance. Site du Parlement Européen : http://www.europarl.europa.eu/summits/lis1_fr.htm
- COSNEFROY L. (2011). *L'apprentissage autorégulé*. Grenoble, PUG.
- DAELE A. (2013). *Discuter et débattre pour se développer professionnellement : analyse compréhensive de l'émergence et de la résolution de conflits sociocognitifs au sein d'une communauté virtuelle d'enseignants du primaire*. Université de Genève. Thèse.
- DAMON W., PHELPS E. (1989). Critical distinctions among three approaches to peer education. *International Journal of Educational Research*, USA, vol 3, n° 1, 9-19.
- DARNON C., BUTERA F., MUGNY G. (2008). *Des conflits pour apprendre*. Grenoble, PUG.
- DECI E., RYAN R. (2007). Favoriser la motivation optimale et la santé mentale dans les divers milieux de vie. *Canadian Psychology*, 49, 24-34.
- DEWEY J. (1938). *The theory of Inquiry*. USA, Henry Holtand Compagny.
- DEWEY J., BENTLEY A.F. (1949). Knowing and the known. In Boydston A. (1989). *John Dewey: the later works. 1925-1953*. Carbondale, Southern Illinois University Press, vol 16.
- DILLENBOURG P., POIRIER C., CARLES L. (2003). Communautés virtuelles d'apprentissage : e-jargon ou nouveau paradigme ? ». In Taurisson A., Sentini A. (dirs.), *Pédagogie.net*, p. 11-48. Montréal, Montréal Presses.
- DOISE W, MUGNY G. (1997). *Psychologie sociale et développement cognitif*. Paris, Armand Colin
- DUMAZEDIER J. (2002). *Penser l'autoformation : société d'aujourd'hui et pratiques d'autoformation*. Lyon, Chronique sociale.
- FAVRE M. (2006). Qu'est-ce que la problématisation ? L'apport de Dewey. In Favre M, Vellas E. (dirs.). *Situations de formation et problématisation*. Bruxelles : De Boeck, 17-30.
- GAGNE M., DECI E. (2005). Self-determination theory and work motivation. *Journal of Organizational Behavior*, 26, 331-362.
- GARRISON D.R., ANDERSON T. (2003). *E-learning in the 21st Century. A Framework for Research and Practice*. New York, Routledge.
- GARRISON D.R., ARBAUGH, J.B. (2007). Researching the Community of Inquiry Framework: review, issues, and future directions. *The internet and Higher Education*, 10 (3), 157-172.
- GARRISON D.R., ANDERSON T., ARCHER W. (2010). The first decade of the Community of Inquiry framework: a retrospective. *Internet and Higher Education*, 13, 5-9.
- HENRI F., LUNDGREN-CAYROL K. (2001). *Apprentissage collaboratif à distance*. Sainte Foy, Presses Universitaires du Québec.
- HRIMECH M. (1996). L'apprentissage informel : voie royale de l'autoformation. *Les sciences de l'éducation pour l'ère nouvelle*, 29, 217-239.
- JÉZÉGOU A. (2005). *Formations ouvertes : libertés de choix et autodirection de l'apprenant*. Paris : L'Harmattan.
- JÉZÉGOU A., CARRE P., FRETIGNE C., JORE M., KAPLAN J. (2011). Autodirection dans la formation et carrière. *Carriérologie*, 12 (1) et (2), 73-89.

JÉZÉGOU A. (2011). Se former à distance : regard sur les stratégies d'auto-régulation environnementale d'étudiants adultes. *Savoirs, Revue Internationale de Recherches en Education et Formation d'Adultes*, n° 24, 79-99.

JÉZÉGOU A. (2012). La présence en e-learning : modèle théorique et perspectives pour la recherche. *Journal of Distance Education / Revue de l'Education à Distance*. 26(1), <http://www.jofde.ca/index.php/jde/article/view/777>

JÉZÉGOU A. (2013). The influence on the openness of an e-learning situation on adult students' self-regulation. *International Review of Research on Open and Distance Learning*, 14(2). <http://www.irrodl.org/index.php/irrodl/article/view/1450>

KAWACHI P. (2011). Unwrapping Presence: Exploring the terms used for virtual presence in online education. *Distances et Savoirs*, 9(4).

KNOWLES M. (1975). *Self-directed learning: a guide for learners and teachers*. New York, Association Press.

LAGUARDIA J., RYAN R. (2000). Buts personnels, besoins psychologiques fondamentaux et bien être : théorie de l'autodétermination et application. *Revue Québécoise de Psychologie*, 21(2), 281-303.

LEVY M., JOUYET JP. (2006). *L'économie de l'immatériel. La croissance de demain*. Paris, Rapport de la commission sur l'économie de l'immatériel.

NEUBERG L., NEWSON J. (1993). Personal Need for Structure: Individual Differences in the Desire for Simple Structure. *Journal of Personality and Social Psychology*, 65 (1), 113-131.

PERRET-CLERMONT A.N., NICOLET M. (2002). *Interagir et connaître. Enjeux et régulations sociales dans le développement cognitif*. Paris, L'Harmattan.

PONTON M. K. (2009). An agentic perspective contrasting autonomous learning with self-directed learning, In Derrick M.G. & Ponton M.K (Eds.). *Emerging directions in self-directed learning*, p. 65-76. Chicago, IL: Discovery Association Publishing House.

PONTON M.K., CARR P.B. (2012). Autonomous learning and triadic reciprocal causation: a theoretical discussion. *International Journal of Self-Directed Learning*, 9(1), 1-10.

PREECE J., MALONEY-KRICHMAR D. (2003). Online communities: focusing on sociability and usability. In Jacko J. & Sears A. (Eds.), *Handbook of Human-Computer Interaction*, p. 596-620. Mahwah, Lawrence Erlbaum Associates.

SCHUNK D.H., ZIMMERMAN B. (2007). *Motivation and Self - Regulated Learning*. New York, Lawrence Erlbaum Associates Inc.

TREMBLAY N.A. (2003). *L'autoformation pour apprendre autrement*. Montréal, Presses de l'Université de Montréal.

VALLERAND J.R., CARBONNEAU N., LAFRENIERE MC. (2009). La théorie de l'autodétermination et le modèle hiérarchique de la motivation intrinsèque et extrinsèque. In Carré P. et Fenouillet F. (dirs.), *Traité de psychologie de la motivation*, p. 47-66. Paris, Dunod,.

ZIMMERMAN B. (2007). Goal setting : a key proactive source of academic self-regulation. In Schunk D.H. & Zimmerman B. (eds), *Motivation and Self-Regulated Learning*, p. 267-295. New York, Lawrence Erlbaum Associates Inc.



L'environnement personnel d'apprentissage : un système hybride d'instruments

- **Nicolas, ROLAND** (Centre de Recherche en Sciences de l'Éducation, Université libre de Bruxelles), **Laurent TALBOT** (Centre de Recherche en Sciences de l'Éducation, Université libre de Bruxelles et Université Toulouse II Le Mirail, UMR EFTS)

■ **RÉSUMÉ** • En adoptant une approche sociocognitive, cette contribution a pour objectif, d'une part, d'appréhender l'environnement personnel d'apprentissage (EPA) dans l'enseignement universitaire comme un système d'instruments et, d'autre part, de comprendre les relations entre outils numériques et non numériques de ce système. Par l'intermédiaire de carnets de bord, d'entretiens compréhensifs menés avec 28 étudiants issus de 6 dispositifs pédagogiques différents ainsi que des supports d'étude produits ou utilisés, nous avons modélisé leurs EPA ainsi que les processus d'élaboration de ceux-ci. Nos résultats amènent à remettre en question la définition d'un EPA purement technologique, à comprendre les logiques de construction en fonction de facteurs personnels et environnementaux ainsi qu'à faire émerger les caractéristiques de ce système d'instruments particulier.

■ **MOTS-CLÉS** • Environnement personnel d'apprentissage, EPA, Genèse instrumentale, Instruments, Système d'instruments, Enseignement supérieur.

■ **ABSTRACT** • *Through a social-cognitive approach, this contribution aims to treat personal learning environment (PLE) as an instrument system on the one hand, and on the other hand to understand the ties that bind the digital and non-digital tools of that system. By means of logbooks, semi-structured interviews conducted with 28 students from 6 different educational environments and study document, we were able to identify the common pattern in the students' personal learning environment as well as the PLE-development process. Our results led us first to question the technocentric definition of personal learning environment, therefore to comprehend the logics of appropriation in terms of personal and environmental factors, and to highlight the characteristics of this specific instrument system.*

■ **KEYWORDS** • *Personal learning environment, PLE, Instrument, Instrumental genesis approach, Instrument system, Higher education*

1. Introduction

Depuis de nombreuses années, les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) ont participé à la transformation des processus d'apprentissage (Buckley *et al.*, 2010 ; Karsenti *et al.*, 2012). Ces derniers s'inscrivent désormais dans des espaces multiples – changements de lieux – et s'étendent tout au long de la vie – changement de temporalité (Charlier, 2013). Dans le même temps, le discours autour du numérique, qu'il soit situé dans la sphère sociale ou scientifique, a pris une tournure particulièrement technocentriste ; la recherche à propos des TICE (Technologies de l'Information et de la Communication à l'École) néglige encore fréquemment les autres outils – non numériques – ou les autres pratiques – comme le non-usage.

Les travaux sur les environnements personnels d'apprentissage (EPA) étaient, de manière similaire, ces deux constats : ainsi, de nombreuses recherches – notamment (Bonfils & Peraya, 2010 ; Peraya & Bonfils, 2012 ; Sclater, 2008) – mettent au jour de nouvelles pratiques d'apprentissage développées par les étudiants de l'enseignement universitaire en ayant recours à des outils numériques. Ces dernières visent à concevoir, en marge des espaces virtuels institutionnels, des environnements numériques utilisés au sein et en dehors des campus universitaires. Les travaux sur les EPA portent, d'une part, sur les outils et services *numériques* utilisés par les étudiants en omettant toute autre forme d'outil et, d'autre part, s'intéressent principalement aux usages et aux phénomènes consécutifs à ceux-ci – en laissant de côté les aspects de non-usage.

À l'opposé, nos récents travaux sur les usages du podcasting par les étudiants dans l'enseignement supérieur (Roland, 2012 ; Roland *et al.*, 2012 ; Roland & Emplit, 2013 ; Roland & Nauyens, 2013) nous ont permis de percevoir les signes d'un environnement d'apprentissage loin d'être limité aux instruments numériques. Le témoignage suivant, extrait d'un entretien mené en 2012 auprès d'un étudiant, en est un bon exemple : *« Les podcasts, parfois je les utilise seul, parfois en groupe. [...] Seul, j'ai deux manières de faire. Soit le prof a donné les slides par l'Université Virtuelle, je les imprime et je les annote en les complétant, aussi, avec d'autres informations que je trouve dans les livres de référence conseillés ou sur Internet. Soit il n'y a rien, et je divise mon écran en deux, moitié podcast, moitié document Word mais j'utilise aussi d'autres ressources. Après, de tout ça, je fais de toute manière un document écrit à la main que je vais étudier. En groupe, parfois on va se diviser la tâche et faire nos notes de manière collaboratives sur un logiciel commun,*

comme Google Docs, parfois on se réunit pour directement travailler ensemble, chez l'un de nous et là, on peut aussi travailler sur papier ».

Cette déclaration souligne l'existence d'une complémentarité entre les différents outils auxquels l'étudiant a recours en fonction de la situation et de ses contraintes. Au-delà de cette complémentarité, nous pouvons observer également les bases d'un *système* ; c'est-à-dire les bases d'un ensemble d'éléments de nature et de niveaux différents entretenant entre eux des relations structurelles et fonctionnelles qui créent de l'organisation et de la complexité (Talbot, 2009).

Partant de ce constat, il nous semble essentiel d'approcher l'EPA en tant que système d'instruments (Rabardel & Bourmaud, 2003) afin d'en dégager les principales propriétés. Cette vision systémique a d'ailleurs déjà été récemment évoquée par Charlier (2013) dans son étude de l'apprentissage au-delà des frontières. De manière complémentaire et à l'instar de Jézégou (2014), nous avons choisi d'inscrire notre étude des EPA en nous référant à l'approche sociocognitive de Bandura et son modèle triadique réciproque (Bandura, 1986, 2003). Pour l'auteur, le fonctionnement humain, comme les pratiques d'apprentissage par exemple, est le produit de l'interaction dynamique entre trois séries de facteurs : personnels, comportementaux et environnementaux. En appliquant ce modèle à la construction de l'EPA, nous avons posé le principe que cet environnement s'élabore grâce à un processus d'interactions continues et réciproques entre les facteurs personnels de l'étudiant – sous forme d'événements cognitifs, émotionnels, biologiques, ses représentations, son sentiment d'efficacité personnelle, etc. –, ses comportements (activité, actions) – vus sous le prisme de la genèse instrumentale – et son environnement – l'environnement pédagogique dans lequel évolue l'étudiant avec, notamment, ses contraintes temporelles et matérielles. Nous faisons l'hypothèse que cette approche nous permettra de faire émerger les relations entre les outils numériques et non numériques. Ce dernier point a toute son importance car, comme le souligne Marquet (2014), l'ensemble des travaux qui dominent la littérature sur les TICE « *occulent de façon non intentionnelle tout ce qui reste dans l'ombre de l'introduction désormais massive des technologies* ».

Cette contribution relate le premier volet de notre recherche principalement centré sur la dimension comportementale de l'approche sociocognitive. Nous avons ainsi pour objectif, d'une part, d'appréhender l'EPA comme un système d'instruments et, d'autre part, de comprendre les rela-

tions entre des outils numériques et non numériques au sein de ce système particulier.

Dans le but d'atteindre les objectifs susmentionnés, notre propos s'articule en deux parties : l'une théorique, l'autre plus empirique. Le cadrage théorique propose, dans un premier temps, de dresser un panorama des conceptualisations de l'EPA sur base du travail d'Henri (2014) et de faire émerger la propriété *numérique* commune à ces différents paradigmes pour mieux la remettre en question. Dans un second temps, nous nous appuyons sur l'approche instrumentale et la théorie des systèmes d'instruments pour élaborer un cadre d'analyse de la dimension comportementale des pratiques d'élaboration des EPA. La partie empirique, après avoir détaillé nos objectifs, brosse les aspects méthodologiques de cette recherche. Elle propose ensuite, en nous appuyant sur l'analyse des processus d'élaboration d'un environnement d'apprentissage de vingt-huit étudiants issus de six dispositifs pédagogiques, de faire émerger les caractéristiques et propriétés de ce système d'instruments particulier ainsi que d'analyser les relations entre outils numériques et non numériques.

2. Un environnement personnel d'apprentissage « numérique »

La notion d'EPA n'a toujours pas de définition qui fasse consensus ; « *The concept of PLEs is relatively new and still developing* » (Valtonen *et al.*, 2012). En ce sens, l'EPA reste un concept insaisissable (Lubensky, 2012), il s'agirait donc plutôt d'une notion, au sens où sa définition même fait encore débat au sein de la communauté scientifique. Le lecteur intéressé pourra notamment trouver dans l'article d'Henri (Henri, 2014), disponible dans ce numéro, une vision historique de la recherche sur les EPA, de sa lente conceptualisation ainsi que des paradigmes qui s'affrontent. Dans cet article, notre étude vise à mettre en évidence que ces EPA, considérés comme une approche pédagogique, un outil technologique à part entière ou une réalité subjective, sont principalement définis dans des termes « technologiques », oubliant ce qu'Henri (2014) appelle « *les EPA d'avant l'ère numérique [...] composés de documents produits par l'apprenant pour son usage personnel mais aussi pour le partage avec d'autres apprenants : notes de cours, résumés de lecture, tableaux synthèses, cartes conceptuelles, etc.* ».

En première lecture, le recours aux environnements personnels d'apprentissage peut être considéré comme une nouvelle façon d'utiliser les technologies pour l'apprenant. Elles peuvent l'aider dans ses activités tant formelles qu'informelles et, surtout, lui permettre d'apprendre en

dehors des établissements d'enseignement, suggérant ainsi que les EPA se révèlent des outils d'apprentissage tout au long de la vie (Attwell, 2007).

Henri (2014) relève trois conceptualisations de l'EPA en analysant les écrits recensés par Fiedler et Valjataga (2010) et Våljataga et Laanpere (2010).

Premièrement, il peut tout d'abord être compris comme une approche pédagogique offrant plus d'ouverture et de souplesse au processus d'apprentissage grâce au support des technologies du web social – le web 2.0 – dont l'apprenant a le plein contrôle. L'EPA se caractérise alors comme un ensemble de logiciels – principalement en ligne – que l'apprenant possède déjà et organise en fonction de ses apprentissages (Sclater, 2008). Cette approche lui demande d'adopter une posture critique vis-à-vis des technologies utilisées en lui laissant la responsabilité – mais également la liberté – de l'assemblage de cet EPA.

Une deuxième approche définit l'EPA comme un outil technologique particulier en argumentant que l'apprenant se doit de posséder un logiciel qui lui permette facilement d'organiser ses apprentissages (Sclater, 2008). Cette vision est particulièrement explicite chez van Harmelen (2006) : « *As such, a PLE is a single user's e-learning system that allows collaboration with other users and teachers who use other PLEs and/or VLEs. In some sense a PLE must contain productivity applications that facilitate the owner's learning activities. PLEs should be generally under the user's control as to use and personalisation. Some varieties of PLEs allow for offline work to be performed.* ». Dans ce courant, l'EPA est soit un client hors ligne permettant à l'apprenant d'interagir sans être connecté ; « *we have near-ubiquitous online access, many students will sometimes find it necessary to learn from their computers or mobile devices without being connected to the Internet* » (Sclater, 2008), soit un client en ligne offrant la possibilité de centraliser, voire parfois d'agréger sur un même espace virtuel, un ensemble d'objets (outils ou services) dans des buts d'apprentissage. Dans cette optique, ce système est voué à simplifier la gestion des objets et à créer du sens en utilisant notamment des systèmes de métadonnées (Lubensky, 2012). « *In a Personal Learning Environment (PLE), the learner would utilise a single set of tools, customised to their needs and preferences inside a single learning Environment.* » (Miligan et al., 2006).

La troisième approche de l'EPA distinguée par Henri (2014) est celle de Våljataga et Laanpere (2010) visant à mettre en évidence la « *dimension psychosociale et la nature fondamentalement subjective des EPA par l'adjonction des trois notions – environnement, environnement d'apprentissage*

et environnement personnel d'apprentissage ». Dès lors, il ne s'agit pas de comprendre une technologie mais plutôt la pensée et les pratiques – les représentations, l'utilisation, la modification et l'attribution de sens en fonction des buts – qui sous-tendent l'usage de celle-ci (Downes, 2007).

Si les visions diffèrent autour de la définition de l'EPA, tous les auteurs lui confèrent une même caractéristique : il s'agit d'un environnement composé d'outils et de services *numériques*. Si nous ne contestons pas directement cette affirmation, nos précédents travaux (Roland, 2012 ; Roland *et al.*, 2012 ; Roland & Emplit, 2013 ; Roland & Nauyens, 2013) attestent de la vision réductrice qu'offre cette définition purement technologique. En fait, il existerait des relations entre outils numériques et non numériques. Ces dernières ont d'ailleurs fait l'objet d'investigations antérieures, tant au sein des sphères privées qu'académiques. La récente thèse de Schneider (2013), visant à comprendre la place de l'écriture dans les processus identitaires des adolescents par une approche ethnographique, montre que les étudiants écrivent énormément sur des supports imprimés et numériques. Les écrits traversent ainsi les modes de publication, allant du papier en classe à la page Facebook en passant par les SMS. Au niveau académique, Ellis, Goodyear, O'Hara et Prosser (2007) ont mené des recherches comparant l'expérience d'apprentissage d'étudiants ayant à réaliser une même activité – la discussion – au sein d'un « environnement présentiel » (le face-à-face pédagogique) et au sein d'un « environnement numérique » (une plate-forme en ligne). Leurs résultats (Ellis *et al.*, 2007) montrent que des processus similaires, voire complémentaires, s'opèrent au sein des environnements. Ces conclusions offrent principalement des pistes pour la pédagogie universitaire qui montrent la nécessité d'une cohérence importante dans le dispositif pédagogique – déjà mise en avant par Biggs (1999, 2005) – afin que les étudiants trouvent du sens dans les activités en présentiel et dans les activités en ligne. Notre travail se veut complémentaire à ces recherches et vise à étudier les relations entre outils et ressources au sein d'un environnement personnel d'apprentissage, c'est-à-dire un environnement élaboré par l'apprenant lui-même dans le cadre d'activités académiques d'apprentissage en mobilisant des outils, dispositifs et ressources numériques, non numériques ainsi que d'autres individus – leurs condisciples, les parents, l'enseignant, etc.

3. Une approche instrumentale de l'EPA

3.1. L'approche instrumentale

Afin de décrire et d'analyser les EPA ainsi que d'étudier les dynamiques d'appropriation des objets techniques, nous mobilisons l'approche instrumentale de Rabardel (1995). Celle-ci offre un cadre pertinent pour analyser les transformations induites par l'introduction d'une technologie, tant au niveau de l'activité de l'utilisateur lui-même qu'au niveau de la technologie dans la mesure où l'utilisateur adapte celle-ci pour répondre à ses propres besoins.

Fondée notamment sur les travaux de Vygotski (1997) à propos des concepts d'activité et d'instruments cognitifs et sur les travaux de Piaget (1968) concernant la notion de schème, Rabardel (1995) propose une approche anthropocentrée des technologies – en dénonçant l'aspect problématique des approches technocentrées – se focalisant sur l'utilisateur, sans toutefois rejeter l'importance de la technologie sur son activité.

L'approche instrumentale de Rabardel repose tout d'abord sur la distinction entre l'artefact et l'instrument. La première notion désigne l'objet conçu par l'homme mais ne se restreint pas « *aux choses matérielles du monde physique* » (Rabardel, 1995) ; elle offre la possibilité de prendre en compte les systèmes symboliques comme les cartes, les graphiques, les méthodes, etc. L'instrument renvoie quant à lui à l'artefact inscrit dans un usage (Contamines, George & Hotte, 2003) ; c'est-à-dire à une appropriation de l'artefact par le sujet. Rabardel (1995) définit l'instrument comme une entité mixte composée de l'artefact lui-même – produit par le sujet ou par d'autres – et un ou plusieurs schèmes associés – résultant d'une construction propre au sujet, autonome ou issue d'une appropriation de schèmes sociaux d'utilisation. Le schème d'utilisation est une organisation active de l'expérience vécue, intégrant le passé et constituant une référence pour interpréter des données nouvelles (Béguin & Rabardel, 2000). Pour ces auteurs, il s'agit d'une « *structure qui a une histoire, qui se transforme au fur et à mesure qu'elle s'adapte à des situations et des données plus variées, et qui est fonction de la signification attribuée à la situation par l'individu* » (Béguin & Rabardel, 2000). En d'autres termes, un schème d'utilisation se voit défini comme « *une structure cognitive mobilisée par l'individu dans l'action pour utiliser l'outil à des fins précises.* » (Contamines, George & Hotte, 2003). Il constitue une sorte de canevas d'action que le sujet mobilise notamment à des fins d'économie cognitive.

L'approche instrumentale de Rabardel consiste à étudier les situations dans lesquelles les objets techniques « *sont des moyens d'action pour les hommes, c'est-à-dire des instruments de leurs actions* » (Rabardel, 1995). Elle permet d'étudier le passage de l'artefact à l'instrument au service d'une action ; processus qu'il nomme la genèse instrumentale. Au cours de celle-ci, le sujet construit activement des schèmes d'utilisation par l'intermédiaire d'un double processus : d'une part, en réinvestissant des schèmes familiaux, déjà constitués – c'est le processus d'instrumentation – ; d'autre part, en produisant de nouveaux schèmes afin d'atteindre les buts visés – c'est l'instrumentalisation. Dans ce cas, l'utilisateur crée de nouvelles fonctions pour l'artefact ; il s'agit d'un « *processus d'enrichissement des propriétés de l'artefact par le sujet. Un processus qui prend appui sur des caractéristiques et propriétés intrinsèques de l'artefact, et leur donne un statut en fonction de l'action en cours et de la situation* » (Rabardel, 1995). En ce sens, l'instrument se voit défini comme le résultat de l'appropriation, par le sujet, d'un objet technique qui passe par l'action et la construction de schèmes.

3.2. Le système d'instruments

Afin d'appréhender la dimension systémique de l'organisation des instruments au sein de l'EPA, nous nous appuyons sur les travaux en psychologie du travail et en ergonomie de Lefort (1982) ainsi que de Bourmaud (2007). Le premier, analysant l'outillage d'opérateurs d'atelier mécanique, remarque l'usage d'outils formels et informels qui constituent un ensemble homogène au service de l'opérateur. Dépassant l'approche instrumentale centrée sur l'appropriation d'un instrument, Rabardel et Bourmaud (Rabardel et Bourmaud, 2003) montrent que les instruments sont des composants de systèmes plus généraux qui les intègrent et vont au-delà de ces instruments : les systèmes d'instruments.

Par l'intermédiaire des travaux de Lefort(1982), Minguy (1995, 1997), Vidal-Gomel (2001, 2002a, 2002b) et Zanarelli (2003), Bourmaud dresse les caractéristiques du système d'instruments (SI) (Bourmaud, 2007) : premièrement, un SI organise de vastes ensembles d'instruments et de ressources de nature hétérogène. Deuxièmement, ce système est lié aux objectifs de l'action poursuivis par le sujet et doit permettre l'atteinte d'un meilleur équilibre entre les objectifs d'économie et d'efficacité. Troisièmement, il présente des complémentarités et des redondances de fonctions. Quatrièmement, un SI est différent d'un individu à l'autre et se structure en fonction de ses expériences et compétences. Enfin, au sein

d'un tel système, un instrument joue un rôle particulier d'organisateur et de pivot pour les autres instruments.

Ces propriétés dégagées par Bourmaud (2007) seront à comparer à celles de l'environnement personnel d'apprentissage vu comme un système d'instruments. Néanmoins, elles établissent déjà des liens avec l'approche sociocognitive de Bandura en mettant en exergue l'importance des facteurs dits personnels (le SI se structure en fonction des expériences et compétences de l'individu), comportementaux (le SI est lié aux objectifs de l'action) ainsi qu'environnementaux (la complémentarité et la redondance seront employées en fonction du contexte propice à celles-ci) dans la mobilisation des instruments.

En outre, la genèse instrumentale et la théorie des systèmes d'instruments ont récemment été utilisées pour comprendre l'intégration d'artefacts tactiles mobiles à l'école élémentaire (Nogry *et al.*, 2013). Bien qu'un outil numérique puisse se substituer à un outil non numérique – c'est le cas de l'ordinateur qui prend la place de la feuille de papier dans le travail de l'enseignant et modifie en profondeur son activité –, les résultats de cette recherche permettent d'observer une complémentarité entre ces deux types d'outils, tant dans les activités de l'enseignant que dans celles des étudiants. Si les auteurs ne mentionnent pas explicitement cette complémentarité, celle-ci appuie la pertinence des théories susmentionnées pour l'analyse des processus d'élaboration des EPA ainsi que l'intérêt d'étayer les relations entre outils numériques et non numériques.

4. Les objectifs de l'étude

Notre état de l'art à propos des EPA nous amène à remettre en question l'absence de relations entre outils numériques et outils non numériques. Nous avons choisi de nous appuyer sur le processus de genèse instrumentale (Rabardel, 1995) et sur la théorie des systèmes d'instruments (Bourmaud, 2006) dans l'optique de pouvoir appréhender l'EPA comme un système d'instruments. Par ce biais, l'objectif de notre étude est, en nous intéressant principalement à la création ou à l'utilisation d'un (ou de plusieurs) support(s) d'étude par les étudiants universitaires – activité mobilisant différents artefacts au sein de l'EPA –, de comprendre les relations entre des outils numériques et non numériques ainsi que de saisir les principales propriétés de ce système particulier.

Le cadre général étant fixé (dans les parties 2 et 3) et les limites posées, les questions de recherche de la présente étude sont les suivantes : dans une vision systémique de l'instrumentation et de l'instrumentalisation de

l'EPA, quelles sont, lors de la création ou de l'utilisation d'un (ou de plusieurs) support(s) d'étude par les étudiants universitaires, les complémentarités entre outils numériques et non numériques et les propriétés de ce système particulier d'instruments ? Notre objectif, adoptant une approche descriptive dans un premier temps, vise à mettre en évidence les relations entre outils numériques et non numériques au sein d'un même EPA. Plus particulièrement, lors de l'élaboration ou de l'utilisation d'un (ou de plusieurs) support(s), nous proposerons également de procéder à la vérification des caractéristiques des systèmes d'instruments déjà mises en évidence (Bourmaud, 2007) et d'en identifier de nouvelles.

5. La méthodologie

5.1. Le corpus

Notre corpus se compose de 28 étudiants universitaires issus de six dispositifs pédagogiques. Les différentes recherches menées sur les EPA, notamment par Bonfils et Peraya (Bonfils et Peraya, 2010 ; Peraya et Bonfils, 2012 ; 2014), s'intéressent à un corpus particulier, celui d'étudiants en ingénierie multimédia dans le cadre de travaux de groupes. Afin de nous démarquer de celles-ci, nous avons opté pour un corpus plus aléatoire composé d'étudiants participant à des cours dits « magistraux » issus de différentes facultés de l'Université libre de Bruxelles. Les dispositifs pédagogiques ont été sélectionnés aléatoirement ; les étudiants sur la base du volontariat. Notre objectif fut de rechercher une diversité de profils que nous présentons dans le tableau 1¹.

Tableau 1 • Présentation du corpus MA1

	Faculté	Année d'étude	Nombre d'étudiants
Dispositif A	Ecole Polytechnique de Bruxelles	MA 1	2
Dispositif B	Faculté des Sciences sociales et politiques	MA 1 / MA 2	5
Dispositif C	Faculté des Sciences psychologiques et de l'éducation	BA 3 / MA 1	7
Dispositif D	Faculté des Sciences sociales et politiques	BA 2	4
Dispositif E	Faculté des Sciences psychologiques et de l'éducation	BA 2	5
Dispositif F	Faculté des Sciences	BA 3	5

5.1. Les instruments de récolte des données

Deux instruments de récolte des données ont été utilisés : des entretiens compréhensifs et des carnets de bord sous la forme de courriels bi-mensuels invitant les étudiants à décrire les outils et ressources utilisés dans le cadre d'activités – de toute nature – liées au cours ainsi que les raisons du recours à ceux-ci.

Nous avons mené avec les 28 étudiants de notre corpus des entretiens compréhensifs durant deux périodes. Un premier entretien s'est déroulé entre la deuxième et la cinquième semaine du premier semestre, le second après les examens – lors de celui-ci, il était demandé aux étudiants d'apporter le ou les supports sur lesquels ils avaient étudié. L'objectif de ce double entretien était de pouvoir comparer deux temps d'élaboration de l'EPA et, plus particulièrement, de la mobilisation des outils et ressources au sein de celui-ci pour élaborer ou (ré)utiliser un support d'étude. Nous avons confronté les instruments utilisés aux artefacts disponibles ainsi que les genèses instrumentales évoquées après les premiers cours à ce qui avait effectivement été mis en œuvre pour l'examen. Nous avons ainsi construit une grille d'entretien visant à étudier les trois dimensions de l'élaboration des EPA en lien avec l'approche sociocognitive (Bandura, 1986 ; 2003) : dimension personnelle (le profil des étudiants, leurs représentations du dispositif ainsi que l'environnement à mettre en œuvre), la dimension environnementale (les contraintes temporelles et matérielles) et, enfin, la dimension comportementale (les outils utilisés et leur appropriation). Dans le cadre de cette dernière dimension qui constitue l'objet de cet article, nous avons dégagé les artefacts à la disposition des étudiants et investigué ceux qui faisaient l'objet d'un processus d'appropriation. Nous les avons ainsi amenés à détailler les différentes genèses instrumentales des artefacts mobilisés ainsi que les schèmes d'utilisation associés.

Pour mener nos entretiens, nous avons adopté une approche compréhensive (Kaufmann, 2007) pour nos entretiens semi-directifs en rejetant l'entretien impersonnel et standardisé afin de nous adapter au mieux au vécu de chaque étudiant et à leur manière de mobiliser les outils et ressources au sein de leur EPA. Par ce biais, nous avons privilégié l'attitude du « *sociologue accoucheur* » (Paugam, 2008). Comme l'indique l'auteur, si durant l'entretien la neutralité et la distanciation sont de mise, il ne s'agit pas d'être froid et insensible à l'égard de la personne enquêtée mais bien de la « *rassurer sur la relation d'enquête elle-même et de lui fournir, par des relances appropriées et des questions opportunes – c'est-à-dire en adéquation*

avec les conditions sociales d'existence et le sens des expériences vécues –, les moyens d'exprimer – et de découvrir peut-être pour la première fois – une partie d'elle-même jusque-là plus ou moins ignorée, parce qu'enfouie sous l'épaisseur des habitudes et des contraintes de la vie sociale » (Paugam, 2008).

Nous avons également proposé aux étudiants de répondre, de manière bimensuelle, à un courriel les interrogeant sur les ressources mobilisées dans le cadre du cours qui faisait l'objet de l'entretien. Plus qu'un réel outil de récolte de données « prêtes à l'emploi », ces similis carnets de bord nous ont permis de mieux préparer le second entretien et de guider celui-ci ; ils offraient effectivement un matériel riche, notamment concernant l'évolution temporelle des outils mobilisés.

5.2. L'analyse des données

Ces entretiens ont tous été enregistrés avec l'accord des participants – en leur assurant l'anonymat – et ont fait l'objet d'une retranscription totale. Nous avons ensuite procédé à une double analyse : d'une part, une analyse verticale – ou individuelle – permettant, par une modélisation de l'EPA de chaque apprenant dans le cadre du processus de production ou d'utilisation d'un support d'étude, de détailler précisément les artefacts à leur disposition, les processus de genèse instrumentale en jeu, les schèmes d'utilisation mobilisés et les systèmes et sous-systèmes d'instruments construits. D'autre part, nous avons réalisé une analyse horizontale – thématique – pour l'ensemble des étudiants afin de dégager des récurrences dans la manière de mobiliser les outils et ressources au sein de l'EPA ; chaque retranscription a fait l'objet d'un traitement partiel permettant d'élaborer une synthèse de l'ensemble des entretiens, selon la méthode de catégorisation « par tas » (Bardin, 2007). Même si certaines thématiques ont été récupérées de notre questionnaire d'entretien, les catégories ont fait l'objet d'une classification progressive permettant de faire émerger le titre de chaque catégorie en fin d'opération. Ensuite, un travail de synthèse par thématique a été effectué.

6. Résultats et discussion

6.1. L'EPA, un système d'instruments

6.1.1. L'approche systémique de l'environnement personnel d'apprentissage

L'analyse des entretiens comme celle des carnets de bord montre que les étudiants s'approprient un ensemble d'artefacts qu'ils combinent afin de former un EPA. Bien que ce dernier ne soit pas évoqué en ces termes,

de nombreux passages issus de nos retranscriptions témoignent de la conscience des apprenants d'une gestion de leurs ressources et de leurs instruments d'apprentissage tant pour le travail individuel que collaboratif.

« Je retravaille mes notes sur mon ordinateur et, parfois, avec les podcasts. Si je ne comprends pas quelque chose, je vais chercher l'information sur Internet. À vrai dire, pour moi, le cours en présentiel n'est pas très utile. Il y a des milliards de sites spécialisés, académiques ou de vulgarisation. Il y a Youtube. Si on ne comprend pas, on va là-dessus. Il y a aussi des sites spécialisés pour poser des questions pointues et avoir des réponses correctes. » (Étudiant 9 – Cours de cognition numérique).

« On utilise Skype et Google Doc pour la rédaction des rapports ; c'est l'environnement que nous nous sommes créés. Ça nous permet de travailler tous sur notre ordinateur, à une même tâche, et de faire comme si on était l'un à côté de l'autre. C'est vraiment simple. En semaine, on a beaucoup de cours et de travaux pratiques... C'est difficile de se voir pour travailler. Le week-end, on retourne chez nos parents. Donc on fait ça en soirée ou le week-end, à distance. C'est bien plus pratique pour tout le monde. [...]Parfois, le soir, même si les autres ne sont pas là, je vais relire leurs parties. Je mets des commentaires. J'avance aussi dans ma partie. C'est vraiment plus simple que de se voir à une heure précise dans un endroit précis. » (Étudiant 16 – Cours de zoologie).

À l'instar des travailleurs observés par Lefort (1982) ou Bourmaud (2006), les instruments auxquels recourent les étudiants forment un ensemble cohérent au service de l'atteinte de leurs objectifs.

« Je sais que j'utilise plein de trucs [L'étudiant a énoncé 12 instruments qui entrent en interaction dans son apprentissage du cours] mais, pour moi, ça forme un tout pour réussir le cours. C'est difficile d'assembler et ça dépend des cours mais tu ne peux pas juste étudier les slides du prof. Il faut combiner intelligemment tout ça. » (Étudiant 8 – Cours de cognition numérique).

Cet aspect systémique de l'EPA engendre une appropriation des artefacts dépendante des relations qu'ils entretiennent avec les autres instruments du système. L'analyse croisée des entretiens et des carnets de bord a notamment permis de reconstituer les genèses instrumentales de la prise de notes en auditoire – sur papier ou ordinateur. Comme le montre la figure 2, il est possible de dégager trois « types » – au sens d'idéaux-types – de prise de notes : les étudiants qui écrivent quasiment l'entièreté des propos de l'enseignant, les étudiants qui notent à la volée certaines in-

formations et ceux qui n'écrivent rien si ce n'est, pour certains, un plan des concepts abordés, la *macrostructure* de l'exposé de l'enseignant.

Au sein d'une même finalité – ou un même « produit fini » – se *cachent* plusieurs schèmes d'utilisation – nous omettons volontairement la complexité du processus. Dans le cadre du deuxième type de prise de notes, nous pouvons en distinguer cinq : 1) la prise de notes sur un support – feuille ou ordinateur – dans l'amphithéâtre (dans l'optique de compléter chez soi le polycopié fourni) ; 2) la prise de notes sur un support – feuille ou ordinateur – dans l'auditoire (dans l'optique de compléter chez soi le diaporama fourni) ; 3) la prise de notes directement dans le polycopié afin de compléter celui-ci ; 4) la prise de notes directement sur le diaporama afin de compléter celui-ci ; 5) la prise de notes directement sur une feuille de papier en indiquant les aspects à revoir dans le podcast.

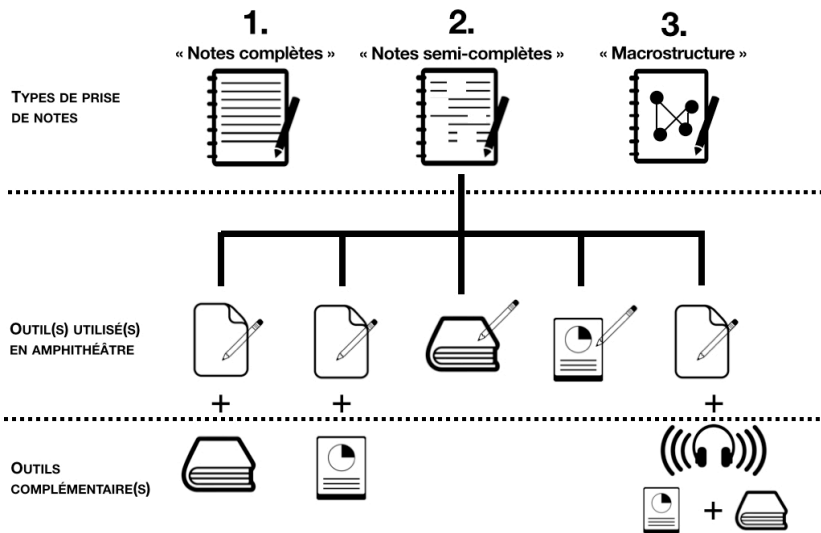


Figure 2 • Outils utilisés lors de la prise de « notes semi-complètes » présentés en deux niveaux : en amphithéâtre et hors amphithéâtre

Si les schèmes peuvent sembler similaires dans leur description, une analyse plus fine, et notamment celle des documents produits, permet d'observer que la prise de notes s'adapte à l'outil qui précède – comme le polycopié que l'apprenant complète et, parfois, a lu avant le cours – ou suit – tel que le podcast auquel il pourra ensuite se référer.

« Je fais ça deux fois sur le quadrimestre : je prends mes cours et je re-prends tous les endroits où j'ai un "attention" et je complète avec les podcasts. [Les attentions, vous les notez durant le cours ?] Oui, comme je sais qu'il y a le podcast ; dès que j'ai un doute ou que je ne comprends pas, je note attention, je prends le temps d'écouter et ensuite, dès que c'est ok, je recommence à prendre des notes. » (Étudiant 11 – Cours de cognition numérique).

Ces exemples nous permettent d'observer le caractère systémique de l'EPA et mettent en exergue des relations fortes entre les instruments qui le composent, formant ainsi un ensemble homogène. Dans la partie suivante, nous analysons plus précisément ces propriétés qui définissent ce système d'instruments particulier.

6.1.2. Les propriétés d'un EPA comme système d'instrument

6.1.2.1. L'hétérogénéité des ressources participant à l'organisation systémique des instruments

Dans la lignée des résultats avancés par Lefort (1982), Vidal-Gomel (2001, 2002) et Bourmaud (2007), les ressources participant à l'organisation systémique des instruments au sein de l'EPA sont de nature particulièrement hétérogène. D'une part, nous pouvons observer une complémentarité entre des instruments *institutionnels* ou *formels* – comme la plate-forme virtuelle, les supports officiels, les podcasts – et des instruments *non institutionnels* ou *informels* tels que les groupes Facebook ou les dossiers Dropbox partagés. D'autre part, comme nous le détaillerons *infra*, ces ressources sont à la fois numériques – allant de la plate-forme virtuelle institutionnelle Blackboard à Facebook en passant par d'autres Google Docs – et non numériques – notes papier, schémas découpés, livres de référence, lectures supplémentaires, etc.

6.1.2.2. Les systèmes et les sous-systèmes

L'exemple de la création d'un support de cours par Marie – figure 3 détaillée *infra* – illustre que l'organisation des systèmes d'instruments s'opère en plusieurs niveaux (Bourmaud, 2007) ; l'agrégation de sous-systèmes formant d'autres systèmes. L'EPA est une sorte de « macrosystème » composé de systèmes d'instruments principaux (ceux des domaines d'activités du sujet ; *i.e.* la création d'un support de cours), organisés eux-mêmes en sous-systèmes d'instruments (ceux des familles d'activités ; *i.e.* lire d'autres ressources, écrire le support d'étude, etc.) qui se composent à leur tour en sous-systèmes (classes de situations ; *i.e.* prendre des notes de cours). Néanmoins, l'organisation en niveaux de

l'EPA, plus qu'un emboîtement linéaire, défini et balisé, s'avère un processus subissant des interactions continues et réciproques (Bandura, 2003) entre les facteurs personnels de l'étudiant, ses comportements (activité, actions) et son environnement. En ce sens, un même domaine d'activités – tel que la création d'un support de cours – ne fera pas appel aux mêmes familles d'activités en fonction du lieu où l'apprenant se trouve (en amphithéâtre, en bibliothèque, à son domicile ou en situation de mobilité), du temps dont il dispose, voire de ses conceptions d'apprentissage. L'EPA possède effectivement des caractéristiques propres qui abolissent les notions d'espace et de temps ; il est un vecteur d'apprentissage au-delà des frontières que Charlier définit comme un « *apprentissage reconnu par l'adulte comme une expérience significative développée dans plusieurs espaces et temporalités et médiée par les technologies* » (Charlier, 2013).

6.1.2.3. Les qualités émergentes des systèmes d'instruments

Bourmaud (2007) met en exergue quatre types d'émergence – c'est-à-dire des « *qualités et propriétés qui naissent de l'organisation d'un ensemble* » (Morin et Le Moigne, 1999) – issus de la théorie des systèmes et des caractéristiques d'un système : la complémentarité des fonctions, la redondance des fonctions, l'existence d'un instrument pivot et l'existence d'un sous-système pivot. Nos résultats montrent que les environnements personnels d'apprentissage possèdent également ces différents types d'émergence.

La complémentarité et la redondance des fonctions. La première a déjà été illustrée dans les exemples susmentionnés ; instruments formels et informels se complètent afin de répondre aux besoins des étudiants et forment l'EPA. La seconde s'observe, notamment, au regard du nombre d'instruments que les étudiants s'approprient et qui possèdent des fonctions similaires dans l'optique de palier les contraintes temporelles, matérielles ou environnementales.

« *Oui, je prends des notes. Même si les slides de l'enseignant sont complets. [...] Je vais aussi piocher dans les résumés de l'année passée ou je demande ceux de cette année. [...] Au besoin, il y a aussi les podcasts pour compléter les notes.* » (Étudiant 2 – Cours de chimie physique et applications industrielles).

L'impact de ces contraintes se marque principalement entre le premier et le second entretien : entre ces deux moments, plusieurs étudiants ont été amenés à modifier la configuration de leur EPA en changeant de stratégie ainsi que d'instrument dans l'optique de parvenir à leur objectif

premier, la réussite de leur examen. En début de semestre, lors du premier entretien, les étudiants nous ont fait part de « stratégies espérées » à mettre en œuvre dans le cadre du cours telle que la réalisation d'un support d'étude avec ses propres notes prises lors des cours ; toutefois, nous pouvons remarquer qu'ils recueillent également les notes de condisciples, voire des résumés des années antérieurs. Cela montre que la fonction qui peut s'avérer défaillante – la prise de notes en cours – peut être assurée par une autre ressource aisément mobilisable par l'étude – les notes d'un condisciple. Les notes d'autres condisciples et les notes des années antérieures forment une ou plusieurs solutions alternatives en cas de défaillance de l'artefact issu de la « stratégie espérée ».

L'existence d'un *instrument pivot* était avancée par Minguay (1997) et étayée par Bourmaud (2006). Dans le cadre des EPA, Facebook joue ce rôle : comme le montrent Bonfils et Peraya (2014) dans ce numéro et comme nous l'avons constaté dans nos premiers travaux (Roland, 2013a) sur ces environnements, les réseaux socionumériques forment aujourd'hui la pierre angulaire des EPA et, *de facto*, jouent un rôle d'organisateur des autres instruments du système : c'est par l'intermédiaire de Facebook que s'organisent les prises de notes collaboratives (Google Drive), la répartition des horaires de travaux pratiques (Doodle), l'échange de documents (Dropbox), etc. Facebook facilite le lien entre ces différents instruments en les centralisant en un même endroit ; il joue un rôle d'organisateur et de création de cohérence entre l'ensemble des instruments. Le site de réseau social apparaît comme incontournable pour la plupart des étudiants ; il est l'un des instruments les plus cités au sein du corpus total et s'avère également largement évoqué au sein des différentes classes de situations.

Nos résultats démontrent également l'existence d'un *sous-système pivot* du système d'instruments ; ce sous-système pivot « dépasse le concept d'instrument pivot unique et renforce la notion de sous-système. » (Bourmaud, 2007) en organisant les autres instruments, voire les autres sous-systèmes d'instruments. Le support d'étude rédigé par l'étudiantⁱⁱ joue, par exemple, ce rôle de sous-système pivot ; il organise plusieurs sous-systèmes d'instruments (l'ensemble des instruments non numériques de prise de notes, l'ensemble des instruments numériques de prise de notes, les supports de prise de notes, etc.) et crée de la cohérence entre ceux-ci. Il est par ailleurs l'un des sous-systèmes les plus mentionnés par les étudiants. Les médias socionumériques forment quant à eux un autre sous-système pivot.

6.1.2.4. La robustesse et l'adaptabilité des systèmes d'instruments

La double caractéristique susmentionnée de complémentarité et de redondance contribue, telle que soulignée par Bourmaud (*ibid.*), à une adaptabilité du système, lui offrant une certaine robustesse. Le système se contextualise et prend ainsi en compte les contraintes tout en ayant recours à la redondance des fonctions, voire d'instruments afin de palier toute défaillance. Les étudiants jugent toutefois ces instruments de substitution moins efficaces, moins pratiques, moins sûrs et peu précis. Néanmoins, il s'avère toujours possible et utile pour eux d'y avoir recours : le résumé d'un condisciple est ainsi toujours décrit comme une solution de secours que les étudiants mobilisent s'ils sont dans l'impossibilité de réaliser leur propre support de cours.

6.1.2.5. D'autres propriétés

L'analyse des EPA des étudiants nous permet également d'avancer d'autres propriétés des systèmes d'instruments : les boucles de rétroaction au sein du système, la fonction d'instrument pivot inter-personnel, les catachrèses systémiquesⁱⁱⁱ et les influences extérieures – personnelles et environnementales.

L'EPA en tant que méta-système semble évoluer sur base de *boucles de rétroaction* ; les étudiants évaluent, à divers moments, les forces et les faiblesses des éléments de l'EPA mis en œuvre – ainsi que des sous-systèmes associés – et, si nécessaire, modifient certains de ceux-ci afin de tendre vers une meilleure efficacité du système. Nous pouvons ainsi observer des rétroactions positives engendrant une appropriation similaire – ou améliorée – d'un artefact qui a permis d'atteindre les résultats attendus, voire de les dépasser, ainsi que des rétroactions négatives visant à modifier le processus d'appropriation de l'outil, voire à abandonner son utilisation.

« En cours... Je ne fais que prendre notes et, souvent, je ne comprends plus par la suite. Là, c'est "LE" cours où j'ai l'impression qu'il est resté dans ma tête ; alors que d'autres cours, je les ai bossés peut-être aussi pendant une semaine mais c'est pas rentré comme avec les podcasts. Je ne sais pas. Donc l'année prochaine, s'il y a encore un cours avec les podcasts, je fais la même chose [L'étudiante ne va pas au cours et travaille uniquement avec les podcasts]. » (Étudiante 14 – Cours de cognition numérique).

Au-delà de sa propriété d'instrument pivot du système intra-personnel de l'apprenant, Facebook peut être analysé comme un *instrument pivot inter-personnel*. En effet, de par ses propriétés ainsi que par les détournements opérés par les étudiants, nous pouvons observer que Facebook se

place comme le pivot entre les différents EPA des étudiants d'un même « groupe classe » et joue le rôle de passerelle, voire d'organisateur entre ces différents EPA. Ces résultats sont également observés par Bonfils et Peraya (2014) dans ce numéro.

La catachrèse a été définie par Rabardel comme « *l'utilisation d'un outil à la place d'un autre ou l'utilisation d'outils pour des usages pour lesquels ils ne sont pas conçus* » (Rabardel, 1995). Dépassant la *catachrèse instrumentale*, nos résultats permettent d'observer des *catachrèses systémiques*. Plus qu'un unique instrument détourné, les apprenants se créent des systèmes qui se fondent sur un ensemble d'outils détournés. C'est ainsi le cas pour le sous-système « médias socionumériques » que les étudiants détournent à des fins académiques (Roland, 2013b) : en agrégeant, autour de Facebook, des outils comme Dropbox, Doodle, Skype et d'autres, ils créent un sous-système d'instruments détournés mais adaptés à leurs besoins et engendrant, de la sorte, un écart avec les usages prévus par les concepteurs. Les usages « académiques » développés par les étudiants sur les médias socio-numériques ne relèvent pas des fonctions premières de ceux-ci, notamment pour Facebook. Ils relativisent d'ailleurs l'aspect de « réseau » en ce qui concerne les activités académiques ; le groupe permettant surtout de collaborer avec des individus sans être directement *amis* avec ceux-ci sur le site de réseau social. Dès lors, les fonctionnalités de Facebook sont détournées afin de favoriser des usages particulièrement éloignés de ceux pensés par les concepteurs. En d'autres termes, par cet intermédiaire, les médias utilisés ne présentent plus une caractéristique de site de *réseau social* mais plutôt de site de *computation sociale*, par les mises en relation et les partages d'informations, les utilisateurs collaborent à la construction d'objets communs.

Enfin, nos résultats mettent également en lumière des influences extérieures qu'il conviendra d'étudier de manière plus approfondie. Nous avons effectivement pu mettre au jour des variations inter-dispositifs et intra-dispositifs en termes de systèmes d'instruments. En premier lieu, au sein d'un même dispositif pédagogique, les systèmes d'instruments déployés par les étudiants seront beaucoup plus similaires qu'entre étudiants de dispositifs pédagogiques différents. Ces résultats peuvent être éclairés par les travaux d'Entwistle et Peterson (2004) qui concluent à des relations entre les pratiques pédagogiques de l'enseignant et les stratégies d'apprentissage des étudiants. Ainsi, les professeurs utilisant une pédagogie centrée sur l'étudiant – par opposition à une approche transmissive – favorisent, chez leurs étudiants, des approches d'étude en profondeur

(Prosser & Trigwell, 1997 ; 1999). Nous pouvons également observer une influence dite sociale au sein des « groupes-classe » : d'une part, une influence informationnelle lorsque les étudiants se basent sur les informations détenues par des anciens étudiants et se conforment à celles-ci s'ils les jugent efficaces ; ceci illustre la théorie de la comparaison sociale (Oberlé & Drozda-Senkowska, 2006). Ainsi, dans le but d'augmenter la confiance dans leur jugement ou d'avoir des opinions bien fondées – et manquant pour ce faire de critères objectifs ou de renseignements suffisants –, les étudiants se tournent vers d'autres – souvent les « anciens » – pour obtenir de l'information voire comparer leurs choix à ceux-ci.

« J'ai demandé aux étudiants de Master qui avaient réussi [quels sont les supports qu'ils utilisaient]. Je me dis que s'ils réussissent en utilisant tel résumé, ou en travaillant avec les podcasts, c'est que ça doit fonctionner. »
(Étudiant 13 – Cours de cognition numérique).

D'autre part, nous observons une influence dite normative : un étudiant tend à avoir recours aux ressources qui sont communément partagées au sein du groupe qu'il fréquente. La fonction normative exprime ainsi « *la pression qu'exerce le groupe sur les individus par les normes et les règles de comportement qu'il suggère : dévier des normes du groupe, c'est courir le risque d'être exclu* » (Decrop et al., 2004). Cette influence est particulièrement observable pour l'utilisation de Facebook : c'est parce que « *tous les étudiants y sont* » ou « *qu'il faut y être si on souhaite obtenir les informations* » que de nombreux étudiants ont recours au réseau social. Ces variations comportementales inter-dispositifs restent donc à investiguer par rapport au pôle environnemental. En second lieu, une analyse plus individuelle amène à constater qu'il existe également des variations intra-dispositifs : au sein d'un dispositif pédagogique particulier, les EPA, ainsi que les actions et procédures qui les sous-tendent varient particulièrement en fonction de chaque étudiant. Comme l'indique Richardson (2011), si les stratégies d'apprentissage des étudiants sont, certes, influencées par leur environnement scolaire – tel qu'indiqué *supra* –, elles sont également influencées par la perception même de l'étudiant de son contexte scolaire : comme l'indique l'auteur, un étudiant ayant une perception positive de son contexte sera ainsi plus susceptible d'adopter des stratégies visant un apprentissage en profondeur. En ce sens, certains de nos résultats laissent à penser que les facteurs personnels influencent les facteurs comportementaux tout autant que les facteurs environnementaux ; nous reviendrons d'ailleurs *infra* sur ces derniers.

En d’autres termes, ces premiers résultats confirment l’intérêt et la pertinence de l’approche sociocognitive de Bandura en montrant des influences dynamiques et réciproques du dispositif pédagogique – dimension environnementale – et de l’individu lui-même – dimension personnelle – dans les pratiques d’appropriation d’outils par les étudiants de l’enseignement supérieur.

6.2. L’EPA, entre continuités et discontinuités numériques

6.2.1. Un environnement d’apprentissage hybride

À l’instar d’Attwell (2007), nous considérons que l’EPA se compose notamment d’un ensemble d’outils et de services que l’individu mobilise quotidiennement pour apprendre. Toutefois, si comme d’autres (Downes, 2007 Bonfils & Peraya, 2010 ; Peraya & Bonfils, 2012), Attwell évoque les outils et services « numériques », il nous semble également nécessaire d’envisager l’EPA comme un ensemble complémentaire d’instruments numériques et non numériques.

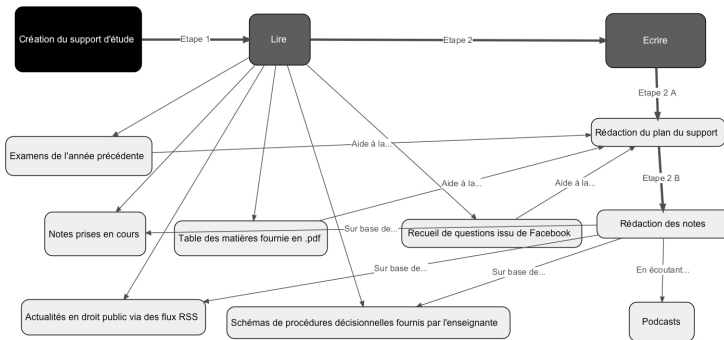


Figure 2 • Le sous-système d’instruments pour la création d’un support d’étude de Marie

En adoptant une telle approche systémique, l’analyse de la genèse instrumentale de certains artefacts ainsi que des schèmes d’usage associés permet d’observer une réelle complémentarité entre instruments numériques et non numériques ; c’est ainsi le cas pour l’exemple susmentionné ou pour Marie (figure 1), étudiante d’un cours de droit constitutionnel en Faculté de Sciences politiques, dont le sous-système de création du support d’étude (présenté dans la figure 2 dont nous détaillons uniquement certains aspects) se compose d’outils et de services issus du web, certains qu’elle transpose d’ailleurs dans un format « non numérique », ainsi que d’un ensemble d’outils « non numériques ». Cet exemple n’a pas pour

vocation de généraliser notre propos mais bien d'offrir une illustration de la complémentarité entre outils numériques et non numériques.

Comme nous le voyons, la création du support peut être décomposée en un ensemble d'actions ou procédures (Bégin, 2008). Dans un premier temps, Marie va (re)lire ses notes prises en cours et va souligner et surligner différentes informations en cherchant à identifier les composantes ou les caractéristiques de certains points du cours, à identifier les multiples étapes ou procédures – judiciaires, dans son cas –, à trouver des rapports d'importance ainsi que des rapports d'ordre ou de séquences. Ces actions peuvent faire appel à différents instruments : souligner avec un stylo de couleur, surligner avec un *Stabilo* de couleur, retracer les étapes avec des fiches, etc. Dans un deuxième temps, Marie s'attèle à la réalisation d'un plan du support qui lui offre une table des matières du cours. Ce plan est rédigé à partir de la table des matières distribuée par l'enseignante à laquelle Marie ajoute des informations trouvées sur Internet – notamment des anciens examens partagés sur Facebook – pour créer un support d'étude en adéquation avec les attentes de l'enseignante. Dans un troisième temps, Marie va produire son support d'étude final sur base de la table des matières constituée. Elle utilise les éléments mis en évidence dans ses notes écrites (lors de l'étape 1) qu'elle vérifiera avec des podcasts – écoutés en ligne par l'intermédiaire de son ordinateur – tout en ajoutant, pour illustrer des concepts théoriques, des exemples issus de la presse qu'elle suit par le biais de flux RSS^{iv}. Qui plus est, si elle se retrouve face à un problème de compréhension, elle se tournera en priorité vers Internet – pour consulter la constitution belge ou pour trouver des informations sur d'autres sites –, ensuite vers le livre de référence, ensuite vers le groupe Facebook où elle posera sa question et, si nécessaire, vers l'enseignant au prochain cours.

Par l'intermédiaire de cette illustration, nous pouvons observer que la création du support d'étude mobilise simultanément des outils numériques, des outils non numériques ainsi que des instruments que nous pourrions qualifier d'*hybrides* – c'est-à-dire résultant de l'appropriation d'un artefact numérique en un instrument non numérique, ou d'un artefact non numérique en un instrument numérique. Les flux RSS (outil numérique), par exemple, font l'objet de trois schèmes d'utilisation – à trois moments différents – afin d'aboutir à son intégration dans le support d'étude (outil non numérique) : premièrement, les flux font l'objet d'une sélection et sont placés dans un agrégateur de flux RSS – *Netvibes* dans le cas de Marie. Deuxièmement, de manière régulière, Marie lit les informa-

tions disponibles sur les différents flux et conserve, dans un document électronique, l'ensemble des articles pertinents vis-à-vis du cours. Troisièmement, lors de la rédaction du support d'étude, elle résume, de manière manuscrite, les articles archivés qu'elle juge utiles en fonction des problématiques traitées dans le cours.

6.2.2. L'hybridation instrumentale personnelle et les pratiques numériques sociales

Sur l'ensemble de notre corpus, nous avons pu voir émerger deux grandes familles de situations engendrant deux types d'appropriation différente des artefacts : d'une part, l'appropriation dans le cadre d'un usage individuel et, d'autre part, l'appropriation dans le cadre d'un usage collectif.

Dans le premier cas, nous avons observé des pratiques associant le recours à des outils et ressources numériques et non numériques. Dans ces situations, l'apprenant tend souvent à faire prendre en charge une fonction habituellement réalisée par un instrument numérique par un instrument non numérique ; plus conforme à leurs schèmes et objectifs personnels ; ce que nous appelons le processus d'*hybridation instrumentale*, c'est-à-dire un processus de genèse instrumentale au sein duquel l'instrumentalisation transpose la fonction d'un outil numérique à un outil non numérique ou inversement. Cette *hybridation instrumentale* se justifie par exemple par le fait de « *pouvoir mieux gérer les informations* », par « *besoin de réécrire soi-même et de construire son cours* » ou encore de ne pas « *dépendre d'une connexion à Internet.* »

« *Je retiens mieux quand j'écris et, en plus, ça me tient concentré.* »
(Étudiant 22 – Cours de psychologie du développement).

Au sein de notre corpus, ce processus d'*hybridation instrumentale* est justifié par des raisons personnelles, centrées sur la facilité et l'utilisabilité des instruments non numériques. Comme le soulignent Simonian et Audran, les étudiants ont tendance à utiliser un outil à deux conditions : d'une part, « *ils perçoivent une utilité (gain espéré) ; perception nécessitant une certaine connaissance théorique et/ou pratique des fonctions de l'outil* » et, d'autre part, « *ils possèdent une familiarité technique suffisante de l'outil en question pour l'utiliser rapidement et facilement ce qui dépend en partie des schèmes stimulés par l'outil lui-même* » (Simonian & Audran, 2012). Dans le cadre d'un usage personnel, les étudiants préfèrent utiliser des supports connus, maîtrisés et jugés comme efficaces. Sur ce point, la rédaction d'un support d'étude *à la main* est souvent mentionnée par les étudiants de notre corpus, car l'acte même de rédaction constitue une étape de

l'apprentissage jugée comme efficace ; même si, au départ, la prise de notes lors des séances en présentiel se fait, pour des raisons de rapidité, sur un ordinateur.

À l'opposé, lorsque l'usage est d'ordre collectif – partage de notes de cours, travaux de groupes, etc. –, les étudiants auront tendance à privilégier le versant numérique, car il s'avère, pour eux, plus simple et intéressant de partager de l'information par ce biais. Ainsi, comme l'exprime Florian, sa prise de notes est habituellement manuscrite^v. Toutefois, lors d'un cours précis, il doit partager ses notes car la plupart de ses amis sont absents à cause d'un chevauchement d'horaire ; il saisit les informations sur ordinateur afin de les transmettre plus facilement. C'est ainsi parce que Florian subit des contraintes extérieures – la nécessité de partager ses notes facilement avec ses condisciples – qu'il fait le choix du numérique. Ce comportement est observé dans l'ensemble de notre corpus au sein duquel le comportement de photocopiage des notes manuscrites est quasiment absent. Le versant de l'EPA tourné vers le collectif tend, dès lors, à privilégier des outils numériques pour des facilités de partage et de travail collaboratif. À nouveau, le recours à ces outils s'explique par des critères d'utilité et de familiarité avec ceux-ci. Cette combinaison entre utilité et familiarité explique notamment l'utilisation massive de Facebook qui répond, d'une part, à des besoins d'appropriation et d'interaction des contenus d'apprentissage mis à disposition par leurs enseignants, de centralisation de l'ensemble des informations institutionnelles, de notification de toute nouvelle information, de partage des documents entre étudiants ; d'autre part, au regard des faibles compétences technologiques des étudiants (Poellhuber, 2013), Facebook, le site de réseau social qu'ils fréquentent quasiment tous, semble l'outil le plus simple à mettre en œuvre afin de répondre à ces différents besoins.

7. Conclusion

Cet article a pour objectif de questionner la notion d'EPA dans sa dimension purement numérique ainsi que de l'appréhender en tant que système d'instruments. Approcher l'EPA par ce prisme en nous intéressant principalement à la réalisation ou à l'utilisation de supports d'étude nous a amenés à découvrir les complémentarités et relations qui existent entre les outils numériques et non numériques. Considérer cet environnement comme une émanation d'artefacts uniquement numériques est, à notre sens, problématique car cette vision omet complètement les relations que ces instruments – les artefacts numériques appropriés – peuvent entretenir avec d'autres instruments non numériques. L'apprentissage au-delà des

frontières mis en exergue par Charlier (2013) ne pourrait-il pas débiter par une lecture fortuite sur le web qui amènerait ensuite l'apprenant à faire des recherches en bibliothèque sur une thématique précise ? S'en suivrait une inscription sur les réseaux sociaux permettant d'appartenir à une communauté en ligne offrant la possibilité d'échanger en tout lieu et en tout temps sur ladite thématique et de consigner toutes ses « trouvailles » dans un cahier physique.

Comme nous avons pu le montrer, l'EPA peut être considéré comme système hybride d'instruments. Cette *hybridité* varie en fonction des contextes, des contraintes, des besoins de l'apprenant ainsi que des calculs rationnels par rapport à l'utilité et à la pertinence des outils (Bétrancourt, 2007 ; Simonian & Audran, 2012 ; Uyttebrouck, 2005) ainsi que de l'affordance des outils (Norman, 1988). Toutefois, à l'heure actuelle, s'il semble illusoire de penser l'EPA comme *purement non numérique*. Il nous apparaît tout aussi illogique de le penser comme uniquement un *construit numérique*. Néanmoins, une définition de l'EPA se doit d'être établie afin de travailler sur un objet de recherche qui fasse consensus. Si cet objet se voit alors défini dans des termes purement numériques ; nous insistons sur la nécessité d'une approche scientifique systémique permettant de prendre en compte les relations que ces outils numériques entretiennent avec d'autres outils non numériques. En d'autres termes, l'analyse de l'appropriation des technologies ne doit pas se centrer uniquement sur ces nouvelles technologies mais également sur les liens qu'elles entretiennent avec d'autres outils ou ressources non numériques.

Les perspectives pour la recherche sont nombreuses et le lecteur intéressé trouvera dans ce numéro des pistes interdisciplinaires. Une première étape s'avère être la nécessité de convenir d'une définition à propos de cet objet de recherche afin de pouvoir mobiliser des théories et modèles propices à son étude. Notre appréhension de l'EPA dans une dimension sociocognitive se doit d'être opérationnalisée de manière empirique et fera l'objet du premier volet de notre thèse de doctorat. À côté de celle-ci, de nombreuses pistes d'approche scientifique de l'EPA telles que l'agentivité humaine (Jézégou, 2014), l'autorégulation environnementale (Jézégou, 2011) ou encore l'apprentissage au-delà des frontières (Charlier, 2013) pourront être développées. Cet article fait également émerger des pratiques – telle que l'hybridation instrumentale – qu'il conviendra d'étudier par le biais de travaux ultérieurs. Par ailleurs, les recherches sur les EPA amènent à de nouveaux questionnements, notamment concernant le rapport au savoir des étudiants, qui nécessitent d'être investigués depuis

longtemps : « *Internet popularise en effet de nouvelles procédures permettant d'accéder à de l'information numérisée, de la traiter, de s'assurer de sa validité. Mais celles-ci sont fondées sur des modes sophistiqués de traitement automatique de données et nécessitent une forme de compréhension de ce qui est en jeu.* » (Baron & Bruillard, 2001). Ainsi, tous les étudiants ne possèdent pas les compétences nécessaires à une gestion optimale de leur EPA (Dabbagh & Kitsantas, 2012). Sur un plan plus technique, vu leur manque de connaissances des outils à disposition (Poellhuber, 2013), les apprenants nécessitent aide et intervention pédagogiques afin de choisir les outils adéquats en vue d'atteindre leurs objectifs d'apprentissage (Cigognini et al., 2011). De même, les résultats de ces recherches ne pourront pas être ignorés par les professeurs de l'enseignement supérieur ou les formateurs d'enseignants. Les enseignants voient, dans l'émergence de ces EPA, l'environnement de leurs pratiques d'enseignement évoluer à grand pas, ce qui ne peut être sans incidence sur la mutation de leurs pratiques professionnelles.

-
- 1 BA : Bachelor of Arts – BA2 : Licence 2e année – BA3 : Licence 3e année – MA1 : Master 1ère année – MA2 : Master 2e année
 - 2 Voir la figure 2 *infra*.
 - 3 Nous définirons cette notion *infra*.
 - 4 Il s'agit d'un fichier dont le contenu est produit automatiquement en fonction des mises à jours d'un site web.
 - 5 « Je retiens mieux quand j'écris et, en plus, ça me tient concentré. » (Étudiant 22 – Cours de psychologie du développement)

BIBLIOGRAPHIE

- ATWELL G. (2007). The Personal Learning Environments – the future of eLearning? Dans *eLearning Papers*. 1(2). En ligne : <http://www.elearningeuropa.info/files/media/media11561.pdf>
- BANDURA A. (1986). *Social Foundations of Thought and Action*. Englewood Cliffs, NJ : Prentice Hall.
- BANDURA A. (2003). *Auto-efficacité. Le sentiment d'efficacité personnelle*. Bruxelles : De Boeck.
- BARDIN L. (2007). *L'analyse de contenu*. Paris : Presses universitaires de France.
- BARON G.-L., BRUILLARD E. (2001). Une didactique de l'informatique ? *Revue française de Pédagogie*, 135, 163-172.

BEGIN C. (2008). Les stratégies d'apprentissage : un cadre de référence simplifié. *Revue des sciences de l'éducation*. 34(1), 47-67.

BÉGUIN P., RABARDEL P. (2000). Concevoir pour les activités instrumentées. *Revue d'intelligence artificielle*, 14(1-2), 35-54.

BETRANCOURT M. (2007). L'ergonomie des TICE : quelles recherches pour quels usages sur le terrain ? In Charlier, B. et Peraya, D. (Eds). *Regards croisés sur la recherche en technologie de l'éducation*. De Boeck : Bruxelles.

BIGGS J. (1999). *Teaching for Quality Learning at University*. SRHE and Open University Press : Buckingham.

BIGGS, J. B. (2005). Aligning teaching for constructing learning. *Higher Education Academy Discussion Paper*. En ligne : http://www.heacademy.ac.uk/assets/documents/resources/database/id477_aligning_teaching_for_constructing_learning.pdf

BONFILS P., PERAYA D. (2010). Environnements de travail personnels ou institutionnels ? Les choix d'étudiants en ingénierie multimédia à Toulon. Actes du colloque international EUTIC 2010 *Les usages intelligents des technologies de l'information et de la communication dans la réorganisation universitaire*, Dakar, 2010.

BONFILS, P. PERAYA, D. (2014). Détournements d'usages et nouvelles pratiques numériques : l'expérience des étudiants d'Ingémédia à l'Université de Toulon. STICEF numéro thématique EPA (à paraître).

BOURMAUD G. (2006). *Les systèmes d'instruments : méthodes d'analyse et perspectives de conception*. Thèse de Doctorat de Psychologie Ergonomique. Université Paris 8. En ligne : http://www.bu.univ-paris8.fr/web/collections/theses/bourmaud_gaetan.pdf

BOURMAUD G. (2007). L'organisation systémique des instruments : méthodes d'analyse, propriétés et perspectives de conception ouvertes. Colloque de l'Association pour la Recherche Cognitive – ARCo'07 : Cognition – Complexité Collectif, 61-76. En ligne : http://hal.inria.fr/docs/00/19/11/28/PDF/061-076_Bourmaud.pdf

BUCKLEY C., PITT E., NORTON B., OWENS T. (2010). Students' approaches to study, conceptions of learning and judgments about the value of networked technologies. *Active Learning in Higher Education*, 11(1), 55-65.

CHARLIER, B. (2013). Apprendre au-delà des frontières : entre nomadismes et mobilités. *Savoirs*. 32(2), 61-79.

CHARLIER B. (2014). Les Environnements Personnels d'Apprentissages : des instruments pour apprendre au-delà des frontières. *STICEF vol. 21, numéro thématique EPA* (à paraître).

CIGOGNINI M. E., PETTENATI M. C., EDIRISINGHA P. (2011). Personal knowledge management skills in Web 2.0-based learning. In M. J. W. Lee et C. McLoughlin (Eds.). *Web 2.0-based e-learning : Applying social informatics for tertiary teaching*. Hershey, PA: IGI Global.

CONTAMINES J., GEORGE S., HOTTE, R. (2003). Approche instrumentale des banques de ressources éducatives. *Revue Sciences et Techniques Éducatives* (STE), 10. En ligne : <http://halshs.archives-ouvertes.fr/hal-00298189/>

DABBAGH N., KITSANTAS A. (2012). Personal Learning Environments, social media, and self-regulated learning: A natural formula for connecting formal and informal learning. *The Internet and Higher Education*, 15(1), 3-8.

DECROP A., PECHEUX C., BAUVIN G. (2004). La prise de décision dans les groupes d'amis : une étude exploratoire. 3^{es} *Journées Normandes de la Consommation*:

Société et consommations. Rouen, France. En ligne : http://www.argonautes.fr/uploads/uploads/documents/Decrop_Pecheux_Bauvin.pdf

DOWNES S. (2007). Learning networks in practice. *Emerging Technologies for Learning*, 2, 18-27.

ELLIS, R., GOODYEAR, P., O'HARA, A., PROSSER, M. (2007). The university student experience of face-to-face and online discussions: coherence, reflection and meaning. *Research in Learning Technology*, 15(1), 83-97.

ENTWISTLE, N. J., PETERSON, E. R. (2004). Conceptions of learning and knowledge in higher education: Relationships with study behaviour and influences of learning environments. *International Journal of Educational Research*, 41(6), 407-428.

FIEDLER S., VALJATAGA T. (2010). Personal Learning Environments_ concept or technology? The PLE Conference Barcelona 6-8 July 2010. En ligne : http://pleconference.citilab.eu/wp-content/uploads/2010/07/ple2010_submission_45.pdf

JEZEGOU A. (2011), Se former à distance : regard sur les stratégies d'autorégulation environnementale d'étudiants adultes. *Savoirs, Revue Internationale de Recherches en Education et Formation d'Adultes*, 24, 79-99.

JEZEGOU A. (2014). Agentivité de l'apprenant et Présence : deux notions pour une intelligibilité des Environnements Personnels d'Apprentissage. *STICEF numéro thématique EPA* (à paraître).

HENRI F. (2014). Les environnements personnels d'apprentissage, étude d'une thématique de recherche en émergence. *STICEF vol. 21, numéro thématique EPA* (à paraître).

KAUFFMAN J.-C. (2007). *L'entretien compréhensif*. Paris : Armand Colin.

KARSENTI T., RABY C., MEUNIER H., VILLENEUVE, S. (2011). Usage des TIC en pédagogie universitaire : point de vue des étudiants. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*, 8(3), 6-19.

LUBENSKY R. (2012). *The present and future of Personal Learning Environments (PLE). Deliberations*. En ligne : <http://www.deliberations.com.au/2006/12/present-and-future-of-personal-learning.html>

LEFORT B. (1982). L'emploi des outils au cours de tâches d'entretien et la loi de Zipf-Mandelbrot. *Le Travail Humain*, 45(2), 307-316.

MARQUET P. (2012). Les non-usages des TIC : modélisations, explications, remédiations. *Recherches & éducations*. En ligne : <http://rechercheseducations.revues.org/932> (Consulté le 09 décembre 2013).

MILIGAN C., JOHNSON M., SHARPLES P., WILSON S., LIBER O. (2006). Developing a reference model to describe the personal learning environment. Dans W. Nejdil & K. Tochtermann (Eds.), *Innovative Approaches for Learning and Knowledge Sharing – First European Conference on Technology Enhanced Learning*, ECTEL 2006 (pp. 506-511). Berlin Heidelberg : Springer.

MINGUY J.L. (1995). Concevoir pour aider à l'action située. Le travail en passerelle de navires de pêche : rôle de la carte de pêche comme représentation. Thèse de Doctorat d'Ergonomie. CNAM, Paris.

MINGUY J.L. (1997). Concevoir aussi dans le sillage de l'utilisateur. *International Journal of Design and Innovation Research*, 10, 59-78.

MORIN E., LE MOIGNE J.L. (1999). *L'intelligence de la complexité*. Paris : L'Harmattan.

NOGRY, S., DECORTIS, F., SORT, C., HEURTIER, S. (2013). Apports de la théorie instrumentale à l'étude des usages et de l'appropriation des artefacts mobiles tactiles à l'école. *Revue STICEF*, 20. En ligne : http://sticef.univ-lemans.fr/num/vol2013/14-nogry-atame/Sticef_2013_NS_nogry_14.htm

NORMAN, D.A. (1988). *The psychology of everyday things*. New York : Basic Books.

OBERLE D., DROZDA-SENKOWSKA E. (2006). Processus orientés vers la tâche vs processus orientés vers le groupe : une vieille distinction toujours fructueuse ? *Les Cahiers Internationaux de Psychologie Sociale*, 70, p. 63-72. En ligne : <http://www.cdgai.be/PDF/oberle.pdf>

PAUGAM S. (2008). *La pratique de la sociologie*. Paris : Presses universitaires de France.

PERAYA D., BONFILS P. (2012). Nouveaux dispositifs médiatiques, comportements et usages émergents: Le cas d'étudiants toulonnais en formation à l'Ufr Ingémédia », in *Distance & Médiations des Savoirs*. En ligne : <http://dms.revues.org/126>

PIAGET J. (1968), « Epistémologie et psychologie de la fonction », *Études d'épistémologie génétique*, Vol. XXIII.

Poellhuber, B. (2013). Génération Y, réseaux sociaux et enseignement : entre fascination et rejet. *Actes du Colloque Génération Y, réseaux (anti) sociaux et enseignement ? Entre fascination et rejet*. Bruxelles : Académie Wallonie-Bruxelles.

PROSSER, M., TRIGWELL, K. (1997). Perceptions of the teaching environment and its relationship to approaches to teaching. *British Journal of Educational Psychology*, 67, 25–35.

PROSSER, M., TRIGWELL, K. (1999). *Understanding learning and teaching: The experience of higher education*. Buckingham: SRHE and Open University Press.

RABARDEL P. (1995). *Les hommes et les technologies. Approche cognitive des instruments contemporains*. Paris : Armand Colin.

RABARDEL P., BOURMAUD G. (2003). From computer to instrument system: a developmental perspective. *Interacting with Computers*, 15(5), 665-691.

RICHARDSON, J. T. E. (2011). Approaches to studying, conceptions of learning and learning styles in higher education. *Learning and Individual Differences*, 21(3), 288–293.

ROLAND N. (2012). Intégrer le podcasting à l'université : pourquoi ? Comment ? Pour quels résultats ? Dans Bélair, L. (Ed.) *Actes du 27^e Congrès de l'Association internationale de pédagogie universitaire (AIPU)*. Trois-Rivières: Université du Québec à Trois-Rivières, 301-308.

ROLAND, N., UYTTEBROUCK, E., DE LIEVRE, B., EMLIT, P. (2012). Podcasts de cours enregistrés : quels usages pour quels résultats ? Dans Karsenti, T., Collin, S., & Dumouchel, G. (dirs.). *Actes du Colloque scientifique international sur les TIC en éducation : bilan, enjeux actuels et perspectives futures*. Montréal, QC : Centre de recherche interuniversitaire sur la formation et la profession enseignante, 233-241

ROLAND N. (2013). Les réseaux sociaux comme pierre angulaire de l'environnement personnel d'apprentissage. *Actes du Colloque Colloque Génération Y, réseaux (anti) sociaux et enseignement ? Entre fascination et rejet*. Bruxelles : Académie Wallonie-Bruxelles.

ROLAND, N. (2013). Facebook au service de l'apprentissage : Regards sur quelques pratiques d'étudiants universitaires. *Eduquer*, 102.

ROLAND, N., EMLIT, P. (2013). Le “cours enregistré” : quelle implication de l’enseignant ? Quel intérêt pour les étudiants ? *Actes du 7^e Colloque Questions de Pédagogies dans l’Enseignement Supérieur*, Sherbrooke.

ROLAND, N., NAUYENS, V. (2013). Enseignement transmissif, apprentissage actif : usages du podcasting par les étudiants. *Actes du 7^e Colloque Questions de Pédagogies dans l’Enseignement Supérieur*, Sherbrooke.

SCHNEIDER, E. (2013). *Économie scripturale des adolescents : enquête sur les usages de l’écrit de lycéens*. Thèse de doctorat. En ligne : http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/91/12/28/PDF/A_crit_principal_11.11.2013.pdf

SCLATER N. (2008). *Web 2.0 Personal Learning Environments, and the Future of Learning Management Systems* (Research Bulletin. Issue 13). Boulder. CO: EDUCAUSE Center for Applied Research. En ligne : <http://pages.uoregon.edu/not/LMS/future%20of%20LMSs.pdf>

SIMONIAN, S., AUDRAN, J. (2012). Approche anthropo-écologique du non-usage. *Recherches & éducations*. En ligne : <http://rechercheseducations.revues.org/1084>

TALBOT L. (2009). *L’évaluation formative*. Paris : Armand Colin.

UYTTEBROUCK E. (2005). Mais pourquoi diable ne lisent-ils pas mes notes de cours en ligne ? *Journal of Distance Education*, 20(1), 39–59.

VAN HARMELEN M. (2008). Design trajectories: four experiments in PLE implementation. *Interactive Learning Environments*, 16(1), 35-46.

VÄLJATAGA T., LAANPERE M. (2010). Learner control and personal learning environment: a challenge for instructional design. *Interactive Learning Environments*, 18, 3, p. 227-291.

VALTONEN T., HACKLIN S., DILLON P., VESISENAHO M., KUKKONEN J., HIETANEN A. (2012). Perspectives on personal learning environments held by vocational students. *Computers & Education*, 58(2), 732–739. En ligne : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131511002429>

VERGNAUD G. (2001). Forme opératoire et forme prédicative de la connaissance. *Colloque GDM 2001 La notion de compétence en enseignement des mathématiques, analyse didactique des effets de son introduction sur les pratiques et sur la formation*. Montréal, Jean Portuguais.

VIDAL-GOMEL C. (2001). *Le développement des compétences pour gérer les risques professionnels. Le domaine de la maintenance des systèmes électriques*. Thèse de Doctorat de Psychologie Ergonomique. Université Paris 8. En ligne : http://www.bu.univ-paris8.fr/web/collections/theses/vidal-gomel_christine_1.pdf

VIDAL-GOMEL C. (2002a). Systèmes d’instruments des opérateurs. Un point de vue pour analyser le rapport aux règles de sécurité. *Pistes* 4(2). En ligne : <http://www.pistes.uqam.ca/v4n2/articles/v4n2a2.htm>

VIDAL-GOMEL C. (2002b). Systèmes d’instruments : un cadre pour analyser le rapport aux règles de sécurité. *Actes du XXXVII^e Congrès de la SELF* (pp. 134-144). Aix-en-Provence.

VIDAILLET B., D’ESTAINOT V., ABECASSIS P. (2005). *La décision – Une approche pluridisciplinaire des processus de choix*. Bruxelles : De Boeck.

VYGOTSKY L. S. (1997) *Pensée et langage*. Paris : La dispute.

ZANARELLI C. (2003). *Caractérisation des stratégies instrumentales de gestion d’environnements dynamiques : Analyse de l’activité de régulation du métro*. Thèse de Doctorat de Psychologie Ergonomique. Université Paris 8. En ligne : http://www.bu.univ-paris8.fr/web/collections/theses/zanarelli_catherine.pdf



Environnements Personnels d'Apprentissage : exploration des représentations et usages d'étudiants de l'enseignement supérieur

► **Brigitte DENIS, Noémie JORIS** (Université de Liège, Centre de Recherche sur l'Instrumentation la Formation et l'Apprentissage, Liège)

■ **RÉSUMÉ** • À l'heure actuelle, il est difficile pour un étudiant de réaliser des études supérieures sans recourir à un environnement numérique. Cette situation entraîne l'émergence du concept d'Environnement Personnel d'Apprentissage (EPA). Les auteures en proposent une définition ainsi qu'une réflexion sur sa concurrence ou complémentarité avec les environnements institutionnels numériques. Elles rapportent les résultats d'une étude exploratoire sur les représentations d'étudiants universitaires à propos de la personnalisation de leurs environnements numériques d'apprentissage et de l'intérêt qu'ils y trouvent. L'analyse de données issues de questionnaires et d'interviews met en évidence différents profils en termes de conception et d'usage d'un EPA. Une mise en relation avec différentes théories de l'apprentissage et divers aspects de l'ingénierie techno-pédagogique permet de dégager des pistes de recherche et de développement en matière de complémentarité des EPA et des environnements d'apprentissage institutionnels (EAI).

■ **MOTS-CLÉS** • technologies, Environnement Personnel d'Apprentissage, EPA, Environnement d'Apprentissage Institutionnel, personnalisation, enseignement supérieur

■ **ABSTRACT** • *Currently, it is difficult for a student to pursue higher education without using a digital environment. This leads to the emergence the concept of Personal Learning Environment (PLE). The authors define it and consider his competition or complementarity with the digitals institutional environments. They report exploratory study results on students' representations about their numeric learning environments and their interests about them. Data comes from questionnaires and interviews. Their analysis shows different profiles related to the PLE. Linking the results to learning theories and aspects of technical and educational design, they propose further investigation and development related to the complementarity of PLE and institutional learning environments (ILE).*

■ **KEYWORDS** • *technologies, Personal Learning Environment, PLE, Institutional learning environment, customization, Higher Education*

1. Contexte et problématique

Un peu partout dans le monde, et plus particulièrement en Europe et outre Atlantique, se développe dans les systèmes éducatifs une préoccupation grandissante pour la pédagogie universitaire et l'intégration des technologies de l'information et de la communication (TIC) dans les pratiques de formation et d'apprentissage (De Ketele, 2010). Les réformes pédagogiques vont bon train dans l'enseignement supérieur. En témoignent, tant au niveau local qu'international, les publications (ex. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*) et les colloques sur ces thèmes ainsi que l'existence d'associations (ex. l'Association Internationale de Pédagogie Universitaire) et de réseaux (ex. l'Agence Universitaire de la Francophonie). Depuis plus de dix ans, nombreux dispositifs technologiques d'appui à l'enseignement supérieur se déploient (cf. campus numériques francophones^{MD}).

L'université de Liège (ULg), n'échappe pas à cette tendance. Ainsi, à la Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Éducation (FAPSE) de l'ULg, des pratiques visant le développement de l'autonomie de l'apprenant, la réalisation de projets, la collaboration, le développement professionnel... commencent à rivaliser dès la première année de bachelier avec des pédagogies plus traditionnelles qui sont souvent l'apanage des cours dispensés à de grands groupes d'étudiants (plusieurs centaines).

Si la place des technologies est encore assez relative dans ces dispositifs de formation, on peut cependant supposer que la plupart des étudiants s'en servent dans et en-dehors du cadre de leurs études. Mais quels sont et comment s'organisent ces usages ?

D'une part, on observe surtout la mise en place de dispositifs hybrides (alliant activités en présence et à distance) relevant de différents types d'organisations et de buts (cf. la typologie définie dans le projet Hy-Sup (Burton *et al.*, 2011)). Par ailleurs, au fil des années, les étudiants du supérieur sont de plus en plus équipés en matériel. Des enquêtes (ex. observatoire des pratiques du numérique à l'université de Poitiers) rapportent que, dans certaines sections, la quasi-totalité d'entre eux possède un ordinateur personnel, voire des appareils mobiles. En outre, des initiatives sont prises dans de nombreuses institutions afin de faciliter l'accès à un équipement à prix réduit, voire gratuit (prêt).

D'autre part, l'usage des technologies ne se limite pas à l'exploitation des environnements d'apprentissage institutionnels. Différents auteurs (Bonfils & Peraya, 2010 ; Plateaux *et al.*, 2012 ; Sclater, 2008) constatent l'émergence d'environnements personnels d'apprentissage (EPA) en rap-

port avec diverses tâches de l'apprenant (ex. production, classement et recherche de documents, capitalisation et partage de ressources, etc.). De ce fait, l'agrégation personnelle de plusieurs outils et services permet de soutenir l'apprentissage dans divers contextes (scolaires ou non) et de mettre en œuvre des paradigmes d'apprentissage variés (Leclercq & Denis, 1998).

Le concept d'EPA reste néanmoins encore en construction (Attwell, 2007 ; Henri & Charlier, 2010 ; Plateaux *et al*, 2012). C'est pourquoi un symposium a été dédié à ce thème lors des rencontres du Réseau en Éducation Francophone (REF) en septembre 2013¹. Notre contribution à la problématique de la construction et de l'usage d'un EPA porte sur une définition de ce dernier et l'exploration de différentes questions. Qu'évoque la notion d'EPA pour des étudiants de l'enseignement supérieur ? Jusqu'à quel point certains utilisateurs sont-ils familiarisés avec une technique de personnalisation de leur environnement technologique ? Comment la jugent-ils ? Que peut-elle leur apporter ? L'apprenant s'aide-t-il de son EPA pour prendre le contrôle et gérer son propre apprentissage (définition de ses objectifs, gestion des contenus et processus d'apprentissage, que ce dernier soit individuel ou en groupe) ?

Afin d'apporter une réponse à ces questions, nous avons mené une étude exploratoire auprès d'étudiants universitaires principalement issus de la FAPSE de l'ULg. Elle a pour but de faire émerger des hypothèses permettant d'appréhender le concept d'EPA et ses liens avec les Environnements d'Apprentissage Institutionnels (EAI). Elle s'interroge sur les outils technologiques employés par les apprenants et leur manière de les agencer. Elle traite de leurs représentations à propos de la personnalisation de leurs environnements numériques d'apprentissage et de l'intérêt qu'ils y trouvent ainsi que de leurs usages des environnements d'apprentissage institutionnels. Ces représentations sont mises en relation avec leurs usages des technologies et différentes théories de l'apprentissage.

2. Cadre théorique

Celui-ci décrit ce que nous considérons comme les caractéristiques des EPA et les défis majeurs liés à leur construction.

2.1. Environnement Personnel d'Apprentissage

Ce concept a émergé depuis une quinzaine d'années au *Media Lab* d'Helsinki avec la création d'environnements d'apprentissage permettant aux usagers de construire leur propre espace documentaire (ressources, liens), de prendre des notes, de rechercher de l'information, d'annoter des

documents, de discuter et d'élaborer des artefacts avec d'autres (cf. projet *Future Learning Environment* – (Leinonen, Kligyte, Toikkanen, Pietarila & Dean, 2003)). Ces travaux s'inscrivent notamment dans la lignée du développement d'espaces de *Computer Supported Collaborative Learning* et de scénarios d'apprentissage fondés sur l'*Inquiry Learning Process* et la *Distributed expertise*.

La définition de l'environnement personnel d'apprentissage semble se préciser au fil des études menées (Henri & Charlier, 2010). Pour notre part, voici ce que nous entendons par EPA. Il est à noter que, comme dans beaucoup d'études, cette définition se centre sur un aspect numérique de l'EPA et sur des ressources technologiquesⁱⁱ.

Il s'agit d'un environnement virtuel où un individu rassemble et gère différents artefacts (outils/services technologiquesⁱⁱⁱ, ressources numériques, liens, etc.) au service de son apprentissage. Son utilisation est liée à un but individuel ou social.

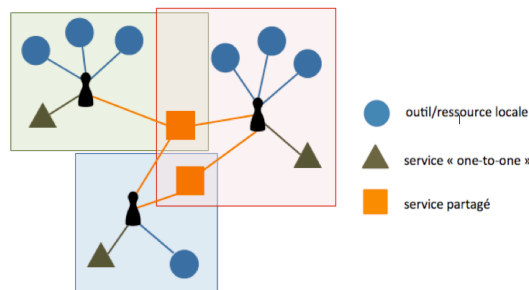


Figure 1 • Interactions entre EPA de différents individus

Cet environnement est personnel dans la mesure où l'individu le personnalise en vue de l'adapter à ses besoins. Ces derniers entraînent une évolution de ses composants et de sa structure. Ainsi, l'apprenant décidera de placer dans son « portail-bureau virtuel » un accès vers les outils et les ressources (ex. logiciels de bureautique, documents, *widgets*...) qu'il utilise en local sur son ordinateur ou sur un support mobile ou encore vers un service ou des ressources en ligne à usage personnel (ex. navigateur web, liens...). Précisons cependant que le qualificatif personnel ne signifie pas privé : certains objets (ex. *tags*, documents, liens, messages...) peuvent être créés et partagés en ligne au moyen de ou par un service dédié si l'apprenant le décide.

L'apprenant construit son EPA dans le but de mieux contrôler et gérer son apprentissage, que celui-ci soit individuel ou en groupe. Par exemple,

ceci relève de la définition de ses objectifs, de la planification de ses tâches, de la recherche d'informations, de la gestion de contenus, de la réflexivité sur son processus d'apprentissage, etc. L'apprentissage peut être de type formel ou informel et s'envisager tout au long de la vie. Ce type d'environnement repose généralement sur une conception épistémologique de l'apprentissage fondée sur le socio-constructivisme et l'apprentissage autonome. Les paradigmes d'apprentissage-enseignement mis en œuvre y sont donc essentiellement à auto et socio-initiative (Leclercq & Denis, 1998). À l'opposé des paradigmes à hétéro-initiative, c'est-à-dire à l'initiative du formateur (ex. transmission), l'apprentissage repose ici davantage sur des conduites d'exploration, de recherche d'information, d'expérimentation et de création où les apprenants ont l'opportunité de prendre des initiatives personnelles ou d'interagir avec d'autres (ex. débat, projet collaboratif).

L'agrégation des divers artefacts peut être soutenue ou non par un service dédié (ex. *iGoogle*, *Netvibes*, *Symbaloo*, etc.) appelé un webportail. Les différents services utilisés dans cet environnement virtuel peuvent ou non être interopérables et, par exemple, recourir à un identifiant unique (*openid*).

La majorité des ressources collectées (ex. liens) ou créées (ex. documents multimédia) par l'apprenant sont accessibles à partir de l'EPA généralement via Internet et sur différents supports, dont les technologies mobiles. Cette accessibilité quasi constante renforce à la fois le caractère personnel et social des EPA.

Le schéma page suivant illustre les éléments essentiels de cette définition.

2.2. Construction d'un EPA dans le contexte de l'enseignement supérieur : défis majeurs

Certains éléments peuvent favoriser ou au contraire freiner le développement et l'exploitation d'un EPA. Ainsi, Valtonen *et al.*, (2012) cités par (Henri, 2013, p. 14-15) mettent en évidence trois défis essentiels pour qu'un étudiant mette en place un EPA. Ils indiquent que « *l'apprenant doit maîtriser les technologies qu'un tel environnement suppose et en comprendre l'usage en contexte d'apprentissage. Il doit également avoir de solides capacités d'autorégulation et de prise de décision pour exploiter les ressources en ligne à des fins d'apprentissage. Le troisième défi concerne le partage des responsabilités entre l'enseignant et l'apprenant* ». Différentes théories de l'apprentissage éclairent certains de ces aspects.

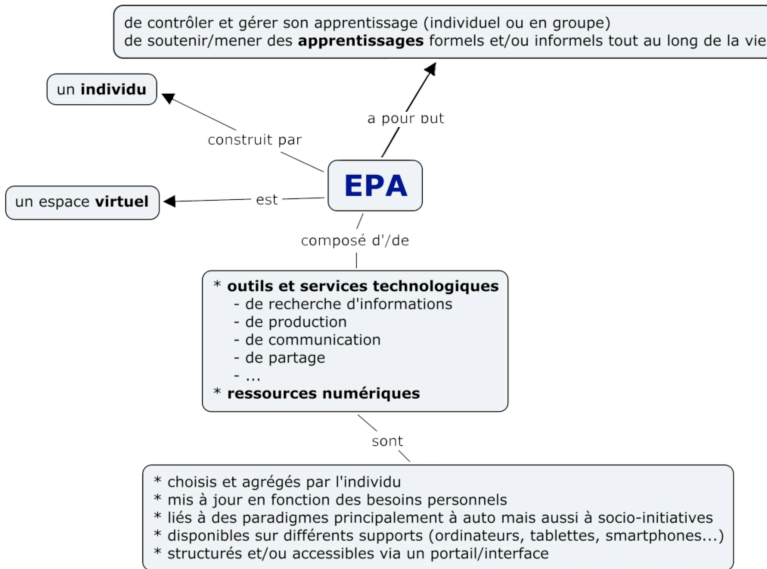


Figure 2 • Le concept d'Environnement Personnel d'Apprentissage (numérique)

2.2.1. Maîtrise des technologies et compréhension de leurs usages en contexte d'apprentissage

La maîtrise des technologies peut être influencée par différentes variables comme le fait d'être ou non un natif numérique, d'utiliser fréquemment ou non les outils et services technologiques, ou encore d'utiliser une grande variété d'outils.

L'expression natif numérique est devenue commune depuis quelques années. Les natifs numériques sont, par définition, des personnes qui « ont grandi entourés de ces outils [les outils numériques], que ce soit les ordinateurs, les jeux vidéos, les lecteurs mp3 ou encore les téléphones portables » Prensky (2001) cité par (Billouard & Bouzidi, 2009, p. 3). La prise en compte de cette information est importante car, comme l'indiquent Billouard et Bouzidi (2009), « la génération des jeunes de moins de 25 ans^{iv} utilise donc quotidiennement les Technologies de l'Information et de la Communication [...] et présentent un profil idéal dans le contexte de l'intégration d'un Environnement Numérique de travail » (p. 5). Par ailleurs, à côté des natifs numériques, Prensky indique que les autres individus sont des immigrants digitaux, c'est-à-dire qu'ils « ne sont pas nés avec les technologies numériques, mais [qu'ils] les ont adoptées à un moment ou à un autre de leur vie » (*ibid.* p. 6).

La fréquence d'utilisation des outils et services technologiques est aussi un indicateur de la maîtrise, ou du moins, de l'usage des technologies. En effet, un étudiant ayant recours aux technologies une fois par mois n'aura sans doute pas le même bagage qu'un étudiant y ayant recours plusieurs fois par jour.

Enfin, la multiplicité et la variété des outils utilisés par les étudiants peuvent être aussi une caractéristique de leur profil technologique. En effet, on peut supposer que si l'étudiant est capable de citer un grand nombre d'outils technologiques qu'il utilise fréquemment, c'est une preuve d'une certaine connaissance de ces outils et d'une plus grande variété d'usages. Toutefois, ceci n'est pas garant d'une véritable maîtrise des TIC (Vandepuit & Henry, 2011). Par ailleurs, l'utilisation de nombreux outils pourrait, peut-être, entraîner un besoin d'organisation de ceux-ci.

2.2.2. Capacités d'autorégulation et de prise de décision

Construire et exploiter efficacement son EPA requiert l'agentivité de l'apprenant (Jézégou, 2005 ; 2012). En effet, selon Bandura (2003, p. 475), *« cette théorie considère les individus comme des agents actifs de leur propre vie – d'où la notion d'agentivité – qui exercent un contrôle et une régulation de leurs actes. La notion d'« agentivité » reconnaît également la capacité des individus à anticiper et à ajuster leurs actes. [...] »*.

Cet auteur met l'accent sur le sentiment d'efficacité personnelle qui *« désigne les croyances des individus quant à leurs capacités à réaliser des performances particulières. Il contribue à déterminer les choix d'activité et d'environnement, l'investissement du sujet dans la poursuite des buts qu'il s'est fixés, la persistance de son effort et les réactions émotionnelles qu'il éprouve lorsqu'il rencontre des obstacles. »* (Bandura, 2003).

C'est donc à l'apprenant de définir ses besoins, ses objectifs et de choisir ses stratégies d'apprentissage ainsi que les outils qui peuvent les supporter. Il doit ainsi prendre le contrôle de son environnement d'apprentissage, le concevoir, l'utiliser et le modifier en fonction de ses buts. Ses capacités de prise de décision et d'autodirection sont primordiales. Elles constituent en outre une des facettes du modèle connectiviste de l'apprentissage (Downes, 2012), très souvent associé au phénomène d'apprentissage en réseau et à la construction d'EPA. Par ailleurs, un principe du connectivisme est que la connaissance émerge de la diversité des sources et des opinions. Ceci requiert-il inévitablement des interactions sociales lors de l'élaboration de l'EPA ou de son usage ?

L'environnement construit peut être issu d'une démarche individuelle ou d'un projet collectif (coopératif ou collaboratif). L'ingénierie de l'EPA par l'apprenant peut croiser différentes sphères (scolaire, privée, sociale). C'est à chacun de décider ce qu'il souhaite en fonction de ses besoins du moment. Selon les buts poursuivis, on observera une dimension individuelle ou collective qui entraînera la mobilisation de différents types de ressources. Pour créer et exploiter son EPA, l'apprenant doit ressentir un sentiment de compétence, d'utilité, de contrôlabilité (Viau, 2000), d'auto-efficacité (Bandura, 2003) lié à la tâche et au but.

2.2.3. Partage des responsabilités entre l'enseignant et l'apprenant

Faut-il, sous prétexte de l'importance de développer la capacité de devenir un « bon autoapprenant » (Leclercq & Denis, 2006) laisser l'apprenant tout construire et réguler par lui-même ? L'apprentissage formel prend en compte une responsabilité de l'enseignant dans le processus d'apprentissage. Qu'en est-il lors de la création et l'usage d'un EPA qui ne sont pas forcément liés à un aspect formel et qui supposent la mobilisation de compétences cognitives, sociales, métacognitives, technologiques de haut niveau chez l'apprenant ?

Selon la théorie socioconstructiviste, ces compétences se construisent au fil de l'interaction de l'individu avec son environnement physique et social. Pour sa part, la vision connectiviste de l'apprentissage s'ancre dans l'approche de (Vygotsky, 1931). Cette dernière met l'accent sur une approche instrumentale et sur la composante sociale de l'apprentissage.

Tout apprenant est-il capable de parvenir à développer de telles compétences spontanément ou à la suite d'interactions sociales entre pairs ? L'agentivité de l'apprenant va-t-elle automatiquement de pair avec un retrait total du formateur ?

Si l'apprenant fait preuve d'agentivité, il est probable qu'il ait moins (souvent) besoin du soutien d'une personne-ressource que celui qui témoigne d'un faible sentiment d'auto-efficacité et qui éprouve des difficultés à déterminer spontanément ses choix d'activités et de ressources pour atteindre ses buts. Tout comme dans l'autoformation, la présence d'un facilitateur est dès lors pertinente (Carré & Pearn, 1992 ; Denis, 1997).

Si ce rôle peut être joué par un pair, il faut toutefois noter qu'il requiert certaines compétences dont celle de pouvoir définir des objectifs d'apprentissage ainsi que les méthodes et les outils permettant de les atteindre. Dans un contexte d'apprentissage collaboratif, qu'il s'agisse

d'activités imposées dans un cours ou non, les apprenants déterminent et négocient les buts à atteindre et gèrent les étapes de travail, parfois choisissent qui compose le groupe, etc. Ceci nécessite des compétences sociales qui elles aussi doivent être construites, d'autant plus si elles sont mobilisées à distance. Une expérience de plus d'une dizaine d'années a montré, dans le cadre du projet *Learn-Nett* que la collaboration à distance s'apprend et que l'intervention d'un tuteur est importante à ce niveau (Deschryver, 2003).

De même, la construction d'autres compétences de haut niveau dont la créativité, la résolution de problèmes, la réflexivité, etc. peuvent être explicitement visées dans des dispositifs conçus par des formateurs (Denis, 2003). Dès lors, le formateur devrait, selon nous, veiller à concevoir et à faire vivre des activités qui permettent de construire sa connaissance en interaction avec un milieu riche en ressources et avec ses pairs et ainsi d'exercer des compétences de haut niveau.

Fort de ces expériences, l'apprenant gagnera en autonomie et développera ces compétences essentielles dans la poursuite de ses apprentissages au-delà d'un cadre formel. Il pourra notamment poursuivre le développement de son EPA.

3. Questions de recherche

Cette étude exploratoire a pour but d'étayer la formulation d'hypothèses afin de poursuivre la recherche dans le domaine de l'élaboration et des usages des EPA par des étudiants de l'enseignement supérieur.

Elle rend compte d'une première exploration des connaissances et usages d'étudiants issus de la Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Éducation (FAPSE) ainsi que de la faculté de Médecine (École de Santé Publique) concernant les environnements personnels d'apprentissage.

L'objectif est d'obtenir des réponses à différentes questions :

1. Quels sont les outils/services technologiques utilisés par les étudiants ?
2. Les étudiants utilisent-ils les environnements numériques d'apprentissage institutionnels mis à leur disposition ?
3. Quelles sont les représentations des étudiants concernant les EPA ?
4. Les étudiants perçoivent-ils une plus-value à créer un EPA ?
5. Les étudiants créent-ils leur EPA ?

4. Méthodologie

Nos valeurs et nos options épistémologiques (autonomie, esprit critique, socioconstructivisme) couplées aux trois facettes de notre métier (recherche en technologie de l'éducation, conception de dispositifs d'apprentissage et de formation) nous placent dans une perspective interprétative ou critique (Karsenti & Savoie-Zajc, 2011). Les complémentarités entre méthodologies quantitative et qualitative sont néanmoins exploitées ici. La méthode de recueil de données est mixte.

Cette étude exploratoire recourt dans un premier temps à l'enquête par questionnaires, nommée ci-dessous enquête préalable, puis à l'entretien semi-directif.

4.1. Méthode de recueil des données quantitatives

Deux questionnaires ont d'abord été conçus. Le premier, sous forme papier, visait, entre autres, à découvrir les outils spontanément cités comme étant présents sur le bureau de l'ordinateur (ou autre interface/support technologique) des étudiants. Le second, sous forme d'un questionnaire en ligne, avait pour but d'investiguer plus en détails les outils et services technologiques utilisés. Ce questionnaire est inspiré, en partie, du sondage d'opinion construit par l'Université de Genève lors de sa pré-étude pour la mise en place d'un environnement d'apprentissage personnalisé (Benkacem, Ndiaye, Ahmeti & Mocozet, 2011). Les étudiants étaient amenés à sélectionner les réponses qui leur correspondaient concernant leur équipement technologique, leurs utilisations des outils/services technologiques, les réseaux sociaux, les environnements institutionnels d'apprentissage (plateforme en ligne) et leur profil personnel.

Ces deux enquêtes ont été menées auprès de 361 étudiants. La combinaison des réponses à ces deux questionnaires nous permet de répondre à notre première question concernant les usages des technologies par les étudiants (Denis & Joris, 2013).

Si l'analyse des résultats nous a fourni de nombreux éléments intéressants concernant les outils et services utilisés par les étudiants dans le cadre de leurs cours, elle ne permettait pas de mettre en évidence suffisamment clairement le concept d'EPA. C'est pour cette raison que l'entretien semi-structuré a été choisi comme outil complémentaire de récolte de données pour une partie de la population.

4.2. Méthode de recueil des données qualitatives

L'entretien semi-structuré ouvre le questionnement sur la complexité des objets étudiés. Il permet d'interagir avec l'interviewé en lui laissant le choix des mots et des détails pour répondre aux questions posées.

Un premier objectif était d'identifier les représentations des apprenants à propos des EPA (question 3). Si l'interviewé(e) avait une représentation très limitée de ce concept, une partie du temps de l'entretien (entre les items 1 et 2) était alors consacrée à l'explication de ce que nous entendions par EPA, le deuxième objectif étant de recueillir des données qui allaient nous permettre d'approfondir le sujet par la suite (plus-value perçue de la création d'un EPA, création d'EPA par les étudiants, liens entre EPA et environnements numériques institutionnels).

Les entretiens individuels ont duré environ une quinzaine de minutes et ont été réalisés sur base d'un guide d'entretien dont les items sont repris page suivante.

Les entretiens ont été enregistrés, avec l'accord des interviewés, et retranscrits. Ils ont ensuite été analysés item par item. Les données recueillies ont été catégorisées et interprétées.

Tableau 1 • Guide d'entretien

1. Connaissez-vous...
 - a. le terme EPA (Environnement Personnel d'Apprentissage) ?
Qu'est-ce que cela évoque chez vous ?
2. Pouvez-vous dire que vous utilisez votre propre EPA ?
 - b. Si non, pourquoi ?
 - c. Si oui, à quoi ressemble-t-il ? Qu'y retrouvez-vous ?
Pourquoi vous est-il utile ?
3. Utilisez-vous MyULg et/ou eCampus ?
 - d. Si non, pourquoi ?
 - e. Si oui, à quelle fréquence et pour quels usages ?
Les personnalisez-vous ?
4. Souhaiteriez-vous utiliser plus ou différemment ces environnements (MyULg et eCampus)? De quelle façon ? Dans quels buts ?
5. Y a-t-il un lien entre votre EPA (si vous avez un) et les environnements numériques institutionnels de l'Université ?
 - f. Si non, pourquoi ? Seraient-ils conciliables ?
 - g. Si oui, dans quelle mesure ?
6. Voyez-vous un intérêt à construire un EPA ou à personnaliser celui/ceux proposé(s) par l'Université ?
7. Avez-vous d'autres remarques ou questions ?

4.1. Public-cible

Notre public-cible est composé d'étudiants universitaires qui suivent certains de nos cours. Ils sont issus de la Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Éducation (FAPSE) ainsi que de la faculté de Médecine (École de Santé Publique)

Au départ, les enquêtes préalables s'adressaient à 361 étudiants. Parmi eux, 345 qui suivent un cours intitulé « Méthodes de formation et théories de l'apprentissage », ont été qualifiés de « tout venant » car ils proviennent d'horizons différents tels que de 2^e année du baccalauréat en sciences psychologiques et pédagogiques, d'année préparatoire en sciences de l'éducation, d'année préparatoire et de 1^{er} et 2^e master en santé publique (médecine) ainsi que de 3^e année du baccalauréat en sciences humaines et sociales. Les 16 autres ont été qualifiés de « spécialisé en TICE » car ce sont des étudiants de 1^{er} master et 2^e master en sciences de l'éducation de la FAPSE qui ont choisi dans leur cursus l'option « technologies de l'éducation et de la formation » et qui ont déjà suivi au moins deux cours centrés sur les technologies.

Parmi les 361 répondants potentiels aux enquêtes, 161 ont répondu aux deux questionnaires. C'est parmi ces derniers que nous avons sélectionné six étudiants à interviewer qui font partie du public-cible de cette étude exploratoire. Le lien entre les résultats obtenus lors des enquêtes préalables et ceux des interviews alimente la discussion des résultats.

Tableau 2 • Caractéristiques des répondants aux interviews

Étudiant	Groupe	Année d'étude	Section	Catégorie d'âge
E1	Spécialisé TICE	1 ^{er} master	Sciences de l'éducation	21-30 ans
E2	Tout venant	Année préparatoire	Santé publique	41-50 ans
E3	Spécialisé TICE	2 ^e master	Sciences de l'éducation	21-30 ans
E4	Tout venant	1 ^{er} master	Santé publique	31-40 ans
E5	Tout venant	2 ^e bac	Psychologie	21-30 ans
E6	tout venant	2 ^e bac	Psychologie	- 21 ans

Ce choix s'est opéré en tenant compte des variables « profils » (groupes « tout venant » et « spécialisé en TICE »), « sections » (Sciences de l'éducation, Santé publique et psychologie) et « catégorie d'âge ». Notons que l'ensemble de la population des étudiants dits « spécialisés en TICE » se trouve en master en sciences de l'éducation et dans la tranche d'âge des natifs numériques, ce qui ne permet pas de plus amples distinctions.

Cet « échantillon » très réduit n'a aucunement la prétention d'être représentatif. Il sera étendu lors de recherches ultérieures à la présente étude exploratoire.

Le tableau 2 reprend les caractéristiques de chacun des interviewés. Celles-ci ont été obtenues via le questionnaire en ligne.

5. Résultats

Cette section aborde des éléments de réponses aux cinq questions posées précédemment (section 3).

5.1. Quels sont les outils/services technologiques utilisés par les étudiants ?

Si les outils et services technologiques utilisés par les étudiants ne peuvent pas être considérés en tant que tels comme des EPA, ils en sont néanmoins les constituants élémentaires (selon notre définition). Ainsi, avant d'interroger les six étudiants sur leurs représentations sur les EPA, nous avons observé le nombre d'outils/services technologiques qu'ils disent effectivement utiliser et leur variété^v. Le tableau ci-dessous reprend, pour chaque interviewé, le nombre d'outils, par catégorie, qu'il a cités soit spontanément, soit via le questionnaire en ligne. Il est à noter que l'ensemble des interviewés indiquent utiliser plusieurs fois par jour les services/outils technologiques (en général).

Le tableau 3 récapitulatif nous permet de nous rendre compte du nombre d'outils/services cités et de leur variété.

Les étudiants E1, E2 et E3, avec 32, 25 et 33 outils cités, sont ceux qui semblent en utiliser le plus et avec la plus grande variété (12 ou 13 catégories ou sous-catégories différentes). Ces résultats nous paraissent assez logiques dans le sens où deux de ces étudiants sont « spécialisés en TICE », ils ont ainsi dû être amenés durant leur cursus à utiliser et découvrir plus d'outils et services que les autres interviewés. L'étudiant E2 par contre n'en fait pas partie. Peut-être a-t-il acquis ces connaissances via un

apprentissage dans un parcours antérieur ou via une découverte en autonomie.

Tableau 3 • Nombre d'outils/services technologiques utilisés par les étudiants

	Navigation		Moteur de recherche		EAI	Réseau social		Web 2.0 Production/Partage	Bureautique	Communication	Gestion de documents	Planification	Multimédias	Autres	Total
	Général	Spécialisé	Instit.	Perso.											
E1	4	1	3	3	2	1	2	3	4	1	3	3	2	32	
E2	4	1	2	2	0	1	1	3	3	1	1	2	4	25	
E3	7	1	3	2	2	1	3	2	4	1	1	4	2	33	
E4	3	1	2	2	0	0	2	4	0	1	1	0	1	17	
E5	4	2	0	2	1	1	1	2	1	0	0	0	1	15	
E6	3	1	0	3	1	1	1	4	4	0	0	0	0	18	

Les étudiants E4, E5 et E6, avec 17, 15 et 18 outils cités, sont ceux qui disent en utiliser le moins et présentent un nombre moins varié d'utilisation d'outils (8 ou 9 catégories).

On peut aussi observer que tous les étudiants citent des outils de navigation sur Internet, au moins un moteur de recherche généraliste, les Environnements d'Apprentissage Institutionnels (MyULg, eCampus, site facultaire, etc.), au moins un outil du Web 2.0 (souvent il s'agit de *Drop-box*) et des outils de bureautique. Ces outils pourraient-ils être considérés comme le « kit de base » pour un étudiant du supérieur ?

5.2. Les étudiants utilisent-ils les environnements numériques institutionnels mis à leur disposition ?

L'Université met à disposition des étudiants deux environnements numériques. Le premier, MyULg, est l'environnement numérique global pour tous les étudiants de l'Université de Liège. C'est via cet environnement, accessible par un identifiant et un mot de passe, qu'ils peuvent/doivent valider leur inscription, compléter leur dossier, recevoir (une partie de) leurs résultats, leur bulletin, etc. C'est un portail numérique où les enseignants peuvent déposer des ressources pour les étudiants. Le second, eCampus, est une plateforme élaborée à partir du

Learning Management System Blackboard. L'étudiant n'a accès qu'aux cours mis en ligne sur cette plateforme par l'enseignant et auxquels il est inscrit. Sur la page d'accueil de cette plateforme, l'étudiant accède à la liste de ses cours présents sur la plateforme, à différents outils, à un calendrier, des annonces et des tâches (liées aux cours). Ensuite, chacun des cours peut présenter une organisation différente selon les fonctionnalités mises à disposition par le concepteur du cours. La visibilité et l'utilisation de ceux-ci sont paramétrables par l'enseignant.

Lorsque l'on demande aux étudiants s'ils ont déjà utilisé MyULg et eCampus, tous répondent « oui ». Cela n'est pas particulièrement étonnant étant donné que l'utilisation de MyULg est un passage quasiment obligatoire pour la gestion du parcours universitaire. Par ailleurs, un enseignant donnant cours à tous les étudiants de notre public-cible demande de réaliser des activités sur eCampus. Il paraît donc assez logique qu'ils aient tous déjà utilisé cette plateforme.

Nous avons cherché à savoir quelle était l'utilisation précise faite de ces EAI. Il semble que celle-ci ne soit pas exactement la même pour les deux environnements. Les étudiants interviewés indiquent utiliser MyULg très fréquemment (« *tous les jours, plusieurs fois par jour* », « *deux à trois fois par jour* », « *au quotidien parce que je vérifie mes mails* », « *tous les jours parce que je suis délégué des 2^e Bac* », « *deux à trois fois par semaine* », « *une fois par semaine* ») et ce tout au long de l'année scolaire. Par contre, l'utilisation de eCampus est uniquement liée à certains cours. Si un enseignant l'emploie, alors ses étudiants l'utilisent aussi : « *ben eCampus, on ne l'a utilisé que pour MFTA puisque c'est le seul [professeur] qui utilise eCampus et donc on l'a utilisé pour les forums quand on a dû réaliser le travail d'MFTA. Aussi pour voir un peu les questions que les autres étudiants avaient posées à Mme X. dans chaque chapitre, enfin sur les questions que je me posais et les notes d'examens* » (E4). « *eCampus, c'est juste pour le cours parce que je ne suis pas très technologique ... moi, on m'a dit « va sur eCampus chercher les fichiers, j'ai été chercher les fichiers. Je ne suis pas explorateur. Autant sur MyULg...»* » (E5)

L'usage principal de ces deux environnements est la récupération de documents et de ressources. Les étudiants indiquent s'en servir avant tout pour « *récupérer les infos, les cours, les fichiers* » (E6), « *télécharge[r] mes cours* » (E2), « *aller voir, télécharger les dias* » (E3), etc. Ils y consultent également des annonces liées aux cours et aux examens. Certains accèdent à leur webmail (adresse institutionnelle) via le portail MyULg.

Ces informations nous permettent d'avancer que tous les étudiants interrogés utilisent les EAI mis à leur disposition par leur Université car c'est une source officielle, voire obligatoire pour obtenir certaines informations ou réaliser des travaux.

5.3. Quelles sont les représentations des étudiants concernant les EPA ?

Parmi les six étudiants interrogés, cinq n'avaient jamais entendu cette expression et un seul (E1) en avait entendu parler via ses cours et des discussions avec d'autres étudiants. La définition qu'il propose est proche de la nôtre. Il indique que, selon lui, un EPA est « *la manière dont je vais organiser les différentes icônes de mon ordinateur, les différents modules Internet, etc. pour faciliter mon apprentissage à moi.* » On peut observer ici, les dimensions à la fois technologique, d'organisation personnelle et d'apprentissage, présentes dans notre propre définition et celles d'autres auteurs. Ici, c'est l'étudiant qui décide, qui choisit et contrôle l'organisation de son EPA. Le but exprimé est la facilitation de son propre apprentissage. De plus, il souligne l'intérêt d'avoir accès à un réseau pour obtenir des informations qui viennent à lui automatiquement : « *c'est l'information qui vient à toi, tu n'es plus obligé de faire la démarche d'aller vers l'information [...] Il existe des fonctionnalités à intégrer directement dans ton EPA...* » et qui lui permettent de s'ouvrir à des « *domaines différents auxquels on ne pense pas directement* ». Il a décidé de la manière de structurer son environnement : « *il n'y a pas un seul EPA, il n'y a pas une seule fenêtre de navigation. Un onglet peut renvoyer à d'autres fenêtres...* ». Il en va de même pour l'organisation de ses tâches. Une partie de son EPA concerne ses apprentissages, une autre un espace dédié à d'autres préoccupations personnelles (ex. musique).

Les autres étudiants s'essaient à une définition et mettent ainsi en évidence leurs représentations de ce concept. Ainsi certains voient l'EPA comme un « *environnement particulier [qui] peut permettre un certain apprentissage* » (E5), un « *endroit spécial où on peut apprendre une méthode personnellement* » (E6) ou encore comme un « *environnement dans lequel nous on va apprendre ou travailler pour apprendre* » (E4). Ces étudiants ont une vision assez vague et dépourvue de lien avec la technologie et ce malgré le fait qu'il leur avait été précisé précédemment que la recherche menée se rapportait au domaine des technologies pour l'éducation. En absence complète de connaissances préalables, ces réponses peuvent s'expliquer dans le sens où l'acronyme EPA ne précise pas une dimension technologique. Ils ne citent toutefois pas d'autres types de ressources.

Tous mentionnent explicitement l'apprentissage et l'associent à un « lieu particulier », parfois à une action personnelle, voire collective (« nous », « on »).

Deux étudiants quant à eux font un lien avec cette dimension technologique. Un pense qu'il s'agit de « *tous les outils concernant les études, l'apprentissage* » (E2) et un autre qu'il s'agit « *d'un environnement en ligne, une plateforme [...] où l'apprenant apprend via des modules en ligne [...] qu'il peut personnaliser, choisir ce qu'il a besoin pour apprendre.* » (E3). Ici, la référence aux technologies fait *a priori* surtout référence aux outils institutionnels. Aucun ne recourt à une organisation particulière de ces outils.

Nous pouvons donc observer que les représentations des étudiants sont, en général, assez floues. Il semble que les termes « environnement » et « apprentissage » sont envisagés au sens large. Quant au terme « personnel » il semble être compris différemment selon les étudiants. Soit en termes de « je personnalise », c'est un choix, une décision, soit en terme de « cela me convient, je ne cherche pas plus loin », c'est un constat, une utilisation.

5.4. Les étudiants perçoivent-ils une plus-value à créer un EPA ?

Nous avons demandé aux étudiants s'ils voyaient ou verraient un intérêt à construire, gérer leur propre EPA. Sur les six étudiants interrogés, cinq répondent par l'affirmative. Un seul donne un avis négatif arguant qu'il n'aime pas « *être enfermé dans une structure* » (E2).

Les cinq autres étudiants citent différents avantages qu'ils voient *a priori* ou *a posteriori* à construire un EPA. Le premier avantage cité est la structuration, certains affirment qu'« *il y a toujours un intérêt à structurer ; maintenant ça dépend de la quantité d'infos* » (E5) ou encore qu'il trouverait cela intéressant d'avoir « *une interface bien organisée* » (E3). Dans le même ordre d'idée, des étudiants voient dans l'EPA une occasion de rassembler toutes les informations au même endroit (E3, E6). Deux étudiants indiquent qu'ils voient l'EPA comme une facilité, une rapidité (E1, E6). Un y voit l'occasion « *d'une ouverture à plein de domaines différents [...] car c'est l'information qui vient à toi* » (E1).

Par ailleurs, les étudiants parlent d'un manque de connaissance. Ils disent qu'ils ne connaissent pas toutes les possibilités qui leur sont offertes et qu'ils trouveraient cela intéressant qu'on les informe plus sur le sujet (E1, E3, E5). Ils indiquent aussi que l'individualité doit être respectée « *c'est un outil super intéressant, mais il ne faut pas forcer l'étudiant* » (E1), ça

doit « *correspondre exactement à ce dont il a besoin et à la manière dont il travaille* » (E4).

Nous pouvons donc répondre à l'affirmative à cette quatrième question, du moins dans le cadre de cette étude exploratoire. Les étudiants perçoivent effectivement une plus-value (voire plusieurs pour certains) quant au fait de créer un EPA. Il est néanmoins important de remarquer qu'ils seraient intéressés à avoir plus d'informations sur le sujet, mais que la volonté d'y recourir et le choix de l'EPA devraient leur revenir.

5.5. Les étudiants créent-ils leur EPA ?

Nous avons enfin cherché à savoir si les étudiants utilisaient des EPA. En effet, nous partions de la supposition que, même si le terme leur était inconnu ou peu familier, ils pouvaient avoir mis en place et utiliser un EPA. Les réponses sont très variées selon les étudiants interrogés.

Selon leurs réponses, nous pouvons les placer sur un continuum de « création-finalisation » de leur EPA. Cette échelle va de « Pas de présence d'EPA » à « Présence d'un EPA riche et réfléchi ».

Pas de présence d'EOPA			Présence d'un EPA riche et réfléchi		
E2	E5	E6	E3	E4	E1

Figure 4 • Continuum de "création-finalisation" d'un EPA

Les étudiants 2 et 5 ne semblent pas avoir construit d'EPA. Tous deux donnent très peu d'informations concernant leur environnement numérique. Un précise juste qu'il utilise Internet et le traitement de texte, mais qu'il préfère travailler avec le papier et l'imprimante (E2). L'autre dit qu'il utilise la plateforme MyULg pour récupérer ses cours, mais que pour le reste, c'est très aléatoire, même ce qui se trouve sur le bureau de son ordinateur. Il indique que « *ça va où ça va et puis c'est tout, je laisse comme ça.* » (E5). Il avoue utiliser en moindre mesure les technologies, il ne le fait que lorsque c'est obligatoire.

L'étudiant 6 indique que, selon lui, il ne possède pas d'EPA. Il n'organise pas son espace numérique et il n'a pas plusieurs outils rassemblés au même endroit. On pourrait donc penser qu'il devrait se retrouver du côté des étudiants 2 et 5. Néanmoins, dans la suite de la conversation, l'étudiant cite plusieurs outils/services qu'il utilise fréquemment tels que *Dropbox*, un navigateur Internet, MyULg, Skype, et le classement de fichiers importants. Il nous semble donc que, même s'il ne la cite pas

explicitement, cet étudiant associe bien une dimension technologique à son apprentissage. Toutefois, celle-ci ne semble pas être organisée ni soutenue par une réflexion à ce sujet, d'où sa place légèrement avancée sur le continuum.

L'étudiant 3 ne considère pas qu'il possède un EPA. Il déclare utiliser des icônes rangées sur son ordinateur, mais ne voit pas cela comme un environnement d'apprentissage. Il précise néanmoins que ce qui se rapproche, pour lui, le plus de son EPA est sa *Dropbox* car elle est suffisamment bien rangée et organisée et en lien avec ses cours. Nous pouvons donc observer dans ce cas-là, une volonté d'organisation des ressources numériques liées à l'apprentissage. Cependant celle-ci se concentre sur les documents numériques qu'il récolte par ailleurs.

Pour sa part, l'étudiant 4 précise que son bureau d'ordinateur est bien organisé afin de lui faire gagner du temps. Il crée des dossiers, des sous-dossiers, possède un navigateur à portée de « clic » et classe ses recherches selon des favoris. Nous considérons qu'il possède un environnement numérique personnel qui est le bureau de son ordinateur. Il est réfléchi et organisé selon ses besoins et certains liens sont faits avec les services en ligne. Néanmoins, l'utilisation des outils et services existants est assez faible. Il possède un EPA, mais presque uniquement en local. En outre, la dimension collective est peu présente.

Enfin, l'étudiant 1 considère lui-même qu'il a construit son EPA et ce via un webportail. Il peut détailler celui-ci. Il indique qu'il a des onglets de navigation qu'il a choisis et qu'il utilise directement, que ceux-ci peuvent renvoyer à plusieurs fenêtres de navigation. Il cite l'utilisation d'une boîte mail organisée, de Facebook, de mises à jour automatiques, de fonctionnalités. De plus, il s'est fixé une procédure personnelle pour entrer dans son EPA : *« J'ouvre mon navigateur, je tombe sur mes mails, première chose que je fais. Deuxième chose que je fais, je vais regarder les nouvelles de Facebook parce que moi, ça me permet de rentrer tout doucement dans une phase de recherche s'il y a lieu d'avoir une recherche. Ensuite, je regarde les mises à jour des onglets, au niveau des fonctionnalités et tout cela »*. Il indique que son bureau d'ordinateur est, lui aussi, organisé avec différents outils importants mis en évidence et d'autres outils « cachés » pour éviter les tentations (ex. musique) et qu'il utilise des post-it pour noter ses tâches. Selon nous, il s'agit effectivement d'un EPA riche et réfléchi. Le côté personnel est perçu dans la description de l'étudiant.

Nous constatons donc que chaque étudiant présente une approche différente de l'utilisation des technologies dans son apprentissage. Tous

utilisent quelques outils technologiques, mais de façon très disparate. Certains n'ont pas d'environnement personnel d'apprentissage numérique construit à cette fin, ils utilisent quelques outils selon leurs besoins du moment et uniquement lorsque c'est nécessaire. Néanmoins quelques étudiants présentent une ébauche d'EPA avec soit l'utilisation fréquente d'outils technologiques, soit la volonté et le choix d'organisation de documents en lien avec leur apprentissage sur l'ordinateur. Enfin, un étudiant organise de façon assez claire son EPA.

6. Discussion des résultats

Les résultats des interviews présentés ci-dessus apportent des éléments de réponses à nos questions de départ. Néanmoins, leur mise en perspective en fonction de différentes caractéristiques des apprenants (notamment celles obtenues lors de leur participation à l'enquête précédant ces interviews (Denis & Joris, 2013) et au regard des trois défis majeurs de Valtonen *et al.* (2012) cités par (Henri, 2013, p. 14-15), nous permet de proposer une analyse plus approfondie de ceux-ci.

6.1. Maîtrise des technologies et compréhension de leurs usages en contexte d'apprentissage

6.1.1. Natifs numériques

Les six étudiants interrogés appartiennent à différentes catégories d'âge. Si l'on compare celles-ci à la définition d'un natif numérique présentée précédemment, on peut conclure que quatre d'entre eux sont natifs numériques (E1, E3, E5, E6) et deux sont immigrants numériques (E2, E4).

Au regard des constructions d'EPA, on observe que l'étudiant présentant l'EPA le plus développé fait partie de la catégorie des natifs numériques, l'étudiant présentant l'EPA le moins développé (voire pas d'EPA du tout) fait partie de la catégorie des immigrants numériques. Néanmoins, pour le reste des répondants, l'aspect natif numérique ou non ne semble pas expliquer l'(in)existence d'un EPA.

6.1.2. Fréquence d'utilisation des technologies

Au niveau de la fréquence d'utilisation des outils et services technologiques, les six interviewés indiquent, comme précisé précédemment, les utiliser plusieurs fois par jour. On ne peut donc rien conclure à ce stade quant à l'influence de la fréquence d'usage sur la construction ou non d'un EPA.

6.1.3. Usages et pratiques personnelles des technologies

Le tableau 3 présenté dans les résultats met en évidence les usages des outils utilisés par les interviewés. Il n'est pas étonnant que les étudiants « spécialisés en TICE » soient ceux qui emploient le plus grand nombre d'outils/services technologiques.

Au niveau de la variété des outils, on constate que c'est un des étudiants ayant cité le plus d'outils (E1 = 32 outils cités) qui présente l'EPA le plus développé. À l'inverse, l'étudiant ayant cité le moins d'outils (E5 = 15 outils cités) est celui qui présente l'EPA le moins développé. Toutefois, fréquence et variété ne vont pas de pair avec la représentation ou le développement d'un EPA. Ainsi, E3 utilise le plus d'outils, mais considère qu'ils ne font pas partie d'un (de son) EPA. De même, on peut s'étonner de voir qu'un répondant utilisant un grand nombre d'outils (E2 = 25 outils) présente un des EPA les moins « développés ». Chez ce dernier, le recours aux technologies est un moyen d'obtenir des ressources qu'il exploite ensuite sur papier. Peut-être peut-on revenir ici sur la notion de natif numérique. E2 fait partie des immigrants numériques, génération qui, si elle recourt aux technologies, reste néanmoins toujours fort attachée au papier.

Parmi les outils et services cités, ce sont ceux à usage individuel et assez classiques qui priment (bureautique, navigation, moteurs de recherche...). Toutefois, tous utilisent au moins un service du web 2.0 (en général *Dropbox*). Seul E4 ne recourt pas aux réseaux sociaux ni aux outils de communication. Certains participent à des groupes *Facebook* pour traiter de questions d'apprentissage. Des groupes informels se créent donc peut-être, mais cette composante sociale n'est pas citée lors des interviews relatives aux EPA. Ces outils ne sont que rarement agrégés et accessibles à partir d'une interface unique.

Il est probable que si on donnait à ce stade la consigne aux étudiants d'agréger et de structurer les outils qu'ils emploient actuellement, on retrouverait dans un premier temps des configurations d'EPA peu innovantes et reposant sur des environnements traditionnels qu'ils connaissent (Henri, 2013), p. 15.

6.2. Capacités d'autorégulation et prise de décision

Que la création d'un EPA soit spontanée ou sollicitée, ce dernier a toujours pour but de rencontrer les besoins des apprenants en matière d'apprentissage. Ceci nous amène à considérer leurs choix et la manière de les gérer.

Épinglons le cas de l'étudiant 1 qui présente un EPA développé. On observe chez celui-ci un grand nombre de prises de décision et un haut niveau d'autorégulation dans la construction de son environnement numérique. Celui-ci emploie régulièrement des outils qu'il a choisis en fonction de ses intérêts et de leur utilité perçue pour accomplir ses tâches. Il a lui-même décidé de la structuration et de la manière de consulter son EPA. Il distingue des applications liées aux apprentissages scolaires et celles liées à d'autres préoccupations (loisirs, volet relationnel...). De nouvelles informations lui sont communiquées automatiquement sur base de ses choix personnels (grâce à un abonnement à des *flux* RSS ou à *Pearltrees* par exemple). Une telle organisation lui est utile au-delà de ses études et pourra continuer à l'être dans la mesure où il aura toujours accès à cet environnement. Cela n'est pas le cas pour les étudiants qui utilisent uniquement les EAI. En effet, ils n'y auront plus accès une fois sortis de l'institution. De plus, comme le signale E1, avec les technologies mobiles, « *ton bureau, tu l'as partout avec toi* ». L'EPA peut donc être ubiquitaire, pérenne et évoluer à travers le temps et être consultable quasi n'importe où et n'importe quand. Cette utilité à long terme et la possibilité de modifier à souhait son EPA, suite à l'instauration personnelle d'une démarche de recherche individuelle ou en interaction avec autrui pour l'alimenter au gré de ses besoins, est un gage de d'évolution, de pérennité et d'usage de tels environnements. Ceci va de pair avec une conception de l'apprentissage où l'apprenant développe une stratégie recourant principalement à des paradigmes d'apprentissage ou il prend des initiatives lui-même ou en interaction avec ses pairs, et cela tout au long de sa vie.

Mais que faire avec les apprenants qui ne présentent pas de signe de prise de décision concernant la construction d'un EPA, qui se sentent (ou sont) moins compétents au niveau technologique ou ne perçoivent pas d'utilité à créer un EPA ?

Il ne s'agit absolument pas de les contraindre à de telles pratiques. Par contre, les informer à propos de telles possibilités, susciter l'émulation pourrait stimuler leur intérêt et les amener à trouver suffisamment de valeur dans cette tâche au point de souhaiter créer un EPA. Les former à l'usage de multiples outils technologiques pouvant soutenir leurs tâches d'apprentissage formel ou informel pourrait augmenter leur sentiment de compétence et de contrôlabilité. Dès lors, on verrait sans doute se multiplier les EPA et un usage efficace des technologies.

6.3. Pistes pour un partage des responsabilités entre l'enseignant et l'apprenant

Sur base de ce qui ressort des interviews, dans un EPA, toute la responsabilité est laissée à l'apprenant. Mais s'il n'en a pas les compétences ou l'envie, il ne construit pas d'EPA.

Quoi qu'il en soit, les étudiants utilisent massivement les environnements d'apprentissage institutionnels (EAI), et ce par obligation. Ils souhaiteraient néanmoins qu'ils soient plus personnalisables et plus ouverts. Une manière d'y parvenir consisterait à partager la responsabilité entre l'enseignant et l'apprenant en matière d'ingénierie technopédagogique.

6.3.1. Vers un mixage des environnements institutionnels et des EPA

Ceci nous amène à nous intéresser à l'intersection et à la connexion entre ces environnements numériques que sont l'EPA et l'EAI. L'un est-il intégrable dans l'autre ? Quels sont leurs particularités et leurs outils et services communs ?

Certains types d'outils et services se retrouvent dans les deux environnements alors que d'autres appartiennent uniquement ou plus particulièrement à l'un ou l'autre. Selon les étudiants, c'est la combinaison des fonctions des outils et services disponibles dans les différents environnements numériques mis à leur disposition qui serait la solution idéale.

Attendu que l'EAI relève de l'apprentissage formel, un environnement fondé sur un *Learning Management System* pourrait fournir le fil conducteur de l'apprentissage. On y retrouverait des rubriques relatives aux éléments essentiels des scénarios pédagogiques conçus par le formateur (compétences visées et leurs liens avec les activités et tâches d'apprentissage proposées, ressources didactiques incontournables, procédures et activités d'évaluation) ainsi que des fonctionnalités liées à la gestion (ex. dépôt de travaux, liens entre travaux et le feedback fourni,...) et aux annonces officielles des cours.

D'autres outils pourraient s'y ajouter (ex. recherche d'information, classement, accès automatique à des informations qui intéressent l'apprenant, communication, production, partage...). Qu'ils soient ou non inclus dans l'EAI, ils pourraient être exploités à des fins d'apprentissage formel ou informel, individuel ou collectif. La pratique et, dans l'idéal, une formation à la maîtrise des technologies (Vandeput, 2011) augmenteraient le sentiment de compétence des apprenants.

La taille de la zone d'intersection entre les deux environnements devrait augmenter. Que l'EAI devienne plus « ouvert » et donc plus personnalisable (ajout par l'apprenant d'onglets, de liens vers des applications ou des ressources informelles (site web, réseaux sociaux, etc.) ou qu'il devienne un des outils de l'EPA (accès sous forme d'application ou d'onglet à ajouter à l'EPA de l'étudiant), l'apprenant ne devrait pas quitter un espace pour un autre, mais accéder directement aux outils et services qui lui sont utiles. Ce qui importe, c'est qu'il puisse garder les traces de ses découvertes, de ses démarches individuelles et de collaboration et en structurer personnellement les résultats.

C'est dans ces directions que pourraient aller la conception de dispositifs d'apprentissage. Quelle que soit la solution adoptée, l'idéal serait d'avoir une synchronisation automatique et une interopérabilité entre des services présents dans l'EAI et dans l'EPA.

6.3.2. Accompagner le développement, la structuration et l'exploitation d'un EPA

Le concept d'EPA est peu connu, mais semble intéresser notre public cible. Ils sont demandeurs d'informations, voire de formations à ce propos. Dès lors, pourquoi, en tant que formateurs, ne pas saisir cette opportunité ? Montrer des exemples, débattre de l'utilité de telles pratiques pourrait sans doute motiver les étudiants à réfléchir à leur(s) manière(s) d'accéder à des nouvelles informations, aux façons de les stocker et de les organiser, de produire des documents, de communiquer avec des pairs, etc., que ce soit dans la sphère de l'apprentissage ou privée. Ceci les conscientiserait sans doute davantage sur les apports potentiels des technologies dans l'apprentissage et sur leur niveau de maîtrise des compétences informatiques.

Par ailleurs, l'auto-direction de l'apprentissage n'est pas automatiquement présente chez les étudiants du supérieur. Notre rôle est donc, en tant que formateur prônant l'apprentissage autonome, de veiller à ce que les apprenants développent cette démarche. La présence d'un facilitateur permet d'étayer cette dernière. Parmi les actions possibles, notons la mise en place d'un mécanisme de (pré)formation pour s'approprier les ressources (technologies) ou des méthodes d'apprentissage que certains n'ont pas eu nécessairement l'occasion de vivre (ex. collaboration à distance instrumentée par les TIC). Ceci nous paraît, entre autres, pouvoir contribuer à augmenter la probabilité et l'efficacité de la prise en charge d'un apprentissage autonome supporté par les technologies par le formé dans et en-dehors d'un contexte formel.

7. Limites de l'étude

Cette étude possède plusieurs limites qu'il est nécessaire de garder en tête. Ainsi, nous nous sommes centrées sur un public particulier, ayant accès à des environnements numériques institutionnels spécifiques. De plus, les étudiants interrogés ne sont pas représentatifs de toute la population étudiante. Il aurait été intéressant d'analyser ce qui existe dans d'autres facultés, voire dans d'autres universités, mais cela dépassait la présente étude.

Par ailleurs, comme nous l'avons déjà précisé précédemment, le nombre d'interviews réalisées est restreint. Il s'agissait avant tout d'une recherche exploratoire concernant les représentations et usages des étudiants.

Nous nous sommes, dans cet article, concentrées sur le point de vue des étudiants à propos des EPA numériques qui n'est qu'un aspect de la problématique traitée. En effet, il a été mis en évidence que les EPA des étudiants peuvent dépasser le cadre du numérique, ceux-ci le mettent d'ailleurs en évidence lorsqu'on leur demande leur représentation du concept.

8. Conclusions et perspectives

Cette étude exploratoire a débouché sur divers constats qui permettront d'étayer de futures recherches afin d'étudier ce qui favorise ou non la création et l'exploitation d'un environnement personnel d'apprentissage.

Le concept d'EPA est peu connu des étudiants. La définition fournie par le seul étudiant interrogé qui déclare en gérer un correspond assez bien à la nôtre. Mais peut-être est-il l'exception à la règle... Il serait intéressant d'approfondir cette réflexion et d'interroger un plus grand nombre d'étudiants sur leurs connaissances et pratiques concernant les EPA afin de mieux circonscrire ce concept.

La discussion des résultats met en évidence de nouvelles questions de recherche.

L'absence de lien systématique entre le fait de développer un EPA et d'être natif numérique ou encore « plus ou moins spécialisés en TICE » est-elle observée à plus grande échelle ?

Le faible taux de développement d'un EPA numérique chez les étudiants, même lorsqu'ils utilisent un certain nombre d'outils et services

technologiques (entre 15 et 33) peut interpeler. Est-ce dû à un manque d'information, de compétences ou à un choix ?

On constate qu'après leur avoir donné quelques indications à ce propos, quatre autres étudiants sur cinq considèrent qu'il existe une plus-value à créer un EPA. Ils la voient dans la structuration et la centralisation des informations, l'organisation de l'interface, la facilité et la rapidité d'accès à diverses sources et applications, une ouverture à d'autres domaines. L'utilité perçue est déterminante dans la décision de créer et d'utiliser un EPA. Cette tâche doit être utile et avoir du sens pour l'apprenant. Ceci serait-il le cas si l'on proposait une information sur les EPA à l'ensemble des étudiants ? L'agrégation de ressources ne fait cependant pas l'unanimité. Ainsi, un autre étudiant déclare qu'il préfère ne pas s'enfermer dans une structure. Sont-ils nombreux à penser de même ?

Par ailleurs, l'apprenant doit se sentir compétent pour développer et gérer son EPA. Il doit pouvoir contrôler cet environnement. Des compétences insuffisantes pour utiliser les technologies et le temps requis pour les maîtriser sont probablement un frein à l'élaboration et l'usage d'EPA. Il serait intéressant d'identifier les difficultés que, faute de maîtrise des TIC, les apprenants peuvent rencontrer (sentiment de compétence, de contrôle et d'auto-efficacité) dans la création et l'exploitation de tels environnements.

Il est à noter que les étudiants se disent intéressés par l'obtention d'informations au sujet des EPA. Ils insistent sur le fait que l'initiative et le choix du type d'EPA à créer doit leur revenir. Ceci va bien dans le sens de notre approche et de celles des différents auteurs qui abordent cette problématique. L'initiative devrait être entièrement laissée à l'apprenant. C'est en fonction de ses besoins et de son plan d'apprentissage formel et informel que celui-ci devrait, de manière autonome, gérer les outils et ressources de son choix au sein de son EPA.

L'étude de l'émergence d'EPA ne peut se centrer uniquement sur les dires des étudiants et l'observation de leurs environnements et de leurs pratiques. Il faut aussi prendre en compte le point de vue de l'ingénierie technopédagogique et considérer les concepteurs des outils et services ainsi que les formateurs.

Ce concept d'environnement personnel d'apprentissage entraîne une remise en cause des dispositifs d'*e-learning* tels qu'on les connaît dans de nombreuses institutions. Si les plateformes de formation à distance ont évolué vers une intégration de multiples services, elles ne permettent généralement pas à tous les acteurs d'un campus virtuel de personnaliser cet

espace au point d'y intégrer l'ensemble des services et ressources qu'ils souhaitent. Tout au plus les apprenants ont-ils parfois le droit de personnaliser l'interface (couleurs, disposition des rubriques...). Leur couplage avec l'EPA de l'apprenant pourrait s'avérer une solution valable dans le contexte de l'apprentissage formel. Le concept de dispositifs d'apprentissage personnalisés va dans ce sens (Sauvé, 2014).

Il reste donc de multiples pistes de recherche relative aux EPA !

-
- 1 Ce numéro spécial de la revue STICEF sur les EPA est principalement issu des présentations des chercheurs qui ont participé au Symposium du REF, XIIIe Rencontres du Réseau en Éducation Francophone, Genève, 9-11 septembre 2013.
 - 2 Il a néanmoins été mis en évidence, lors du symposium organisé dans le cadre du 13^e colloque international du réseau Recherche en Éducation et Formation et consacré à la recherche sur les EPA, que l'EPA d'un apprenant peut aussi contenir des éléments non technologiques poursuivant le même type de but. Ceux-ci ne feront cependant pas l'objet de notre propos.
 - 3 Un **outil** technologique désigne un logiciel/programme utilisé en local et un **service** technologique désigne un logiciel/ une application en ligne.
 - 4 En 2013-2014, on peut extrapoler en disant « moins de 29-30 ans »
 - 5 Rappelons que dans le présent article, nous avons extrait pour les six étudiants-cibles les résultats de l'étude préalable relatifs aux outils et services technologiques (cités spontanément ou non) et à leur fréquence d'utilisation. La combinaison de ces données avec celles issues des interviews permet d'apporter des pistes de réponse à la première question de recherche.

Bibliographie

ATTWELL G. (2007). The Personal Learning Environments – the future eLearning? eLearning Papers, 2(1). ISSN 1887-1542;

BANDURA A. (2003). *Auto-efficacité, Le sentiment d'efficacité personnelle*. Paris : De Boeck Université.

BENKACEM O., NDIAYE B., AHMETI V., MOCCOZET, L. (2011). Mise en place d'un environnement d'apprentissage personnalisé. Rapport de la pré-étude. Université de Genève. Genève : Suisse. Retrieved 2014 April, 25 from https://plone.unige.ch/ntice/documentation-ntice/ple/Rapport_de_pre-etude-PLE.pdf/view

BILLOUARD D., BOUZIDI, L. (2009). *Natifs ou immigrants digitaux : quel impact sur l'intégration des environnements numériques de travail universitaires ?* Conférence TICMED 2009. Lyon : France.

BONFILS P., PERAYA, D. (2010). Environnements de travail personnels ou institutionnels ? Les choix d'étudiants en ingénierie multimédia à Toulon. In Vierra, L. Lishou, C. Akal, N. (2010). *Le Numérique au cœur des partenariats*. Presses universitaires de Dakar. (pp. 13-28).

BURTON R., BORRUAT S., CHARLIER B., COLTICE N., DESCHRYVER N., DOCQ F., ENEAU J., GUEUDET G., LAMEUL G., LEBRUN M., LIETART A., NAGELS

M., PERAYA D., ROSSIER A., RENNEBOOG E., VILLIOT-LECLERCQ E.. (2011). Vers une typologie des dispositifs hybrides de formation en enseignement supérieur. *Distance et savoirs*, 1(9).

CARRÉ P., PEARN M. (1992). *L'autoformation dans l'entreprise*. Paris. Entente.

CHARLIER B., PERAYA, D. (eds). (2003) *Technologie et innovation en pédagogie. Dispositifs innovants de formation pour l'enseignement supérieur*. Bruxelles : De Boeck.

DENIS B. (1997). Self-learning activities in the French Community of Belgium, In G. Straka (Ed.), *An european View of self-directed learning* (pp. 39-58). Bremen: University Press.

DENIS B. (2003, October). A conceptual framework to design and support self-directed learning in a blended learning program. A case study: the DES-TEF. *Journal of Educational Media, Special Issue. Blended Learning: blending the issues and concerns of staff and students*, 28(2-3), 115-127.

DENIS B., JORIS N. (2013). Environnement Personnel d'Apprentissage et Environnement d'Apprentissage Personnalisé : définitions et usages d'étudiants de l'enseignement supérieur. *Symposium du REF, XIII^e Rencontres du Réseau en Éducation Francophone*, Genève, 9-11 septembre 2013.

De Ketele J.-M. (2010). La pédagogie universitaire : un courant en plein développement. *Revue française de pédagogie*, (172), 5-13.

DESCHRYVER N. (2003). Le rôle du tutorat. In Charlier et Peraya (eds). *Technologie et innovation en pédagogie. Dispositifs innovants de formation pour l'enseignement supérieur*. Bruxelles : De Boeck, 2003, pp. 149-162.

DOWNE S. (2012). *Connectivism and Connective Knowledge Essays on meaning and learning networks*. ISBN: 978-1-105-77846-9

HENRI F. (2013). Recherches sur les environnements personnels d'apprentissage. De l'objet de recherche à l'objet scientifique. *Symposium du REF, XIII^e Rencontres du Réseau en Éducation Francophone*, Genève, 9-11 septembre 2013.

HENRI F., CHARLIER B, (2010). Personal learning environment: a concept, an application, or a self-designed instrument? *ITHET'10 Proceedings of the 9th international conference on Information technology based higher education and training*, pp. 44-51

JÉZÉGOU A. (2005). *Formations ouvertes : libertés de choix et autodirection de l'apprenant*. Paris : L'Harmattan.

JÉZÉGOU A. (2013). Agentivité de l'apprenant et Présence : deux notions pour une intelligibilité des Environnements Personnels d'Apprentissage. *Symposium du REF, XIII^e Rencontres du Réseau en Éducation Francophone*, Genève, 9-11 septembre 2013.

KARSENTI T., SAVOIE-ZAJC L. (dir). *La recherche en éducation. Étapes et approches*. Québec : ERPI.

LECLERCQ D., DENIS B. (1996). Qu'est-ce qu'un bon auto-apprenant ? *Les cahiers d'études du C.U.E.E.P.*, (32-33), 155-161.

LECLERCQ D., DENIS B. (1998). Objectifs et paradigmes d'enseignement/apprentissage. In D. Leclercq (Ed.), *Pour une pédagogie universitaire de qualité* (pp. 81-106). Sprimont : Mardaga.

LEINONEN T., KLIGYTE G., TOIKKANEN T., PIETARILA J., DEAN, P. (2003). *Learning with Collaborative software – A guide to fle3. Media Lab*. University of Art and Design Helsinki UIAH.

PLATEAUX H., FOERSTER M., LUETHI J., HOEIN, S. (2012). *Analyse des besoins TIC pour l'apprentissage chez les étudiants*. WP1 Rapport 1. Projet PLE (AAA SWITCH 2011-2012). 31.01.2012. Fribourg : Centre NTE, Université de Fribourg.

SCLATER N. (2008). « Web 2.0 Personal Learning Environments, and the Future of Learning Management Systems » (Research Bulletin. Issue 13). Boulder. CO: EDUCAUSE Center for Applied Research. Available from <http://www.educause.edu/ecar>

VALTONEN T., HACKLIN S., DILLON P., VESISENAHO M., KUKKONEN J., HIETANEN A. (2012). Perspectives on personal learning environments held by vocational students. *Computers & Education*, 58, 227-291

VANDEPUT E. (2011). Méthodologie d'identification des invariants du traitement de l'information numérique. Dans Baron, G.-L. ; Bruillard, É. ; Komis, V. (Dir.). *Sciences et technologies de l'information et de la communication (STIC) en milieu éducatif. Analyse de pratiques et enjeux didactiques*. Grèce : Université de Patras. pp. 94-109.

VANDEPUT E., HENRY J. (2011). visaTICE : se mesurer aux TIC et se former sous le regard d'un coach. In Georges-Louis Baron, Eric Bruillard, Vassilis Komis (Eds.), *Sciences et technologies de l'information et de la communication (STIC) en milieu éducatif : Analyse de pratiques et enjeux didactiques*. Grèce : Université de Patras.

VIAU R. (2000). Des conditions à respecter pour susciter la motivation des élèves. *Correspondances*, 5, 3.

VYGOSTKY L. (1931). Les bases épistémologiques de la psychologie, titre attribué par Bronckart et Schneuwly (1985, 25-38) à l'article « Histoire du développement des fonctions psychiques supérieures ». In J.P. Bronckart & B. Schneuwly (Eds), (1985). *Vygotsky aujourd'hui*. Neuchatel : Delachaux et Niestlé.

WENGER E. (2005). *La théorie des Communautés de pratiques. Apprentissage, sens et identité*. Québec : Les Presses de l'Université Laval.

WENGER E., MCDERMOT, R., SNYDER W. (2002). *Cultivating Communities of Practice: A Guide to Managing Knowledge*. Harvard Business School Press.



Des environnements personnels d'apprentissage et de leur intégration dans la formation universitaire

► **Denis GILLET, Na LI**

(École polytechnique fédérale de Lausanne, Suisse)

■ **RÉSUMÉ** • Dans cet article, le concept d'environnement personnel d'apprentissage est révisé en tenant compte des progrès récents et de l'expérience accumulée dans le cadre d'un projet de recherche européen consacré à l'étude des environnements d'apprentissage agiles et ouverts. Le prototype d'une plate-forme sociale permettant la construction, le partage et la réappropriation d'environnements personnels d'apprentissage est ensuite introduit. De la conception participative et des activités de validation réalisées dans le contexte d'expériences ciblées destinées à cerner les bénéfices des environnements personnels d'apprentissage dans la formation universitaire sont présentées. Finalement, un cadre plus large de déploiement et d'adoption d'environnements ouverts pour l'apprentissage et la gestion des connaissances est abordé dans des contextes variés comme le support aux cours en ligne ouverts et massifs de nature connectiviste.

■ **MOTS-CLÉS** • Environnements personnels d'apprentissage, EPA, apprentissage formel, formation universitaire, apprentissage social, Web 2.0, CLOM.

■ **ABSTRACT** • *In this paper, the concept of personal learning environment is first refined taken into account recent advances and the experience gathered in a European research project dedicated to responsive open learning environments. A prototypical implementation of a Web 2.0 platform enabling the construction, the sharing and the repurposing of personal learning environments is then introduced. Participatory design and validation activities carried out in the framework of higher education test beds aiming at understanding the benefits of personal learning environments in academic institutions are presented. Finally, the broaden application framework for the deployment and the adoption of open user-centric environments for learning and knowledge management is tackled in various contexts, such as for implementing connectivist massive open online courses.*

■ **KEYWORDS** • *Personal Learning Environment, PLE, Formal Learning, Higher Education, Social Learning, Web 2.0, MOOCs.*

1. Introduction

1.1. Tendances

La formation universitaire se transforme sous les effets conjugués d'une nouvelle gouvernance académique et d'une évolution des pratiques des étudiants. D'un côté, les politiques nationales et les tendances internationales poussent les institutions universitaires à consolider leur réputation pour faciliter le recrutement de futurs chercheurs et pour susciter les citations qui favoriseront leur positionnement dans les classements académiques mondiaux. De l'autre, les étudiants qui rejoignent maintenant les universités sont nés dans une société déjà connectée par Internet, ont grandi comme adolescents avec un accès quasi illimité à des ressources libres du Web (ou considérées comme telles) et interagissent chaque jour en ligne avec leurs pairs et des communautés, ceci grâce aux plates-formes sociales et aux moteurs de recherche dominants. Une étude (Vassileva, 2008) a souligné que les adolescents d'aujourd'hui sont habitués à apprendre de manière contextuelle, à répondre à des sollicitations spontanées et à résoudre des problèmes particuliers. Ils cherchent sur le Web des articles, des vidéos ou tout autre contenu approprié. Ils explorent aussi leurs réseaux pour trouver des personnes susceptibles de les aider. Ces expériences d'apprentissage sont orientées vers la recherche de solutions plutôt que sur l'étude de principes.

Par conséquent, les environnements institutionnels d'apprentissage (LMS) fermés et centrés sur des cours ne répondent plus ni aux pratiques ni aux attentes des institutions et des étudiants. Ils ne fournissent pas aux institutions la visibilité internationale nécessaire pour être reconnues comme des centres de formation d'excellence et ne fournissent pas aux étudiants l'accès ouvert et persistant aux ressources et aux pairs auquel ils sont habitués. Le modèle des environnements personnels d'apprentissage (EPA) axé sur des activités ciblées et centré sur l'étudiant est plus propice à de l'interaction spontanée et flexible avec des ressources, des experts ou des pairs dans un cadre formel ou informel de formation.

Les environnements institutionnels favorisent plutôt l'ancien modèle magistral de transmission du savoir confiné en sessions rigides combinant des présentations, des notes de cours et des exercices. La nouvelle tendance est de fournir aux institutions, aux enseignants et aux étudiants des compétences et des moyens d'exploiter à la fois des ressources locales et du contenu ouvert disponible sur Internet. Sous l'effet de la globalisation et du manque de ressources d'assistantat pour l'enseignement, la tendance

est également de se reposer plus fréquemment sur les pairs et sur des experts externes.

Les étudiants ont de tout temps exploité les ressources disponibles dans les bibliothèques et interagi avec leurs pairs en marge des activités formelles d'enseignement. Toutefois, avec la facilité actuelle d'accès à l'information et aux réseaux sociaux, ces activités et ces modalités informelles d'apprentissage prennent de l'ampleur dans la formation universitaire (Gillet, 2010).

Les activités réalisées dans le cadre du projet européen de recherche ROLE¹ ont contribué à l'étude de l'apprentissage informel autodirigé et de son support au moyen de plates-formes sociales exploitées comme environnements personnels d'apprentissage (figure 1).

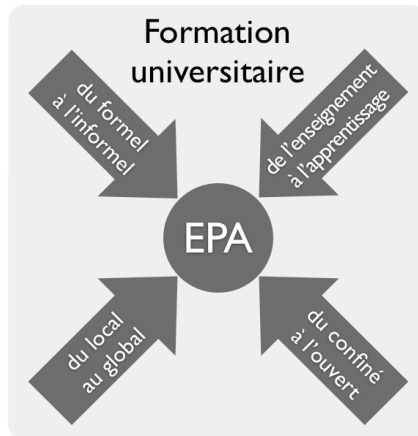


Figure 1 • Tendances supportant l'émergence d'environnements personnels d'apprentissage dans la formation universitaire

La prochaine section présente l'état actuel des réflexions sur la nature des environnements personnels d'apprentissage et discute d'approches alternatives de conception et d'implémentation. Une plate-forme dédiée à l'interaction en ligne au sein de communautés de pratique, ainsi qu'à la construction et à l'exploitation flexible d'environnements personnels d'apprentissage par des étudiants ou des enseignants est présentée dans la section 2. Cette plate-forme sociale a été conçue dans le cadre de projets de recherche européens réussis, en particulier PALETTE (El Helou *et al.*, 2009) et ROLE (Gillet *et al.*, 2010). La section 3 présente la validation de cette plate-forme pour les EPA dans la formation universitaire. Finale-

ment, la section 4 présente des conclusions et des perspectives, avec en particulier une discussion sur l'utilisation des EPA pour le support de cours en ligne ouverts et massifs de nature connectiviste (cMOOCs en anglais).

1.2. Définition

Le concept d'environnements personnels d'apprentissage n'est pas nouveau. D'après *Wikipedia*², il est apparu dans les années 70. Il a toutefois été redécouvert et consolidé suite à l'émergence du Web social (Web 2.0) qui a permis aux utilisateurs de prendre le contrôle de leurs ressources en ligne et d'interagir librement avec des pairs au niveau global. Une série de conférences est d'ailleurs totalement consacrée à ce thème³.

Initialement, les définitions des EPA mettaient en exergue la combinaison de ressources matérielles et immatérielles pour définir le cadre d'apprentissage. Par exemple, à la fois le logiciel et les livres exploités pour soutenir une activité d'apprentissage étaient considérés comme parties intégrantes de l'EPA correspondant. Un groupe d'étudiants se réunissant dans une cafétéria pour discuter un devoir pouvait être également assimilé à l'EPA de l'un des participants. Toutefois, les modalités physiques et les actions associées sont difficiles voire impossibles à identifier et à observer au travers des plates-formes numériques de support; ces éléments ne sont donc pas pris explicitement en compte dans cette étude. D'autres définitions qui portaient principalement sur l'idée de compositions d'applications Web se sont avérées trop restrictives (Wild *et al.*, 2008).

La conceptualisation actuelle des EPA correspond plutôt à une agrégation ou une composition spontanée pour une activité donnée de contenu, d'information, de services et de contacts accessibles en ligne. La variété des interfaces permettant l'accès à et l'interaction avec les entités mentionnées évolue également et intègre actuellement non seulement les ordinateurs de bureau ou portables, mais aussi les dispositifs mobiles comme les téléphones intelligents et les tablettes. Les données collectées ou publiées par des dispositifs intelligents comme des réseaux de capteurs peuvent également être considérées comme des ressources ou de l'information instantanée disponible. En conséquence, un environnement personnel d'apprentissage peut être défini comme (figure 2) « *une composition spontanée et éventuellement éphémère de canaux de communication, de ressources distribuées du cloud, d'applications Web et de réseaux sociaux, assemblée de manière agile et partagée en ligne; définissant un contexte d'interaction pour une activité d'apprentissage ou de gestion de connaissance*

donnée et accessible par des dispositifs interactifs (ordinateurs, tablettes ou téléphones intelligents, ...) » (Gillet, 2013).

Dans cette définition, les canaux de communication correspondent à des flux instantanés de discussion ou de notification intégrant de manière générale des messages textuels courts ou des liens Web. Les ressources distribuées provenant du *cloud* correspondent à du contenu multimédia riche qui présente une certaine persistance. Des services distribués faiblement liés et des outils interactifs en ligne sont accessibles par les utilisateurs au moyen d'applications Web.

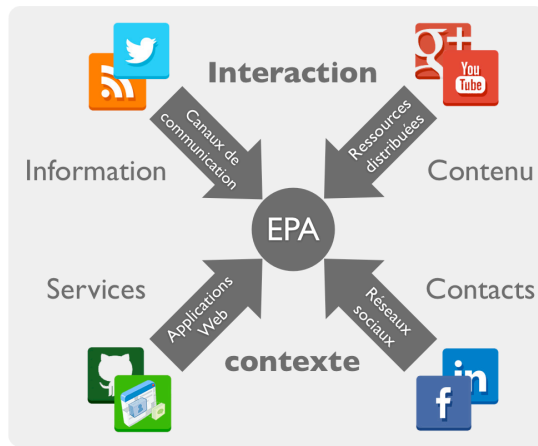


Figure 2 • Environnement personnel d'apprentissage représenté comme une agrégation d'information, de contenu de services et de contacts

Il est important de souligner que n'importe quel écosystème numérique peut être considéré comme un EPA s'il a été composé dans un but d'apprentissage ou de gestion de connaissance. C'est plus l'intention d'utilisation que la conception elle-même qui définit la nature de l'environnement (Charlier *et al.*, 2010). Évidemment, la construction de tels environnements fait partie intégrante des activités d'apprentissage et constitue un ingrédient essentiel de l'appropriation des ressources et de la motivation à les exploiter. Intrinsèquement, le concept d'EPA repousse les limites du constructivisme en incitant non seulement à la définition des activités et à la sélection des ressources par les apprenants, mais en incitant aussi au modelage même de l'environnement d'apprentissage. Comme leur nom l'indique, les EPA sont personnels. Ils ne sont toutefois pas individuels car de l'interaction avec des pairs ou des experts est généralement souhaitée et supportée.

Finalement, il faut relever que chaque activité d'apprentissage ou de gestion de connaissance conduite par un apprenant peut nécessiter des ressources et des outils différents et, de ce fait, peut nécessiter la construction d'EPA différents. C'est pour cette raison que les EPA sont souvent éphémères, c'est-à-dire qu'ils peuvent être abandonnés ou simplement archivés une fois l'activité terminée. C'est aussi pourquoi leur construction doit être agile pour qu'ils soient remodelés à chaque nouvelle activité et dans chaque nouveau contexte.

La définition proposée souligne clairement l'importance d'une construction agile des EPA par les utilisateurs. Une telle construction nécessite une culture numérique étendue et une grande autonomie. La formation universitaire constitue par conséquent un cadre privilégié pour la validation d'approches d'apprentissage et de gestion de connaissance basées sur les EPA; l'acquisition d'une grande autonomie étant l'une des principales compétences transversales ciblée à ce niveau. La section 4 montrera d'ailleurs que les étudiants avancés et les jeunes chercheurs impliqués dans des programmes doctoraux constituent une communauté cible privilégiée pour identifier les besoins et évaluer les bénéfices des EPA.

1.3. Conception et mise en œuvre de plates-formes pour les EPA

Si l'on se tenait formellement à la définition d'un EPA proposée précédemment, l'idée même de conception ou de mise en œuvre de plates-formes permettant leur construction ou leur exploitation ne devrait pas être considérée. N'importe quelle combinaison de canaux de communication, de ressources distribuées, d'applications Web ou de réseaux sociaux pourrait constituer un EPA. En fait, la plupart des étudiants en formation universitaire construisent leurs propres environnements d'apprentissage sans les identifier comme tels et même sans se rendre compte qu'ils construisent un EPA. D'ailleurs, un simple jeu de liens Web ou un groupe *LinkedIn* ou *WhatsApp*⁵ consacré à un thème à étudier peut être considéré comme un EPA.

Tout en correspondant parfaitement à la définition d'un EPA, la notion d'écosystème composé librement rend difficile un changement des pratiques universitaires de partage et de gestion de la connaissance, ainsi que de support aux étudiants dans leurs activités formelles et informelles. Elle rend également difficile le développement d'une culture numérique et d'un niveau d'autonomie suffisant chez les nouveaux étudiants qui leur permettent d'exploiter les médias sociaux et les canaux de communication instantanée à des fins de formation. Ces plates-formes et ces canaux

sont d'ailleurs principalement considérés comme des moyens d'interagir socialement ou de se divertir. Enfin, comme dernier élément mais non des moindres, les écosystèmes numériques décrits ne facilitent ni l'archivage, ni le partage et ni la réappropriation de compositions personnelles de ressources et de services associées à un thème défini ou à une activité donnée. Par conséquent, les étudiants et les enseignants ont tendance à réinventer la roue sans arrêt lors de la construction d'EPA.

Il ressort du commentaire précédent qu'il est encore bénéfique d'adapter les environnements institutionnels pour permettre leur exploitation flexible et leur enrichissement avec des ressources externes sélectionnées par les étudiants. Il est également bénéfique de fournir des plates-formes alternatives permettant la construction et le partage d'EPA par les utilisateurs et pour les utilisateurs. La section suivante décrit une plate-forme sociale conçue et mise en oeuvre dans le cadre de projets de recherche européens en nouvelles technologies pour la formation, et en particulier dans le projet ROLE, pour supporter la construction, le partage et la réappropriation d'EPA.

2. Plate-forme dédiée aux EPA

2.1. Objectifs de conception et modèles

Comme défini précédemment, un EPA est une composition de canaux, de ressources, d'applications et de contacts dédiée à un objectif d'apprentissage ou de gestion de connaissance et réalisée par un utilisateur, apprenant ou enseignant. Ainsi, n'importe quelle plate-forme de support à la construction d'EPA doit permettre la réalisation d'une telle composition des entités susmentionnées et son hébergement. La composition de contacts introduite ici par besoin de symétrie est comprise comme la capacité de partager un EPA avec des pairs ou des experts et la possibilité de réappropriation pour son propre usage ou de réaffectation pour un autre groupe lorsqu'un EPA a été créé par une tierce personne.

Lorsque des ressources distribuées du *cloud* sont exploitées, en raison de leur pléthore, la disponibilité de fonctionnalités de recherche et de recommandation est essentielle. Finalement, dans un contexte ouvert et global dans lequel les utilisateurs peuvent exploiter des plates-formes variées pour leurs propres EPA ou ceux partagés par des collègues, la disponibilité de fonctionnalités d'import et d'export basées sur des standards ouverts du Web est importante (figure 3).

Le concept d'EPA étant abstrait, il doit être matérialisé dans un but de conception et de mise en oeuvre sous la forme d'un espace contextuel ac-

cessible en ligne qui supporte la réalisation d'une activité individuelle ou collaborative. Nous introduisons par conséquent le concept « *d'espace en ligne comme un emplacement personnel dans lequel des canaux de communication instantanée, des ressources distribuées du cloud, des applications Web et des contacts sont rassemblés pour supporter une activité particulière individuelle ou collaborative* ». Ce concept d'espace en ligne a d'abord été introduit dans (Gillet *et al.*, 2008), puis formalisé dans (El Helou *et al.*, 2010) en tant que modèle 3A, et finalement standardisé dans (Bogdanov *et al.*, 2011) sous la forme d'une spécification *OpenSocial*⁶. De ce fait, dans la suite de cet article, les notions d'EPA, d'espace en ligne et de contexte d'apprentissage sont considérées comme équivalentes. Evidemment, un cas particulier d'une activité collaborative est une activité individuelle avec un seul membre et un cas particulier d'une ressource du *cloud* est une ressource propre à une institution.

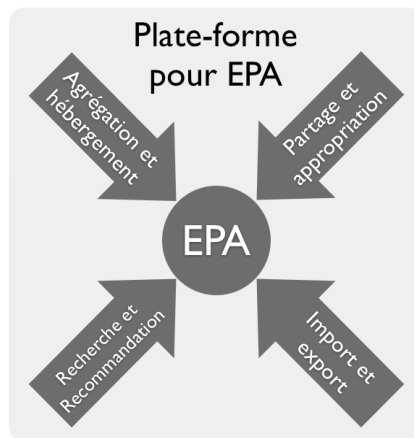


Figure 3 • Fonctionnalités requises pour les plates-formes permettant la construction agile et l'exploitation d'EPA

La création agile par composition et réappropriation d'un EPA étant par essence une activité autodirigée centrée sur l'utilisateur, ce dernier doit être capable de définir facilement des politiques d'accès avec des droits et des rôles spécifiques pour les personnes qui sont invitées à partager un EPA donné. Ces personnes sont considérées comme les membres de l'espace commun associé. Le manque de granularité dans la définition de ces politiques d'accès et dans la sélection de personnes autorisées pour une activité spécifique constitue la principale raison pour laquelle les plates-formes institutionnelles et sociales dominantes offrent un support

limité à la création et à l'exploitation d'EPA. Une autre raison connexe est que les utilisateurs semblent peu enclins à mélanger leurs réseaux sociaux, professionnels et éducatifs et ne perçoivent pas de connexions entre leurs interactions sociales et leurs activités d'apprentissage en ligne (Greenhow & Robelia, 2009).

La notion de ressources éducatives ouvertes (REO) fait partie intégrante du concept d'EPA qui lui confère même une dimension supplémentaire. En effet, en plus de promouvoir le partage de ressources comme des documents multimédias, le partage d'applications offrant des services dédiés et même le partage d'espaces composés (les EPA eux-mêmes) sont également favorisés dans ce contexte. Dans Gillet et Bogdanov (2013), il est montré comment un EPA instancié sous la forme d'une application Web *OpenSocial* peut être partagé publiquement ou de manière restreinte sous forme de méta-application. Les applications *OpenSocial* (*widgets*, *gadgets* ou *meta-widgets*) sont en fait des combinaisons de code XML et *JavaScripts*. Elles peuvent être ainsi comparées à des artefacts numériques lisibles et donc partagées sous licences *Creative Commons*⁷. De telles licences sont plus appropriées dans le cadre présent d'applications exploitées comme services et s'appuyant sur des infrastructures distribuées que le vieux modèle du logiciel libre qui s'applique plutôt à du code pouvant être intégralement sauvegardé sur un support amovible et qui peut fonctionner hors ligne de manière autonome.

Un lecteur attentif aura constaté que les utilisateurs d'EPA considérés dans cet article sont soit des apprenants soit des enseignants. La mention de ces derniers peut a priori choquer dans un contexte consacré à l'apprentissage plutôt qu'à l'enseignement. Toutefois, les expériences récentes ont montré que l'enseignant est un orchestrateur de ressources le plus souvent autodidacte qui peut bénéficier grandement des fonctionnalités offertes par les plates-formes pour les EPA. De plus, des communautés de pratique d'enseignants peuvent également partager et se réapproprier des EPA créés par leurs membres. Finalement, les apprenants étant souvent peu autonomes, il y a un bénéfice certain à permettre à des enseignants de créer des modèles d'EPA pour leurs étudiants que se chargeront ensuite simplement de les personnaliser (plutôt que de les construire de zéro).

2.2. Prototype de validation

En tenant compte des spécifications énoncées dans la Section 2.1, la plate-forme *Graasp*⁸ a été conçue et mise en œuvre en suivant une méthodologie de conception participative combinée avec du développement

agile ; ceci en association avec des expériences pilotes et en particulier celles présentées à la section 3. Les fonctionnalités requises peuvent être formulées sous la forme des objectifs de conception qui suivent. La plateforme doit :

- permettre la création d'EPA sans intervention de gestionnaires système ;
- être exempte de structures et de contextes rigides (comme la structure d'un cours avec des activités et des ressources spécifiques) ;
- permettre des activités spontanées et focalisées ;
- permettre l'agrégation et la composition de ressources distribuées du *cloud* ;
- permettre une gestion flexible des ressources dans leurs contextes d'utilisation ;
- permettre un contrôle fin des droits et des rôles dans les différents contextes d'activité ;
- fournir des moyens de recherche ouverts et de la recommandation pertinente de ressources, d'applications et de contacts ;
- reposer sur des standards ouverts du Web similaires à ceux exploités par les plates-formes sociales dominantes en évitant tout particulièrement les standards spécialisés propres à l'éducation.

La fonctionnalité principale de *Graasp* est de permettre la création et d'encourager l'exploitation d'espaces dédiés en ligne comme contextes d'activité (EPA). Ces espaces sont définis, configurés, partagés et enrichis par les utilisateurs eux-mêmes, pour eux-mêmes et pour une audience de leur choix. Le nom *Graasp* vient de l'anglais et signifie *grasping resources, apps, activity spaces and people*. En fait, n'importe quel espace peut contenir des sous-espaces qui supportent des sous-activités. Néanmoins, une organisation hiérarchique des ressources et des activités n'est pas obligatoire. Les utilisateurs peuvent choisir de créer un espace structuré de manière plate ou hiérarchique pour supporter des activités variées d'apprentissage ou de gestion de connaissance.

Les espaces dans *Graasp* peuvent intégrer des membres, des ressources, des sous-espaces et des applications. De plus, pour favoriser une exploitation contextuelle des moyens, chacune de ces entités possède sa propre description disponible sous la forme d'un wiki pour permettre une édition collaborative, un flux de discussion dédié, des *tags*, ainsi que des *ratings* personnels ou partagés (figure 4).

La capacité de *Graasp* de permettre la construction de ressources d'apprentissage riches et structurées (espaces) et leur partage pour une

exploitation collaborative comme EPA est l'une des principales innovations apportées par cette plate-forme.

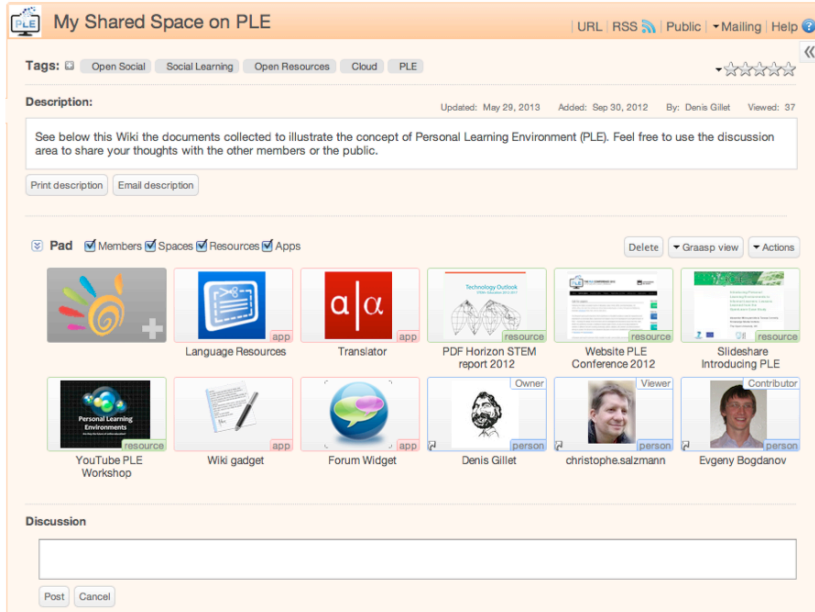


Figure 4 • Espace contextuel partagé dans *Graasp* intégrant des ressources collectées dans le *Cloud*, comme des vidéos *YouTube*, des présentations *SlideShare*, des applications *OpenSocial*, des pages Web ou des documents pdf avec aperçus

Dans *Graasp*, il existe 3 niveaux d'audience. Les espaces peuvent être publics, c'est-à-dire visibles par tous; fermés, c'est-à-dire limités à leurs membres (mais des personnes externes peuvent demander de les rejoindre) ou cachés, c'est-à-dire seulement accessibles aux membres invités. Il existe aussi 3 rôles possibles pour les utilisateurs. Ils sont soit possesseurs, ce qui signifie qu'ils peuvent administrer les espaces, ajouter ou supprimer des ressources et inviter des membres ou révoquer leur participation. Il peut y avoir plus d'un possesseur par espace. Cette fonctionnalité unique de *Graasp* permet de transférer la responsabilité d'une activité en cours à d'autres si nécessaire. Les utilisateurs peuvent également être contributeurs, ce qui signifie qu'ils peuvent ajouter des ressources ou créer des sous-espaces propres ou partagés sous leur contrôle. Cette fonctionnalité est souvent requise par des sous-groupes de travail qui veulent garder une certaine confidentialité sur des activités en cours. Finalement, les uti-

lisateurs peuvent être seulement observateurs, ce qui signifie qu'ils peuvent exploiter le contenu des espaces sans l'altérer. Ils peuvent néanmoins faire des commentaires dans le flux de discussion, ceci constituant un ingrédient important de l'interaction dans des activités partagées.

L'agrégation agile de ressources distribuées du *cloud* est supportée par une extension libre de droits basée sur une architecture ouverte et implémentée comme un signet actif (*bookmarklet*), nommée *GraaspIt!*, qui permet en un click de collecter des ressources externes dans le presse papier de *Graasp* et de les déplacer ensuite dans les espaces de destination choisis.

3. Expériences pilotes de validation d'une plate-forme pour les EPA dans la formation universitaire

Offrir aux apprenants et aux enseignants dans un contexte universitaire une plate-forme pour les EPA constitue un moyen de leur fournir plus d'opportunités et de facilités d'exploiter et de se réappropriier individuellement ou en collaboration des ressources d'apprentissage provenant de sources variées. Pour favoriser leur adoption, de telles plates-formes doivent apporter une valeur ajoutée significative par rapport aux plates-formes institutionnelles déployées à large échelle. Si un enseignant souhaite partager des diapositives de présentation numérique associées à un cours avec les étudiants qui y sont inscrits, il a évidemment intérêt à utiliser sa plate-forme institutionnelle (comme *Moodle*). Toutefois, si son objectif est de permettre à ses étudiants de développer des compétences de travail en groupe en réalisant de manière autonome un projet collaboratif impliquant non seulement des collègues de classe mais aussi des anciens étudiants et des experts externes, une plate-forme pour les EPA constitue un meilleur choix.

Dans cette section, deux expériences pilotes sont décrites. La première expérience porte sur l'exploitation d'une plate-forme pour les EPA dans le cadre d'un cours universitaire d'Interaction humain-machine dispensé au niveau de la licence (*Bachelor*) à l'université de Tongji à Shanghai. La conception d'une plate-forme sociale faisant partie de ce cours, le bénéfice de cette évaluation est double. Elle permet d'illustrer le thème du cours et aussi de favoriser la gestion des activités de travail collaboratif et la co-production de ressources par les étudiants. La seconde expérience porte sur une formation interinstitutionnelle offerte aux candidats au doctorat des universités suisses et consacrée à la culture numérique et à la gestion documentaire en ligne. De nouveau, le bénéfice est double. Les participants peuvent découvrir l'intérêt des plates-formes sociales pour gérer

leurs activités journalières de recherche et aussi expérimenter par ce moyen de bonnes pratiques de réseautage et de dissémination en ligne. Ces deux expériences pilotes soulignent le fait que l'usage des EPA ou des plates-formes sociales dans la formation universitaire permet d'aider simultanément les étudiants à développer une culture numérique, des compétences de travail en groupe et de l'autonomie, ainsi qu'à améliorer leurs pratiques d'apprentissage.

3.1. Projets de groupe au niveau de la licence

Pour examiner l'acceptabilité de *Graasp* en tant que plate-forme de support au travail collaboratif dans la formation universitaire, elle a été exploitée dans le cadre d'un cours d'interaction humain-machine proposé à l'université de Tongji à Shanghai durant deux années consécutives, soit en 2011 et en 2012. 28 étudiants de licence en informatique y ont participé la première année et 26 la seconde. En complément des séances ex-cathedra traditionnelles, les étudiants ont dû réaliser en groupe un projet de conception en exploitant *Graasp* comme plate-forme de support. Chaque année considérée, 8 groupes de conception participative de 3 à 4 étudiants ont été formés. Les étudiants ont consacré environ 10 heures pour concevoir l'ébauche de l'interface d'une application sociale. Ils ont ensuite fourni un court rapport et ont présenté leur travail à leurs collègues et à des experts invités pour l'occasion. Après une courte introduction à *Graasp*, les étudiants ont été encouragés à créer leur propre espace de projet, à partager des ressources au sein du groupe, à assumer différents rôles typiques de la conception participative (gestionnaire, concepteur, utilisateur, développeur) et à exploiter des applications Web ciblées (assignation de tâches, édition d'ébauches graphiques en ligne, etc). À la fin du cours, les étudiants ont rempli un questionnaire conçu pour évaluer l'acceptabilité de *Graasp* en tant que plate-forme de soutien pour les activités de travail collaboratif. Les résultats obtenus en 2011 ont été détaillés par Li *et al.* (2012). L'importance du contrôle de la politique d'accès dans les espaces partagés a été confirmée par le fait qu'en 2011 50 % des espaces créés ont été définis comme publics, 47 % fermés et 3 % cachés. En 2012, ce sont 60 % des espaces qui ont été définis comme publics, 32 % fermés and 8 % cachés. Les étudiants ont également dû choisir 5 adjectifs décrivant le mieux possible leurs réactions face à la plate-forme parmi une liste de mots-clés positifs et négatifs (Benedek & Miner, 2002). Un nuage des mots clé montrant par leur taille la fréquence avec laquelle ils ont été choisis est représenté dans les figures 5 et 6, respectivement pour les années 2011 et 2012.



Figure 5 • Nuage de mots clé illustrant la fréquence de sélection des adjectifs décrivant *Graasp* en 2011



Figure 6 • Nuage de mots clé illustrant la fréquence de sélection des adjectifs décrivant *Graasp* en 2012

Ces nuages montrent que le contrôle personnel, l'accès généralisé et les mesures favorisant l'établissement de relations de confiance offerts par cette plate-forme pour les EPA constituent la principale valeur ajoutée. Les résultats montrent aussi que grâce à la conception participative des améliorations de la plate-forme ont été apportées, l'efficacité et la facilité d'utilisation ayant été plébiscitées plus largement la seconde année.

Les réponses des étudiants montrent aussi qu'ils ne bénéficient pas de plates-formes dédiées au travail collaboratif, travail pour lequel ils utili-

sent généralement des applications de messagerie instantanée (100 % en 2011 et 59 % en 2012) ou la messagerie électronique (64 % en 2011 et 38 % en 2012), ceci en combinaison ou exclusivement.

L'introduction de *Graasp* a été ainsi bien reçue, les étudiants ayant d'ailleurs souligné que grâce à cette plate-forme ils ont pu réaliser leur travail plus efficacement et que leur motivation s'est accrue (seuls 10 % des étudiants étant en désaccord avec cette affirmation). Le fait qu'ils ont pu partager facilement des ressources avec leurs collègues de groupe, librement les organiser et les agréger sans problème malgré leur provenance diverse constituent les fonctionnalités les plus utiles de leur point de vue (figure 7).

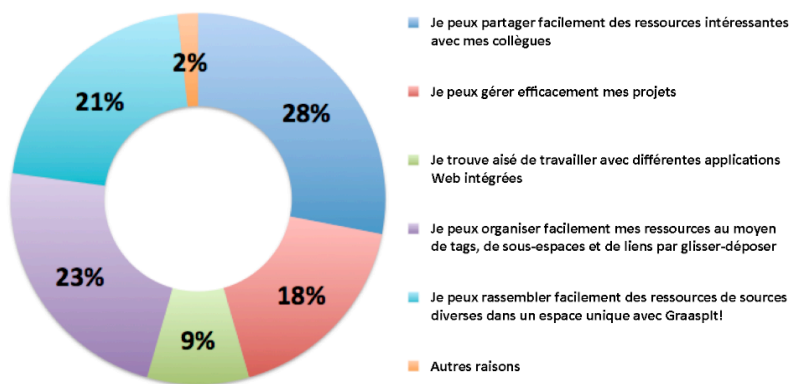


Figure 7 • Utilité de la plate-forme *Graasp* pour le travail en groupe

Cette évaluation illustre le potentiel des plates-formes pour les EPA à supporter des activités autodirigées réalisées par des étudiants en formation universitaire et nécessitant une agrégation agile de ressources, ainsi qu'une gestion flexible des droits et des rôles assignés à chacun.

3.2. Culture numérique en formation doctorale

Malgré le fait que la plupart des universités européennes mettent en place des cours ou des programmes doctoraux, la majorité des activités d'apprentissage des candidats au doctorat restent autodirigées. Par conséquent, ces jeunes chercheurs sont particulièrement motivés pour développer leurs pratiques de conduite de la recherche et de réseautage à des fins d'apprentissage. Reconnaissant ce besoin, la Conférence universitaire de Suisse occidentale (CUSO⁹) qui offre des programmes interinstitutionnels de formation continue a décidé de mettre sur pied une série d'ateliers

pour le développement de compétences transversales de recherche avec le concours des universités de Fribourg et de Genève, ainsi que de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL). Trois ateliers de deux jours chacun ont été organisés entre le début 2011 et la fin 2012. Le premier qui s'est tenu à Genève a été décrit dans (Bogdanov *et al.*, 2012). Le second et le troisième tenus respectivement à Lausanne et à Fribourg sont discutés ci-dessous.

Trois objectifs ont motivé l'introduction d'une plate-forme pour les EPA dans ces ateliers. Tout d'abord, il s'agissait d'aider les enseignants appartenant à des institutions différentes à collecter et à partager à l'avance le matériel de formation et de le mettre à disposition des participants pour qu'ils puissent préparer les sessions présentielles. C'est un cas typique dans lequel les plates-formes institutionnelles ne peuvent pas être exploitées, leurs accès n'étant en général pas possible pour des personnes externes. Ensuite, il s'agissait d'exploiter de manière collaborative la plate-forme durant les sessions pour développer et mettre en pratique leur culture numérique. Finalement, il s'agissait d'encourager les participants à poursuivre plus tard l'interaction à distance, toujours avec la même plate-forme, avec l'espoir de faire émerger une communauté de pratique autour de la culture numérique et des outils de support utiles aux jeunes chercheurs dans la réalisation de leur travail de thèse.

Les thèmes principaux traités dans les ateliers portaient sur la recherche et la gestion documentaires, en particulier les références numérisées, les droits de propriété intellectuelle ainsi que les pratiques de dissémination et de réseautage dans la société numérique actuelle (Science 2.0) au moyen de plates-formes pour les environnements personnels d'apprentissage qui s'avèrent constituer également des environnements personnels de recherche (EPR). Dans la partie consacrée aux EPA et aux EPR, *Graasp* fut présenté rapidement. Une activité de 30 minutes fut ensuite organisée, activité durant laquelle les participants durent construire un EPR pour collecter des références bibliographiques et discuter leur état de l'art avec des pairs et avec leur directeur de thèse. À cette fin, les participants créèrent les espaces et sous-espaces appropriés et invitèrent les personnes choisies en leur assignant des rôles et des droits pertinents avant de collecter les ressources nécessaires et d'initier les discussions associées. Cette activité leur donna la possibilité de découvrir des fonctionnalités de la plate-forme et d'explorer les bénéfices possibles liés à l'agrégation contextuelle de ressources dans un but spécifique.

L'évaluation conduite dans le cadre de ces ateliers fut de nature très générale et porta à la fois sur le contenu et l'ensemble des plates-formes présentées. L'un des résultats évident fut que les étudiants se sont retrouvés surchargés par la quantité de nouvelles plates-formes présentées et exploitées. Ceci confirme qu'une valeur ajoutée significative doit être offerte pour convaincre les utilisateurs d'étendre leur écosystème numérique avec de nouveaux outils et de consacrer du temps à les apprivoiser. Nous pouvons ainsi conclure que dans le contexte de ces ateliers, la plate-forme de support s'est avérée plus intéressante pour les intervenants que pour les participants, en les aidant à assembler et à disséminer de manière agile et efficace le matériel de formation hors d'un confinement institutionnel.

4. Conclusions et Perspectives

L'objectif principal des plates-formes pour les EPA est de fournir une plus grande flexibilité aux apprenants, aux enseignants et aux institutions dans leurs activités d'agrégation et d'exploitation de ressources et de services, tout en développant le rôle des pairs et d'experts mis à contribution à l'extérieur du cadre formel de la classe qui prévaut encore dans la formation traditionnelle. De part ce caractère très général, la diffusion du concept d'EPA s'étend au delà des cas présentés précédemment. En fait, de nouveaux domaines d'applications s'ouvrent actuellement, comme la construction d'espaces pour l'apprentissage par investigation dans les écoles ou l'agrégation agile de ressources de provenance variées au sein d'organisations non gouvernementales. L'ouverture la plus intéressante actuellement est le support aux cours en ligne ouverts et massifs (CLOM). Alors que les plates-formes dominantes offrant des cours en ligne ouverts et massifs comme *Coursera*¹⁰ ou *EdX*¹¹ s'attachent à la diffusion de séquences vidéo en respectant une cadence d'étude et en proposant une assistance structurée, les plates-formes pour les EPA peuvent aider à développer la dimension connectiviste des CLOM qui présente un intérêt grandissant dans un contexte de formation continue globale autogérée où le contenu n'est pas que consommé mais aussi élaboré et personnalisé par un apprenant connecté. Ce scénario est décrit dans la section 4.1.

4.1. Support aux cours en ligne ouverts et massifs de nature connectiviste

Les plates-formes pour les EPA ont récemment suscité de l'intérêt auprès des acteurs impliqués dans l'organisation de cours en ligne ouverts et massifs de nature connectiviste (cMOOCs, 2013) que l'on peut identifier en français par l'acronyme CLOMc. Ces plates-formes offrent des fonc-

tionnalités d'interaction sociales absentes des solutions dominantes déjà mentionnées. Ces fonctionnalités sont à même de favoriser des interactions spontanées et des échanges informels entre des apprenants répartis sur la planète entière. Elles peuvent également aider les enseignants et les apprenants à co-créeer et co-enrichir des CLOMc par l'agrégation de ressources ouvertes du *cloud* disponibles sous licence *Creative Commons*.

La possibilité d'ajouter des applications Web dans les EPA facilite l'adaptation et l'exploitation de leurs plates-formes de support dans le cadre des CLOMc. Kop et *al.* (2011) soulignent qu'un cours connectiviste est basé sur quatre types principaux d'activités : *l'agrégation*, le *remixage*, la *réaffectation* et le *partage*, activités qui sont similaires à celles supportées par les plates-formes susmentionnées. Ce qui leur manque sont des fonctionnalités de structuration, d'assistance et d'évaluation qui peuvent toutefois être aisément ajoutées sous forme d'applications intégrées. Cette propriété de plasticité des plates-formes pour les EPA leur permet d'être exploitées pour une large variété de CLOM, des plus structurés aux plus connectivistes.

Une identification des besoins liés aux CLOMc a été conduite avec des membres du réseau d'excellence des sciences de l'ingénieur de la francophonie RESCIF¹² et a permis de déterminer la liste suivante de fonctionnalités supplémentaires requises pour supporter :

- l'évaluation par les pairs ;
- la création de questionnaires à choix multiples, ainsi que la collecte et l'analyse des réponses ;
- la création de groupes et l'échange de compétences ;
- la navigation séquentielle et conceptuelle à l'aide de tables des matières, de plans d'activités ou de calendriers ;
- l'adjonction de métadonnées comme des mots clé sélectionnés automatiquement ou tirés d'ontologies afin de faciliter la recherche et la recommandation ;
- la personnalisation des interfaces pour construire un sentiment d'appartenance au groupe et renforcer l'identification des solutions ;
- la gestion de ressources multilingues (modèle Wikipedia) afin d'élargir l'audience potentielle et partager des opportunités de formation avec les pays émergents ;
- l'enregistrement, l'annotation et le sous-titrage de séquences vidéo ;
- Intégration de livres électroniques standards.

Une fois intégrées à l'espace dédié d'un CLOMc, ces applications sont accessibles à tous ses membres, peuvent être personnalisées et échanger des informations avec la plate-forme de support grâce à *OpenSocial*.

En se basant sur une plate-forme pour les EPA, la co-production et la co-exploitation de CLOMc par différents enseignants sont facilitées. Ces derniers peuvent se consacrer à la préparation de ressources de qualité dans leur propre domaine de compétences et se reposer sur leurs collègues d'autres institutions pour obtenir du matériel libre supplémentaire. Une telle approche mise en œuvre avec des plates-formes classiques nécessiterait des tractations sans fin de propriété intellectuelle et de droits d'accès, ainsi que la signature de conventions bilatérales de coopération.

4.2. Épilogue

Les environnements personnels d'apprentissage tel que considérés dans la formation universitaire correspondent simultanément à un changement de paradigme dans la manière de partager et d'exploiter l'information, ainsi qu'à un changement de paradigme dans la manière de structurer l'écosystème de soutien. Reconnaître la grande variété des pratiques et des plates-formes sous-tendant les activités formelles et informelles d'apprentissage constitue déjà un changement fondamental dans la gouvernance universitaire. Fournir du support et développer la culture numérique de tous les intervenants, ainsi que mettre à leur disposition des plates-formes ouvertes qui leur permettent d'augmenter leur efficacité dans l'exploitation des ressources numériques et dans l'échange de compétences constitue l'étape suivante de la révolution universitaire en marche. Des contributions à ces changements ont été présentées et illustrées dans cet article.

Remerciements

Ce travail a été partiellement financé par l'Union européenne dans le contexte du projet ROLE (contrat n° 231396) en technologies de l'information et de la communication du 7^e programme cadre, ainsi que par les projets EPA Phase 3 et e-infrastructure de la Conférence universitaire suisse.

- 1 <http://section.role-project.eu>
- 2 http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_personal_learning_environments
- 3 <http://pleconf.org>
- 4 <https://section.linkedin.com>
- 5 <http://section.whatsapp.com>
- 6 <http://section.whatsapp.com>
- 7 <http://creativecommons.org>
- 8 <http://graasp.epfl.ch>
- 9 <http://section.cuso.ch>
- 10 <https://www.coursera.org>
- 11 <https://www.edx.org>
- 12 <http://www.rescif.net/fr/rescif>

BIBLIOGRAPHIE

BENEDEK J., MINER T. (2002). Measuring Desirability: New methods for evaluating desirability in a usability lab setting. *Usability Professionals Association Conference*, Orlando, July 8-12.

BOGDANOV E., SALZMANN C., GILLET D. (2011). Contextual Spaces with Functional Skins as OpenSocial Extension. *Fourth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions (ACHI)*, Guadeloupe, France, February 23-28.

BOGDANOV E., LIMPENS F., LI N., EL HELOU S., SALZMANN C., GILLET D. (2012). A Social Media platform in Higher Education. *Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, Marrakesch, Morocco, April 17-20.

CHARLIER B., HENRI F., PERAYA D., GILLET D. (2010). From Personal Environment to Personal Learning Environment. *Fifth European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL), Workshop on Mash-Up Personal Learning Environments (MUPPLE)*, Barcelona, Spain, September 28th - October 1st

cMOOCs (2013). *Connectivist MOOCs*. <http://section.connectivistmoocs.org>. (consulté le 27 juin 2013).

EL HELOU S., GILLET D., SALZMANN C., REKIK (2009). Social Software for Sustaining Interaction, Collaboration and Learning in Communities of Practice. *Solutions and Innovations in Web-Based Technologies for Augmented Learning: Improved Platforms, Tools, and Applications, Advances in Web-based Learning (AWBL) Book Series*, p. 300-316.

EL HELOU S., LI N., GILLET D. (2010). The 3A interaction model: towards bridging the gap between formal and informal learning. *Third International Conference on Advances in Computer-Human Interactions (ACHI)*, St. Maarten, Netherlands Antilles, February 10-16.

GILLET D., EL HELOU S., YU C.M., SALZMANN C. (2008). Turning Web 2.0 Social Software into Versatile Collaborative Learning Solutions. *First International Conference on Advances in Computer-Human Interaction (ACHI)*, Sainte Luce, Martinique, February 10-15.

GILLET D. (2010). Tackling Engineering Education Research Challenges: Web 2.0 Social Software for Personal Learning. *International Journal of Engineering Education*, Vol. 26, n° 5, 1134-1143.

GILLET D., LAW E., CHATTERJEE A. (2010). Personal Learning Environments in a Global Higher Engineering Education Web 2.0 Realm. *Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, Madrid, Spain, April 14-16.

GILLET D. (2013). Personal Learning Environments as Enablers for Connectivist MOOCs. *12th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET)*, Antalya, Turkey, October 10-12.

GILLET D., BOGDANOV E. (2013). Cloud-Savvy Contextual Spaces as Agile Personal Learning Environments or Informal Knowledge Management Solutions. *12th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET)*, Antalya, Turkey, October 10-12.

GREENHOW C., ROBELIA B. (2009) Informal Learning and Identity Formation in Online Social Networks. *Learning, Media and Technology*, Vol. 34, n° 2, 119-140.

KOP R., FOURNIER H., MAK S.F.J. (2011). A Pedagogy of Abundance or a Pedagogy to Support Human Beings? Participant Support on Massive Open Online Courses. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, Vol. 12, n° 7.

LI N., EL HELOU S., GILLET D. (2012). Using social media for collaborative learning in higher education: A case study. *Fifth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions (ACHI)*, Valencia, Spain, January 30 - February 4.

VASSILEVA J. (2008). Toward Social Learning Environments. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, Vol. 1, n° 4, 199-214

WILD F., MODRITSCHER F., SIGURDARSON S. (2008). Designing for change: mash-up personal learning environments. *eLearning Papers*, n° 9.



Connaissances embarquées pour personnaliser les environnements d'apprentissage : Application à la plate-forme OP4L

► **Monique GRANDBASTIEN, Samuel NOWAKOWSKI**
(LORIA, Université de Lorraine, Nancy)

■ **RÉSUMÉ** • La conception et la réalisation logicielle d'environnements personnels d'apprentissage repose sur la modélisation d'un ensemble de données variées et l'utilisation des technologies web disponibles. Cet article donne un bref aperçu des catégories de données le plus souvent utilisées pour personnaliser les environnements d'apprentissage ainsi que des traitements opérés. Il se focalise ensuite sur les approches à base de connaissance et sur l'utilisation de modèles ontologiques partagés pour assurer l'interopérabilité des données entre les services. Cette dernière approche est illustrée par la modélisation et l'implantation de la notion de présence en ligne sur la plate-forme OP4L ainsi que par les retours d'étudiants utilisateurs.

■ **MOTS-CLÉS** • e-formation, présence en ligne, modèles ontologiques, web socio-sémantique, réseaux sociaux, environnement personnalisé de formation.

■ **ABSTRACT** • *The design and implementation of personal learning environments is based on the modeling of a set of diverse data and the use of available web technologies. This article gives a brief overview of the types of data most often used to customize the learning environments as well as of the way to process these data. It then focuses on knowledge based approaches and the use of shared ontological models to ensure data interoperability between services. This approach is illustrated by the inclusion of the concept of on line presence in the OP4L platform and by students' feedbacks.*

■ **KEYWORDS** • *e-learning, online presence, ontological models, socio-semantic web, social networks, personal learning environment.*

1. Introduction

L'objectif de personnalisation des formations est très présent à la fois du point de vue social et institutionnel. La personnalisation des environnements numériques dans lesquels se déroulent de plus en plus les activités des apprenants est probablement un aspect de sa mise en œuvre. Dans ce contexte, qu'est-ce qu'un environnement personnel d'apprentissage (EPA) et quelles questions de conception et réalisation logicielles pose ce type d'environnement ? La communauté scientifique ne dispose pas encore d'une définition communément admise pour un EPA. En effet, dans un précédent numéro de la revue STICEF, Lavoué et Rinaudo (2012) considéraient que « *individualisation et personnalisation sont des termes ambigus* », souvent utilisés l'un pour l'autre car ils renvoient aux notions voisines d'individu et de personne. Par ailleurs, les écrits sur les EPA mettent tantôt l'accent sur une approche techniciste en termes de composants logiciels, tantôt sur l'activité de l'utilisateur dans le choix et l'utilisation de tels composants (Henri, 2014). Le présent article adopte plutôt le point de vue d'un assemblage de composants tel que proposé dans (Attwell, 2007), c'est-à-dire une collection de services et d'outils choisis par l'apprenant et qui aide ce dernier à construire son propre réseau d'apprentissage comprenant différents types de ressources de formation, numériques ou humaines. Mais il servira aussi de base de discussion pour concevoir et implanter des fonctions suggérées à partir d'autres définitions. Nous nous focalisons sur la réalisation de différentes dimensions de la personnalisation au sein de composants logiciels destinés à des EPA, sans pour autant aborder de façon générale la question de leur réunion au sein d'un EPA.

Nous montrons (§2 et §3) que du point de vue de la conception et de la réalisation, la personnalisation suppose des connaissances particulières embarquées dans le logiciel et nous faisons un rapide état de l'art de l'existant sur ce point. Nous prenons ensuite (§4) l'exemple d'un environnement particulier, greffé sur une plateforme Moodle, pour montrer quels modèles de connaissances sont utilisés et quelle architecture permet de déployer des services personnalisés. Nous décrivons de façon détaillée la modélisation des données spécifiques à la prise en compte de la présence en ligne d'utilisateurs (apprenants, enseignants, professionnels, etc.). Les premières observations faites avec des étudiants utilisateurs sont présentées ensuite. Enfin (§5), nous nous interrogeons sur des prolongements possibles tant au niveau du prototype décrit que de la personnalisation des environnements de travail des apprenants en général.

2. EPA et personnalisation des ressources pédagogiques en ligne

Dans son article fondateur, Vassileva (2008) a établi que la mise en œuvre de technologies éducatives impose de s'intéresser au contexte social de l'apprentissage. Elle définit alors trois rôles principaux pour les environnements de formation du futur : (1) accompagner l'apprenant dans sa recherche du contenu adéquat (en accord avec le contexte, en tenant compte de la spécificité de l'apprenant et de ses besoins, le tout pédagogiquement), (2) accompagner l'apprenant dans sa mise en relation avec les personnes appropriées (...) et (3) le motiver et l'inciter dans ses apprentissages.

Pour atteindre ces objectifs, les recherches se sont appuyées sur des travaux menés dans différents domaines. L'identification de ressources éducatives est l'un d'eux. Ce problème a largement été étudié en particulier par des approches exploitant l'interopérabilité des métadonnées, menant à l'utilisation d'ontologies et permettant une meilleure adéquation entre les besoins des apprenants et le contexte. En tant qu'applications du web social, les solutions proposées exploitent à la fois les ontologies et les approches par mots-clés. Dans le même temps, la communauté des chercheurs en recommandation de contenus a développé des algorithmes puissants pour le secteur du e-commerce, ce qui a incité les chercheurs à les adapter dans le contexte de la e-formation (Vuokari *et al.*, 2009).

La prise en compte de la présence humaine en est un autre. Cela fait plusieurs années que les chercheurs affirment que la présence sociale est un facteur clé de la réussite en e-formation (Cob, 2009 ; Lowenthal, 2010). Aux commencements, la présence sociale n'était prise en compte que par la mise en place de forums et de messageries instantanées, ces outils ayant vocation à établir et maintenir le côté social. Le vrai changement a été de pouvoir intégrer les réseaux sociaux en ligne dans les EPA et d'offrir ainsi des ressources humaines. En théorie, ceci doit permettre aux étudiants d'interagir avec leur réseau social dans son ensemble, mais pour un contexte d'apprentissage donné, de nouvelles questions se posent : savoir qui est actif, qui pourrait être disponible, qui est le plus compétent pour répondre à une question ou apporter de l'aide, etc. (Beham, 2010).

Les propositions issues des recherches doivent ensuite être implantées dans des composants logiciels et mises à la disposition des apprenants. C'est par exemple ce qui a été fait dans le cadre du projet ROLE (*Responsive Open Learning Environment*) qui visait à proposer des environnements d'apprentissage garantissant aux étudiants d'être acteurs de leurs appren-

tissages, facilitant l'accès aux ressources ainsi que la mise en place de démarches réflexives (ROLE, 2013). L'approche adoptée dans ce projet et présentée dans (Bogdanov *et al.*, 2012) vise à intégrer les principales fonctionnalités des EPA dans le LMS des étudiants en y implantant des *widgets* activables à la demande, permettant d'étendre les fonctionnalités de la plateforme d'enseignement.

Nous allons maintenant détailler la mise en œuvre de fonctionnalités associées à ces objectifs à partir de données embarquées dans les systèmes informatiques.

3. Personnaliser à partir de modèles de connaissances

Nous considérons ici non pas la personnalisation venant du choix de composants par l'apprenant, mais celle venant des composants logiciels eux-mêmes, avec faculté pour l'apprenant d'utiliser ou non le service. La personnalisation se traduit alors notamment par des services un peu « intelligents » qui se souviennent de qui est l'apprenant, de ce qu'il a fait, de ce qu'il est en train de faire, dans quel univers physique, professionnel et/ou social il vit. Ce type de comportement suppose des données partagées et échangées entre les différents services. De quelles données avons-nous donc besoin et comment les modéliser ? Plusieurs approches ont été proposées pour la réalisation d'applications personnalisées à la formation, nous les décrivons brièvement, puis nous focalisons notre présentation sur les modèles à base de connaissances. Nous développons successivement les connaissances à représenter, la nécessité d'assurer l'interopérabilité au niveau des modèles et nous donnons des exemples de modèles déjà utilisés pour réaliser des environnements personnels d'apprentissage.

3.1. Plusieurs approches pour réaliser la personnalisation

Historiquement, la personnalisation a toujours été un objectif des travaux sur les systèmes informatiques pour l'apprentissage. Les premiers tuteurs intelligents (Sleeman & Brown, 1982) et les hypermédias adaptatifs (Brusilovsky, 1996) offraient des fonctions de personnalisation reposant sur des connaissances embarquées dans ces systèmes. Si les architectures et les fonctionnalités visées aujourd'hui sont bien différentes de ces systèmes pionniers, les bases de modèles apprenant étaient posées dans les systèmes tutoriels raisonnant à partir d'un modèle apprenant nommé « *overlay* », c'est-à-dire construit « par recouvrement » à partir du modèle des connaissances du domaine. La personnalisation concernait alors les rétroactions du système pendant l'exécution d'une activité ainsi que le séquençement des activités ou l'adaptation des parcours. Ces modèles ont

été enrichis notamment avec l'utilisation de modèles bayésiens (Conati, 2010) et par la prise en compte de plusieurs autres facteurs incluant par exemple des aspects émotionnels. De nombreux exemples en sont proposés dans la revue IJAIED (2009) dont les articles sont accessibles en ligne.

Ensuite sont apparues des méthodes numériques issues de la fouille de données (analyse de traces d'usage personnelles ou collectives). Ces méthodes développées plutôt dans le contexte du e-commerce ont été adaptées notamment pour la recommandation de ressources dans les systèmes de formation (Manouselis *et al.*, 2010 ; Santos & Boticario, 2012 ; Vuokari *et al.*, 2009), puis pour l'analyse des traces des apprenants (STICEF, 2007 ; Marty & Mille, 2009). Un courant de recherche spécifique sur la personnalisation s'est développé suite à l'augmentation du nombre et de la qualité des données disponibles *via* les sessions d'apprentissage en ligne, comme en témoignent la création des conférences *Educational Data Mining* (EDM, 2009) et *Learning Analytics* (LAK, 2009) et celle de la revue *Journal of Educational Data Mining* (EDM, 2009) et d'un numéro spécial de *JETS* (IFETS, 2009). Chaque ensemble de méthodes ayant ses avantages et ses inconvénients, des chercheurs proposent aussi des méthodes hybrides combinant les deux approches. La thèse soutenue par Gicquel (2013) en est un exemple pour réaliser la personnalisation des dispositifs mobiles d'apprenants en visite dans un musée.

Dans la suite de ce document, nous nous limitons aux approches reposant sur des modèles explicites de connaissances (approche systèmes à base de connaissances). Nous nous interrogeons successivement sur les connaissances à modéliser et sur la façon de les modéliser pour assurer la nécessaire interopérabilité des données, essentielle pour permettre ensuite des services communicants entre eux.

3.2. Quelles connaissances modéliser ?

Dans les tout premiers systèmes, la personnalisation était uniquement assurée à partir la représentation de connaissances relatives à l'apprenant dans un modèle d'apprenant. Dès que sont apparus les réseaux, l'apprentissage collaboratif, les échanges *via* Internet et plus récemment la mobilité, il est devenu nécessaire de représenter aussi une part du contexte dans lequel un apprenant évolue.

Les modèles d'apprenant ont été parmi les premiers modèles d'utilisateurs créés pour les systèmes informatiques, mais ensuite la modélisation des utilisateurs s'est développée comme une thématique plus large. Un modèle apprenant comprend généralement des données sta-

tiques relativement pérennes d'ordre général comme l'identité, les diplômes ou qualifications possédés, les préférences, etc. Un tel modèle comprend également des données dynamiques relatives à l'apprentissage en cours, qui évoluent au fur et à mesure des interactions logiciel/apprenant. De nombreuses caractéristiques relatives à un apprenant peuvent être saisies et implantées dans des prototypes. Cependant, il faut s'interroger sur leur utilité en fonction des objectifs visés. Dès 1988, Self (1990) conseillait de ne recueillir et conserver dans un modèle d'apprenant que les données véritablement utilisables. À ce sujet, Desmaisons et de Baker (2012) proposent une synthèse des dernières avancées en termes de modélisation de l'apprenant.

Les modèles de contextes sont aussi une préoccupation ancienne en informatique, voir par exemple (McCarthy, 1993). Plus récemment Zimmermann *et al.* (2007) ont caractérisé la notion de contexte pour les utilisateurs de systèmes informatiques de la façon suivante : « *Context is any information that can be used to characterize the situation of an entity. Elements for the description of this context information fall into five categories: individuality, activity, location, time and relations. The activity predominantly determines the relevancy of context elements in specific situations and the location and time primarily drive the creation of relations between entities and enable the exchange of context information among entities* ». Dans les systèmes dédiés à la formation, on peut citer les travaux de Jovanovic *et al.* (2007) qui proposent l'ontologie LOCO-Cite pour décrire le contexte d'usage d'une ressource d'apprentissage. Toutefois, c'est le développement des dispositifs mobiles qui a donné son essor aux travaux sur la représentation des contextes en général (informatique ubiquitaire) et pour les environnements d'apprentissage en particulier.

3.3. Comment assurer l'interopérabilité des données

L'absence de modèles de connaissances largement partagés a longtemps pesé sur le développement et l'échange d'applications (environ jusqu'aux années 2000), et pas seulement dans le champ de la formation. Heureusement, un certain nombre de recherches en ingénierie des connaissances ont fini par converger et la mise en place d'une structure internationale, le *World Wide Web Consortium* (W3C, 2009), a permis d'en cristalliser et prolonger les résultats. Le W3C réunit des institutions membres, une équipe permanente et toute personne intéressée. Il s'est donné pour mission de développer des standards ouverts pour assurer le développement à long terme du web. Les concepts, langages et outils dont nous disposons pour assurer l'interopérabilité au niveau des modèles sont

les ontologies exprimées en OWL, avec des éditeurs et des raisonneurs. Les auteurs d'ontologies sont invités à respecter un ensemble de bonnes pratiques pour les documenter et les publier en ligne.

Les ontologies sur lesquelles reposent des services de personnalisation utilisent en général les concepts de personne et de ressources qui sont déjà modélisés dans FOAF (FOAF, 2009) et SIOC (SIOC, 2009). FOAF (acronyme de *Friend Of A Friend*) propose un vocabulaire rdf pour décrire des personnes et les lier par des propriétés à d'autres entités du web. SIOC (acronyme pour *Semantically-Interlinked Online Communities*) est utilisé avec FOAF pour décrire des données relatives aux communautés en ligne.

Pour illustrer notre propos, nous allons décrire les modélisations de données utilisées dans un système qui intègre un service de personnalisation incluant les réseaux sociaux dans un environnement institutionnel d'apprentissage (EIA) sur Moodle.

4. Les modèles de connaissances du prototype OP4L

4.1. Objectifs et contexte du projet

OP4L (pour *Online Presence For Learning*) est un projet du programme européen SEE-ERANET dont la description complète est donnée sur le site web du projet (OP4L, 2009). OP4L a pour objectif d'explorer l'utilisation d'outils et de services web pour favoriser la présence sociale sur les plateformes de formation en ligne et permettre d'utiliser cette présence humaine pour améliorer les apprentissages. Dans la suite du texte, nous utilisons le sigle OP4L aussi bien pour nommer le projet que pour désigner le prototype construit au sein du projet.

OP4L met donc l'accent sur la présence en ligne qu'il définit comme une description temporaire de la présence d'un utilisateur dans le monde en ligne. Une telle description peut aussi être vue comme une image qu'une personne projette d'elle-même dans ce monde en ligne.

Le prototype OP4L a été construit à partir de DEPTHS (*DEsign Patterns Teaching Help System*), un logiciel de formation existant et accessible à partir d'une plateforme Moodle (Jovanovic *et al.*, 2007). DEPTHS utilise des ontologies comme base unificatrice permettant la mise à la disposition de l'apprenant de différents outils dans un environnement d'apprentissage collaboratif institutionnel, spécialisé pour l'apprentissage du concept de *design pattern* en génie logiciel.

4.2. Description fonctionnelle

La description technique du prototype OP4L sort du cadre du présent article. Le lecteur intéressé pourra la trouver dans Jovanovic *et al.* (2007) et dans les livrables du projet en ligne sur le site. Nous allons donc simplement en donner une vue générale et décrire les modèles et données qui rendent possibles la fourniture des services proposés.

OP4L tient compte du contexte, au sens des « context aware PLE » (Jeremic *et al.*, 2009), en intégrant des données de contexte provenant de différents systèmes, outils et services. Le contexte d'apprentissage y est défini comme le contexte d'une situation d'apprentissage donnée et il comprend les composants suivants (Jeremic *et al.*, 2011) : (1) l'activité d'apprentissage qui est exécutée ou l'événement relatif à l'apprentissage qui vient de survenir ; (2) le matériel de formation (ressource, document) utilisé ou produit par l'apprenant durant cette activité ; (3) les personnes impliquées (apprenants, enseignants, experts) ; (4) l'environnement en ligne dans lequel l'activité se déroule ; (5) le moment auquel l'activité se déroule.

Ces données contextuelles sont intégrées dans un modèle flexible reposant sur des ontologies, plus précisément un ensemble d'ontologies inter-reliées nommé LOCO framework (*Learning Object Context Ontologies*) (Jeremic *et al.*, 2011). Ces ontologies représentent la couche fondatrice pour le développement de l'application informatique DEPTHS, dont les principales caractéristiques sont : (1) l'intégration de données et de ressources provenant de différentes applications d'apprentissage avec lesquelles l'apprenant interagit ; (2) la recommandation de ressources portant sur les *design patterns* en tenant compte du contexte constitué d'entrepôts en ligne, des ressources produites et partagées par les apprenants, des fils de discussion et autres données disponibles ; (3) les recommandations contextualisées faites par d'autres étudiants, experts ou enseignants pour offrir de l'aide dans une situation donnée.

4.3. Modéliser la présence en ligne

Beaucoup d'auteurs ont étudié la présence en ligne et leurs écrits constituent autant de sources potentielles pour dégager les traits qui peuvent la caractériser et faire partie d'un modèle informatique. L'idée de présence a été largement étudiée d'abord dans le cadre de la formation à distance, pas encore en ligne (Garrison & Arbaugh, 2007 ; Lowenthal, 2010 ; Richardson & Swan, 2003), puis dans le cadre de la formation en ligne (Aragon, 2003 ; Cob, 2009 ; Jovanovic *et al.*, 2009). Plusieurs formes de pré-

sence sont d'ailleurs distinguées (Norman, 2004 ; Wilson, 2009), présence cognitive, sociale, présence du formateur, etc., toutes les études en soulignent les bénéfices pour les apprentissages, parlant de la création d'une sorte de « sixième sens en ligne ».

Cependant, des études de communication dans les situations de face-à-face montrent l'importance de communications verbales et non-verbales comme la proximité physique, le langage du corps, les expressions faciales, les gestes, la façon de s'habiller, etc. Aucun de ces éléments n'existe à l'identique dans les environnements de formation en ligne. Ils sont « remplacés » jusqu'à un certain point par certains caractères de la présence en ligne comme les messages indiquant le statut (occupé, disponible, absent), des avatars, des témoins de présence, la localisation actuelle, l'activité actuelle, etc.

Les premières réalisations ont essentiellement exploré cette présence virtuelle au travers de forums et d'outils de messagerie instantanée. L'apparition des réseaux sociaux et la rapide expansion de leur usage a amené les concepteurs d'environnements de formation en ligne à étudier les bénéfices éventuels de ces réseaux en les intégrant dans l'espace de formation. Le défi est alors d'adapter les interactions système-personne à l'état de présence des apprenants (conseiller quelqu'un qui est disponible) et à proposer des services de façon à ce que les interactions entre participants tiennent compte de ces données sur leur état de présence.

Plusieurs approches ont été proposées, notamment dans les systèmes de recommandations de ressources. Certaines tendent à exploiter des données de type appréciations ou *tag* provenant de certains services ou applications pour compléter une indexation sémantique traditionnelle de ressources pédagogiques, par exemple les propositions de fusion entre web sémantique et web participatif faites par Huynh Kim Bang (2009). D'autres, comme Gilliot *et al.* (2012), dans le prototype SMOOPLE, utilisent directement des données issues de diverses applications dont les réseaux sociaux en même temps que des modèles sémantiques relatifs au domaine d'activité et au contexte.

Certains travaux ont proposé des approches permettant la recommandation d'acteurs, de ressources et/ou d'activités, comme par exemple El Helou *et al.* (2010) qui exploitent le système de recommandation des 3A (*Actors, Assets et Group Activities*), cependant aucune approche, à notre connaissance, ne propose de recommander des personnes en indiquant comment les joindre (en tenant compte de leurs états en ligne) de la même façon que des ressources numériques dans une plateforme de for-

mation, fusionnant les données distribuées dans les réseaux de mobiles et les réseaux sociaux.

L'ontologie proposée (figure 1) vise à décrire la présence en ligne dans le « monde en ligne », c'est-à-dire essentiellement les messageries instantanées et les sites des réseaux sociaux. Elle respecte au mieux les principes d'interopérabilité et d'économie que nous avons posés. En effet, elle utilise au maximum des ontologies existantes et largement référencées pour décrire les entités connues, comme FOAF et SIOC précédemment citées. Elle n'introduit que quelques entités et relations nouvelles pour décrire des concepts non encore modélisés comme le statut d'une présence en ligne qui peut prendre les valeurs *activité*, *visibilité*, *contactable*, *dérangeable*. Un agent déclare sa présence en ligne, qui peut se manifester de différentes façons, par exemple, en affichant sa photo et/ou ce qu'il est en train de faire, etc. Enfin, elle est entièrement documentée et son code RDF est disponible en ligne (OPO, 2009), le lecteur intéressé y trouvera notamment les définitions précises de chacun des concepts et des relations pro posées.

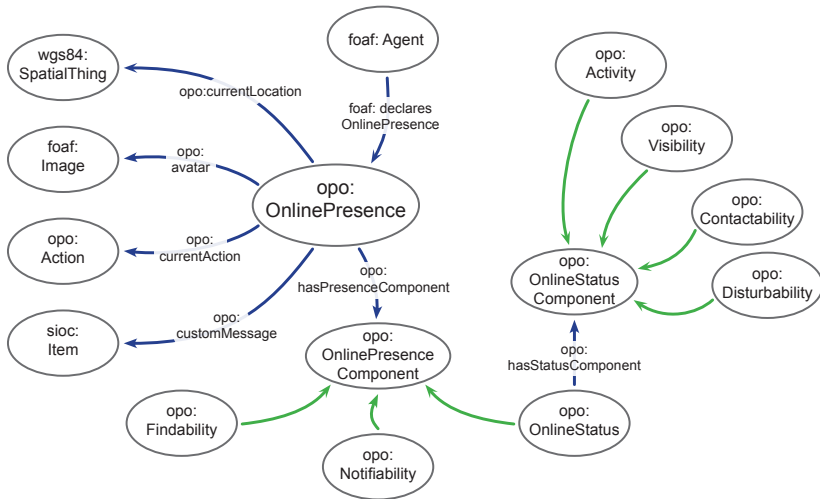


Figure 1 • Le modèle de « présence en ligne » extrait de (Stankovic, 2008)

Pour le projet OP4L, la notion de contexte d'apprentissage de DEPTHS a été étendue pour y inclure la notion de présence en ligne telle que définie précédemment. En conséquence des liens ont été établis entre les ontologies LOCO et une nouvelle ontologie de présence en ligne nommée OPO (*Online Presence Ontology*) de façon à obtenir une définition sémantique précise de cette notion de contexte d'apprentissage étendu (Jovanovic *et al.*, 2009 ; Stankovic, 2008). Les ontologies LOCO et OPO ainsi intégrées servent donc de nouvelle couche fondatrice pour le développement de services au sein de l'application OP4L. Ces services utilisent les données de présence en ligne pour recommander aux apprenants les personnes qu'ils ont intérêt à contacter afin d'obtenir de l'aide ou de proposer du travail collaboratif.

Par exemple, un étudiant qui a le profil et les compétences requises, et qui est en ligne, ne sera pas recommandé si son statut indique qu'il est occupé et ne souhaite pas être dérangé. En revanche, le système peut recommander une rencontre en face-à-face avec un autre étudiant qui vient de rentrer dans le bâtiment et dont le statut indique qu'il peut être contacté.

Une démonstration est accessible en ligne sur le site du projet et les *plugs-in* développés pour l'échange de données de présence en ligne y sont documentés.

4.4. Principaux services implantés dans OP4L

La page d'accueil principale est celle d'une plateforme Moodle standard. L'objectif est d'offrir aux étudiants des services nouveaux dans un environnement qu'ils maîtrisent. Le prototype OP4L affecte principalement le contenu d'un cours intitulé "*Updating patient's data problem UML modelling tool*". Une fois ce cours sélectionné, nous avons accès aux fonctionnalités de la plateforme (voir figure 2). On note en haut à gauche une fenêtre indiquant des personnes recommandées, ici Zoran, Mira et Kevin, le type de présence (ici données issues de Facebook) et la façon dont ils peuvent être contactés (ici par courrier électronique). L'ontologie OPO, celles décrivant les acteurs (leur identité, leurs compétences par rapport au problème en cours de résolution) et le domaine de travail, ainsi que les *plugs-in* permettant de mettre à jour à intervalles réguliers les données de présence issues des réseaux sociaux ont servi au calcul des personnes à recommander. Un tel processus suppose que les personnes concernées aient donné leur accord pour que leurs diverses formes de présence en ligne soient récupérées par le logiciel. D'un point de vue opérationnel, on notera que OP4L va plus loin que l'installation de services à la carte pro-

posée par le projet ROLE puisqu'il traite les données issues de tels services (par exemple, la présence captée sur Facebook), mais ne laisse pas la même flexibilité aux utilisateurs enseignants ou étudiants.

De plus, la plateforme dispose des fonctionnalités plus classiques de recommandation de contenus relativement aux centres d'intérêts (figure 3).

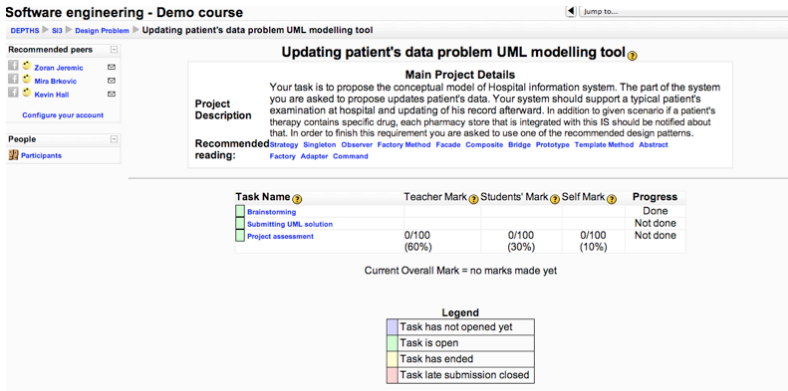


Figure 2 • À l'intérieur du prototype

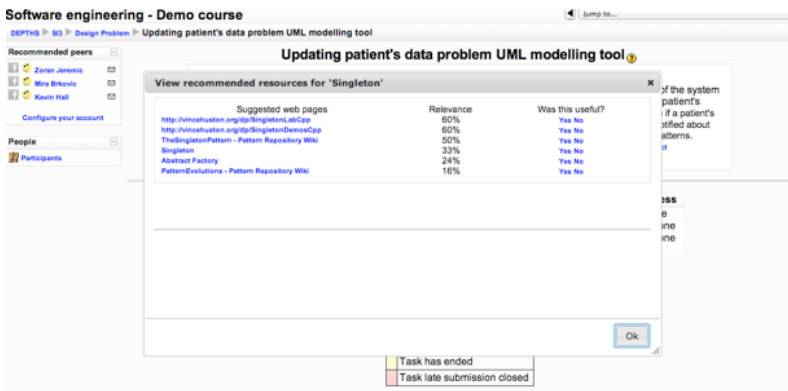


Figure 3 • Recommandation de contenus

Une originalité est d'avoir intégré les travaux échangés entre les étudiants aux ressources de la bibliothèque numérique.

Le service de recommandation de ressources utilise les descriptions de ces ressources faites à partir notamment des ontologies du domaine de travail (les patrons de conception en génie logiciel). Pour collaborer, les étudiants disposent également d'un outil de brainstorming permettant

l'annotation et l'enrichissement des idées échangées. Enfin, les étudiants ont la possibilité de soumettre leurs travaux pour une évaluation par leurs pairs.

4.5. Enquête et démonstrations auprès d'étudiants

4.5.1. Objectifs et méthodologie

Notre objectif était d'obtenir un rapide retour d'utilisateurs potentiels (étudiants niveau master) à propos des fonctionnalités relatives à la présence en ligne offertes dans OP4L. En effet, comme expliqué dans le paragraphe précédent, la plupart des résultats en sciences sociales n'ont pas été établis sur l'utilisation d'un LMS proposant des services de présence en ligne. Ainsi, nous ne disposons d'aucune donnée précise relative aux attentes des étudiants en matière de présence en ligne. Une analyse en profondeur avant le développement d'un prototype offrant des services basés sur des technologies sociales et sémantiques est une tâche quasi-impossible à cause de la rapidité de l'évolution de ces technologies. En effet, toute analyse de besoins conduite dans le contexte des technologies existantes ne correspondra à aucune des technologies disponibles quelques années plus tard. C'est pourquoi la plupart des équipes de recherche choisit de construire des prototypes d'environnements d'apprentissage offrant de nouveaux services et d'analyser comment les utilisateurs finaux utilisent, aiment ou pas les nouvelles fonctionnalités. C'est par exemple la conclusion de Brooks *et al.* (2009) dans leur communication intitulée : *"Lessons Learned using Social and Semantic Web Technologies for E-learning"*: *"there is no substitute for constantly trying to test techniques in the real world of students' learning"*. Le projet OP4L a adopté une telle approche par prototypage.

4.5.2. Population test et mise en œuvre

Les premiers retours à propos de la plate-forme OP4L ont été collectés en février 2012 auprès de 15 étudiants de l'université de Lorraine. Ces 15 étudiants ont été choisis pour être représentatifs de filières où ce genre d'outils n'est pas mis en œuvre afin de disposer de retours avec un œil neuf. Aucun des étudiants, ni de leurs enseignants n'était impliqué directement dans le développement du prototype. De plus, les étudiants n'ont pu tester que les fonctionnalités de la plateforme sans pouvoir effectuer les tâches proposées puisque le cours implanté sur le prototype est un cours spécialisé de génie logiciel et que les étudiants disponibles pour ce premier test appartenaient à d'autres disciplines. Cependant, il était intéressant pour la poursuite du projet de pouvoir recueillir les avis

d'étudiants, puisqu'aucune enquête n'avait été effectuée pour établir le cahier des charges, et notamment d'étudiants issus d'autres disciplines que les sciences de l'ingénieur. Les étudiants ont été classés dans les cinq catégories suivantes afin d'observer d'éventuelles variations : (1) 3^e année de licence en communication, (2) 1^{re} année de master en droit privé européen, (3) 1^{re} année de master en chimie, (4) 2^e année de master en technologies multimédia, (5) 2^e année de DUT Génie Biologie Santé. L'étude s'est déroulée en trois étapes.

Étape 1. Les étudiants ont reçu un texte de présentation des services de présence en ligne et des scénarios proposés par l'environnement DEPTHS. Un premier questionnaire (voir résultats en 4.5.3) a cherché à mettre en évidence leurs usages et leur maîtrise des environnements et outils issus du web et des réseaux sociaux. Afin d'identifier leurs premières attentes en matière d'intégration de ce genre de services, il a également été demandé de proposer un scénario idéal, selon eux, d'utilisation de ces services.

Étape 2. Nous avons proposé une démonstration du prototype OP4L-DEPTHS et plus spécifiquement des services de présence en ligne ; ils ont été alors libres de l'utiliser comme ils le voulaient, revoir les services par exemple.

Étape 3. Un second questionnaire a permis de recueillir les premiers retours et impressions après présentation et usage de ces services.

4.5.3. Retours des étudiants sur leurs usages et attentes à propos des réseaux sociaux

Ci-après, nous détaillons les profils d'usages des étudiants sur les réseaux sociaux, tels qu'ils apparaissent au dépouillement du premier questionnaire.

Profils utilisateurs des technologies dans leurs apprentissages universitaires

La fréquence d'utilisation de la plateforme *Moodle* est principalement une fois par semaine sauf pour les étudiants en master de droit qui l'utilisent plus de trois fois par semaine. Parallèlement, le moyen privilégié pour contacter les autres étudiants est le téléphone portable – le courriel n'est utilisé que de façon épisodique. Par contre, tous les étudiants mentionnent le fait qu'ils se connectent à leurs réseaux sociaux au moins une fois par jour.

Scenarios identifiés par les étudiants

Pour tous les étudiants (communication, droit, santé, multimédia), le scénario se place dans le cadre de la réalisation d'un projet (en autonomie ou collaboratif). Une des premières attentes concerne la recherche d'informations. Le constat de ces étudiants est que les recherches standards sur Wikipedia de termes techniques sont rarement satisfaisantes (articles non adaptés, recherches non abouties, etc.). Le service de recommandation de pairs va leur permettre d'entrer en contact avec les étudiants dont les centres d'intérêts sont similaires. L'état des pairs (disponible pour échanger, pour une réunion, pour travailler) leur donnera la possibilité d'obtenir une information adaptée, dans la forme et le fond, à leurs besoins et leurs attentes.

Enfin, les activités proposées (plus particulièrement, les activités soutenues par l'outil de brainstorming) permettront de renforcer les échanges et les collaborations en systématisant les conseils et les échanges pair-à-pair.

4.5.4. Retours des étudiants sur les aspects présence en ligne

Le tableau 1 page suivante rassemble les réponses données par les étudiants au second questionnaire visant à évaluer leur perception et leur intérêt pour les services de présence en ligne envisagés dans OP4L. Seuls les quatre premiers étaient implantés dans le prototype. Le tableau affiche les résultats par catégories d'étudiants comme plus haut dans le texte. Les étudiants avaient pour consigne de classer par ordre d'importance les propositions données (de 1 pour le plus important à 8).

Nous donnons ci-après quelques suggestions et commentaires proposés librement par les étudiants.

Suggestions

Permettre la création de profils utilisateurs détaillés incluant les formations suivies, les centres d'intérêt et quelles sont les personnes qui ont été aidées et dans quels domaines. Ceci permettra d'avoir une meilleure connaissance des personnes connectées afin de mieux cibler les personnes à interroger.

Donner la possibilité d'avoir une liste des pairs recommandés au delà de la liste des contacts existants sur les réseaux sociaux utilisés afin d'élargir le champ des personnes susceptibles de collaborer ou d'apporter une aide.

Tableau 1 • Appréciations données par les étudiants sur l'ensemble des dimensions de la présence en ligne.

Dimensions/ Catégories des étudiants	Cat1	Cat2	Cat3	Cat4	Cat5
Savoir qui est présent sur la plate-forme de formation	1	2	2	3	1
Savoir ce que les autres font (quelle activité)	5	4	1	5	3
Savoir qui est disponible pour communiquer	2	1	4	1	4
Savoir qui est occupé et ne veut pas être dérangé	6	3	3	2	2
Savoir où est une personne (géolocalisation)	7	5	7	7	8
Savoir ce que ressentent les autres étudiants (pressés, fatigués, enthousiastes, etc.)	8	7	8	8	7
Savoir ce qui les intéresse en ce moment	4	6	5	4	5
Savoir ce qu'ils aiment ou n'aiment pas	3	8	6	6	6

Commentaires

Cet outil peut ainsi être utile pour identifier les contenus additionnels appropriés, pour collaborer sur des sujets spécifiques et pour recevoir des conseils sur des travaux déjà réalisés. La propriété « social » semble être vraiment un plus pour les étudiants. L'ergonomie générale de l'outil étudié est plutôt bonne et bien adaptée.

La possibilité d'interroger et collaborer constitue le point fort et le fait de disposer de l'information quant à l'état des connectés permet d'optimiser les contacts et les échanges. Les fonctionnalités les plus appréciées sont, savoir qui est disponible pour communiquer, savoir qui est occupé et ne veut pas être dérangé, savoir qui est présent sur la plate-forme de formation. Les principales conséquences identifiées suite à l'usage des services proposés sont le gain de temps et des réponses plus pertinentes aux demandes. On note que, quelle que soit la discipline de provenance, tous placent en bonne position le fait de savoir qui est présent sur la plateforme et qui est disponible pour communiquer. Il faudrait creuser l'importance qu'ils attachent ou non à l'idée de savoir parmi les disponibles quelle est la personne la plus apte à les aider, ce qui ne pourra se faire qu'avec des étudiants de génie logiciel utilisant l'environnement

pour leur projet de design pattern. Il n'y a pas pour l'instant de différence significative relative à la discipline de l'étudiant.

4.5.5. Analyse des résultats obtenus

Cette étude portait sur une première démonstration du prototype OP4L auprès d'étudiants qui n'étaient pas la population cible initiale et qui appartiennent à une université différente de celle dans laquelle OP4L a été conçu et implanté. L'hypothèse était que la fourniture de services de présence en ligne dans une plate-forme de formation pouvait apporter une aide significative pour certaines de leurs activités pédagogiques. Si l'hypothèse est vérifiée, de tels services pourront être proposés pour constituer des EPA. L'analyse préalable de l'usage que les étudiants font quotidiennement des techniques de communication et environnements numériques de travail a montré qu'ils n'étaient pas des utilisateurs réguliers de Moodle. Les réseaux sociaux et le téléphone apparaissent comme leur moyen de communication préféré. Dans ce contexte, l'appréciation qu'ils portent sur le prototype est plutôt encourageante, puisque, sans être des familiers du travail dans Moodle, ils perçoivent immédiatement l'intérêt qu'un tel outil pourrait leur apporter pour un des travaux importants dans le cadre de la préparation de leur master, à savoir le projet par groupes qu'ils proposent tous dans le scénario demandé. De plus, nous avons recueilli leur classement des différentes dimensions caractérisant la présence en ligne que nous avons proposées. Les résultats montrent à nouveau leur intérêt, mais mériteraient des études complémentaires et des croisements avec les appréciations d'autres étudiants. Enfin, parmi les points positifs, ils mentionnent un gain potentiel de temps pour effectuer leur travail, ce qui est certainement un critère important aussi bien pour les étudiants que pour les enseignants qui les encadrent. Du point de vue des enseignants, ce type d'outil favorise l'activité de l'étudiant, sa prise d'initiative et la collaboration avec les pairs, et donc la transition depuis des activités à l'initiative des enseignants vers des activités centrées sur des groupes d'apprenants. Nous notons de plus l'absence de remarques négatives relatives à l'utilisation de données issues des réseaux sociaux.

D'autres évaluations plus précises de l'environnement de formation OP4L ont été effectuées chez d'autres partenaires du projet (OP4L evaluation, 2012). L'une, orientée logiciel, repose sur la méthode SUMI (*Software Usability Measurement Inventory*) proposée en génie logiciel. Une autre, conduite à l'université de Skopje, a concerné des étudiants en informatique qui ont utilisé les services OP4L pour résoudre des exercices de design patterns. De façon assez inattendue, et alors qu'ils n'hésitent pas à

contacter leurs enseignants via Facebook, ils ont peu utilisé cette fonction et ont déclaré réserver les réseaux sociaux pour des « activités privées ». Nous expliquons partiellement ces réactions par le caractère singulier et artificiel d'un système utilisé à la veille d'examens traditionnels où aucune collaboration n'était permise.

5. Conclusions et perspectives

5.1. Sur les EPA en général

Les paragraphes précédents ont montré que l'on savait modéliser beaucoup de connaissances permettant la personnalisation et assurant une bonne interopérabilité entre services les utilisant. D'un point de vue opérationnel, des limites existent. Elles tiennent notamment au coût de développement de certains modèles, à la difficulté d'acquisition de certaines données, au temps d'exécution de certains traitements. Par exemple, nous n'avons pas inclus de données relatives au volet socio-affectif des apprenants, comment ils perçoivent ce que ressentent les autres. Parmi ces possibles, il faut donc parvenir à déterminer ce qui est utile, pour qui, dans quel contexte de formation. Mais les plus grandes difficultés résident sans doute dans l'identification des services souhaités et l'étude d'un rapport qualité/prix pour chacun d'eux, puis dans la mise à disposition de services à la fois largement paramétrables au gré des besoins (évolutifs) des utilisateurs et pourtant simples et conviviaux. Quelles architectures flexibles proposer ? La plupart des fonctions de personnalisation implantées jusqu'ici le sont dans des environnements relativement fermés, et rarement à la demande de l'utilisateur, alors que le vrai défi est celui d'une offre relativement ouverte de services recombinaisons au sein d'EPA. À quels apprenants faut-il laisser ces initiatives ? Comment les préparer à en faire bon usage ? Ces travaux contribuent à définir les cahiers des charges de modules logiciels permettant aux apprenants de configurer leur EPA.

5.2. Vers une autre définition de l'identité par le numérique

Dans les perspectives en marge de ces travaux, émerge une nouvelle vision de l'identité par le numérique. Des modèles spécifiques vont permettre d'écrire l'être au sein des EPA selon deux dimensions complémentaires à celle étudiée ci-dessus, à savoir en « *grammes* » et en « *interactions* », (Nowakowski, 2013). En effet, le « gramme » en tant que combinaisons de la trace et du graphe devient l'entité visible, combinable et/ou traitable de l'individu qui « s'individue » par la technologie. Ainsi, dans cette logique, et comme l'affirme Merzeau dans (Merzeau, 2009),

nous ne pouvons pas ne pas laisser de trace. Ces traces comme signifiants, résultats des interactions avec de multiples dispositifs techniques, sont contextuelles et les réseaux (sociaux, pédagogiques, professionnels et autres) deviennent l'espace de manifestation d'une *différance*, (Derrida, 1967).

Ainsi, pour continuer dans cette direction, le modèle de cette identité représente alors l'ensemble de cette chaîne d'éléments associée aux séquences d'événements qui se matérialisent en traces. Le modèle va ainsi donner à voir une part du signifié que nous construisons autour des usages. De cette vision, nous pouvons dériver des trajectoires individuelles au sein d'un dispositif numérique en ligne (site web ou EPA). Cette trajectoire permet alors une approche géométrique pour l'étude des usages du numérique qui nous permet de mettre en place de nouvelles stratégies de recommandation de contenus au sein des EPA, mais également nous amène à repenser la notion d'identité par le numérique et, au-delà ouvre le champ de recherche sur les EPA vers celui de l'être en numérique.

Remerciements

Le projet OP4L a été partiellement financé par le programme européen SEE-ERANET, projet n° 115. Nous remercions tous les partenaires pour leur coopération ainsi que les étudiants de master qui ont accepté de participer à cette étude. Nous remercions également les lecteurs de la première version soumise pour leurs suggestions constructives.

BIBLIOGRAPHIE

ARAGON S. R. (2003). Creating social presence in online environments, in *New Directions for Adult and Continuing Education*, n° 100, p. 57-68.

ATTWELL G. (2007). The Personal Learning Environments – the future of eLearning?, *eLearning Papers*, 2(1) : <http://www.elearningeuropa.info/files/media/media11561.pdf>, consulté le 25 avril 2014)

BEHAM G., KUMP B., LEY T., LINSTAED S. N., (2010). Recommending knowledgeable people in a work-integrated learning system. *1st RecSysTEL workshop*, Procedia Computer Science 1, Elsevier, p. 2783-2792

BOGDANOV E., ULLRICH C., ISAKSSON E., PALMER M., GILLET D., (2012). From LMS to PLE: A Step Forward through OpenSocial Apps in Moodle. *Conference ICWL*, Sinaia, Romania,, LNCS 7558, Springer Verlag, p. 69-78

BROOKS C., BATEMAN S., GREER J., McCALLA G., (2009). Lessons Learned using Social and Semantic Web Technologies for E-Learning. In *Semantic Web Technologies for e-Learning*, Dicheva D., Mizoguchi R., Greer J., eds., IOS Press

BRUSILOVSKY P., (1996). Methods and techniques of Adaptive Hypermedia, *User Modeling and User-Adapted Interaction*, Vol. 6 (2-3), 87-129

COB S.C., (2009). Social Presence and Online Learning: A current view from a Research Perspective. *Journal of Interactive Online Learning*, Vol. 10 (3), 241-254

CONATI C., (2010). Bayesian Student Modeling. In Nkambou R., Bourdeau J. & Mizoguchi R. (eds.), *Advances in Intelligent Tutoring Systems*, Studies in Computational Intelligence, Springer Verlag,

DERRIDA J, (1967). *De la grammatologie*, Les éditions de Minuit, Paris

DESMARIS M.C., de BAKER R.S.J., (2012). A review of recent advances in learner and skill modeling in intelligent learning environments, *User Model User-Adapted Interaction*, Vol. 22, 9-38

EDM, (2009). Site de EDM : <http://www.educationaldatamining.org/>

EL HELOU S., SALZMANN C., GILLET D., (2010). The 3A Personalized Contextual and Relation-based Recommender System, *Journal of Universal Computer Science*, Vol. 16, 2179-2195

FOAF, (2009). Ontologie FOAF : <http://xmlns.com/foaf/spec/>

GARRISON D.R., ARBAUGH J.B., (2007). Researching the community of Inquiry Framework: Review, Issues, and Future Directions. *The Internet and Higher Education*, Vol. 10(3), 157-172

GICQUEL P.Y., (2013). *Proximités sémantiques et contextuelles pour l'apprentissage en mobilité : Application à la visite de musée*, Thèse de doctorat, UTC, mai 2013.

GILLIOT J.-M., GARLATTI S., REBAI I., PHAM NGUYEN C., (2012). A Mobile Learning Scenario improvement for HST Inquiry Based Learning, in *EWFE workshop proceedings*, WWW 2012, Lyon

GRANDBASTIEN M., NOWAKOWSKI S., (2012). Recommander des ressources humaines dans un LMS. Exemple du projet OP4L. *Actes du colloque TICE 2012*, Lyon.

HENRI F., (2014). Étude sur les environnements personnels d'apprentissage comme domaine de recherche, *STICEF vol. 21, numéro thématique sur les EPA*, (à paraître).

HUYNH KIM BANG B., (2009). *Indexation de documents pédagogiques: Fusionner les approches du Web Sémantique et du Web participatif*, thèse de doctorat, UHP, Nancy

IFETS, (2009). Site de Education Forum for Educational Technology and Society: <http://www.ifets.info/>

IJAIED, (2009). Site de la revue IJAIED : <http://iaied.org/journal/about/>

JEREMIC Z., JOVANOVIC J., GASEVIC D., (2009). Semantic Web Technologies for the Integration of Learning Tools and Context-aware Educational Services. In *Proceedings of the 8th International Semantic Web Conference*, Washington, DC, USA, LNCS Vol. 5823, p. 860-875

JEREMIC Z., MILIKIC N., JOVANOVIC J., RADULOVIC F., BRKOVIC M. (2011). Using Online Presence to Support Collaborative Learning in Personal Learning Environments: the OP4L Approach. In *Proceedings of the Second International Conference on eLearning*, p. 130-136

JOVANOVIC J., KNIGHT C., GASEVIC D., RICHARDS G., (2007). Ontologies for Effective Use of Context in e-Learning Settings. *Educational Technology & Society*, Vol. 10(3), 47-59

JOVANOVIC J., GASEVIC D., STANKOVIC M., JEREMIC Z., SIADIATY M., (2009). Online Presence in Adaptive Learning on the Social Semantic Web. In *Proceedings of the 1st IEEE International Conference on Social Computing - Workshops (Workshop on Social Computing in Education)*, Vancouver, BC, Canada, p. 891-896

LAK, (2009). Site des conférences Learning Analytics : <http://lakconference2013.wordpress.com/> (consulté le 21 avril 2013)

LAVOUE E., RINAUDO J.-L., (2012). Editorial du numéro spécial Individualisation, personnalisation et adaptation des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain. *Revue STICEF*, Vol. 19, 2012, mis en ligne le 21/02/2013, <http://sticef.org>

LOWENTHAL P. R., (2010). Social Presence. In S. Dasgupta (Ed.), *Social computing: Concepts, methodologies, tools, and applications*, Hershey, PA: IGI Global, p. 129-136

MCCARTHY J., (1993). Notes on formalizing context. *IJCAI'93, Proceedings of the 13th international joint conference on artificial intelligence*, Vol. 1, p. 555-560

MANOUSELIS N., DRACHSLER H., VUORIKARI R., HUMMEL H., KOPER R., (2010). Recommender Systems in Technology Enhanced Learning. In *Handbook of Recommender Systems*, Ricci, F., Rokach, L., Shapira, B., Kantor, P.B. (eds), p. 387-415

MARTY J.C., MILLE A. Eds, (2009). *Analyse de traces et personnalisation des environnements informatiques pour l'apprentissage humain*. Traité IC2. Lavoisier. Paris

MERZEAU L. (2009). Du signe à la trace. Dans *Empreintes de Roland Barthes*. Hermès.

NORMAN D., 2004. *Emotional Design*, New York Basic Books

NOWAKOWSKI, (2013). <http://nowakowski.hypotheses.org> (consulté le 25 avril 2014)

OP4L, (2011). Site du projet OP4L : <http://op4l.fon.bg.ac.rs/>

(OP4L evaluation, 2012), OP4L Livrable D6.1 : <http://op4l.fon.bg.ac.rs/sites/default/files/OP4LD6.1.pdf>

OPO, (2009). Site de téléchargement de l'ontologie : <http://online-presence.net/opo/spec/>

RICHARDSON J. C., SWAN K., (2003). Examining social presence in online courses in relation to students' perceived learning and satisfaction. *Journal of Asynchronous Learning Networks*, Vol. 7(1), 68-88

Site du projet ROLE : <http://www.role-project.eu/Scientific-Publications> (consulté le 20 avril 2014)

SANTOS O.C., BOTICARIO J.G., (2012). *Educational Recommender Systems and Technologies. Practices and Challenges*. IGI Global.

SELF J.A. (1990). Bypassing the intractable problem of student modelling. In C. Frasson and G. Gauthier (eds.), *Intelligent Tutoring Systems: at the Crossroads of Artificial Intelligence and Education*, p.107-23, Norwood, N.J.: Ablex

Ontologie SIOC : <http://sioc-project.org/ontology>

SLEEMAN D.H., BROWN J.S. (eds). (1982), *Intelligent Tutoring Systems*. Academic Press, New York, 345p.,

STANKOVIC M., (2008). Modeling Online Presence. In *Proceedings of the First Social Data on the Web Workshop*, Karlsruhe, Germany.

Revue en ligne *STICEF*, (2007). Numéro spécial: Analyses de traces d'interaction dans les EIAH, http://sticef.univ-lemans.fr/num/vol2007/sticef_2007_som.htm, (consulté le 25 avril 2014).

VASSILEVA J., (2008). "Towards Social Learning Environments", *IEEE TLT*, Vol. 1 (4), p. 199-214

VUOKARI R., MANOUSELIS N., DUVAL E. (eds.) (2009). Special Issue on Social Information Retrieval for Technology Enhanced Learning, *Journal of Digital Information*, Vol. 10 (2)

W3C, (2009). Site du W3C : <http://www.w3.org>

WILSON S., (2009). Presence in Social Networks, in S. Hatzipanagos and S. Warburton (eds.), *Handbook of Research on Social Software and Developing Community Ontologies*, IGI Global, p. 493-511

ZIMMERMANN A., LORENZ A., OPPERMAN R., (2007). An operational definition of context. In *Proceedings of the 6th international and interdisciplinary conference on modeling and using context, CONTEXT'07*, Berlin, Heidelberg, Springer Verlag, p. 558-571



Scénario pédagogique pour la réalisation d'une maquette d'EPA par des étudiants de 1^{re} année de Licence : une aide à l'autorégulation de l'apprentissage ?

► **Stéphanie MAILLES-VIARD METZ** (PRAXILING, Montpellier),
Émilie VAYRE (TEZO, Paris Nanterre),
Chrysta PELISSIER (PRAXILING, Montpellier)

■ **RÉSUMÉ** • Au regard des caractéristiques des Environnements Personnels d'Apprentissage (EPA) évoquées dans la littérature du domaine, nous pensons que s'appuyer sur la conception d'un EPA dans le cadre d'un scénario pédagogique va permettre aux étudiants de développer un profil motivationnel autodéterminé, d'accroître leur sentiment d'auto-efficacité et d'expérimenter de nouvelles stratégies d'apprentissages. L'objectif de cet article est de rendre compte de la première étape d'une étude ayant pour objectif de mettre à l'épreuve cette hypothèse. Dans cette perspective nous présenterons les travaux scientifiques qui soutiennent la formulation de cette hypothèse, le scénario pédagogique ciblé ainsi que le dispositif d'évaluation élaboré afin d'en mesurer les effets.

■ **MOTS-CLÉS** • Environnement personnel d'apprentissage, processus de conception, scénario pédagogique, dispositif d'évaluation, motivation, sentiment d'efficacité personnelle, stratégies d'apprentissage.

■ **ABSTRACT** • *Regarding the characteristics of Personal Learning Environments (PLE) mentioned in the literature, we believe that designing a PLE in a pedagogical context will help students to develop self-determined motivational profile, increase their self-efficacy and experiment with new learning strategies. The objective of this paper is to report on the first phase of a longitudinal study aimed to test this hypothesis. In this context we present a state of art of the psychological dimensions involved, the pedagogical scenario and the evaluation device developed to measure the effects of the design of a PLE.*

■ **KEYWORDS** • *Personal learning environments, design process, pedagogical scenario, assessment method, motivation, self-efficacy, learning strategies.*

1. Introduction

Alors que les plateformes de gestion des apprentissages (LMS) soutiennent de plus en plus les activités d'enseignement dans les études universitaires, elles mettent souvent de côté l'activité d'apprentissage des étudiants. En effet, les scénarios choisis par les enseignants guident les étudiants dans ce qu'ils doivent apprendre et produire mais l'étudiant subit ce déroulement tout en l'adaptant à ses propres méthodes d'apprentissage. En outre, l'apprentissage ne se réalise plus grâce aux seuls cours des enseignants mais par l'articulation de ressources multiples dont le cours fait partie. Dans ce contexte, l'apprenant doit être actif et autonome. Pour atteindre cet objectif, les apprenants ont également accès à des environnements collaboratifs autogérés (Arnaud, 2003) principalement utilisés pour l'apprentissage à distance. L'activité collaborative suscitée par ces outils vise à rendre l'apprenant actif grâce à la nécessité d'interagir avec d'autres, mais elle n'est pas suffisante et doit s'accompagner d'activités individuelles pour tenir compte de l'activité globale d'apprentissage. Dans ce cadre, nous proposons d'approfondir l'idée d'Environnements Personnels d'Apprentissage dont les modèles, le plus souvent prescriptifs, semblent être en adéquation avec ces attentes. Il s'agit donc d'explorer ce que ces environnements recouvrent et voir si l'accompagnement pédagogique à leur mise en place pourrait aider les apprenants dans leurs pratiques.

Plus précisément, notre étude a pour objectif de mesurer les effets d'un scénario pédagogique de conception collaborative d'un modèle d'EPA sur des dimensions psychologiques (motivation, croyances d'efficacité personnelle et stratégies) impliquées dans le processus d'autorégulation de l'apprentissage. Elle s'inscrit dans une démarche exploratoire de type « recherche appliquée » (Van der Maren, 1996) qui vise *in fine* à développer un cadre pédagogique et des outils d'évaluation qui permettraient d'accompagner les étudiants tout au long de leur parcours d'apprentissage et de favoriser leur maintien ainsi que leur réussite. Même si nous avons choisi de détailler ici l'ensemble du travail envisagé, nous présenterons principalement les résultats issus du premier volet de notre démarche (le second volet étant en cours de réalisation). Dans cette perspective seront évoqués : (1) un état de l'art sur certaines dimensions psychologiques de l'autorégulation dans l'apprentissage articulé avec les propositions de structuration des EPA, (2) le cadre pédagogique susceptible de développer les aptitudes recherchées pour les étudiants à s'autodéterminer au cours de leur apprentissage, (3) un dispositif permettant d'appréhender l'impact

de ce scénario sur ces dimensions ainsi que les résultats issus de la première phase d'évaluation. Dans ce cadre, les résultats de l'étude tentent de vérifier si la mise en place d'activités de réflexion sur un EPA peut avoir un impact sur les variables psychologiques étudiées (perspective de recherche) mais également d'expérimenter un scénario pédagogique en situation naturelle et proposer des recommandations (perspective appliquée).

2. Revue de la littérature

2.1. L'environnement personnel d'apprentissage (EPA)

Depuis quelques années, des recherches sont conduites sur les Environnements Personnels d'Apprentissage (EPA) ou *Personal Learning Environments* (PLE) (Attwell, 2007a ; Van Harmelen, 2006 ; Wild, 2008). Les auteurs placent l'apprenant au centre du système. Ils considèrent que, contrairement aux plateformes LMS (*i.e.* Moodle), l'environnement technologique EPA doit l'aider à prendre le contrôle et à gérer son propre apprentissage en terme de contenu et de processus tout en lui fournissant des supports pour maîtriser cette gestion, définir et atteindre ses objectifs et communiquer avec les autres, tout au long de la vie. Pour Milligan et ses collaborateurs, dans le cadre de recherches en informatique, cet environnement est défini « comme un concept qui facilite les choix de l'apprenant et le contrôle de ses activités, permettant la sélection et la combinaison d'opportunités d'apprentissage formel et informel à partir de sources variées » (Milligan *et al.*, 2006, p. 508). Il fournit à l'apprenant un environnement dans lequel il peut enregistrer ses réussites (réalisations) et ses programmes de travail à travers de nouveaux objectifs. Sur la base d'une réflexion à propos de l'Environnement d'Apprentissage Virtuel, Wilson et ses collaborateurs (2007) formalisent un modèle de référence pour les EPA dans lesquels gravitent différents services qui constituent une boîte à outils d'apprentissage personnel (*Personal Learning Toolkit*), conformément aux définitions d'autres auteurs (Attwell, 2007b ; Siemens, 2007) et aux propositions de réalisations comme celle de Fitzgerald (2006). Cet environnement semble permettre la réalisation de nombreuses activités cognitives, les outils accompagnant l'apprenant (pour les auteurs) pour : (1) *apprendre avec les autres* (gérer les relations avec les tuteurs, les pairs, créer des relations formelles ou non) ; (2) *contrôler ses ressources* (structurer, partager, annoter les siennes ou d'autres) ; (3) *gérer les activités* auxquelles il participe ou qu'il crée (groupes de travail) ; (4) *adapter ses apprentissages* (lui donner l'opportunité de lier ce qui a été appris/acquis ici et ailleurs, de manière formelle ou informelle). Pour Schaf-

fert et Hilzensauer (2008), ces environnements doivent permettre des changements dans les pratiques et les représentations à propos de sept dimensions : (1) l'apprenant est actif dans son apprentissage, il crée lui-même ses contenus ; (2) des interactions sur la personnalisation avec l'aide et les informations d'une communauté sont nécessaires ; (3) les contenus forment un « mini bazar », ils sont dispersés et ne sont considérés structurés que lorsqu'ils ont été choisis par l'apprenant ; (4) l'apprenant doit s'impliquer socialement ; (5) les données appartiennent à l'apprenant ; (6) les institutions ne sont pas propriétaires des savoirs, elles sont le lieu d'accompagnement à leur assimilation et mise en œuvre ; (7) les technologies offrent une grande diversité de logiciels sociaux et les sources sont multiples. L'EPA est donc présenté par les auteurs comme un concept, un environnement, un espace avec des prescriptions précises. Nous retiendrons de ces éléments qu'il se caractérise par les différentes activités qu'il permet à l'étudiant de réaliser mais qu'il est aussi constitué de fonctionnalités en support de ces activités. C'est un espace sécurisé et personnel qui offre la possibilité de stocker des données, de les structurer, de les modifier, d'échanger avec des pairs ou d'autres acteurs, d'aider à la prise de conscience de ses stratégies d'apprentissage ou de ses compétences pour les faire évoluer en fonction de ses propres objectifs. Dans ces définitions une place importante est aussi accordée aux échanges à travers des activités collaboratives ou la communication dans les réseaux sociaux (au sens large). La différence de ces environnements avec d'autres est que la structure et les fonctionnalités qui les constituent sont choisies par l'apprenant, selon ses besoins, et non par l'enseignant qui se positionne sur un cours ou une formation précise, sans ouverture sur la démarche d'apprentissage globale de l'apprenant.

Ainsi, même s'il est possible de proposer à des apprenants un squelette d'EPA (associé à des fonctionnalités), ce dernier doit être personnalisé en fonction des besoins de l'utilisateur. Contrairement à l'individualisation, la personnalisation ne s'adresse qu'à une seule personne et repose sur ses besoins propres (Duthoit *et al.*, 2013). Comme pour le e-portfolio (Mailles-Viard Metz & Albernhe-Giordan, 2008), où nous avons montré que c'est avant tout la démarche de conception de l'outil par les étudiants qui pérennise son utilisation, il est important d'accompagner cette personnalisation qui ne doit pas être réalisée à partir de ressentis mais bien d'un questionnement sur soi qui permettra une progression dans les activités réalisées et une réutilisation pour l'évolution de l'outil. Le processus de conception de l'EPA pourrait donc s'accompagner d'une pratique réflexive (Schön, 1993). En réfléchissant à l'outil et aux fonctionnalités as-

sociées qui pourront servir à ses apprentissages, l'apprenant questionne cette activité et prend du recul. Il est le concepteur et l'utilisateur de cet espace (Norman, 1999). Il lui permet de structurer ce dont il a besoin pour apprendre mais aussi, à partir de la visualisation du produit de ses réflexions, il l'engage dans un processus d'évaluation et de changement si nécessaire de ses pratiques. L'apprenant engagerait donc un processus de genèse instrumentale (Rabardel, 1995 ; Trouche, 2014) qui l'aide dans sa pratique. En élaborant son propre espace de travail, il est susceptible d'accroître son autonomie, ses capacités d'autorégulation et de contrôler davantage ses apprentissages. En terme pédagogique, il semble donc essentiel d'intégrer le processus de conception de l'EPA dans un dispositif pour que le produit des réflexions (matérialisé par l'EPA) puisse servir aux activités ciblées. Dans cette perspective nous allons aborder à présent les processus motivationnels, capacitaires, cognitifs et métacognitifs impliqués dans le parcours de l'apprenant qui pourraient être supportés par ce processus de conception d'un EPA.

2.2. Dimensions psychologiques majeures intervenant dans le processus d'apprentissage/formation

En nous référant à la théorie développée par Zimmerman (2002) nous avons choisi de nous focaliser sur trois composantes psychologiques intervenant dans le cycle d'autorégulation : la motivation et le sentiment d'efficacité personnel (phase d'anticipation) ainsi que les stratégies d'apprentissage mises en place (phase d'action).

2.2.1. La motivation

Depuis plusieurs décennies un vaste champ de recherches a mis en évidence l'influence des processus motivationnels sur l'expérience des apprenants et l'issue de leur parcours de formation.

Selon la théorie de l'auto-détermination (Ryan & Deci, 2000 ; Vallerand & Blanchard, 1998) on peut distinguer trois grands types de motivation selon les raisons et les buts qui sont à l'origine de l'action. La motivation intrinsèque, la plus autodéterminée, réfère au fait d'effectuer une activité pour elle-même, pour l'intérêt qu'elle suscite, le plaisir et la satisfaction qu'elle procure. La motivation extrinsèque renvoie au fait de réaliser une activité pour les conséquences ou les résultats auxquels elle est associée : l'activité est effectuée pour des raisons instrumentales. Les différentes formes de motivation intrinsèques et extrinsèques seront évoquées et illustrées dans la quatrième partie de cet article. Enfin, l'amotivation peut être définie comme l'absence de motivation (intrin-

sèque ou extrinsèque). Dans ce cas, l'activité n'est pas valorisée et il n'y a pas d'intention d'agir.

Quels que soient les travaux considérés ou les publics ciblés (collégiens, lycéens, étudiants à l'université, stagiaires en formation professionnelle), on peut globalement retenir que les formes de motivation les plus autodéterminées favorisent l'acquisition et le transfert de connaissances et compétences, la perception d'utilité de la formation, le développement d'une attitude positive vis-à-vis de la formation, le nombre d'efforts réalisés, l'adaptation à l'école/l'université, la qualité de l'apprentissage, la concentration ou encore la satisfaction et le bien-être des élèves/étudiants (Colquitt *et al.*, 2000 ; Deci *et al.*, 1991 ; Ryan et Deci, 2000 ; Vallerand *et al.*, 1997). Plus largement, ces formes de motivation sont associées à de meilleures performances, à la réussite, au maintien en formation ou encore aux intentions de poursuite d'études (Close & Solberg, 2008 ; Deci *et al.*, 1991 ; Vallerand *et al.*, 1997 ; Vallerand & Lalande, 2011). L'amotivation est, au contraire, un facteur d'échec et d'abandon (Vallerand *et al.*, 1997 ; Vallerand & Lalande, 2011). Ces résultats mettent en évidence l'importance de la dynamique motivationnelle au cours du processus de formation. Dans la perspective théorique de l'autodétermination (Ryan et Deci, 2000), il est clairement établi que le contexte social d'apprentissage (*feedbacks*, interactions sociales et sanctions positives) et la réalisation d'activités pédagogiques appropriées (niveau de difficulté/exigence optimal, évaluations qui ont du sens pour les apprenants) vont plutôt engendrer une motivation de type intrinsèque. L'autodétermination est en outre favorisée par des environnements pédagogiques qui soutiennent le développement de ressources propres et renforcent les sentiments de compétences, d'autonomie, de liberté, de pouvoir faire des choix, chez les étudiants. À notre sens, la réflexion menée par l'apprenant quant à la conception d'un EPA qui lui corresponde, pourrait se concrétiser par un outil susceptible de regrouper ces caractéristiques, comme un espace avec une connexion personnalisée qui permettrait à l'apprenant de le paramétrer avec des fonctionnalités qu'il juge plus adaptées à ses besoins.

2.2.2. Le sentiment d'efficacité personnelle (SEP)

Comme nous l'avons abordé du point de vue de la motivation, le sentiment d'efficacité personnelle (SEP) est un concept largement étudié et utilisé dans le domaine de l'éducation/formation. Il est défini par Bandura (1997) comme la croyance d'un individu à l'égard de ses capacités à émettre un comportement performant ou à accomplir avec succès une

activité dans un domaine particulier (tâches spécifiques et bien délimitées).

En situations éducatives ou de formation, de nombreuses études, menées auprès de différents publics, montrent qu'un fort sentiment d'efficacité personnelle (vis-à-vis de la formation ou de l'apprentissage) favorise l'utilisation de stratégies efficaces de résolution de problèmes, l'investissement dans les activités d'apprentissage et l'engagement général vis-à-vis du projet de formation (Bandura & Locke, 2003 ; Boudrenghien *et al.*, 2011 ; Brown *et al.*, 2008). Les croyances d'efficacité personnelle prédisent également l'intention de persévérance, le maintien effectif en formation mais aussi les performances et la réussite des élèves/étudiants (Brown *et al.*, 2008 ; Close & Solberg, 2008 ; Torres & Solberg, 2001 ; Vonthron *et al.*, 2007).

Autrement dit, les croyances d'efficacité personnelle jouent un rôle majeur dans le parcours de formation ; ce qui explique la focalisation de nombreuses recherches pour cet objet d'étude et la mise en place des dispositifs de terrain qui visent à les renforcer.

De manière transversale, quelle que soit la source d'informations considérée (expériences antérieures et vicariantes ou persuasion verbale), si les apprenants conçoivent leurs capacités comme des compétences, qui peuvent être développées et améliorées au travers de l'acquisition de connaissances et de l'expérience pratique, ils seront davantage en mesure d'augmenter leur sentiment d'efficacité personnelle (Bandura, 1993). D'où l'importance d'environnements socio-pédagogiques qui incitent les étudiants à maîtriser leurs connaissances/compétences, soutiennent la perception de leurs acquisitions progressives et leur permettent d'expérimenter des situations de réussite (plutôt que d'échecs) via l'atteinte d'objectifs intermédiaires. Ces environnements soulignent ainsi leurs progrès, développent leur sentiment de contrôle de leur environnement et les encouragent à se considérer comme étant à la source des résultats/conséquences de leurs comportements (attributions causales internes). Autant de caractéristiques qui correspondent généralement aux EPA s'ils sont développés à partir de besoins formulés par les apprenants eux-mêmes, comme des fonctionnalités destinées à la construction de leur projet personnel avec l'identification d'objectifs intermédiaires à atteindre.

2.2.3. Les stratégies d'apprentissage

Dans les recherches relatives à l'apprentissage, les auteurs s'accordent pour reconnaître les stratégies d'apprentissage comme une composante essentielle du processus d'autorégulation (Zimmerman, 2002). Elles peuvent être définies comme des « activités effectuées par l'apprenant afin de faciliter l'acquisition, l'entreposage, le rappel et l'application de connaissances au moment de l'apprentissage » ou encore comme des « comportements » et « manières de faire » de l'apprenant qui est en train d'apprendre (Boulet maîtriser, 1996, p. 13). Ces stratégies renvoient à des activités conscientes, intentionnelles, volontaires, et dépendent des situations (Scallon, 2004).

Selon les typologies développées en sciences de l'éducation ou en psychologie (Boulet, 1996 ; Scallon, 2004 ;Viau, 2003), on peut en répertorier quatre types : les stratégies cognitives, métacognitives et affectives ainsi que celles qui concernent la gestion des ressources. Certaines stratégies se trouvent dans des catégories différentes selon les approches considérées. Dans le cadre de notre étude nous nous sommes centrées sur les deux premiers types. Aussi avant de préciser ce qu'ils recouvrent, mentionnons, à titre indicatif, que les stratégies affectives renvoient à la création et au maintien d'un climat d'apprentissage positif alors que les stratégies de gestion concernent les ressources temporelles, matérielles et humaines mobilisées dans le cadre de l'apprentissage.

Les stratégies d'apprentissage cognitives réfèrent aux pensées ou comportements constituant des plans d'actions organisés qui facilitent directement le processus d'encodage de l'information et d'acquisition de connaissances (Boulet *et al.*, 1996 ; Viau, 2003). Elles peuvent être associées aux activités de sélection, d'organisation, d'élaboration et de révision de l'information comme du matériel d'apprentissage mais aussi d'intégration de nouvelles informations (à celles déjà existantes). Les stratégies métacognitives, quant à elles, renvoient aux connaissances introspectives et conscientes qu'ont les apprenants de leurs propres processus cognitifs mais aussi à leur capacité à les réguler délibérément (Boulet *et al.*, 1996 ; Romainville, 2000a ; Viau, 2003). Elles recouvrent l'évaluation, la planification, le contrôle et la régulation de son propre apprentissage par l'étudiant.

De nombreuses études montrent que l'utilisation efficace de stratégies d'apprentissage appropriées favorise l'apprentissage, la performance et la réussite des étudiants (Boulet *et al.*, 1996 ; Viau, 2003). Dans cette pers-

pective on considère que les étudiants qui possèdent un large éventail de connaissances sur les stratégies d'apprentissage et leur utilité sont mieux préparés à composer avec une large variété de situations d'apprentissage (Boulet *et al.*, 1996). En effet, selon Romainville (2000a), l'apprenant efficace sait dans quel contexte et à quelles conditions il est intéressant d'appliquer telle ou telle stratégie. Ainsi, les étudiants universitaires les plus performants sont ceux qui ont développé une gamme étendue de stratégies et qui disposent de connaissances sur leur efficacité relative. Ils sont donc capables d'adopter les comportements d'apprentissage les plus appropriés aux exigences du contexte (Romainville, 2000a). Inversement, le manque de réflexion des étudiants sur leurs stratégies serait une des conséquences de l'échec universitaire (Boulet *et al.*, 1996).

Du point de vue des facteurs orientant le développement et le déploiement de stratégies d'apprentissage, quelques expérimentations ont été réalisées pour tenter de déclencher la prise de conscience des stratégies mises en œuvre avec l'hypothèse qu'elle permettrait de les rendre plus efficaces. Par exemple, Ruph, Gagnon et La Feté (1998) décrivent la mise en place d'un atelier d'efficacité cognitive dans le cadre d'un programme d'éducation à l'apprentissage, basé sur l'auto-observation et l'auto-évaluation que chaque étudiant réalise sur son propre comportement. L'analyse qualitative des journaux de bord des étudiants, qui centralisent leurs réflexions, montre qu'il est essentiel que chaque étudiant identifie ses propres stratégies et que le fait de contrôler un programme adapté à ses propres contraintes et priorités est bénéfique pour l'apprentissage (Ruph et Hrimech, 2001). Les phases de conception puis d'utilisation d'un EPA correspondent à ces deux aspects.

De manière générale, d'après Romainville (2000b), l'observation des pairs, la confrontation entre apprenants ou encore les incitations et l'accompagnement des enseignants peuvent encourager les étudiants à tester de nouvelles stratégies (pour en élargir la gamme et évaluer leur efficacité). La conception de l'apprentissage de l'étudiant, son rapport au savoir et à la matière étudiée, jouent également un rôle majeur dans le choix et la mise en œuvre de stratégies (Romainville, 2000b). Selon Viau (2003), elles dépendent aussi des connaissances antérieures et de la motivation des étudiants. Enfin, proposer des activités pédagogiques relativement complexes, porteuses de sens, qui impliquent des choix délibérés (contrôle) de la part des apprenants et qui suscitent, à un moment du processus d'apprentissage, une conceptualisation de son action (telles que

celles associées à la réflexion sur la conception d'un EPA) favorisent également le développement de stratégies appropriées (Romainville, 2000b).

Enfin, l'EPA, dans sa structure, telle qu'elle est prescrite les auteurs, pourrait accompagner une réflexion sur ses propres stratégies et proposer des fonctionnalités pour vérifier leur efficacité, comme la possibilité d'évaluer sa progression, des outils de planification ou encore des espaces de structuration des données.

2.2.4. Question de recherche

Ainsi, nous constatons que ces différentes dimensions psychologiques pourraient être développées et renforcées à travers la réflexion sur un EPA et son utilisation. En effet, une réflexion sur la conception d'un EPA pourrait peut-être conduire les apprenants à réfléchir à leurs pratiques d'apprentissage et leurs objectifs. Les travaux sur les dimensions psychologiques majeures en lien avec l'apprentissage mettent en évidence l'importance de la dynamique motivationnelle au cours du processus de formation et montrent conjointement l'intérêt d'une démarche d'évaluation de l'influence de la conception d'un EPA sur la motivation des étudiants. Au regard des résultats d'études présentés, nous postulons que le travail pédagogique s'appuyant sur l'EPA va conduire les étudiants à modifier leur profil motivationnel et leur permettre de développer des formes plus autodéterminées de motivation. En ce qui concerne le sentiment d'efficacité personnelle, le processus de conception de l'EPA va, selon nous, permettre à l'apprenant d'accroître sa maîtrise des connaissances/compétences d'apprentissage, son autonomie et son sentiment de contrôle et donc, *in fine*, son SEP. Enfin, au regard des éléments de la littérature du domaine, nous pensons qu'un scénario mobilisant une réflexion sur un EPA permettra aux apprenants d'élargir progressivement leurs stratégies et d'utiliser celles qui conviennent le mieux selon la situation pédagogique considérée. Réfléchir à la conception d'un EPA pourrait donc aider les étudiants dans leurs pratiques d'apprentissage.

3. Contexte de l'expérimentation

La question posée précédemment concernant l'effet positif de la conception d'un EPA sur la motivation, le sentiment d'efficacité personnelle et les stratégies d'apprentissage nous a conduites à étudier dans un premier temps un scénario pédagogique proposé à des étudiants en premier cycle universitaire. L'étude se situe donc dans un contexte pédagogique naturel. Ce choix nous permet de nous rendre compte, de façon exploratoire, d'une situation dans laquelle les apprenants se représentent leurs

besoins d'un environnement technologique accompagnant leurs apprentissages (EPA), c'est-à-dire identifier les potentialités des étudiants en terme de processus de conception d'un EPA et plus précisément sur la structure de l'environnement et les outils nécessaires aux apprentissages. Il s'agit donc, dans cette phase, de se pencher sur la faisabilité de la mise en œuvre d'un processus de conception d'une maquette d'un EPA et non sur son utilisation. Nous souhaitons vérifier que les maquettes des EPA réalisées par les étudiants reprennent les caractéristiques des EPA décrites par les auteurs, mais également soient en support à l'accompagnement des variables psychologiques qui nous intéressent. La situation naturelle nous permet également de développer un dispositif fiable d'évaluation des variables psychologiques étudiées.

Notre terrain d'étude est associé à la mise en place d'un module « apprendre à apprendre » dans le programme de première année du DUT Informatique (diplôme universitaire de technologie, professionnalisant, réalisé généralement en deux ans consécutivement après l'enseignement secondaire). Dans ce diplôme, les étudiants sont sélectionnés après le baccalauréat sur la base de leurs résultats au lycée et d'une lettre de motivation. Le programme du diplôme a été renouvelé en 2013 et les équipes pédagogiques proposent de nouveaux contenus. Le choix de ce nouveau module est conséquent à l'observation par les enseignants d'une augmentation nationale du taux d'échec des étudiants à la fin du premier semestre de la Licence et du manque de travail des étudiants tel que perçu et fréquemment rapporté par les enseignants.

Dans ce scénario, les enseignants demandent aux étudiants de concevoir la maquette d'un EPA par groupe de quatre. La composition des groupes est choisie par les étudiants. C'est un projet à réaliser en autonomie guidée (des moments d'échanges avec les enseignants sont programmés pour se rendre compte de l'état d'avancement du travail) sur une période de deux mois et demi. Il n'y a donc pas de cours en présentiel associé à ce projet. Ce travail fait appel à des enseignements dans plusieurs disciplines : psychologie pour la notion d'apprentissage, informatique de base pour la mise en place d'un espace structuré de données sur internet (utilisation d'un CMS – *Joomla* !). Les étudiants doivent donc réfléchir ensemble (collaborativement) à leurs besoins en matière d'apprentissage, au travers de la conception d'un EPA, puis le développer sur un CMS. Notre analyse ne concerne que la première phase de ce travail : l'analyse des besoins et la phase de maquettage.

La réflexion collaborative autour de l'EPA a pour objectif de faire prendre conscience des pratiques en matière de méthodes d'apprentissage et de réfléchir à des outils d'accompagnement (Romainville, 2000b). Sur la base des recherches sur le travail collaboratif et la production de cartes mentales qui ont montré les effets positifs de ces modalités sur la créativité (Brodin, 2006 ; Forster, 2009 ; Mailles-Viard Metz *et al.*, 2011), les enseignants choisissent de demander aux étudiants de produire des cartes mentales qui représentent l'EPA idéal. L'EPA est décrit comme un environnement technologique d'accompagnement de l'étudiant dans ses apprentissages. La consigne de conception n'est pas plus précisée par les enseignants : cette première expérience est l'occasion de se rendre compte des capacités créatives des étudiants et de leurs représentations sur leurs besoins d'outils pour les accompagner dans leurs apprentissages.

Ce scénario s'intègre parfaitement à notre étude puisqu'il nous permet de recueillir des maquettes d'EPA et de mesurer les variables psychologiques des étudiants concernés.

4. Évaluation des effets du scénario de conception d'un EPA

L'étude comprend deux phases. La première renvoie au recueil et à l'analyse des productions des étudiants afin d'étayer notre hypothèse de départ (Volet 1). La seconde, plus extensive, vise à mettre à l'épreuve notre hypothèse et à évaluer la qualité des instruments mobilisés pour évaluer les effets du scénario pédagogique. Ces deux moments de notre démarche de recherche sont présentés ci-après (Volet 2).

4.1. Volet 1 : Analyse des productions des étudiants dans le cadre du scénario de conception de l'EPA

4.1.1. Données recueillies et procédure d'analyse

Afin de rendre plus compréhensible la situation ciblée nous avons souhaité rendre compte, succinctement, des productions collaboratives des étudiants au cours de la phase de maquettage de l'EPA. Pour cette première analyse, bien que nous n'ayons pas récolté et analysé les interactions lors de l'activité collaborative (les échanges se déroulant en dehors des temps d'enseignement) nous avons supposé que les maquettes d'EPA sont le produit de ces échanges.

De manière globale, suite à la mise en œuvre de ce scénario auprès de 140 étudiants, 31 cartes mentales ont été récoltées. L'objectif de l'analyse de ces cartes est ici d'identifier, d'un point de vue exploratoire, les fonctionnalités qui y sont proposées et leur lien avec les variables psycholo-

giques étudiées. Au préalable, nous avons conduit une réflexion sur les fonctionnalités qui pourraient supporter le développement de ces variables psychologiques. Si les maquettes d'EPA réalisées par les étudiants comportent des fonctionnalités en relation avec ces variables, nous pouvons supposer que l'activité collaborative a permis d'identifier des besoins que ces fonctionnalités pourraient combler. De plus, si des liens sont réalisés entre fonctionnalités et variables psychologiques, la phase de conception de l'EPA (comme la phase ultérieure d'utilisation) pourrait être considérée comme pouvant aider les étudiants à se motiver, améliorer leur SEP et développer des stratégies d'apprentissage efficaces. Par ailleurs, on peut penser que l'implication des étudiants dans la réflexion autour de la conception d'un EPA devrait favoriser son utilisation effective s'il est configuré tel qu'ils l'ont proposé.

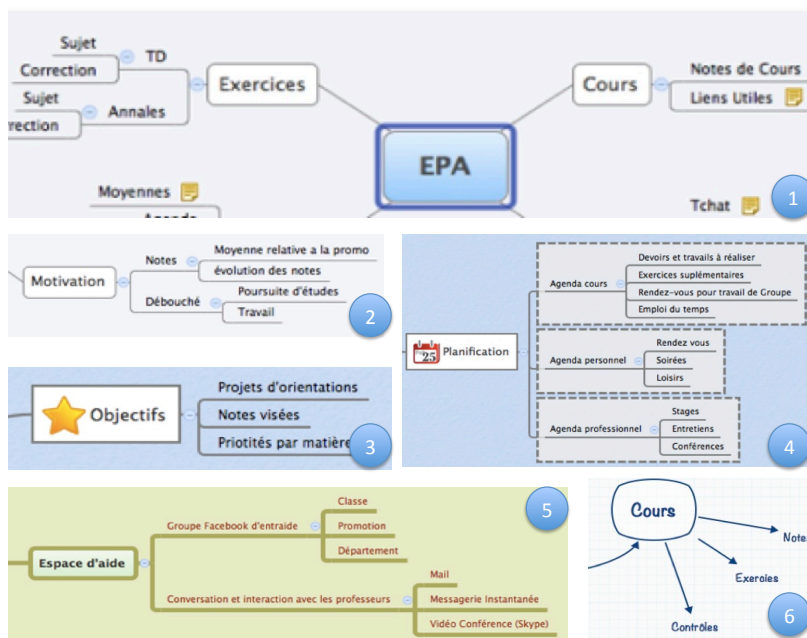


Figure 1 • Exemples (1-6) de parties de cartes mentales représentant la structure et les outils d'un EPA idéal pour les étudiants

4.1.2. Résultats

D'un point de vue qualitatif, on constate que les EPA imaginés reprennent la définition que nous avons proposée dans l'état de l'art. La majeure partie des cartes mentales propose un espace sécurisé, de stockage de cours décliné en notes, supports et ressources. Plusieurs groupes ont

structuré leur carte d'EPA par type de documents ou d'exercices (figure 1-exemple 1) ou encore par cours ou notion (figure 1-exemple 6), ce qui montre la faisabilité d'une personnalisation de l'espace. Certains EPA proposent un éditeur de texte pour la saisie de notes. Certaines cartes présentent un espace d'aide structuré par des interactions avec les enseignants, les groupes de leur réseau social Facebook (figure 1-exemple 5), ou encore les anciens étudiants, les professionnels, d'autres établissements... Des connexions sont proposées également avec la plateforme LMS utilisée par l'établissement. D'autres dimensions sont représentées (figure 1-exemples 4 et 2) comme la gestion du temps (planification personnelle des cours, des travaux à remettre, des soirées...), des résultats aux examens (calcul des moyennes), le projet professionnel (les choix d'orientation, des informations sur les métiers, etc.). Ces EPA sont principalement imaginés comme externes à l'institution : on observe des liens entre la vie d'apprenant et la vie d'étudiant au sens large avec la proposition de connexion aux groupes Facebook, la planification d'événements personnels et extra-universitaires...

Ces productions montrent également un lien entre les fonctionnalités proposées et les variables psychologiques. Nous avons recensé ces fonctionnalités et les avons associées à nos trois variables : la motivation, le SEP et les stratégies d'apprentissage.

En ce qui concerne la motivation dont l'objectif est de soutenir le développement de ressources propres, on constate que les étudiants envisagent des fonctionnalités susceptibles d'accompagner cette dimension : une connexion personnelle à l'espace et/ou un paramétrage de la visibilité du contenu pour un éventuel partage avec d'autres. En d'autres termes, les étudiants pensent que l'espace devrait être personnalisable et offrir un espace de connexion. À propos du SEP dont une des dimensions majeures est de prendre conscience de ses propres compétences et de se fixer des objectifs par rapport à des projets d'avenir, les étudiants envisagent des fonctionnalités pour déposer leurs productions et leurs notes, structurer les contenus et organiser leur travail. En ce qui concerne les stratégies d'apprentissage, on retrouve également des fonctionnalités dans les cartes qui pourraient les accompagner : un agenda avec des fonctionnalités avancées, un espace de stockage des ressources des cours avec les notes, un graphique avec la visualisation des résultats, un éditeur de texte (stratégies cognitives et métacognitives), des accès à des réseaux sociaux (stratégies affectives) et à des ressources comme les anciens, les enseignants... (stratégies de gestion).

Tableau 1 • Pourcentage d'apparition des fonctionnalités en support aux variables psychologiques étudiées dans les cartes mentales réalisées.

Variables psychologiques	Motiv.	SEP	Stratégies d'apprentissage (C : Cognitives ; M : Métacognitives ; G : Gestion ; A : Affectives)			
			C	M	G	A
Fonctionnalités observées						
Espace personnalisé (avec connexion)	39 %					
Interface de saisie des notes / espace de dépôt de productions		61 %				
Carte mentale pour structurer des contenus		13 %				
Saisie d'un texte descriptif / dépôt d'URL		52 %				
Outil de planification avancé		90 %				
Espace de stockage de ressources pédagogiques et des notes personnelles		100 %				
Graphique dynamique de présentation des résultats et possibilité de commenter ses résultats				16 %		
Outils de communication et de travail collaboratif						90 %
Identification des ressources à disposition (contacts, anciens, ...)					61 %	

D'un point de vue quantitatif, le tableau 1 comptabilise la présence de ces fonctionnalités sur l'ensemble des cartes réalisées. On peut ainsi interpréter que la grande majorité des étudiants a conscience d'une pratique et d'un besoin en accompagnement pour la planification du travail (agendas avancés) ce qui pourrait aider le SEP mais aussi les stratégies cognitives et métacognitives. L'espace de stockage de cours avec ou non la possibilité de déposer des notes personnelles est aussi toujours proposé : il serait une aide aux stratégies cognitives. Les outils de communication et de collaboration sont aussi représentés dans la majeure partie des cartes, ils permettraient d'accompagner les stratégies affectives. Et, plus de la moitié des groupes d'étudiants proposent des fonctionnalités pour retrouver des contacts, des informations et les gérer, ce qui est en support aux activités de gestion. De façon plus disparate, la dimension sécurisée de l'espace est proposée pour un grand tiers des cartes, ce qui montre que la

personnalisation de l'environnement n'est pas indispensable et pose la question de la représentation de chaque étudiant par rapport aux autres. L'étudiant appartient au même groupe et semble penser qu'il se comporte de la même manière que les autres pour apprendre. Des fonctionnalités qui pourraient aider les étudiants à aller plus loin dans leur représentation de leur apprentissage (SEP, stratégies cognitives et métacognitives) comme une carte mentale pour structurer des contenus ou un graphique de visualisation de sa progression sont peu proposées alors que toutes les informations nécessaires à ces représentations sont stockées en amont et donc supposées importantes.

Les structures proposées laissent ainsi penser que les étudiants sont conscients (ou le sont devenus à travers cet exercice) de l'intérêt d'un EPA notamment dans son accompagnement au renforcement et l'amélioration des dimensions psychologiques mesurées dans cette étude. Cependant, les résultats nous laissent aussi supposer que les fonctionnalités proposées sont en relation avec les pratiques actuelles des étudiants et que le processus de réflexion sur la maquette de l'EPA n'a pas vraiment permis d'approfondir la question « Comment améliorer mes pratiques d'apprentissage ? ». Les étudiants seraient donc restés sur l'analyse descriptive : « Comment j'apprends ? » et « De quoi j'ai besoin ? ». Si l'exercice collaboratif de conception d'une maquette a permis aux étudiants de formuler un besoin en terme de fonctionnalités d'accompagnement de leur apprentissage, il semblerait qu'ils soient conscients de ce besoin de façon globale. En revanche, ils voient moins la nécessité d'être soutenus dans les activités métacognitives, dont ils n'ont peut-être pas conscience de l'intérêt.

Ainsi, outre la qualité du travail réalisé par les étudiants, il faut noter que les cartes offrent des EPA de structure très diverse et pourraient être le résultat de discussions collaboratives sur les manières d'apprendre ou envies d'apprendre. On peut penser que ces structures se modifieront ensuite lorsque chaque étudiant prendra possession de son environnement et se l'appropriera, ce qui est prévu par les enseignants dans un autre module du programme (Projet professionnel Personnalisé) au semestre suivant. Toutefois, l'intérêt, selon nous, du processus collectif de réflexion et de conception des cartes mentales est de permettre aux étudiants, via la confrontation aux représentations et expériences des autres, d'identifier de nouvelles stratégies d'apprentissage et d'éventuellement diversifier l'éventail de leurs propres stratégies.

4.2. Volet 2 : Dispositif d'évaluation des effets psychologiques du scénario pédagogique de conception d'un EPA

Comme nous l'avons mentionné dans notre introduction, le second volet de notre travail est en cours de finalisation. Aussi, nous ne sommes pas en mesure de présenter ici les résultats relatifs à la mise à l'épreuve concrète de notre hypothèse. Toutefois, l'un des objectifs de cette enquête extensive est aussi de proposer un dispositif d'évaluation des effets de ce type de scénario pédagogique dans le cadre d'expérimentations futures (visée appliquée). Nous avons de ce fait souhaité présenter de manière exhaustive la procédure élaborée, les précautions à prendre quant aux caractéristiques des participants, les dimensions appréhendées, le processus de construction de nos indicateurs ainsi que les qualités métrologiques des outils choisis et utilisés.

4.2.1. Procédure d'évaluation

Nous souhaitons donc mesurer la motivation des étudiants envers les études, leur SEP (vis-à-vis de la formation/des stratégies d'apprentissage) ainsi que sur les stratégies d'apprentissage qu'ils déploient, avant et après la mise en œuvre du scénario précédemment décrit, dans lequel les étudiants réfléchissent à la structure d'un EPA idéal. Pour cela, nous proposons aux étudiants de compléter un questionnaire en ligne (sur la plateforme pédagogique *Moodle*) une première fois (T1), avant de démarrer le scénario et, une seconde fois (T2), lorsque la phase de maquettage de leur EPA est terminée.

Pour contrôler l'effet d'autres facteurs sur les dimensions psychologiques (facteurs associés à la sphère universitaire, familiale ou personnelle par exemple), le questionnaire est également soumis à un groupe contrôle. Il s'agit d'étudiants inscrits dans un cycle équivalent (première année de DUT) qui propose des contenus pédagogiques globalement similaires dans la mesure où ils sont élaborés au niveau national. Bien entendu, les étudiants du groupe contrôle ne suivent pas ce scénario : ils bénéficient d'enseignements équivalents mais pas de module centré sur leurs méthodes d'apprentissage. Il s'agit donc d'évaluer si les différences (éventuellement) observées entre la première et la seconde passation (T1 et T2) peuvent être attribuées à la mise en œuvre du scénario pédagogique basé sur la conception d'un EPA. Nous présentons ici les résultats de la première passation (T1), l'objectif étant de vérifier la validité de notre choix d'évaluation et la méthodologie mise en œuvre.

4.2.2. Participants

Au total, 184 étudiants ont répondu au premier questionnaire (T1) proposé en ligne. Cette première étape de la procédure méthodologique élaborée a également permis de repérer les caractéristiques des répondants en termes de sexe et d'âge (tableau 2).

Les deux groupes sollicités sont comparables dans la mesure où nous avons sollicité des étudiants inscrits dans une filière d'étude similaire (1^{ère} année IUT) et que l'âge moyen des étudiants ne diffère pas significativement ($t(182) = 3,257$; $p > .05$).

Tableau 2 • Caractéristiques des participants

	Groupe expérimental (140 inscrits en 1^{re} année)	Groupe contrôle (60 inscrits en 1^{re} année)
Effectif	130	54
Sexe	Homme	34
	Femme	20
Âge moyen	18,5	18,4

Ils sont toutefois différents quant au sexe. En effet, dans le groupe expérimental les filles sont significativement sous-représentées ($\chi^2(1) = 30,528$; $p < .01$) alors qu'elles sont surreprésentées dans le groupe contrôle.

Il sera donc nécessaire dans la seconde partie du dispositif d'évaluation de déterminer l'influence du sexe sur l'évolution des dimensions psychologiques ciblées.

4.2.3. Instruments de mesure des dimensions psychologiques

Le questionnaire soumis aux étudiants permet d'appréhender trois dimensions psychologiques.

La motivation des étudiants a été mesurée à partir de l'Échelle de Motivation dans les Etudes (EME-U, adaptée au contexte universitaire) élaborée par Vallerand *et al.* (1989 1997) et Vallerand et Blanchard (1998). Cet instrument est composé de 7 sous-échelles comprenant chacune 4 items permettant de repérer pour quelles raisons les étudiants suivent leur formation actuelle (échelle en 7 points allant de « ne correspond pas du tout » à « correspond très fortement »). Trois sous-échelles appréhendent trois formes de motivation intrinsèque : à la connaissance (exemple d'item : « pour le plaisir que j'ai à découvrir de nouvelles choses jamais vues auparavant »), à l'accomplissement (exemple d'item : « pour le plaisir que je ressens à me surpasser dans mes études ») et à la stimulation

(exemple d’item « pour les moments intenses que je vis lorsque je fais part de mes propres idées aux autres étudiants et/ou aux enseignants »). Les trois autres sous-échelles évaluent trois formes de motivation extrinsèque : identifiée (exemple d’item « parce que cela va m’aider à mieux choisir mon orientation de carrière »), introjectée (exemple d’item « pour me prouver que je suis une personne intelligente ») et par régulation externe (exemple d’item « pour avoir un meilleur salaire plus tard »). Une dernière sous-échelle renvoie à l’amotivation (exemple d’item « Je ne le sais pas ; je ne parviens pas à comprendre ce que je fais dans cette formation universitaire »).

Le sentiment d’efficacité personnelle (SEP) vis-à-vis de la formation a été évalué à partir d’une échelle unidimensionnelle développée par Vonthron *et al.* (2007). Au regard du scénario pédagogique ciblé et de nos objectifs de travail, nous nous sommes appuyées sur cet instrument pour développer, en complément, un outil permettant d’appréhender le SEP des étudiants vis-à-vis du développement et de la mise en œuvre de stratégies d’apprentissage. Pour chacun de ces domaines d’activités, les étudiants doivent indiquer dans quelle mesure les affirmations proposées correspondent à ce qu’ils pensent sur une échelle en 5 points (allant de « pas du tout » à « tout à fait »). Chaque instrument comprend au total 8 items (exemples d’item SEP formation : « Je me sens incapable de faire face à toutes les exigences de cette formation » ; d’item SEP stratégies apprentissage : « Je crois avoir des difficultés pour mobiliser toutes mes capacités dans la mise en place de stratégies d’apprentissage »).

Enfin, les stratégies d’apprentissage déployées par les étudiants ont été appréhendées à partir de trois échelles proposées par Viau et Bouchard (2006) dans une approche contextualisée. Ces échelles renvoient ainsi aux stratégies qui peuvent être mises en œuvre : a) en situation de cours dispensé par un enseignant (7 items) ; b) en situation de résolution de problème en classe, dans le cadre de TP, lors d’un devoir, etc. (8 items) ; c) en situation d’examen (7 items). Les étudiants doivent indiquer selon quelle fréquence (de 1 « jamais » à 5 « toujours ») ils utilisent les différentes stratégies répertoriées dans chacune de ces trois situations d’apprentissage. Bien que chaque situation renvoie à des stratégies d’apprentissage spécifiques, globalement, deux types de stratégies sont proposés dans les échelles : les stratégies cognitives et métacognitives. Les premières réfèrent à la sélection des informations importantes ou essentielles, l’élaboration de liens entre les nouvelles informations et les connaissances déjà acquises, l’organisation des informations de manière logique, structurée et

personnelle ou encore à la contextualisation des informations au regard des contextes professionnels (exemples en situation de résolution de problème : « j'identifie la nature du problème ainsi que les concepts et les équations reliés » ; en situation de cours : « je prends des notes dans un format structuré et logique »). Les stratégies métacognitives renvoient, quant à elles, au contrôle et à l'autoévaluation de son attention et de l'efficacité des stratégies utilisés (exemple en situation d'examen : « à la fin, quand j'ai le temps, je révise chacune de mes réponses »).

4.2.4. Construction des indicateurs et évaluation des qualités métrologiques des outils

L'un de nos objectifs étant de développer un dispositif d'évaluation des effets d'un scénario pédagogique basé sur la conception d'un EPA sur certaines dimensions impliquées dans le processus d'autorégulation de l'apprentissage, nous avons évalué la structure, la fidélité et la validité de nos instruments de mesure. Dans cette perspective nous avons réalisé des Analyses en Composantes Principales (ACP) avec rotation (varimax), calculé les alphas de Cronbach relatifs à chaque solution retenue et examiné leurs relations (corrélations).

En ce qui concerne la motivation vis-à-vis des études, l'ACP montre que les 28 items se répartissent selon 5 axes factoriels expliquant 59 % de la variance totale (variabilité des réponses). Trois axes regroupent les items relatifs aux cinq formes de motivation autodéterminées ou au centre du continuum (motivation intrinsèque à la connaissance, à l'accomplissement et à la stimulation, motivation extrinsèque identifiée et introjectée). Deux autres axes saturant respectivement (avec des corrélations $>.300$) les items associés à la motivation extrinsèque par régulation externe et ceux associés à l'amotivation (formes les moins autodéterminées). Ces résultats sont cohérents avec le modèle théorique sous-jacent à l'instrument. En outre chacune des 7 sous-échelles présente une bonne consistance interne (α allant de $.70$ à $.87$). Nous avons calculé un index global d'autodétermination de la motivation en nous basant sur la formule utilisée par divers auteurs ayant eu recours à cet instrument (Guay et Vallerand, 1996). Théoriquement le score d'autodétermination peut varier de -72 à $+72$.

Les ACP relatives aux SEP vis-à-vis de la formation et vis-à-vis des stratégies d'apprentissage proposent chacune une solution uni-factorielle (dont la valeur propre supérieure à 1). La première propose un axe qui sature les 8 items (avec des corrélations $>.500$) et explique 42 % de la variance. La seconde un axe saturant aussi les 8 items (corrélations $>.500$) et

expliquant 45% de la variance. Ces résultats confirment la structure uni-dimensionnelle des échelles qui présentent, en outre, une bonne consistance interne (voir tableau 2). Nous avons donc calculé deux scores généraux de SEP (vis-à-vis de la formation et vis-à-vis des stratégies d'apprentissage) qui peut varier théoriquement de 8 à 40.

Les échelles mesurant les stratégies d'apprentissage dans trois situations pédagogiques, ont donné lieu, quant à elles, à trois ACP. La première, relative à la mise en œuvre des stratégies en situations de cours, propose une solution uni-factorielle saturant tous les items (corrélations $>.300$) et expliquant 29 % de la variance. De l'analyse associée aux situations de résolution de problèmes se dégage également une solution saturant les 8 items (corrélations $>.400$) sur un seul axe et expliquant 34 % de la variance. La troisième analyse, qui porte sur la fréquence d'utilisation des stratégies lors des examens, débouche aussi sur une solution uni-factorielle saturant 6 items (corrélations $>.400$) et expliquant 41 % de la variance. Les trois échelles présentent une bonne consistance interne (tableau 3). Trois scores de fréquence d'utilisation des stratégies d'apprentissages relatives à trois situations pédagogiques ont donc été calculés. Afin de pouvoir les comparer et de faciliter la lecture des résultats nous avons pondéré ces scores. Ils peuvent théoriquement varier de 8 à 40.

Tableau 3 • Statistiques descriptives relatives aux dimensions psychologiques appréhendées

	Moyenne (E-T)	Médiane	Min.	Max.	α
Motivation études	28,25(12,42)	30,33	-6,33	55,67	.90
SEP formation	31,11(4,59)	31	19	40	.79
SEP SA	28,28(4,99)	28	13	40	.82
SA cours	27,60(3,99)	27,43	16	37,71	.72
SA résolution problème	28,01(4,61)	28	14	40	.70
SA examen	27,21(6,85)	26,67	8	40	.77

À titre indicatif, on constate (tableau 4) que les étudiants interrogés ont, en moyenne, un SEP ainsi qu'un degré d'autodétermination vis-à-vis de la formation élevés (ce qui n'est pas surprenant pour des étudiants inscrits en 1^{re} année en IUT suite à une phase de sélection). Le score moyen de SEP vis-à-vis des stratégies d'apprentissage est un peu plus faible que celui vis-à-vis de la formation mais reste relativement élevé (la valeur centrale théorique étant de 24). Du point de vue de la fréquence d'utilisation de stratégies d'apprentissage, les scores moyens sont aussi assez impor-

tants. On note que les résultats sont homogènes quelle que soit la situation pédagogique considérée (bien que les réponses des étudiants semblent plus hétérogènes en ce qui concerne leur fréquence d'utilisation de stratégies d'apprentissages lors des examens).

Enfin, l'examen des corrélations entre les scores relatifs à chacune des dimensions psychologiques ciblées (tableau 4) indique, globalement, une bonne validité de construit (convergence des réponses des étudiants aux différents instruments de mesure). Dans l'ensemble, les dimensions appréhendées sont corrélées positivement et de manière significative (* $p < .05$; ** $p < .01$). Autrement dit, plus les étudiants ont des sentiments d'efficacité personnelle élevés, plus ils ont un profil motivationnel auto-déterminé et plus ils utilisent fréquemment des stratégies d'apprentissage diversifiées et identifiées comme étant appropriées (Viau et Bouchard, 2006). Seule la corrélation entre le SEP vis-à-vis de la formation et la fréquence d'utilisation de stratégies d'apprentissage lors des examens n'est pas significative. Il semble donc qu'un fort sentiment d'efficacité envers la formation ne favorise pas particulièrement le déploiement de stratégies d'apprentissage en situation d'examen.

Tableau 4 • Corrélations entre les dimensions psychologiques appréhendées

	1	2	3	4	5	6
1. Motivation dans les études	-					
2. SEP formation	349**	-				
3. SEP SA	182*	529**	-			
4. SA cours	286**	297**	326**	-		
5. SA résolution problème	224**	178*	245**	485**	-	
6. SA examen	147*	019	266**	261**	296**	-

5. Conclusion et perspectives

Dans cette étude, nous avons présenté un cadre pédagogique pour la mise en œuvre de la conception d'un EPA par des groupes d'étudiants, un dispositif d'évaluation de ses effets sur la motivation, le sentiment d'efficacité personnelle et les stratégies d'apprentissage. En outre, les éléments de résultats dégagés de nos premières analyses ainsi que ceux de nature plus méthodologique, à ce stade essentiellement exploratoires, ont permis de poser un certain nombre de constats.

D'abord, la réflexion collaborative sur la conception d'un EPA dans le cadre d'un projet est possible de la part d'étudiants. Les échanges entre

étudiants semblent permettre de structurer leurs besoins en termes d'activités d'apprentissage, question qu'ils ne semblent pas nécessairement se poser de manière spontanée. Les productions sous forme de cartes mentales permettent également de montrer que ce format soutient la variabilité exprimée dans les interactions. Néanmoins, il sera judicieux d'intégrer une phase supplémentaire dans notre scénario qui serait une activité individuelle, avant et/ou après l'activité collaborative, donnant la possibilité à chaque étudiant de réfléchir à ses propres besoins, dans l'optique d'une personnalisation de l'environnement. En effet, le travail collaboratif permet à chacun d'exprimer, de formuler ses pratiques (d'en prendre aussi conscience grâce aux échanges), de les associer à des fonctionnalités mais la production du groupe pourrait ne pas être adaptée au besoin personnel. Déterminer la nature des réflexions conduites pendant les deux types d'activités pourrait non seulement nous éclairer sur les effets de l'une ou l'autre de ces activités sur la prise de conscience des variables motivationnelles mais également établir des fonctionnalités d'EPA plus adaptées au profil de chacun.

Ensuite, si les effets de la conception d'un EPA n'ont pas encore été élucidés, le questionnaire élaboré pour mesurer différentes dimensions psychologiques a tout de même permis, dans cette première étape de notre étude, de spécifier certaines caractéristiques chez les étudiants sollicités. On constate qu'ils sont, en moyenne, plutôt motivés de manière intrinsèque, possèdent un fort sentiment d'efficacité personnelle, et utilisent fréquemment des stratégies d'apprentissage identifiées comme étant appropriées dans les situations pédagogiques ciblées. Ces trois dimensions sont positivement et significativement associées.

La conception d'une maquette d'un EPA idéal fait apparaître une prise de conscience de la part des étudiants à propos des variables psychologiques étudiées : la motivation, le SEP et certaines stratégies d'apprentissage résonnent avec les propositions de fonctionnalités à intégrer dans l'EPA projeté. Néanmoins, on constate que les productions ne proposent pas toujours des fonctionnalités en support à toutes les dimensions alors même que ces variables sont mesurées positivement dans les questionnaires. C'est un point qu'il sera nécessaire d'approfondir dans la poursuite de notre étude : soit les étudiants n'ont pas besoin d'aide en terme d'EPA sur ces dimensions, soit ils n'ont pas conscience de les mettre en œuvre (notamment en ce qui concerne les stratégies métacognitives).

La prochaine étape de notre étude est de proposer un second questionnaire (T2) mesurant strictement les mêmes dimensions psycholo-

giques que celles appréhendées lors de la première passation (mesure répétée). Nous avons introduit, en complément, de nouvelles questions afin d'appréhender l'utilité perçue par les étudiants de la conception de l'EPA (questions uniquement à l'adresse du groupe expérimental). Cette seconde phase nous permettra de révéler les effets potentiels du scénario pédagogique développée. En effet, l'objectif du travail consistera à examiner si et dans quelle mesure le SEP et la motivation des étudiants ainsi que les stratégies d'apprentissages qu'ils mettent en œuvre diffèrent de manière significative entre le T1 et le T2 ce, plus particulièrement, chez les étudiants du groupe expérimental, ayant réfléchi à un modèle d'EPA. L'hypothèse étant que la mise en œuvre du scénario pédagogique doit favoriser une augmentation du SEP, de la motivation intrinsèque et le développement/déploiement de stratégies d'apprentissages chez les étudiants.

Pour terminer, précisons que cette étude a pour ambition de s'inscrire dans un temps plus long dans la mesure où l'un de nos objectifs, à moyen et long termes, est d'intégrer le questionnaire élaboré comme un élément du scénario pédagogique. Ceci permettrait aux enseignants d'orienter leurs pratiques pédagogiques en fonction des profils d'étudiants identifiés via l'appréhension de certains processus psychologiques en jeu dans l'autorégulation de l'apprentissage. L'explicitation des dimensions sous-jacentes au questionnaire avec les étudiants contribuant également à l'ajustement de leurs conduites d'apprentissage. La conception d'un EPA serait ainsi considérée à la fois comme un soutien au développement du processus d'apprentissage et le produit de la mise en œuvre des conduites d'apprentissage, lorsqu'il s'agira de l'utiliser réellement. *In fine*, notre objectif est de proposer un scénario pédagogique permettant à chaque apprenant de prendre conscience de ses capacités motivationnelles pour qu'il trouve des moyens de les faire évoluer, à travers la mise en place d'un processus de conception d'un EPA et de son utilisation, conception guidée individuellement par l'enseignant qui aurait à sa disposition les profils motivationnels de ses étudiants. Cet objectif appliqué, lié à des recueils précis de données dans des situations naturelles, devrait également contribuer à répondre aux questionnements scientifiques concernant la personnalisation de l'accompagnement psychologique de l'apprenant par les environnements technologiques.

BIBLIOGRAPHIE

ARNAUD, M. (2003). Les limites actuelles de l'apprentissage collaboratif en ligne, *Revue STICEF*, 2003, Vol. 10. Disponible sur internet : http://sticef.univ-lemans.fr/num/vol2003/arnaud-04s/sticef_2003_arnaud_04s.htm (consulté le 12 septembre 2014).

ATTWELL G. (2007a). Personal Learning Environments for creating, consuming, remixing and sharing. Dans D. Griffiths, R. Koper, O. Liber (eds), *Service Oriented Approaches and Lifelong Competence Development Infrastructures, Proceedings of the 2nd TENCompetence Open Workshop*, Manchester, UK, p. 36-41.

ATTWELL G. (2007b). Personal Learning Environments – the future of eLearning ? *eLearning Papers*, Vol. 2 n° 1. Disponible sur internet : <http://www.elearningpapers.eu/index.php?> (consulté le 12 septembre 2014).

BANDURA A. (1993). Perceived self-efficacy in cognitive development and functioning. *Educational Psychologist*, Vol. 28, p. 117-148.

BANDURA A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York, Freeman.

BANDURA A., LOCKE E. (2003). Negative self-efficacy and goal effects revisited. *Journal of Applied Psychology*, Vol. 88, p. 87-99.

BOUDRENGHIEN G., FRENAY M., BOURGEOIS E. (2011). La transition de l'enseignement secondaire vers l'enseignement supérieur : Rôle des représentations et motivations à l'égard de son projet de formation. *L'Orientation Scolaire et Professionnelle*, Vol. 40 n° 2, p. 125-155.

BOULET A., SAVOIE-ZAJC L., & CHEVRIER J. (1996). *Les stratégies d'apprentissage à l'université*. Québec, Presses de l'Université du Québec.

BRODIN E. (2006). Instrumenter la lecture de textes théoriques en ingénierie de formation linguistique. *Premières journées communication et apprentissage instrumentés en réseau JOCAIR*, Amiens, France. Disponible sur Internet : https://halshs.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/138174/filename/12_Brodin.pdf (consulté le 28 octobre 2014).

BROWN S., TRAMAYNE S., HOXHA D., TELANDER K., FAN X., LENT R. (2008). Social cognitive predictors of college students academic performance and persistence: A meta-analytic path analysis. *Journal of Vocational Behavior*, Vol. 72 n° 3, p. 298-308.

CLOSE W., SOLBERG S. (2008). Predicting achievement, distress, and retention among lower-income Latino youth. *Journal of Vocational Behavior*, Vol. 72 n° 1, p. 31-42.

COLQUITT J. A., LEPINE A., NOE R. A. (2000). Toward an integrative theory of training motivation : A meta-analytic path analysis of 20 years of research. *Journal of Applied Psychology*, Vol. 85, p. 678-707.

DECI E. L., VALLERAND R. J., PELLETIER L. G., RYAN R. M. (1991). Motivation and education: The self-determination perspective. *The Educational Psychologist*, Vol. 26, p. 325-346.

DUTHOIT, E., MAILLES-VIARD METZ, S., PELISSIER, C. (2012). Processus d'aide en contexte d'apprentissage : une adaptation pour individualiser et personnaliser, *Revue STICEF*, Vol. 19, 12 p. Disponible sur internet : http://sticef.univ-lemans.fr/num/vol2012/08-duthoit-individualisation/sticef_2012_NS_duthoit_08.htm (consulté le 12 septembre 2014).

FITZGERALD, S. (2006). Creating your Personal Learning Environment, <http://seanfitz.wikispaces.com/creatingyourple> (consulté le 10 décembre 2013).

**Stéphanie MAILLES-VIARD METZ,
Émilie VAYRE, Chrysta PELISSIER**

FORSTER F. (2009). Improving creative thinking abilities using a generic collaborative creativity support system. Dans A. MÉNDEZ-VILAS, A. SOLANO MARTÍN, J. MESA GONZÁLEZ, J. MESA GONZÁLEZ, *Research, Reflections and Innovations in Integrating ICT in Education*, Badajoz, Spain, Formatex, p. 539-543.

GUAY F., VALLERAND R. J. (1996). Social context, student's motivation, and academic achievement: Toward a process model. *Social Psychology of Education*, Vol. 1, p. 211-233.

MAILLES-VIARD METZ, S., ALBERNHE-GIORDAN, H. (2008). Du e-portfolio à l'analyse du produit et du processus de conception du projet personnel de l'étudiant / From eportfolio to design product and process analysis of student's personal project. *Revue Internationale des Technologies en Pédagogie Universitaire*, Vol. 5 n° 3, p. 51-65. Disponible sur internet : <http://www.ritpu.org/spip.php?article155> (consulté le 14 septembre 2014).

MAILLES-VIARD METZ S., LOISY C., LEITERER L. (2011). Effet du format de structuration de l'information sur la créativité de la présentation personnelle de l'étudiant / Information structuration format effect on the creativity of student's self-presentation. *International Revue in Higher Education Pedagogy*, Vol. 27 n° 1, 22 p. Disponible sur internet : <http://ripes.revues.org/446> (consulté le 14 septembre 2014).

MILLIGAN, C. D., BEAUVOIR, P., JOHNSON, M. W., SHARPLES, P., WILSON, S., LIBER, O. (2006). Developing a reference model to describe the Personal Learning Environment. Dans W. NEDJL, K. TOCHTERMANN, *Innovative Approaches for learning and knowledge sharing*, Berlin Heidelberg, Springer Verlag, p. 506-511.

NORMAN D. A. (1999). *Invisible Computer: Why Good Products Can Fail, the Personal Computer Is So Complex and Information Appliances Are the Solution*. Cambridge, MA, MIT Press.

RABARDEL P. (1995). *Les hommes et les technologies: approche cognitive des instruments contemporains*. Paris, Armand Colin.

ROMAINVILLE M. (2000a). Savoir comment apprendre suffit-il à mieux apprendre ? Dans R. Pallascio, L. Lafortune, *Pour une pensée réflexive en éducation*, Québec, Presses de l'Université du Québec, p. 71-86.

ROMAINVILLE M. (2000b). *L'échec dans l'université de masse*. Paris, L'Harmattan.

RUPH F., HRIMECH M. (2001). Les effets perçus d'un atelier d'efficacité cognitive sur le changement de stratégies d'apprentissage d'étudiants universitaires. *Revue des sciences de l'éducation*, Vol. 27 n° 3, p. 595-620.

RUPH F., GAGNON A., LA FERTE P. (1998). Ateliers d'efficacité cognitive à l'université: un modèle métacognitif d'intervention. Dans L. LAFORTUNE, P. MONGEAU, R. PALLASCIO, *Métacognition et compétences réflexives*, Montréal, Éditions Logiques, p. 165-199.

RYAN R. M., DECI E. L. (2000). Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary Educational Psychology*, Vol. 25, p. 54-67.

SCALLON G. (2004). *L'évaluation des apprentissages dans une approche par compétences*. Bruxelles, De Boeck.

SCHAFFERT S., HILZENSAUER W. (2008). On the way towards Personal Learning Environments: Seven crucial aspects. *eLearning Papers*, Vol. 1 n° 9.

SCHÖN D. (1993). *Le praticien réflexif. A la recherche du savoir caché dans l'agir professionnel*. Montréal, Éditions Logiques .

SIEMENS G. (2007). Connectivism: Content, Connections, Conversation. *Ohio Digital Commons for Education (ODCE) 2007 Conference The Convergence of Learning, Libraries and Technology*.

TORRES J., SOLBERG S. (2001). Role of Self-Efficacy, Stress, Social Integration, and Family Support in Latino College Student Persistence and Health, *Journal of Vocational Behavior*, Vol. 59 n° 1, p. 53-63.

TROUCHE, L. (2014). Instrumentation in Mathematics Education. Dans S. Lerman (ed.), *Encyclopedia of Mathematics Education*, Springer Dordrecht, Heidelberg, New York, London, p. 307-313.

VALLERAND R. J., BLAIS M. R., BRIERE N. M., PELLETIER L. G. (1989). Construction and validation of the motivation toward education scale. *Canadian Journal of Behavioural Science*, Vol. 21, p. 323-349.

VALLERAND R. J., FORTIER M. S. GUAY F. (1997). Self-determination and persistence in a real-life setting: Toward a motivational model of high-school dropout. *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 72, p. 1161-1176.

VALLERAND R., BLANCHARD C. (1998). Motivation et éducation permanente: Contributions du modèle hiérarchique de la motivation intrinsèque et extrinsèque. *Éducation permanente*, Vol. 136, p. 15-36.

VALLERAND R., LALANDE D. (2011). The MPIC Model: The Perspective of the Hierarchical Model of Intrinsic and Extrinsic Motivation. *Psychological Inquiry: An International Journal for the Advancement of Psychological Theory*, Vol. 22 n° 1, p. 45-51.

VAN DER MAREN, J.-M. (1996). *Méthodes de recherche pour l'éducation*. (2e édition). Montréal et Bruxelles, PUM et De Boeck.

VAN HARMELEN M. (2006). Personal Learning Environments. *Advanced Learning Technologies, Sixth International Conference*, Kerkrade, The Netherlands, p. 815-816.

VIAU R. (2003). *La motivation en contexte scolaire*. Bruxelles, De Boeck Université.

VIAU R., BOUCHARD J. (2006). *Le profil d'apprentissage des étudiantes et des étudiants de l'École de technologie supérieure de Montréal : leurs caractéristiques d'apprentissage et leurs perceptions de l'enseignement*. Rapport de recherche, École de technologie supérieure de Montréal.

VONTHRON A.-M., LAGABRIELLE C., POUCHARD D. (2007). Le maintien en formation professionnelle qualifiante : effets de déterminants motivationnels, cognitifs et sociaux. *L'orientation scolaire et professionnelle*, Vol. 36 n° 3, p. 401-420.

WILD F. (2008). Designing for change : Mash-Up Personal Learning Environments. *Revue eLearning Papers*, Vol. 9. Disponible sur internet : <http://oro.open.ac.uk/25253/> (consulté le 14 septembre 2014).

WILSON S., LIBER O., JOHNSON M., BEAUVOIR P., SHARPLES P., MILLIGAN C. (2007). Personal Learning Environments: Challenging the dominant design of educational systems. *Journal of E-Learning and Knowledge Society*, 11 p. Disponible sur internet : <http://hdl.handle.net/1820/727> (consulté le 12 septembre 2014).

ZIMMERMAN B. (2002). Efficacité personnelle et autorégulation des apprentissages durant les études : une vision cyclique. Dans P. CARRE, A. MOISAN, *La formation autodirigée* (p. 69-88). Paris, L'Harmattan.

**Stéphanie MAILLES-VIARD METZ,
Émilie VAYRE, Chrysta PELISSIER**

À propos des auteurs

Stéphanie MAILLES-VIARD METZ est maître de conférences en psychologie et ergonomie cognitive à l'IUT de Montpellier Sète (France). Ses travaux portent principalement sur l'analyse des usages et la proposition de nouveaux outils technologiques pour les acteurs de l'enseignement (enseignants et étudiants) dans la conduite d'activités spécifiques comme l'orientation, la collaboration et l'auto-évaluation.

Laboratoire PRAXILING, Université Montpellier 3, route de Mende, 34199 Montpellier cedex 5 - <http://praxiling.fr>

stephanie.metz@univ-montp2.fr

Émilie VAYRE est maître de conférences en Psychologie du travail et des organisations à l'Université Paris Ouest Nanterre la Défense (Équipe TE2O, LAPPS EA4386 - <http://te2o.u-paris10.fr/>). Ses travaux de recherche portent principalement sur les facteurs et les conséquences des usages des technologies de l'information et de la communication en contextes de travail et de formation.

Université Paris Ouest Nanterre la Défense, UFR SPSE, 200 avenue de la République, 92001 Nanterre Cedex, France.

evayre@u-paris10.fr

Chrysta PÉLISSIER est maître de conférences en sciences du langage / sciences de l'éducation à l'IUT de Béziers (France). Ses travaux portent principalement sur les aides mises en jeu dans les dispositifs de formation numérique (EIAH). Elle interroge ces aides du point de vue de leur contenu, de leur forme et leur usage en contexte de formation universitaire, à destination des étudiants et des enseignants.

Laboratoire PRAXILING, Université Montpellier 3, route de Mende, 34199 Montpellier cedex 5 - <http://praxiling.fr>

chrysta.pelissier@univ-montp2.fr

Numéro spécial
Évaluation dans les jeux sérieux

Sous la direction de
Pierre-André Caron, Sébastien George
et Julian Alvarez



Introduction au numéro spécial « Évaluation dans les jeux sérieux »

► **Pierre-André Caron** (Université Lille 1, CIREL), **Sébastien GEORGE** (Université du Maine, LIUM), **Julian ALVAREZ** (Université Lille 1, CIREL)

1. Introduction et contexte du numéro spécial

Depuis 2002, les jeux sérieux suscitent un engouement croissant par les perspectives que l'objet promet d'offrir en termes de prévention, de formation, d'éducation, d'apprentissage, de thérapie, de communication, d'entraînement, de collecte de données, etc.

Dix ans plus tard, en 2012, le premier colloque scientifique international e-virtuoses dédié à l'étude de l'impact du jeu sérieux est organisé sur Valenciennes. Intitulé « Évaluer et mesurer l'impact du jeu sérieux », ce colloque vise à aider les commanditaires, les prescripteurs, les utilisateurs, les concepteurs et les chercheurs à comprendre et s'approprier l'objet (Alvarez & Staccini, 2014). Pour cela, l'approche du colloque est de sélectionner des travaux de recherche visant à étudier le potentiel des jeux sérieux pour la formation, la communication et la santé au sein de différents écosystèmes. Ces derniers englobant notamment les écoles, les entreprises, les milieux hospitaliers... L'appel à communication qui a permis de recueillir les contributions du présent numéro spécial STICEF fait suite à cette dynamique qui vise à recenser les travaux de recherche destinés à évaluer les jeux sérieux. Cependant, la notion d'évaluation est un concept très large pouvant englober plusieurs domaines. Dans le cadre de ce numéro spécial les aspects retenus dans le cadre de l'évaluation concernent notamment :

- la conception de modèles impliquant l'évaluation de l'apprenant,
- l'analyse de traces et l'élaboration d'indicateurs,
- la scénarisation pédagogique,
- la transposition didactique des activités ou des situations de référence,
- le suivi des activités, des apprentissages et des compétences,

- la valorisation et validation des acquis de l'apprentissage et de l'expérience acquise.

Pour couvrir ces différents aspects liés à l'évaluation, l'appel à communication s'est voulu pluridisciplinaire, ouvert aux questionnements portant sur les aspects épistémiques, informatiques, pédagogiques ou didactiques des jeux sérieux. Ainsi, à l'issue de l'appel à communication, 17 articles ont fait l'objet d'une double relecture par des chercheurs issus des domaines STIC et SHS. Le processus exigeant de relecture-révision a permis finalement la publication des 7 articles qui composent ce numéro spécial. Précisons que le comité éditorial a été confronté à des difficultés concernant la forme et le fond des articles de recherche théorique par opposition à des articles rendant compte de recherche empirique. Ces difficultés concernent en particulier le manque de consensus concernant la structure de la présentation d'un article de recherche de type théorique. À ce titre, il serait sans doute utile de mener, pour le domaine spécifique des EIAH, une initiative comme celle menée en sciences de l'éducation par (Raïche & Noël-Gaudreault, 2008) visant à apporter des lignes directrices pour la rédaction d'articles de recherche théorique afin d'en faciliter l'écriture et l'évaluation.

2. Cadres théoriques convoqués dans ce numéro spécial

Pour Hadji, la mise en place de l'évaluation à propos d'un objet doit être considérée comme la confrontation de deux processus convergents et se référant à cet objet : le premier consiste à décrire les attentes de l'évaluateur ou des usagers vis-à-vis de l'objet sous forme de critères ; le second processus s'applique à décrire les faits réels provoqués par l'objet en définissant des indicateurs permettant d'en saisir les aspects significatifs (Hadji, 2012). C'est de la confrontation de ces deux processus, description des attentes et description du réel, que résulte l'évaluation.

$$\begin{array}{c} \text{Attentes} \rightarrow \text{Critères} + \text{Indicateurs} \leftarrow \text{réel} \\ = \\ \text{énoncé d'évaluation} \end{array}$$

Pour la majorité des auteurs de ce numéro spécial, cette question des critères et des indicateurs est traitée en convoquant un cadre théorique spécifique duquel découle la traduction des attentes en critères, ainsi que la définition des indicateurs permettant de décrire la situation. Les cadres théoriques de la motivation, de la volition de l'action conjointe en didactique, de l'action située, la théorie de l'activité, le modèle de la genèse instrumentale, sont ainsi tour à tour séparément ou conjointement con-

voqués dans ce numéro spécial pour expliquer la construction d'une méthodologie permettant l'évaluation d'un jeu sérieux, du dispositif ou de la situation dans lequel il s'inscrit. Cette pluralité des cadres de référence mobilisés entraîne une multiplicité des méthodologies utilisées, témoignant alors du caractère subjectif de toute évaluation. Ces résultats rejoignent les travaux sur l'évaluation menés par (Cardinet, 1989). Pour l'auteur il faut abandonner l'espoir d'une évaluation absolue, docimologique au profit d'une évaluation qui ne peut se concevoir qu'à la première personne. Cet auteur propose quatre critères que doit respecter une évaluation :

- non comparative,
- sans gabarit préétabli,
- descriptive
- sans jugement de valeur.

Il est intéressant de noter la similitude des travaux de Cardinet avec ceux de Muratet, Delozanne, Viallet et Torguet présentés dans ce recueil, ces derniers proposant de construire l'instrument d'évaluation et l'évaluation à partir des commentaires libres des usagers.

3. Contenu du numéro spécial

3.1. Cadres théoriques, méthodes et outils pour évaluer les jeux sérieux

Cette première partie montre autant l'importance, pour les auteurs de ce numéro, de ne pas évaluer un jeu sérieux indépendamment de sa situation d'usage que de faire mener cette évaluation par les usagers eux-mêmes.

Une première approche de l'évaluation dans les jeux sérieux consiste à re-censer et à articuler les cadres théoriques mobilisables, pour façonner une méthodologie permettant l'évaluation des dispositifs par les apprenants eux-mêmes. C'est ce que proposent Heutte, Galaup, Lelardeux, Lagarrigue et Fenouillet en montrant que les concepts clés de la motivation et de la volition empruntés à (Csikszentmihalyi *et al.*, 2014), (Bandura, 2007), (Hidi & Renninger, 2006), (Deci & Ryan, 1985) sont pertinents pour évaluer d'une part le déclenchement du comportement motivant l'usage d'un jeu sérieux, d'autre part la persistance de l'usage des jeux sérieux en contexte éducatif. Les auteurs présentent alors l'échelle *EduFlow* qui appliquée à l'évaluation du jeu *Mecagenius* met en évidence des liens significatifs entre l'usage du jeu, le flow et le climat de classe (l'auto-efficacité, l'intérêt et le climat motivationnel scolaire).

C'est cette même approche consistant à mobiliser un cadre théorique et méthodologique pour évaluer l'usage d'un jeu sérieux qui est réalisé par **Galaup et Amadescot** à propos du même objet *Mecagenius*. Si l'approche est la même, le cadre théorique mobilisé est quant à lui différent : il s'agit du cadre de l'action conjointe en didactique (TACD). Le postulat posé par les auteurs est que les phénomènes transpositifs ne s'arrêtent pas à l'issue du processus de conception du jeu sérieux, mais se poursuivent en situation et résultent d'une co-construction entre professeur et élèves relativement aux enjeux épistémiques cristallisés dans les mini-jeux constitutifs de l'artéfact informatique. Dès lors, mobiliser le cadre de la TACD permet aux auteurs de décrire et comprendre l'évolution du système observé et de mettre en évidence les phénomènes didactiques sous-jacents. Les résultats présentés suggèrent ainsi une intégration contrastée de l'artéfact à la pratique usuelle des enseignants, allant d'une incorporation à des usages didactiques très classiques jusqu'au développement d'un rapport instrumental avec l'artéfact. Les auteurs montrent ainsi que la potentialité « dévoluante » de ces artefacts n'est pas une caractéristique intrinsèque et qu'elle doit être considérée comme une propriété émergente liée aux conditions de leurs usages *in situ*.

Un des écueils de l'approche utilisée par les auteurs cités précédemment est d'évaluer le dispositif jeu sérieux selon un cadre de référence fixe convoqué par les chercheurs, (celui de la motivation et de la volition pour Heutte, Galaup, Lelardeux, Lagarrigue et Fenouillet ; celui de la TACD pour Galaup et Amadescot) au risque d'instruire ce que Barbier (1985), cité par De Ketele (1993), appelle une structure pyramidale des pouvoirs. Un cadre de référence externe est appliqué, par des chercheurs, pour définir les critères et les indicateurs de l'évaluation, différents dispositifs sont alors sensés être évalués objectivement selon ce cadre au risque de ne pas rendre compte de propriétés émergentes et peut être fondamentales de l'évaluation. Contrairement à l'approche précédente **Muratet, Delozanne, Viallet et Torguet**, confrontés à la pluralité des situations d'usage, choisissent d'évaluer autant le jeu sérieux que les situations dans lesquelles il s'inscrit. Plutôt que de convoquer un cadre théorique et d'en déduire les indicateurs de l'évaluation, les auteurs proposent une analyse catégorielle des commentaires libres des utilisateurs qui permet à la fois la définition des critères d'évaluation par les usagers, et la catégorisation des recommandations formulées. Les auteurs rejoignent donc, d'une part, les auteurs précédents en affirmant que la question de l'évaluation ne peut être tranchée indépendamment du dispositif d'enseignement que le jeu sérieux instrumente ; mais s'en démarquent, pour une autre part, en cons-

truisant directement les domaines puis les critères de l'évaluation à partir des commentaires des usagers.

3.2. Évaluation de l'apprenant-joueur (traces)

Dans la mouvance actuelle des jeux sérieux, qui débute avec *America's Army* en 2002, nous recensons l'utilisation de métriques. Dans le domaine informatique, les métriques sont un ensemble de mesures associé à une application informatique. Par exemple lorsqu'un jeu vidéo mesure le temps mis par le joueur pour terminer chaque niveau de jeu, nous recensons une métrique. Il est ainsi possible pour un formateur ou un enseignant, de suivre le parcours d'un utilisateur de jeux sérieux et de connaître les stratégies adoptées, les temps de réactions, les réponses formulées, etc. Des travaux de recherche menés autour des métriques dans le cadre des jeux sérieux sont notamment conduits par (Carron *et al.*, 2008). Ces métriques constituent ainsi des traces, au sens entendu par Pierre Rabardel, qui peuvent s'inscrire dans des travaux d'analyse de l'activité (Rabardel, 1995).

L'année 2002 correspond à la parution du titre *America's Army* produit par l'Armée étasunienne et qui constitue le porte étendard de la mouvance actuelle des jeux sérieux basés sur les jeux vidéo, encore appelés « *Serious Video Games* ». Ce titre fait déjà recours à des métriques pour jauger les utilisateurs afin d'évaluer leurs performances dans le jeu et identifier des recrues potentielles.

Si les métriques semblent constituer une approche pertinente pour étudier et analyser les apprentissages, les compétences ou les savoirs d'un ou plusieurs utilisateurs, leur association à des jeux sérieux se heurte cependant à diverses problématiques. Ainsi, selon Djaouti, il existerait deux principales approches : intégrer un Jeu Sérieux à un LMS (*Learning Management System*) ou construire un outil d'analyse à façon pour chaque jeu. La première approche serait simple d'utilisation mais présenterait des limites importantes quant aux données à enregistrer. La seconde s'affranchirait de ces limites mais serait contrainte par les coûts élevés liés à l'implémentation. Djaouti nous invite donc à explorer une troisième voie, l'utilisation de « *plateformes génériques de mesures analytiques* » à l'instar de *Google Analytics* et *Playtomic*. Si cette piste semble prometteuse, quelques limites sont néanmoins recensées comme par exemple devoir recourir à une transformation des traces récoltées pour les adapter aux besoins de l'analyse. Les enjeux associés à la collecte et à l'interprétation de ces traces sont nombreux. Dans le champ des jeux sérieux, les travaux de **Sehaba et Hussaan** visent à rendre les scénarios ludiques et pédago-

giques adaptatifs. Pour ce faire, il convient de disposer d'analyses des traces d'interaction de qualité pour que les adaptations puissent répondre de manière idoine aux besoins des utilisateurs. Lorsque ces mêmes utilisateurs nécessitent de la rééducation cognitive comme nous l'exposent Sehaba et Hussaan, il est aisé de mesurer l'importance des enjeux associés aux métriques.

3.3. Évaluation expérimentale pour mesurer les impacts de jeux sérieux utilisant des interactions avancées

Les chercheurs et concepteurs de jeux sérieux font de plus en plus appel à des techniques d'interactions dites avancées. En particulier, des travaux s'intéressent à l'apprentissage en situation de mobilité, de collaboration, ou encore utilisent des interactions tactiles et de la réalité mixte (avec notamment des interfaces tangibles). Si, à première vue, les interactions innovantes dans les jeux sérieux visent logiquement l'amélioration des aspects interactionnels, nous pouvons nous interroger sur leurs impacts sur les aspects pédagogiques. Ainsi, la question de leur influence sur les apprentissages demeure ouverte, peu de travaux ayant abordé ce point jusqu'alors. Dans ce numéro spécial, deux articles abordent cette question de l'évaluation de l'impact des IHM innovantes. Dans ces deux articles, les travaux présentés relèvent d'une recherche-action visant ainsi à « *transformer la réalité et produire des connaissances concernant ces transformations* » (Hugon et Seibel, 1988). Le premier article, de **Kubicki, Pasco et Arnaud**, présente une évaluation de l'utilisation en cours préparatoire d'un jeu sérieux sur table interactive avec objets tangibles. Le travail présenté est une étude comparative ayant pour objectif de montrer les impacts d'une table interactive sur l'activité des élèves. Les résultats indiquent une différence significative sur le temps passé sur la tâche, les élèves passant davantage de temps lors du jeu sur table interactive. La table interactive semble ainsi offrir plus d'opportunités aux élèves de s'engager activement dans la tâche et d'apprendre de la résolution du problème posé. Les résultats montrent aussi que cette évolution n'est pas identique pour tous les élèves et qu'il faut ainsi veiller à accompagner la mise en œuvre de ces technologies innovantes pour qu'elles profitent à tous. Dans le deuxième article, écrit par **George, Michel, Serna et Bisognin**, il s'agit d'évaluer un jeu sérieux utilisant de la réalité mixte et destiné à un public d'élèves-ingénieurs. L'objectif de ce jeu sérieux est de former aux principes d'une méthode de génie industriel (le Lean Management) au travers d'une situation fondée sur la simulation de postes de production. Cette simulation utilise plusieurs types de dispositifs numé-

riques : des ordinateurs, des tablettes et des tables interactives sur lesquels des actions sont réalisées à l'aide d'interfaces tangibles. Une étude comparative a été effectuée pour mesurer les impacts par rapport à une version non informatisée du même jeu sérieux. Cette comparaison montre que le jeu sérieux en réalité mixte a un impact positif sur l'apprentissage, en particulier concernant les concepts théoriques de la formation. Dans les deux articles présentés, les évaluations portent sur des effectifs réduits. Cela s'explique par la difficulté à mettre en place et à analyser ce type d'activité innovante. Les résultats révèlent néanmoins des tendances sur lesquels d'autres concepteurs peuvent s'appuyer.

4. Conclusion et perspectives

En traduisant le terme « Serious Game » dans la langue de Molière par « jeu sérieux », nous introduisons la double approche du jeu. En effet, en français, « jeu », peut se référer à la fois à l'artefact et à l'activité. Ce n'est pas le cas de « Game » et « Serious Game » qui en anglais désignent uniquement l'artefact. Dès lors, s'inscrire dans l'évaluation des « jeux sérieux » implique la possibilité de s'inscrire dans différentes disciplines scientifiques voire d'opter pour des approches pluridisciplinaires pour conduire de tels travaux. C'est le positionnement choisi pour les colloques scientifiques des e-virtuoses et l'appel à communication de ce numéro spécial de STICEF. L'objectif est ainsi de nourrir une réflexion basée sur un partage de paradigmes issus de différentes approches disciplinaires telles que, de manière non exclusive, de la psychologie, de la sociologie, de l'informatique, des neurosciences, des arts, des sciences de l'éducation, de l'information et de la communication, de gestion,... L'idée est d'offrir un spectre large pour sonder au mieux un objet mais aussi une activité, dont l'impact peut être pluriel et relatif. Pour donner corps à cette transversalité scientifique, dans le cadre des e-virtuoses, il a été mis en place un partenariat entre plusieurs revues scientifiques pour représenter différentes disciplines : Interfaces Numériques (art) (Lavigne, 2014), RIHM (sciences de l'information et de la communication) (Useille et Alvarez, 2013), SIM (sciences de gestion) (Michel et Mc Namara, 2014) et bien entendu STICEF (informatique et sciences de l'éducation). Si la question de l'évaluation n'est pas explicitement posée par ces revues, elles interrogent et questionnent néanmoins l'objet selon des approches propres. Par exemple, la revue Interface Numérique, coordonnée par Michel Lavigne (Lavigne, 2014), questionne notamment la notion de jeu et des liens qui peuvent être établis avec l'aspect « sérieux ». Comprendre ces liens nourrit implicitement les travaux en lien avec la question de l'évaluation. Par

exemple utiliser un jeu sérieux pour apprendre implique l'évaluation des apprentissages mais également des compétences à jouer. Il convient donc de comprendre les liens entre la notion de jeu et les aspects sérieux pour construire des modèles idoines visant à évaluer ces différents aspects. Un tel constat nous invite à considérer que le chantier que nous ouvrons avec la question de l'évaluation dans les jeux sérieux est vaste et complexe. Nous commençons à peine son exploration. Dans ce contexte, le recueil des 7 articles qui composent ce numéro spécial STICEF constitue un travail pionnier qu'il conviendra sans nul doute de poursuivre et d'enrichir.

i Vocabulaire proposé par les organisateurs de l'exposition « Jeux Vidéo, l'Expo », 22 Octobre 2013 – 24 Août 2014, Cité des Sciences, Paris : <http://www.cite-sciences.fr/fr/ressources/jeux-videos/archives/>

BIBLIOGRAPHIE

ALVAREZ J., STACCINI P. (2014). Actes de conférences colloques scientifiques internationaux e-VIRTUOSES 2012/2013 – SEGAMED 2012/2013, Valenciennes, France : CCI Grand Hainaut, <http://playresearchlab.org/documents/pdf3.pdf>

BANDURA A. (2007). *Auto-efficacité : le sentiment d'efficacité personnelle*. Bruxelles : De Boeck.

BARBIER J.M. (1985). *L'évaluation en formation*, Paris, PUF.

CARDINET J. (1989). Évaluer sans juger. *Revue Française de Pédagogie*, 41–52.

CARRON, T., MARTY, J.-C., HERAUD J.-M. (2008). Teaching with Game Based Learning Management Systems: Exploring and observing a pedagogical dungeon. *Simulation & Gaming Special issue on eGames and Adaptive eLearning*. A practical approach. Vol. 39, N° 3, p. 353-378.

CSIKSZENTMIHALYI M., ABUHAMDEH S., NAKAMURA J. (2014). *Flow. Flow and the Foundations of Positive Psychology*. Springer. Retrieved from http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-017-9088-8_15, p. 227-238.

DECI, E. L., RYAN, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. Springer Science & Business Media. Retrieved from https://books.google.fr/books?hl=fr&lr=&id=p96Wmn-ER4QC&oi=fnd&pg=PA1&dq=deci+ryan&ots=3dHRx0sba8&sig=aJKNff5eAoVnRd8YSHowpTC_2OA

HADJI, C. (2012). *Faut-il avoir peur de l'évaluation?* De Boeck Bruxelles. Retrieved from <http://culture.univ-lille1.fr/fileadmin/lna/lna64/lna64p11.pdf>

HIDI, S., RENNINGER, K. A. (2006). The four-phase model of interest development. *Educational Psychologist*, 41(2), p. 111–127.

HUGON M-A., SEIBEL C., (1988). *Recherches impliquées, Recherches action : Le cas de l'éducation, Belgique*, De Boeck Université.

KETELE, J.-M. de. (1993). L'évaluation conjuguée en paradigmes. *Revue Française de Pédagogie*, 103(1), <http://doi.org/10.3406/rfp.1993.1298>, p. 59-80.

LAVIGNE M. (2014). Des serious games à la gamification : approches critiques des disséminations vidéoludiques – Introduction. Paris, France : Lavoisier, http://rin.revuesonline.com/gratuit/RIN3_3_03_Intro.pdf

MICHEL H., Mc Namara P. (2014). Serious Games : Faites vos jeux ! – Revue *Système d'Information et Management*, Vol 19, No 3, Montpellier, France : IAE School of Management Montpellier University, <http://www.revuesim.org/sim/issue/view/80>

RABARDEL P. (1995). Les hommes et les technologies, une approche cognitives des instruments contemporains. Paris, France : Armand Colin.

RAÏCHE G., NOËL-GAUDREAULT M. (2008). Article de recherche théorique et article de recherche empirique : particularités », *Revue des sciences de l'éducation*, vol. 34, n° 2, 2008, <http://id.erudit.org/iderudit/019691ar>, p. 485-490.

USEILLE P., ALVAREZ J. (2013). Editorial, *Revue des Interactions Humaines Médiatisées*, Vol. 14 n° 1, 2013, France, Paris : Europia, [http://europia.org/RIHM/V14N1/0-RIHM14\(1\)-Edito.pdf](http://europia.org/RIHM/V14N1/0-RIHM14(1)-Edito.pdf)



Utilisation en classe d'un jeu sérieux sur table interactive avec objets tangibles pour favoriser l'activité des élèves : une évaluation comparative en cours préparatoire

► **Sébastien KUBICKI** (ENI Brest, UMR 6285, Lab-STICC, Brest),
Denis PASCO (Université Européenne de Bretagne à Brest, EA 3875, CRÉAD, Brest), **Ingrid ARNAUD** (Éducation Nationale, Circonscription de Brest-Nord, Brest)

■ **RÉSUMÉ** • Dans cette étude, nous évaluons la capacité d'une table interactive avec objets tangibles à favoriser l'activité d'élèves engagés dans un jeu sérieux. Onze élèves de CP ont participé à cette étude. Chaque groupe a pratiqué en classe la forme traditionnelle du jeu puis, le même jeu sur table interactive. Le temps sur la tâche de chaque élève a été mesuré dans les deux conditions de pratique du jeu. Les résultats indiquent que le temps que les élèves passent sur la tâche lorsqu'ils pratiquent le jeu sur table interactive est significativement supérieur au temps qu'ils passent sur la tâche dans le jeu en classe. Ils révèlent cependant des différences inter-individuelles significatives. Ils montrent enfin que les activités des élèves sont plutôt de type synchrone dans la pratique du jeu sur table interactive et plutôt de type asynchrone dans la pratique du jeu en classe.

■ **MOTS-CLÉS** • Jeux Sérieux, Table Interactive, Interaction Tangible, Évaluation, Temps sur la tâche, École primaire, Étude comparative

■ **ABSTRACT** • *In this study, we evaluate in which extent a tangible tabletop interface can enhance students' activity involve in playing a serious game. Participants were eleven first grade students. Each group practiced the game in class and then, the same serious game for a tangible tabletop interface. Time on task of each student was measured in the two conditions of practicing the game. Results indicate that the time students spend on task in playing the serious game on a tangible tabletop interface is significantly higher than the time they spend on task when playing the game in class. However, results revealed interindividual differences. Finally, data shown that students' activity is mostly asynchronous in playing the serious game on a tangible tabletop interface while their activity is mostly synchronous in playing the game in class.*

■ **KEYWORDS** • *Serious Games, Interactive Tabletop, Tangible Interaction, Tangible User Interfaces (TUI), Evaluation, Time on task, Elementary school, Comparative study*

1. Introduction

La pratique des jeux vidéos constitue une expérience quotidienne des jeunes. Rideout, Foerth et Roberts (2010) rapportent qu'en 2009, 60 % des jeunes de 8 à 18 ans pratiquaient des jeux vidéos quotidiennement contre 52 % en 2004 et 38 % en 1999. Selon ce rapport, un jeune entre 8 et 18 ans passerait en moyenne soixante-cinq minutes par jour à jouer à des jeux vidéos.

Au cours des dix dernières années, des chercheurs en éducation ont investi la relation entre les jeux vidéos et l'apprentissage scolaire à travers le développement, la mise en œuvre et l'évaluation de jeux sérieux intégrant un monde numérique (Allain & Szilas, 2012 ; Cruz-Cunha, 2012). Klopfer, Osterweil et Salen (2009) ont défini le jeu comme « une activité volontaire structurée par des règles, avec un résultat défini (gagner/perdre) ou des *feedback* quantifiables (*e.g.* des points) qui facilite une comparaison fiable des performances des joueurs » (p. 11). En suivant cette définition, les jeux sérieux constituent des jeux intégrant un monde numérique dont la finalité est l'acquisition de connaissances dans un domaine académique. Ces jeux peuvent être intégrés à un environnement d'apprentissage formel (école ou université, en ligne ou en présentiel), informel (*e.g.* musées) ou encore, être pratiqués en autonomie par un individu intéressé par l'acquisition de connaissances dans un domaine identifié.

Le plus souvent, les jeux sérieux exposés ci-dessus sont proposés sur des plateformes de type ordinateurs ou consoles de jeu. Cependant, les recherches en Interaction Homme-Machine et les innovations technologiques de ces dix dernières années ont permis de proposer de nouvelles plateformes (*e.g.* smartphones, tablettes, tables interactives) offrant des interactions nouvelles dites « tactiles », « *multitouch* » ou encore « tangibles » c'est-à-dire, des interactions « couplant des informations numériques avec des environnements et des objets de la vie quotidienne » selon la définition donnée par Ishii et Ulmer (1997).

Parmi ces nouvelles plateformes, les tables interactives intéressent particulièrement les chercheurs depuis le début des années 90 (Wellner, 1991) en raison de leur grande surface et par conséquent des possibilités qu'elles proposent en terme d'interaction. Les recherches ont par exemple montré que les tables interactives étaient particulièrement adaptées pour la manipulation de photos (Apted *et al.*, 2006), la communication (Piper & Hollan, 2008), le jeu et le divertissement (Tse *et al.*, 2006) ou encore, l'éducation (Khandelwal & Mazalek, 2007 ; Kubicki *et al.*, 2011 ; Sluis *et al.*, 2004). Ces tables interactives de part leur grande surface de travail et

leur aspect collaboratif semblent en effet particulièrement adaptées pour des applications de type jeux sérieux. Les recherches actuelles visent donc à évaluer l'usage de ces technologies dans le milieu éducatif (AlAgha *et al.*, 2010), les aspects collaboratifs qu'elles engendrent (Martínez *et al.*, 2001), voire de comparer des situations classiques (papier) aux situations numériques sur table (Piper & Hollan, 2009). Cette étude s'inscrit dans ce cadre. Elle vise à éclairer le potentiel des nouvelles plateformes d'interaction à favoriser l'activité d'élèves engagés dans un jeu de mathématiques en comparaison avec leur activité lors de la pratique habituelle de ce jeu en classe.

La présentation de notre étude est organisée de la manière suivante : nous présentons dans un premier temps les travaux relatifs aux jeux sérieux pour l'éducation, puis nous poursuivons dans un second temps par les travaux relatifs à leur usage sur les tables interactives. Nous proposons ensuite deux contributions principales : l'une étant le développement d'une application de type jeux sérieux pour table interactive, la seconde étant son évaluation en milieu scolaire. La troisième section vise donc à présenter d'une façon générale le *jeu des tours*. Nous exposons dans cette même section la table interactive *TangiSense* support de nos recherches et enfin le développement et l'adaptation du jeu au format numérique pour la table interactive.

La quatrième section présente notre évaluation en classe en précisant le protocole expérimental, les participants et les mesures envisagées. La cinquième section expose les résultats de nos évaluations basés sur la notion de « temps à la tâche ». Les résultats sont ensuite discutés dans la section suivante. Enfin, l'article se termine par une conclusion et un ensemble de perspectives de recherche.

2. Travaux relatifs

Les travaux exposés dans ce papier s'inscrivent dans deux thèmes proches : les jeux sérieux en éducation et l'utilisation de tables interactives dans la pratique de jeux sérieux. Nous présentons dans cette section les travaux relatifs à ces deux thèmes en rapport avec l'objet de notre étude.

2.1. Les jeux sérieux et leur efficacité pour l'apprentissage

Les jeux sérieux sont aujourd'hui investis de manière extensive dans la littérature scientifique dans de nombreux domaines de connaissances comme les sciences (Arici, 2009 ; Barab *et al.*, 2009 ; Zuiker, 2008), les mathématiques (Ke, 2008 ; Kebritchi, 2008), les langues (Peterson, 2010),

l'éducation physique à travers jeux vidéos actifs (Pasco *et al.*, 2010) ou encore l'histoire (Moshirnia & Israel, 2010 ; Squire, 2006).

Par exemple dans le domaine des mathématiques, le jeu sérieux *Dimension M* consiste, dans un environnement 3D immersif, à accomplir vingt missions dans lesquelles les joueurs apprennent et appliquent des connaissances algébriques (Skal-Gerlock, 2012). Dans le même domaine, *Les gardiens de l'oubli* est un jeu sérieux développé par JivéCréation (Gastineau *et al.*, 2012) pour l'apprentissage des mathématiques en classe de quatrième. Les joueurs arpentent un univers médiéval dans lequel ils rencontrent des habitants qui ont oublié leurs connaissances et font face à des problèmes à résoudre (*e.g.* fabriquer des vêtements, concocter des potions et des colorants, affronter des créatures). Les joueurs les aident à résoudre leurs problèmes en mobilisant leurs connaissances en mathématiques.

Dans le domaine des sciences, *Quest Atlantis* propose une pratique multi-joueurs en ligne pour apprendre les sciences (Barab *et al.*, 2009b ; Thomas *et al.*, 2009). Par exemple, dans l'une des unités appelées « Qualité de l'eau du parc de Taïga », les joueurs sont immergés dans un parc national présentant des problèmes écologiques sérieux. Ils se déplacent dans le parc virtuel, interagissent avec d'autres joueurs et des personnages, mobilisent et apprennent des connaissances scientifiques pour comprendre les causes de ces problèmes. Lorsqu'ils disposent d'une compréhension des problèmes, ils sont invités à faire des recommandations pour les solutionner. Ils peuvent ensuite voyager vingt ans dans le futur pour voir le résultat de leurs recommandations.

Enfin, dans le domaine de l'histoire, *Civilisation* est un jeu de stratégie multi-joueurs dans lequel les protagonistes construisent et étendent une civilisation débutant avant l'âge de bronze et se développant jusqu'en 2050 (Moshirnia & Israel, 2010 ; Squire, 2006). À travers le développement de leur civilisation, les joueurs apprennent et mobilisent des connaissances historiques. Ils explorent les autres civilisations et prennent des décisions pour développer et protéger leur propre civilisation.

Si les jeux sérieux se sont développés dans les établissements scolaires au cours de ces dernières années, les chercheurs n'ont pas manqué d'interroger leurs effets sur l'apprentissage des élèves. Young et ses collègues (2012) ont conduit une revue de littérature adressant cette question. Sur la base de plus de 300 articles, les auteurs dégagent des évidences empiriques en faveur d'un effet positif des jeux sérieux sur

l'apprentissage des élèves dans les langues, en histoire et en éducation physique. Cependant, ils trouvent peu de support dans la littérature en faveur d'un effet positif des jeux sérieux sur l'apprentissage des élèves en sciences et en mathématiques. Les auteurs ne pensent pas que la réussite en sciences puisse être liée de manière probante à l'utilisation de jeux sérieux. Ces résultats sont partiellement confirmés dans la revue de littérature de Tobias (2011). Si les auteurs identifient que certains jeux sérieux sont susceptibles de mobiliser et de développer des processus cognitifs transférables dans des tâches externes proches, ils soulignent que trop souvent, ils sont développés pour enseigner des contenus pauvres ou la démarche d'apprentissage est intégrée dans le jeu de manière inefficace ce qui contrarie leurs effets sur l'apprentissage des élèves.

L'un des facteurs dégagés par Young (2012) limitant l'efficacité des jeux sérieux pour l'apprentissage est la faiblesse de l'interaction entre le monde numérique et le ou les joueurs. Cette interaction avec le jeu est une condition à l'affordance (*i.e.* invitation à l'action) qui facilite l'immersion de l'utilisateur dans le jeu et son activité d'apprentissage. Des études récentes se sont penchées sur la problématique de l'interaction entre l'utilisateur et le jeu sérieux en mobilisant des tables interactives.

2.2. Potentiel des tables interactives pour les jeux sérieux

Depuis une dizaine d'années maintenant, des chercheurs ont introduit des tables interactives dans la pratique des jeux sérieux. Les tables interactives offrent en effet de nombreux avantages. Côté interaction par exemple, l'usage des deux mains est possible et fortement encouragé sur les tables interactives, ce qui est important car les capacités physiques de la main et du poignet sont riches (Fitzmaurice *et al.*, 1995). D'autre part, les individus peuvent potentiellement se placer n'importe où autour de la table, les entrées sont spatialisées et offrent ainsi le potentiel d'améliorer nettement les capacités de communication. Les artefacts physiques facilitent également l'interaction en rendant l'interface plus directe et surtout plus manipulable (Fitzmaurice & Buxton, 1997). Enfin, la grande majorité de ces tables offrent un espace de travail généreux et permettent à l'utilisateur d'agir tout en parlant et en gardant un œil sur ce que les autres effectuent comme action (Manches *et al.*, 2009).

Les récentes recherches visent donc à profiter des capacités et avantages offerts par les tables interactives dans la pratique de jeux sérieux. Ces recherches ont notamment fait l'hypothèse que les tables interactives pourraient agir comme une affordance (*i.e.* une invitation à l'action) pour l'activité des joueurs (Gibson, 1979) et favoriser ainsi leur

collaboration. Par exemple, Kelly et ses collègues (2010) ont proposé la conception et le développement d'un jeu sérieux (*Solar Scramble*) sur une table interactive « multitouch » pour des enfants de 5 à 10 ans. L'objectif de l'application était d'apprendre la disposition des planètes du système solaire. Ils ont fait évaluer leur jeu sur table interactive par cinq experts de l'enseignement avec des enfants. Ces experts révèlent notamment le potentiel de la pratique multi-joueurs sur table interactive pour favoriser l'activité collaborative des enfants en classe.

Ensuite, Harris et ses collègues (2009) ont étudié le potentiel d'une table interactive de type « multitouch » à favoriser l'apprentissage collaboratif d'élèves du primaire. Quarante-cinq élèves âgés de 7 à 10 ans ont participé à une étude en classe (21 garçons, 24 filles). Ils ont pratiqué un jeu de déplacements d'objets sur table interactive. Les résultats révèlent que la participation des élèves est significativement supérieure dans la pratique du jeu sur table interactive en modalité « multitouch » qu'en modalité « singletouch » conduisant à des interactions plus collaboratives. Shaer et ses collègues (2012) ont aussi étudié la capacité des tables interactives « multitouch » à encourager l'activité collaborative. L'étude en laboratoire de 18 étudiants âgés de 18 à 21 (17 filles, 1 garçon) pratiquant un jeu sérieux (*G-nome Surfer 2.0*) a révélé les avantages de la table interactive pour l'activité collaborative incluant notamment la réflexion, la participation, l'interaction intuitive et une collaboration effective.

Enfin, Kharrufa et ses collègues (2010) ont évalué un jeu sérieux sur table interactive « multitouch » liée à une tâche de rédaction collaborative. Les résultats ont montré que l'application favorisait la collaboration, augmentait les discussions en relation avec la tâche dans le groupe et engendrait un haut niveau de réflexion. Une revue de littérature (Higgins *et al.*, 2011) a montré que les tables interactives avaient le potentiel d'offrir des bénéfices significatifs pour l'apprentissage collaboratif.

En complément de ces travaux mobilisant des tables interactives « multitouch », de rares études ont utilisé un couplage entre table interactive et objets tangibles. Pourtant interagir avec une interface tangible (*Tangible User Interface, TUI*) n'implique pas les mêmes situations d'utilisation qu'une interface graphique classique (*Graphical User Interface, GUI*). De nombreuses recherches ont démontré les avantages des TUIs comme, par exemple, vivre une expérience plus naturelle et conviviale (Ishii & Ullmer, 1997) et/ou intuitive (Fiebrink *et al.*, 2009). Les TUIs offrent également l'opportunité aux individus d'exercer une manipulation directe qu'on pourrait qualifier d'optimale avec l'interface

(Shneiderman, 1981). Plus récemment, la revue de littérature proposée par Zuckerman et Gal-Oz (2013) vise à proposer une analyse en profondeur des avantages et faiblesses des TUIs vs. GUIs. Leurs résultats montrent que les utilisateurs préfèrent les TUIs, ce choix étant motivé par le fait que les TUIs proposent des niveaux élevés de stimulation et de plaisir issus de trois propriétés des TUIs : l'interaction physique, la richesse des feedback, et le haut niveau de réalisme. D'un autre côté, les recherches ont montré l'intérêt de la manipulation et de l'usage des objets pour l'apprentissage chez les enfants (*i.e.*, Alibali et di Russo, 1999). Les valeurs pédagogiques de la manipulation d'objets ont par exemple été promues par Maria Montessori : « *les enfants construisent leur image mentale du monde, par l'action et les réponses motrices ; et, avec la manipulation physique, ils deviennent conscients de la réalité* » (Burnett, 1962).

C'est pourquoi certaines recherches visent à tirer profit à la fois des capacités offertes par les tables interactives, mais également des capacités offertes par les interfaces tangibles dans la pratique des jeux sérieux. C'est par exemple le cas de l'étude portée par Sluis et ses collègues (2004) qui a permis de montrer, grâce à leur application appelée *read-it*, que le couple table interactive/objets tangibles était intéressant pour l'apprentissage de la lecture chez les enfants de 7 à 9 ans. Marco et ses collègues (2009), ont évalué ce couplage avec un jeu sérieux favorisant le développement de l'imaginaire (création d'histoire) pour des enfants de 3 à 4 ans. Do-Lenh et ses collègues (2010) ont présenté une étude empirique des effets sur la performance et l'apprentissage de l'usage d'une table interactive à interface tangible par des élèves en classe. Les premiers résultats ont montrés que la table interactive améliorait la performance mais qu'elle n'avait pas d'incidence sur l'apprentissage. Plus récemment, Bonnard *et al.* (2012) ont proposé un jeu sérieux sur un système permettant des interactions de type tangible et visant l'apprentissage de la géométrie pour des enfants de 10 à 12 ans. Enfin, Cuendet et ses collègues (2013) ont repris les travaux de Do-Lenh *et al.* (2010) et ont proposé trois environnements d'apprentissage basés sur l'usage de tables interactives à interface tangible en situation réelle en classe. Ces environnements d'apprentissage ont été co-conçus avec des enseignants. Les auteurs présentent dans leur article les caractéristiques qui ont émergé des cycles de co-conception et fournissent un ensemble de recommandations pour la conception de tels environnements d'apprentissage.

Même si un ensemble de travaux existe, les auteurs s'accordent à dire que ce domaine de recherche est encore jeune et que l'on manque

d'évidences empiriques notamment par des études en situation réelle en classe pour conclure sur l'efficacité des tables interactives à promouvoir l'apprentissage des élèves dans le cadre de jeux sérieux (Higgins *et al.*, 2011 ; Young *et al.*, 2012). Notre étude en classe vise à contribuer à ces évidences empiriques. Elle repose sur l'hypothèse du potentiel des tables interactives avec objets tangibles à offrir des conditions de pratique favorisant l'activité d'élèves engagés dans un jeu sérieux comparativement aux conditions de pratique de ce même jeu proposées habituellement en salle de classe. Nous avons évalué en classe la capacité d'une table interactive avec objets tangibles à favoriser l'activité d'élèves (*i.e.* leur participation physique) engagés dans un jeu sérieux en mathématiques comparativement à la pratique traditionnelle (*i.e.* support papier) du jeu en classe.

3. Développement d'un jeu sérieux pour table interactive

Depuis quelques années maintenant, les ordinateurs et les nouvelles technologies (*e.g.*, tableaux blancs interactifs) sont de plus en plus utilisés dans les écoles (Glover *et al.*, 2005 ; Hodge et Anderson, 2007). Nous pensons que les tables interactives pourraient s'intégrer dans les écoles, permettant aux jeunes enfants de travailler de manière ludique seul ou en groupe en leur donnant notamment la possibilité de collaborer. Les élèves pourraient travailler en même temps autour de la table et manipuler des objets avec l'aide de leur enseignant (également présent autour de la table).

3.1. Contexte de travail

Une première expérience en école française a été menée en 2011 afin d'évaluer en classe le couplage d'une table interactive (*TangiSense*) avec objets tangibles avec un jeu sérieux pour la *reconnaissance et l'apprentissage des couleurs* en maternelle (Kubicki *et al.*, 2011). Cette première expérimentation a permis de déterminer l'impact et la cohérence d'une telle plateforme pour l'apprentissage aussi bien du côté des enfants que du côté des enseignants.

L'objectif de ces recherches est de fournir aux professeurs un ensemble d'outils leur permettant d'exploiter les capacités fournies par les tables interactives. Notre partenariat (formalisé au cours de l'année 2012/2013) avec l'inspection académique de l'Éducation Nationale nous a permis de mener une étude d'évaluation de l'utilisation d'une table interactive avec objets tangibles dans la pratique d'un jeu sérieux en mathématiques.

Nous proposons dans cette section de présenter dans un premier temps un jeu sérieux appelé *Jeu des tours* habituellement utilisé en classe

au format papier par les professeurs des écoles pour un apprentissage en mathématiques puis, la conception et la réalisation de ce jeu pour la table interactive *TangiSense* afin de le rendre numérique et interactif.

3.2. Présentation générale du jeu des tours

Le *Jeu des tours* est une activité actuellement utilisée par certains professeurs des écoles afin d'appréhender des notions de mathématiques dès le plus jeune âge (Ministère de l'Éducation Nationale, 2008). Cette activité est issue du livre de Dominique Valentin (2004), professeur de Mathématiques en Institut de Formation des Maîtres (IUFM). Dans son ouvrage, Dominique Valentin propose un ensemble d'activités afin de faire découvrir le monde par les mathématiques aux enfants d'écoles maternelles et primaires.

3.2.1. Objectifs pédagogiques

Plusieurs objectifs pédagogiques sont visés par cette activité. Le premier est de faire prendre conscience aux enfants qu'un objet plus grand qu'un autre peut cacher ce dernier. Ainsi selon un angle de vue dans l'espace (*e.g.*, une salle de classe), les enfants doivent se rendre compte que lorsque deux objets ont la même forme mais des hauteurs différentes, l'un peut masquer l'autre. Le second objectif est d'utiliser des informations numériques dans un cadre spatial. Ainsi, si l'on impose la contrainte du nombre d'objets (*e.g.*, quatre objets de même forme mais de tailles différentes (tailles 1, 2, 3 et 4), les enfants doivent appréhender le fait que le plus grand des objets (taille 4) peut cacher les trois autres, mais également que l'objet (taille 3) peut cacher les deux objets plus petit (taille 1 et 2) mais pas l'objet de taille 4, etc. Finalement, un autre objectif de cette activité est de faire prendre en compte plusieurs contraintes par les enfants. Ainsi, en reprenant les quatre objets ci-dessus, il est possible – si ceux-ci sont alignés – d'imposer deux contraintes aux enfants. Par exemple, selon le point de vue (extrémité « nord » de l'alignement ou extrémité « sud » de l'alignement des objets), il est possible d'imposer que selon le point de vue « nord », l'enfant doive observer trois objets (soit ce placement : taille 1, taille 2, taille 4), mais selon le point de vue « sud » uniquement 2 objets (taille 3, et taille 4) (figure 1).

3.2.1. Règles du jeu

Les objectifs du jeu ayant été présentés, il est maintenant plus facile d'en expliquer les règles relativement simples. Les enfants ont à disposition un ensemble d'objets représentant des tours (assemblage de cubes) de taille différente (hauteur allant de 1 à 5 cubes empilés). Le jeu complet

est composé de 17 tours réparties de la façon suivante : une tour de taille 5 puis quatre tours respectivement de taille 4, 3, 2 et 1. Sur la table une feuille de papier représentant une « bandelette » de 5 cases ou une « grille » de 3x3 ou 4x4 cases fait office de plateau de jeu. Sur chaque extrémité de la bandelette (ou de la grille) est indiqué un chiffre compris entre 1 et 5 pour la bandelette et entre 1 et 4 pour la grille (figure 2).



Figure 1 • Exemple de situation où 3 enfants ont un point de vue différent de la disposition des objets sur la table

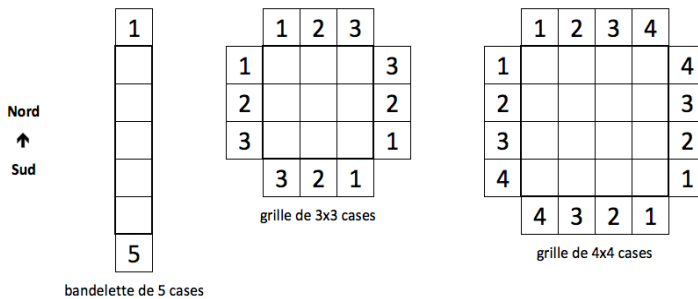


Figure 2 • Exemple de plateaux de jeu

Lors de l'exercice, l'élève doit placer ses tours (qu'il pioche parmi l'ensemble) de manière à respecter les contraintes (chiffres) de chaque extrémité. Chaque chiffre correspond au nombre de tours qu'il sera possible d'apercevoir depuis le point de vue (Nord, Sud) pour la

bandelette et (Nord, Sud, Est, Ouest) pour les grilles. Ainsi dans l'exemple de la bandelette de la figure 2, une solution serait de poser les tours respectivement de taille 5, 4, 3, 2, 1 (du Nord au Sud). Selon un point de vue « Nord », l'élève apercevra une unique tour (la plus grande de taille 5), en revanche selon un point de vue « Sud », l'élève apercevra cinq tours (de la plus petite à la plus grande). L'exercice reste le même pour les grilles sachant qu'il faut respecter les contraintes pour les lignes et les colonnes.

Notons que le jeu permet deux variantes : (1) autoriser de poser deux tours de même taille sur une même ligne/colonne (plus facile) ou (2) interdire la pose de deux tours de même taille sur une même ligne/colonne (plus difficile). Durant notre évaluation (cf. §4), le professeur des écoles a choisi la variante n° 1.

3.3. Description de la table interactive *TangiSense*

La table *TangiSense* (Kubicki *et al.*, 2009a) (conçue et développée par la société RFIdées) est une table interactive ayant la particularité de proposer uniquement des interactions « tangibles » (*a contrario* de la majorité des tables interactives qui propose des interactions « tactiles »). Par interactions « tangibles » nous entendons qu'un ensemble d'objets tangibles (physiques) peuvent/doivent être posés sur sa surface. La technologie RFID employée par la table permet la détection de ces objets.

La technologie RFID (*Radio Frequency Identification*) (Finkenzeller, 2003) fonctionne selon le principe d'un lecteur et d'un émetteur. Les étiquettes RFID (ou tags RFID) sont composées d'une puce pouvant contenir une mémoire, reliée à une antenne réagissant aux ondes radio (figure 3).

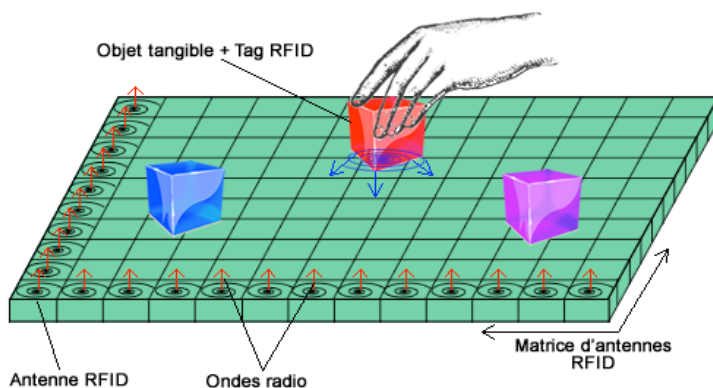


Figure 3 • Schématisation de la technologie RFID employée par la table interactive *TangiSense*

Elles sont lues par un lecteur le plus souvent connecté à un ordinateur. La communication entre le composant électronique et le lecteur s'établit par radiofréquence et non par lecture optique (comme par exemple pour la lecture de code barres). Le code barres permet d'identifier une famille de produits tandis que l'étiquette RFID permet l'identification unique d'un objet possédant une étiquette. Remarquons également que les étiquettes RFID peuvent être lues à distance et en parallèle, plusieurs étiquettes pouvant être lues en même temps sur un seul lecteur.

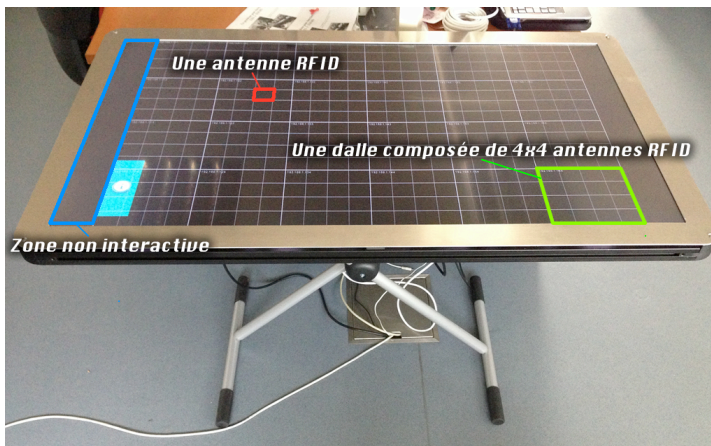


Figure 4 • Présentation de la table interactive *TangiSense 2*

La table dans sa nouvelle version *TangiSense 2* (lire (Kubicki *et al.*, 2009b) pour les caractéristiques de la *TangiSense 1*) est composée de 24 « dalles » contenant chacune 16 antennes RFID (4 x 4) de 3,75 cm de côté sur une surface de 90 cm*60 cm. Ce principe de dalles ne restreint pas la taille de la table ; en ajoutant (ou enlevant) des dalles, il est possible d'augmenter (ou de diminuer) la surface de la table ; la plus petite surface étant la dalle elle-même. Chaque dalle contient son processeur DSP (*Digital Signal Processor*) de traitement des lectures d'antennes RFID, son multiplexeur d'antennes et son processeur de communication. Les stratégies de lecture sont hiérarchisées et le code est réparti entre le processeur de lecture d'antennes, le processeur en charge du multiplexage et l'ordinateur hôte. Les dalles sont associées entre elles par une interface de contrôle reliée à l'ordinateur hôte par un bus Ethernet. Le temps de réponse obtenu grâce à la communication Ethernet et la lecture RFID offre des performances de vitesse très prometteuses à ce jour.

Dans sa seconde version, la table *TangiSense 2* possède un écran LCD de 47 pouces permettant ainsi l’affichage d’objets virtuels avec lesquels interagir grâce aux objets tangibles posés à sa surface. Cette surface intègre de chaque côté de la table une zone « non interactive » d’environ 7 cm, permettant de poser les objets sur la table sans qu’ils ne soient détectés (cf. figure 4). Enfin, d’un point de vue logiciel, la table interactive *TangiSense* repose sur un Système Multi-Agents permettant de définir les règles d’interaction entre les agents (objets tangibles/objets virtuels) de l’application (Lebrun, 2013).

3.4. Développement et adaptation du jeu « papier » pour table interactive

La *Jeu des tours* et la table interactive *TangiSense*, tout deux supports de notre expérimentation ayant été présentés, nous proposons d’introduire dans cette partie l’implémentation du jeu pour la table *TangiSense* puis la conception des objets nécessaires à l’application.

3.4.1. Implémentation

La conception de l’application a fait l’objet d’un projet informatique de fin d’année pour un groupe de 5 étudiants d’une école d’ingénieurs. Le développement de cette première version d’application (nous envisageons un développement itératif suite à nos expérimentations et remarques que nous pourrions obtenir en classes) a été étalé sur une durée de 12 semaines. Notons que la conception a été réalisée en collaboration avec une Conseillère Pédagogique de Circonscription de l’Éducation Nationale, celle-ci ayant recommandé le développement de ce jeu qui est couramment utilisé en classe. Elle a proposé un cahier des charges regroupant l’ensemble des fonctionnalités de bases qui étaient attendues, validé les choix de développement, et proposé des exemples d’orientation de conception et de validation qui lui semblaient important au regard de son expertise quant à l’usage du jeu et de ses observations de la pratique du jeu en classe par les enseignants. Celle-ci a donc joué le rôle important d’expert pédagogique et d’intermédiaire avec les enseignants dans le développement du jeu.

L’application dans sa première version possède donc un ensemble de fonctionnalité comme :

- une administration de l’application (choix de la classe, saisie/affichage du nom des élèves participants, choix du plateau de jeu) ;
- une génération automatique des grilles incluant un algorithme de vérification de leur faisabilité ;

- des algorithmes de correction par ligne ou colonne (aidant les utilisateurs lors de l'exercice) et de validation de grille complète ;
- une gestion des tags RFID (et par conséquent des objets posés sur la table ; nous détaillerons dans la section suivante les aspects de conception des objets) ;
- Des aspects graphiques (dessin des plateaux, de l'environnement de travail) et sonores (erreur, grille valide, etc.).

L'intégralité de ces fonctionnalités ont permis de rendre l'application fonctionnelle et évaluable en classe. Toutefois, un certain nombre d'améliorations peuvent d'hors et déjà être apportés à cette version suite à notre première expérimentation en classe. Nous discutons de ces améliorations dans les perspectives (§7) de cet article.

3.4.2. Conception et présentation des objets tangibles

La table interactive *TangiSense* permettant d'interagir avec des objets tangibles, il est nécessaire lors du développement d'une nouvelle application de réfléchir aux objets qui seront utilisés puis de les concevoir.

Dans notre cas, les objets devaient respecter certaines contraintes comme par exemple s'approcher le plus possible des objets utilisés actuellement en classe par les enfants et les professeurs, qu'ils soient adaptés aux enfants de jeunes âges et par conséquent non dangereux ou coupants et qu'ils ne soient pas métalliques afin d'être correctement détectés par la table.

Dans le cadre de leur projet informatique, les étudiants-ingénieurs du groupe de travail ont exploré et proposé plusieurs pistes pour la conception des objets. Les résultats proposés ont été :

- une conception en bois, peu coûteuse mais nécessitant quelques heures de travail pour la conception et surtout un respect strict quand à l'éventuel usage de peinture, ou de vernis (afin qu'ils puissent être manipulés en toute sécurité par des enfants).
- une conception par imprimante 3D des objets. Cette solution est relativement avantageuse côté design puisque n'importe quel objet peut être envisagé. Cependant, les essais et les prototypes d'objets effectués avec le modèle d'imprimante 3D mise à notre disposition ont montré que le temps d'impression était excessivement long pour un unique objet et que le rendu n'était pas à la hauteur des espérances et qu'enfin, le coût pouvait être excessif.

- une conception à partir de cubes ou pièces déjà utilisés par les enfants en classes, comme, par exemple, des *LEGO*[®].

C'est finalement pour cette dernière solution que nous avons opté (figure 5). Les *LEGO*[®] sont en effet particulièrement adaptés aux enfants (et utilisés en classe), totalement modulables et par conséquent permettant de concevoir nos objets de la dimension souhaitée. Notons également que le coût de cinq boîtes de *LEGO*[®] (quantité nécessaire pour fabriquer l'intégralité de nos objets) était particulièrement raisonnable (environ 6 € par objet conçu).

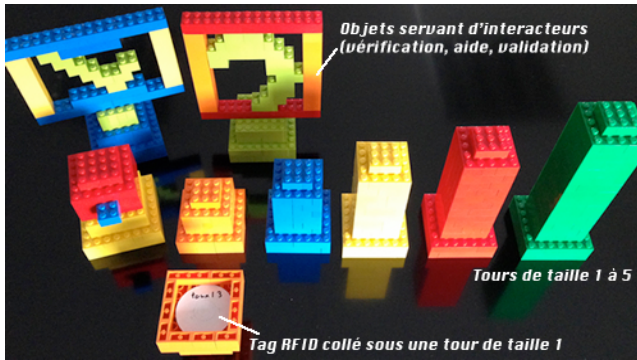


Figure 5 • Les différents objets de l'application conçus en *LEGO*[®]

Pour cette application, deux types d'objets ont donc été conçus : (1) les tours de taille 1 à 5 respectant les règles et besoin du jeu initial et (2) des objets « interacteurs » (Lepreux *et al.*, 2012) permettant d'interagir avec la table interactive. Il existe 3 objets de ce type correspondants aux trois tâches que peut effectuer l'enseignant durant la pratique du jeu par des élèves en classe : (1) un objet « vérificateur » (socle jaune, tête rouge sur la figure 5 permettant de vérifier côté par côté (pour une grille) la position des tours, et d'indiquer à l'enfant ses erreurs et de cibler son attention sur un côté particulier ; (2) un objet « valideur » (socle bleu, « check vert » sur la figure 5) qui contrôle la bande ou la grille entièrement et qui annonce le résultat à l'enfant (correct / pas correct) ; (3) un objet « aideⁱ » (socle vert, point d'interrogation vert sur la figure 5) qui permet, lorsque l'enfant en a besoin, d'indiquer directement sur la grille, une ligne (ou colonne) sur laquelle l'enfant doit se focaliser car celle-ci contient une erreur. Notons que sous chaque objet, un tag RFID est collé permettant d'être reconnu par la table interactive (*e.g.*, objet orange en bas de la figure 5).

4. Méthode et évaluation

Dans cette section, nous détaillons la méthode utilisée pour recueillir nos données d'évaluation en présentant les participants à notre étude, le protocole utilisé et le facteur utilisé pour mesurer l'activité des élèves sur le jeu sérieux.

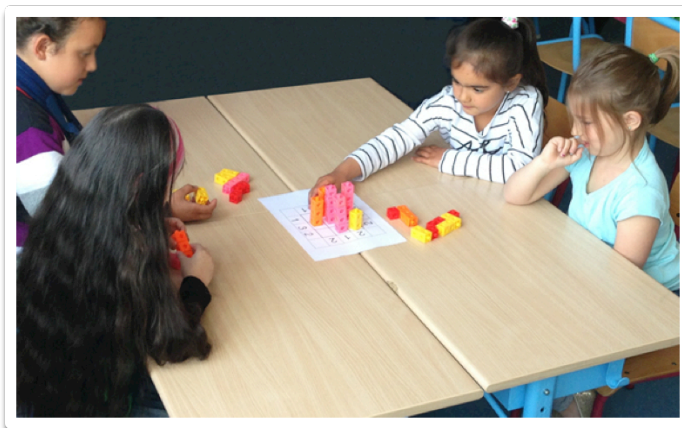


Figure 6 • Quatre élèves autour du jeu au format "papier" en salle de classe



Figure 7 • Quatre élèves travaillant sur le jeu au format numérique

4.1. Participants et protocole

Onze élèves de cours préparatoire, 9 filles et 2 garçons (moyenne d'âge : 6 ans 11 mois ; écart-type : 3,9 mois), ont participé à l'étude avec

le consentement de leurs parents/représentants légaux. Les élèves ont été répartis de manière aléatoire en deux groupes de quatre élèves et un groupe de trois élèves. Les trois groupes d'élèves ont d'abord pratiqué le jeu en classe une seule fois sous la supervision de leur enseignant dans les conditions dans lesquelles ils le pratiquent habituellement en classeⁱⁱ c'est-à-dire assis autour de tables jointes avec une grille de 3x3 cases au format A4 papier et le matériel habituellement utilisé (*i.e.* cubes empilables). Lorsqu'ils pensaient avoir trouvé une solution correcte, les élèves sollicitaient l'enseignant pour vérification. Si cette solution était correcte, l'enseignant la validait et le jeu se terminait. Dans le cas contraire, les élèves cherchaient une solution correcte. La figure 6 présente les conditions de pratique du jeu en classe.

Dans la même journée, les trois groupes d'élèves ont pratiqué le même jeu une seule fois dans les conditions de pratique sur une table interactive avec objets tangibles c'est-à-dire debout autour de la table avec une grille de 3x3 cases et du matériel adaptés aux dimensions de la table (*i.e.*, tours en LEGO®). Après une explication/démonstration par un chercheur du fonctionnement des tours et des objets « interacteurs » (phase de familiarisation), les élèves ont cherché une solution correcte au jeu. Lorsqu'ils pensaient l'avoir trouvé, ils utilisaient les objets « vérificateur » et « validateur » pour valider leur réponse. Posés sur des cases spécifiques, ces objets émettaient un bruit d'applaudissements lorsque la réponse était correcte ou un bruit de pleurs dans le cas contraire. Si la réponse était validée, le jeu se terminait. Dans le cas contraire, les élèves cherchaient une solution correcte. La figure 7 présente les conditions de pratique du jeu sur table interactive avec objets tangibles.

4.2. Mesures

Pour comparer l'activité des élèves sur les vidéos dans la pratique du jeu en classe et sur table interactive avec objets tangibles, nous avons utilisé le facteur du « temps sur la tâche ». Le temps sur la tâche a été défini dans la littérature comme la quantité de temps que les élèves passent en étant engagé activement dans une tâche d'apprentissage (Duncheaon & Tierney, 2013). Ce facteur a été avancé dans la littérature comme le facteur le plus important et le plus critique dans l'apprentissage des élèves (Langer, 2001 ; Rosenshine & Berliner, 1978 ; Stallings, 1980). En effet, plus les élèves passent de temps engagé activement dans une tâche, plus ils ont d'opportunités pour apprendre. Le temps sur la tâche est mesuré à partir de l'activité effective des élèves. Dans notre étude, le temps sur la tâche de chaque élève a été mesuré dans les vidéos par

l'activité de placement/déplacement des tours pour trouver une solution au jeu en dehors du temps de familiarisation avec la table interactive. Le temps en seconde a été retenu comme unité de mesure de l'activité des élèves. Deux observateurs ont codé séparément les vidéos pour déterminer de temps sur la tâche de chaque élève dans les deux conditions de pratique du jeu (en classe et sur table interactive avec objets tangibles). Nous avons suivi les recommandations de Rourke et Anderson (2004) sur la validité des mesures quantitatives et performé un Kappa de Fleiss (SPSS®, v.21) pour déterminer la fidélité inter-codeurs.

5. Résultats

Le Kappa de Fleiss calculé sur les codages des vidéos par les deux observateurs indique, selon la table de Landis et Koch (1977), un fort degré d'accord ($K = .927$; $p < .000$). Ce résultat a été facilité par le codage du temps sur la tâche de chaque élève à partir de vidéos permettant une analyse plus fine que le codage en situation naturelle obligeant l'observateur à quitter régulièrement les élèves du regard afin de compléter la feuille de codage. L'enregistrement vidéo de l'activité des élèves est à encourager dans ce type de situation pour favoriser la fiabilité des mesures. Nous présentons les résultats de l'évaluation en deux parties. L'une consacrée à la comparaison entre le temps sur la tâche des élèves dans la pratique du jeu en classe sur support papier (traditionnel) et dans sa pratique sur table interactive (numérique). L'autre centrée sur l'évolution chronologique de ce temps sur la tâche dans les deux conditions de pratique du jeu.

5.1. Temps sur la tâche dans le jeu en classe et sur table interactive

Le tableau 1 présente le temps total sur la tâche de chaque groupe d'élèves et de l'ensemble des élèves dans la situation de jeu en classe (traditionnel) et dans la situation de jeu sur table interactive avec objets tangibles (numérique).

Le temps que les élèves passent sur la tâche lorsqu'ils pratiquent le jeu sur table interactive est significativement supérieur au temps qu'ils passent sur la tâche dans le jeu en classe pour les trois groupes. Les élèves passent en moyenne sur la tâche 22.54 % du temps total d'activité lorsqu'ils pratiquent le jeu en classe contre 43.96 % lorsqu'ils le pratiquent sur table interactive soit presque le double. Sur l'ensemble des élèves, le test Wilcoxon sur échantillons liés indique que le temps passé sur la tâche sur table interactive ($M = 8.91$; $ET = 10.92$) est supérieur au

temps passé sur la tâche lors du jeu en classe ($M=3.89$; $E-T=8.78$), $Z=4.253$, $p<.000$.

Tableau 1 • Temps sur la tâche en classe et sur table interactive

Élèves	Temps en secondes (% du temps total d'activité)	
	Traditionnel	Numérique
0101	3 (1.29)	11 (4.36)
0102	62 (26.72)	82 (32.54)
0103	11 (4.74)	34 (13.49)
0104	9 (3.88)	111 (44.04)
Total Groupe 1	85* (36.63)	238* (94.44)
0201	109 (17.60)	125 (21.77)
0202	20 (3.23)	36 (6.27)
0203	22 (3.55)	88 (15.33)
0204	21 (3.39)	35 (6.09)
Total Groupe 2	172* (27.78)	284* (49.47)
0301	29 (5.53)	57 (8.79)
0302	0 (0.00)	7 (1.08)
0303	24 (4.58)	62 (9.56)
Total Groupe 3	53* (10.11)	126* (19.44)
Ensemble	310* (22.54)	648* (43.96)

$p<.05$

On observe aussi que, si tous les élèves voient leur temps sur la tâche augmenter dans la situation de jeu sur table numérique, cette augmentation n'est pas identique pour tous. L'élève 0104 voit ainsi son temps sur la tâche augmenter de plus de 40 % sur table interactive passant de 9 secondes (3,88 % du temps total d'activité) dans la classe à 111 secondes (44,04 % du temps total d'activité) sur table numérique. Une telle augmentation ne se retrouve pas pour d'autres élèves. Par exemple, l'élève 0101 passe de 3 secondes de temps sur la tâche en classe à 11 secondes sur table numérique tandis que l'élève 0302 n'a aucun temps sur la tâche dans le jeu en classe et uniquement 7 secondes sur table interactive. Les élèves 0102, 0201 et 0301 qui étaient les élèves les plus actifs sur le jeu en classe dans les groupes 1, 2 et 3 sont aussi ceux qui restent les plus actifs dans le jeu sur table interactive.

5.2. Évolution chronologique du temps sur la tâche dans les deux situations de mesure

Le graphique 1 présente une représentation schématique de l'évolution chronologique du temps sur la tâche de chaque élève de chaque groupe lors du jeu en classe et sur table interactive



Graphique 1 • Évolution chronologique comparée du temps sur la tâche de chaque groupe d'élèves dans le jeu en classe et sur table interactive

On observe que l'activité des élèves dans la pratique traditionnelle du jeu en classe est majoritairement de type asynchrone c'est-à-dire qu'ils manipulent les tours à tour de rôle pour trouver une solution au jeu. Quelques activités se recoupent pour le groupe 1 tandis que les élèves des groupes 2 et 3 présentent des activités parfaitement asynchrones dans la situation de jeu en classe. Au contraire, dans la pratique du jeu sur table interactive, on observe que, s'il existe des épisodes asynchrones, l'activité des élèves dans les groupes 1 et 2 est majoritairement de type synchrone c'est-à-dire qu'ils manipulent les tours en même temps pour trouver une solution au jeu. Pour le groupe 3 cependant, les activités restent majoritairement synchrones.

6. Discussion

L'objectif de cette étude était d'évaluer l'effet de l'introduction en classe d'une table interactive avec objets tangibles comme outil d'interaction entre des élèves et un jeu sérieux en mathématiques. Onze élèves de cours préparatoire ont participé à cette étude. Ils ont été répartis en trois groupes de manière aléatoire. Ils ont pratiqué le jeu en classe puis,

dans la même journée, le jeu sur table interactive. Leur activité dans les deux situations a été enregistrée à l'aide d'une caméra numérique. Nous avons comparé sur vidéos le temps que chaque élève passait sur la tâche lors de la pratique traditionnelle du jeu en classe et lors de sa pratique sur table interactive avec objets tangibles. Les résultats indiquent une évolution significative du temps sur la tâche des élèves lors de la pratique du jeu sur table interactive. Ils montrent aussi que cette évolution n'est pas identique pour tous les élèves. Ils révèlent enfin que pour deux groupes d'élèves la table interactive favorise le développement d'activités synchrones sur le jeu. Ces résultats sont discutés au regard de (1) l'affordance de la table interactive pour l'activité des élèves, (2) la nécessité d'accompagner l'introduction d'outils technologiques dans la classe de démarches didactiques et pédagogiques spécifiques et, (3) l'opportunité offerte par la table interactive d'engager les élèves dans une activité d'apprentissage coopérative.

6.1. Tables interactives avec objets tangibles et activité des élèves

Notre étude indique que les élèves passent un peu plus de 20% de leur temps en classe activement engagés à résoudre le problème posé par le jeu. Ce résultat confirme une tendance lourde dans la littérature internationale sur l'utilisation du temps en classe. Même si des évolutions ont marqué l'utilisation du temps des élèves en classe (Duncheon & Tierney, 2013), les résultats des larges études en mathématiques et en lecture conduites dans les années 70 n'ont pas été remis en cause. Les élèves passent, selon les études, entre 20 % et 30 % de leur temps en classe engagés activement dans une tâche d'apprentissage. Le reste du temps, ils écoutent l'enseignant, s'organisent pour pratiquer, passent d'une tâche à une autre ou attendent leur tour pour réaliser la tâche. Nos résultats révèlent que le temps passé sur le jeu sur table interactive représente presque le double du temps passé sur le jeu en classe. Cette différence est significative. La table interactive offre plus d'opportunités aux élèves de s'engager activement dans la tâche et d'apprendre de la résolution du problème posé.

Deux éléments principaux peuvent être avancés pour expliquer cette différence. D'une part, la table interactive pourrait agir comme une affordance invitant les élèves à l'action. Le concept d'affordance a été introduit et théorisé par Gibson (1979). Les affordances ont été initialement définies comme les propriétés de l'environnement qui sont significatives pour le comportement des animaux. Dans notre étude, la table

interactive avec ses objets tangibles apparaît reconnue par les élèves comme un élément significatif de leur environnement d'apprentissage. Cette affordance de la table interactive les invite à l'action se traduisant par une augmentation significative de leur temps sur la tâche. Un ensemble d'études ont confirmé ce phénomène d'affordance des outils technologiques introduits en classe (Gaver, 1991 ; Mangenot, 2008 ; O'Rourke, 2005). D'autre part, les conditions de pratique du jeu sur table interactive pourraient expliquer ces différences. Notamment, la possibilité de se déplacer librement autour de la table interactive pourrait avoir favorisé les interactions des élèves avec les tours. La table interactive offre des conditions de pratique du jeu favorables à l'engagement des élèves dans la tâche. Ce potentiel constitue une opportunité pour les apprentissages scolaires.

Pour autant, nos résultats montrent que si tous les élèves voient leur temps sur la tâche augmenter dans la situation de jeu sur table interactive, il existe des différences interindividuelles significatives. Si la table interactive invite les élèves à l'action, tous ne s'y engagent pas dans les mêmes proportions. À côté de gains de temps sur la tâche très significatifs pour certains élèves, d'autres agissent très peu dans le jeu en classe et sur table interactive. Ce résultat pose la question de l'équité de participation des élèves aux technologies introduites en classe. Harris *et al.* (2009) dégagent des différences significatives entre filles et garçons dans l'utilisation d'une table interactive selon une modalité *multi-touch* ou *single-touch*. L'introduction de la table interactive et plus largement l'introduction d'outils technologiques dans la classe ne peuvent à eux seuls résoudre la problématique de l'engagement actif dans la tâche et de l'apprentissage de tous les élèves. Après avoir recueilli les idées d'enseignants de mathématiques sur la manière d'utiliser des technologies en classe pour favoriser l'apprentissage des élèves (Ruthven & Hennessy, 2002) ont observé la manière dont ces enseignants utilisaient concrètement ces technologies en classe (Ruthven *et al.*, 2008), Ruthven (2009) conclut à la nécessité d'accompagner la mise en œuvre de ces technologies d'un ensemble de ressources incluant des démarches didactiques et pédagogiques spécifiques. En effet, l'introduction de technologies en classe ne peut se passer d'une réflexion didactique sur les contenus à transmettre et leur adaptation aux niveaux des élèves. Mais elle ne peut non plus se passer d'une réflexion sur la manière dont l'enseignant conduit sa classe dans un environnement éducatif nouveau et gère ses interactions avec les élèves de manière à offrir à tous des opportunités égales pour apprendre. Notre étude confirme cette nécessité d'accom-

pagner l'introduction d'outils technologiques en classe de démarches didactiques et pédagogiques spécifiques.

Enfin, nos résultats révèlent que les activités des élèves sont plutôt de type synchrone dans la pratique du jeu sur table interactive et plutôt de type asynchrone dans la pratique du jeu en classe. Ce caractère asynchrone de l'activité des élèves en classe constitue une tendance lourde des recherches sur les pratiques pédagogiques traditionnelles (Mayer & Alexander, 2011). Même si des évolutions sont constatées, l'organisation et les contraintes du système éducatif conduit le plus souvent les professeurs à adopter un enseignement dans lequel les élèves cherchent individuellement des solutions aux problèmes posés, répondent à tour de rôle aux questions des enseignants et finalement, apprennent seuls. Les méthodes d'apprentissage coopératif sont aujourd'hui largement étudiées et, sous certaines conditions, elles ont été reconnues comme favorisant la réussite des élèves dans plusieurs disciplines scolaires et à plusieurs niveaux d'enseignement (Slavin, 2011). L'apprentissage coopératif réfère à une modalité d'enseignement dans laquelle les enseignants organisent les élèves en petits groupes pour travailler ensemble et aider chacun à apprendre le contenu visé. Ces méthodes efficaces restent encore peu utilisées dans l'enseignement traditionnel. Notre étude montre que la table interactive, en favorisant l'activité synchrone d'élèves en petits groupes, offre une opportunité d'utiliser en classe le potentiel des méthodes d'apprentissage coopératives.

6.2. Limites

Si cette étude révèle le potentiel d'une table interactive avec objets tangibles à augmenter le temps des élèves sur la tâche et à favoriser la coopération à la résolution de problèmes, plusieurs limites doivent être identifiées. Tout d'abord, les conditions de recueil de données basées sur la participation volontaire des enseignants n'ont pas permis de travailler avec un plus grand nombre de sujets. Les études futures devront mobiliser un plus grand nombre de sujets pour permettre de stabiliser les premiers résultats de cette étude exploratoire. Ensuite, le temps sur la tâche est l'un des facteurs principaux ressortant dans la littérature en lien avec l'engagement des élèves dans la tâche et leurs apprentissages. Pour autant, d'autres facteurs pourraient venir compléter utilement nos analyses comme le nombre d'erreurs, le nombre d'essais ou encore l'impact de la table interactive avec objets tangibles sur la motivation des élèves à résoudre le problème. Aussi, des différences liées au sexe des élèves pourraient être prises en compte ainsi que l'expérience des utilisateurs.

Enfin, les résultats de cette étude sont circonscrits au jeu de mathématiques développé pour la table. Des études complémentaires sont nécessaires mobilisant d'autres applications sur tables interactives avec objets tangibles permettant de disposer d'une vue plus large de la contribution de cette technologie à l'apprentissage en milieu scolaire.

7. Conclusions et perspectives

Si les résultats de cette première étude apparaissent encourageants dans les limites développées ci-dessus, la volonté de montrer que ce type d'outil technologique peut favoriser l'apprentissage des élèves nécessite des études complémentaires. Plusieurs perspectives s'ouvrent ici. Une première en didactique par l'étude du milieu dans lequel les élèves utiliseront cette technologie en rapport avec un contenu d'enseignement et sous la conduite d'un professeur. Une seconde reposerait sur l'étude des processus cognitifs effectivement mobilisés par les élèves dans la résolution du problème permettant d'identifier notamment les changements conceptuels à opérer pour apprendre. La troisième enfin par l'étude des verbalisations des élèves dans le jeu sur table interactive permettant de dégager des évidences empiriques de la coopération dans la résolution du problème posé.

Notre partenariat avec l'Éducation Nationale étant relativement récent, nous envisageons de poursuivre nos évaluations en classe afin d'effectuer nos recherches directement en milieu naturel, ce qui est un point fort dans les recherches menées actuellement sur les tables interactives et jeux sérieux. Nous envisageons également de poursuivre l'implémentation de notre *Jeu des tours* afin d'y apporter les modifications et améliorations soulevées lors de nos évaluations. Par exemple nous devons proposer l'inhibition temporaire de la vérification (objet « vérificateur »), les élèves ayant tendance à effectuer une unique modification sur la grille puis à immédiatement vérifier leur choix à l'aide de l'objet. Notons qu'un ensemble déjà conséquent d'améliorations a été soulevé durant nos premières évaluations nous amenant déjà à proposer une version 2 de l'application.

REMERCIEMENTS

Ce travail de recherche a été partiellement financé par le *Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche*, le *Conseil Général du Finistère, Brest Métropole Océane* et la *ville de Brest*. Nous voudrions remercier les étudiants de l'*École Nationale d'Ingénieurs de Brest*

qui ont participé au développement du jeu sur la table interactive. Nous remercions aussi la *circonscription Brest-Nord de l'Inspection Académique du Finistère*. Enfin, nous tenons à remercier les écoles Paul Langevin et Paul Dukas de Brest (directeurs, enseignants et personnels administratifs) ainsi que les parents et les enfants qui ont accepté de participer à cette étude.

-
- 1 Notons que cet objet n'a pas été utilisé durant notre évaluation afin de ne pas fausser les résultats de comparaison avec l'activité papier durant laquelle les élèves n'étaient pas aidés par l'enseignant.
 - 2 Les élèves pratiquent régulièrement ce jeu en classe avec une grille de 3x3 cases.

BIBLIOGRAPHIE

ALAGHA I., HATCH A., MA. L., BURD L. (2010). Towards a teacher-centric approach for multi-touch surfaces in classrooms. In *ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces (ITS'10)*, ACM Press, New York, NY, USA, p. 187-196.

ALIBALI M. W., DIRUSSO A. A. (1999). The function of gesture in learning to count: More than keeping track. *Cognitive Development*, Vol. 14, 37-56.

ALLAIN S., SZILAS N. (2012). Exploration de la métalepse dans les « serious games » narratifs. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation*, Vol. 19, 1-14.

APTED T., KAY J., QUIGLEY A. (2006). Tabletop Sharing of Digital Photographs for the Elderly. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '06)*, Rebecca Grinter, Thomas Rodden, Paul Aoki, Ed Cutrell, Robin Jeffries, and Gary Olson (Eds.). ACM Press, New York, NY, USA, p. 781-790.

ARICI A.D. (2009). Meeting kids at their own game : A comparison of learning and engagement in traditional and three-dimensional MUVE educational-gaming contexts. *Dissertation Abstracts International Section A: Humanities and Social Sciences*, Vol. 70(2-A), 469.

BARAB S., GOLDSTONE R., ZUIKER S. (2009). Transformational play as a curricular scaffold : Using videogames to support science education. *Journal of Science Education Technology*, Vol. 18, 305-320.

BARAB S.A., GRESALFI M., INGRAM-GOBLE A., JAMESON E., HICKEY D., AKRAM S., KIZER, S. (2009). Transformational play and Virtual worlds : Worked examples from the Quest Atlantis project. *International Journal of Learning and Media*, Vol. 1(2). Disponible sur internet : <http://ijlm.net/knowninganddoing/10.1162/ijlm.2009.0023> (consulté le 05 juillet 2013).

BONNARD Q., JERMANN P., LEGGE A., KAPLAN F., DILLENBOURG P. (2012). Tangible paper interfaces: interpreting pupils' manipulations. In *Proceedings of the 2012 ACM international conference on Interactive tabletops and surfaces (ITS '12)*, New York, NY, USA, p. 133-142.

BURNETT A. (1962). Montessori Education Today and Yesterday. *The Elementary School Journal*, Vol. 63(2), 71-77.

CRUZ-CUNHA M.M. (2012). *Handbook of Research on Serious Games as Educational, Business and Research Tools*. Hershey, PA : IGI Global.

CUENDET S., BONNARD Q., DO-LENH S., DILLENBOURG P. (2013). Designing augmented reality for the classroom, *Computers & Education*, Volume 68, October 2013, Pages 557-569, ISSN 0360-1315.

DO-LENH S., JERMANN P., CUENDET S., ZUFFEREY G., DILLENBOURG P. (2010). Task performance vs. learning outcomes: a study of a tangible user interface in the classroom. In Martin Wolpers, Paul A. Kirschner, Maren Scheffel, Stefanie Lindstaedt, and Vania Dimitrova (Eds.), *Proceedings of the 5th European conference on Technology enhanced learning conference on Sustaining TEL: from innovation to learning and practice (EC-TEL'10)*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, p. 78-92.

DUNCHEON J.C., TIERNEY W.G. (2013). Changing Conceptions of Time : Implications for Educational Research and Practice. *Review of Educational Research*, Vol. 83(2), 236-272.

FIEBRINK R., MORRIS D., MORRIS M. R. (2009). Dynamic mapping of physical controls for tabletop groupware. In CHI '09 : *27th international conference on Human factors in computing systems*, p. 471-480, New York, NY, USA, 2009. ACM Press.

FINKENZELLER K., (2003). *RFID Handbook : Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification*. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, USA.

FITZMAURICE G. W., ISHII H., BUXTON W. A. S. (1995). Bricks : laying the foundations for graspable user interfaces. In CHI'95 : *conference on Human factors in computing systems*, p. 442-449, New York, NY, USA, 1995. ACM Press / Addison-Wesley Publishing Co.

Fitzmaurice G. W., et Buxton W. (1997). An empirical evaluation of graspable user interfaces : towards specialized, space-multiplexed input. In CHI'97 : *conference on Human factors in computing systems*, p. 43-50, New York, NY, USA, 1997. ACM Press.

GASTINEAU S., LE FUR R., BAUDOIN C., VEYRET M., COGAN Y., MISIAK G., CHEVALLIER, P. (2012). Jeu vidéo, plaisir et pédagogie. Retour d'expérience sur la conception d'un jeu vidéo pédagogique et observation de son utilisation expérimentale en classe. *Colloque Scientifique Ludovia 2012*, Ariège, France. Disponible sur internet. : http://culture.numerique.free.fr/publications/ludo12/gas_tineau_ludovia_2012.pdf (consulté le 05 juillet 2013).

GAVER W.W. (1991). Technology affordances. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'91)*, Scott P. Robertson, Gary M. Olson, and Judith S. Olson (Eds.). ACM Press, New York, NY, USA, p. 79-84.

GIBSON J. J. (1979). The theory of affordances. In R. E. Shaw & J. Bransford (Eds.), *Perceiving, Acting, and Knowing*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

GLOVER D., MILLER D., AVERIS D., DOOR V. (2005). The interactive whiteboard : a literature survey. *Technology, Pedagogy and Education*, Vol. 14 (2), 155-170.

HARRIS A., RICK J., BONNETT V., YUILL N., FLECK R., MARSHALL P., ROGERS Y. (2009). Around the table: are multiple-touch surfaces better than single-touch for children's collaborative interactions? In Claire O'Malley, Daniel Suthers, Peter Reimann, and Angélique Dimitracopoulou (Eds.), *Proceedings of the 9th international*

conference on Computer supported collaborative learning (CSCL'09), Vol. 1, International Society of the Learning Sciences, p. 335-344.

HIGGINS S., MERCIER E., BURD E., HATCH A. (2011). Multi-touch tables and the relationship with collaborative classroom pedagogies: A synthetic review. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, Vol. 6(4), 515-538.

HODGE S., ANDERSON B., (2007). Teaching and learning with an interactive whiteboard : a teacher's journey. *Learning, Media and Technology*, Vol. 32 (3), 271–282.

ISHII H., ULLMER B. (1997). Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, p. 234-241, New York, USA, ACM Press.

KE F. (2008). A case of computer gaming for math : Engaged learning from gameplay ? *Computers & Education*, Vol. 51, 1609-1620.

KEBRITCHI M. (2008). Effects of a computer game on mathematics achievement and class motivation : An experimental study. *Dissertation Abstracts International Section A : Humanities and Social Sciences*, Vol. 69(6-A), 2121.

KELLY A. R., WALLACE J. R., CERAR K., RANDALL N., MCCLELLAND P., MINDY SETO A. (2010). Solar scramble: an educational children's game for collaborative multi-touch digital tabletops. In *Proceedings of the 28th ACM International Conference on Design of Communication (SIGDOC '10)*. ACM Press, New York, NY, USA, p. 27-32.

KHANDELWAL M, MAZALEK A. (2007). Teaching table: a tangible mentor for pre-k math education. In *Proceedings of the 1st international conference on Tangible and embedded interaction (TEI '07)*. ACM, New York, NY, USA, p. 191-194.

KHARRUFA A., LEAT D., OLIVIER P. (2010). Digital Mysteries: Designing for Learning at the Tabletop. In *ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces (ITS '10)*. ACM Press, New York, NY, USA, p. 197-206.

KLOPFER E., OSTERWEIL S., SALEN K. (2009). *Moving learning games forward*. Cambridge, MA: Education Arcade.

KUBICKI S., LEPREUX S., KOLSKI C., (2011). Evaluation of an interactive table with tangible objects: Application with children in a classroom, In *Proceedings of the 2nd Workshop on Child Computer Interaction "UI Technologies and Educational Pedagogy"*, In Conjunction with CHI 2011 Conference, May 2011, Vancouver, Canada.

KUBICKI, S., LEPREUX, S., LEBRUN, Y., DOS SANTOS, P., KOLSKI C., CAELEN J. (2009). New Human-Computer Interactions Using Tangible Objects: Application on a Digital Tabletop with RFID Technology. In J.A. Jacko (Ed.), *Human-Computer Interaction, 13th International Conference, HCI International 2009*, San Diego, CA, USA, July 19-24, 2009, Proceedings, Part III, LNCS 5612, Springer-Verlag, pp. 446-455.

KUBICKI S., LEPREUX S., KOLSKI C., PERROT C., CAELEN J. (2009). TangiSense : présentation d'une table interactive avec technologie RFID permettant la manipulation d'objets Tangibles et Traçables, In *Proceedings of IHM 2009, 21ème Conférence de l'Association Francophone sur l'Interaction Homme-Machine*, ACM Press, International Conference Proceedings Series, Octobre 2009, Grenoble, France, p. 351-354.

LANDIS J.R., KOCH G.G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, Vol. 33, 159-174.

LANGER J.A. (2001). Beating the odds : Teaching middle and high school students to read and write well. *American Educational Research Journal*, Vol. 38, 837-880.

LEBRUN Y., ADAM E., MANDIAU R., KOLSKI C. (2013) Interaction Between Tangible and Virtual Agents on Interactive Tables: Principles and Case Study, *Procedia Computer Science*, Vol. 19, 2013, 32-39.

LEPREUX S., KUBICKI S., KOLSKI C., CAELEN J. (2012). From Centralized interactive tabletops to Distributed surfaces: the Tangiget concept, *International Journal of Human-Computer Interaction*, Vol. 28, Issue 11, 709-721.

MANCHES A., O'MALLEY C., BENFORD S. (2009). Physical manipulation : evaluating the potential for tangible designs. In *TEI '09 : 3rd International Conference on Tangible and Embedded Interaction*, p. 77-84, New York, NY, USA, 2009. ACM Press.

MANGENOT F. (2008). Pratiques pédagogiques instrumentées et propriétés des outils : le cas des forums. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation*, Vol. 15, 2-20.

MARCO J., CEREZO E., BALDASSARRI S., MAZZONE E., READ J. C. (2009). Bringing tabletop technologies to kindergarten children. In *Proceedings of the 23rd British HCI Group Annual Conference on People and Computers: Celebrating People and Technology (BCS-HCI '09)*. British Computer Society, Swinton, UK, p. 103-111.

MARTÍNEZ R., COLLINS A., KAY J., YACEF K. (2011). Who did what? Who said that?: Collaid: an environment for capturing traces of collaborative learning at the tabletop. In *Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces (ITS'11)*. ACM Press, New York, NY, USA, p. 172-181.

MAYER R.E., ALEXANDER P.A. (2011). *Handbook of Research on Learning and Instruction*. New York: Routledge.

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE. (2008). Horaires et programmes d'enseignement de l'école primaire. *Bulletin Officiel*, hors-série N°3 du 19 juin 2008. Disponible sur internet : <http://www.education.gouv.fr/bo/2008/hs3/default.htm> Consulté le 05 juillet 2013.

MOSHIRNIA A., ISRAEL M. (2010). The educational efficacy of distinct information delivery systems in modified video games. *Journal of Interactive Learning Research*, Vol. 21, 383-405.

O'ROURKE B. (2005). Form-focused interaction in online tandem learning. *CALICO Journal*, Vol. 22(3), 433-466.

PASCO D., BOSSARD C., BUCHE C., KERMARREC G. (2010). Utiliser les jeux vidéos actifs pour promouvoir l'activité physique : Une revue de littérature. *Sport Science Review*, Vol. 20, Issue 1-2, 77-93.

PETERSON, M. (2010). Computerized games and simulations in computer-assisted language learning : A meta-analysis of research. *Simulation & Gaming*, Vol. 41, 72-93.

PIPER A.M., HOLLAN J. (2008). Supporting Medical Conversations between Deaf and Hearing Individuals with Tabletop Displays. In *Proceedings of the 2008 ACM conference on Computer supported cooperative work (CSCW '08)*. ACM Press, New York, NY, USA, p. 147-156.

PIPER A.M., HOLLAN J. (2009). Tabletop displays for small group study: affordances of paper and digital materials. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '09)*. ACM Press, New York, NY, USA, p. 1227-1236.

RIDEOUT V.J., FOERTH U.G., ROBERTS D.F. (2010). GenerationM2 : Media in the lives of 8-to 18-year-olds. Kaiser Family Foundation. Disponible sur internet : <http://www.kff.org/entmedia/upload/8010.pdf> (Consulté le 05 juillet 2013).

ROSENSHINE B.V., BERLINER D.C. (1978). Academic engaged time. *British Journal of Teacher Education*, Vol. 4(1), 3-16.

ROURKE L., ANDERSON T. (2004). Validity in quantitative content analysis. *Educational Technology Research and Development*, Vol. 52(1), 5-18.

RUTHVEN K. (2009). Towards a naturalistic conceptualisation of technology integration in classroom practice: the example of school mathematics. *Éducation & Didactique*, Vol. 3(1), 133-152.

RUTHVEN K., HENNESSY S. (2002). A practitioner model of the use of computer-based tools and resources to support mathematics teaching and learning. *Educational Studies in Mathematics*, Vol. 49(1), 47-88.

RUTHVEN K., HENNESSY S., DEANEY, R. (2008). Constructions of dynamic geometry: a study of the interpretative flexibility of educational software in classroom practice. *Computers and Education*, Vol. 51(1), 297-317.

SCHNEIDER B., STRAIT M., MULLER L., ELFENBEIN S., SHAER O., SHEN C. (2012). Phylo-Genie: Engaging Students in Collaborative Tree-Thinking through Tabletop Techniques. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '12)*. ACM Press, New York, NY, USA, p. 3071-3080.

SHAER O., STRAIT M., VALDES C., WANG H., FENG T., LINTZ M., FERREIRAE M., GROTE C., TEMPEL K., LIU S. (2012) The design, development, and deployment of a tabletop interface for collaborative exploration of genomic data, *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol. 70, Issue 10, October 2012, 746-764.

SHNEIDERMAN B. (1981). Direct manipulation : A step beyond programming languages. *Computer*, 16(8), 57-69.

SKAL-GERLOCK S. (2012). A Case Study on the Effects of a Computer Game on a Homeschooled Student's Motivation and Performance in Algebra. *Unpublished thesis*. California State University, San Marcos. Disponible sur internet : <https://csusm-dspace.calstate.edu/handle/10211.8/191> Consulté le 05 juillet 2013.

SLAVIN R.E. (2011). Instruction based on cooperative learning. In R.E. Mayer & P.A. Alexander (Eds.). *Handbook of Research on Learning and Instruction*, New York: Routledge, p. 344-360.

SLUIS R. J.W., WEEVERS I., VAN SCHIJNDEL C. H. G. J., KOLOS-MAZURYK L., FITRIANIE S., MARTENS J. B. O. S. (2004). Read-It : five-to-seven-year-old children learn to read in a tabletop environment. In *IDC '04 : Proceedings of the 2004 conference on Interaction design and children : building a community*. ACM Press, p. 73-80.

SQUIRE K.D. (2006). From content to context : Video games as designed experiences. *Educational Researcher*, Vol. 35(8), 19-29.

STALLINGS J. (1980). Allocated academic learning time revisited, or beyond time on task. *Educational Researcher*, Vol. 9(11), 11-16.

THOMAS M.K., BARAB S.A., TUZUN H. (2009). Developing Critical Implementations of Technology-Rich Innovations : A Cross-Case of the Implementation of Quest Atlantis. *Journal of Educational Computing Research*, Vol. 41(2), 125-153.

TOBIAS S., FLETCHER J.D., DAI D.Y., WIND A.P. (2011). Review of research on computer games. In S. Tobias et J.D. Fletcher (Eds.), *Computer games and instruction*. Charlotte, NC : Information Age, p. 127-222.

TSE E., GREENBERG S., SHEN C., FORLINES C. (2006). Multimodal Multiplayer Tabletop Gaming. In *Proceedings of the Workshop on Pervasive Games*, p. 139-148.

VALENTIN D. (2004). *Découvrir le monde avec les mathématiques*, Hatier.

WELLNER P. (1991). The DigitalDesk calculator: tangible manipulation on a desk top display. In *Proceedings of the 4th annual ACM symposium on User interface software and technology (UIST '91)*. ACM, New York, NY, USA, p. 27-33.

YOUNG M.F., SLOTA S., CUTTER A.B., JALETTE G., MULLIN G., LAI B., SIMEONI Z., TRAN M., YUKHYMENKO M. (2012). Our Princess Is in Another Castle : A Review of Trends in Serious Gaming for Education. *Review of Educational Research*, Vol. 82(1), 61-89.

ZUCKERMAN O., GAL-OZ A. (2013). To TUI or not to TUI: Evaluating performance and preference in tangible vs. graphical user interfaces, *International Journal of Human-Computer Studies*, Volume 71, Issues 7–8, July–August 2013, p. 803-820, ISSN 1071-5819.

ZUIKER S.J. (2008). Transforming practice : Designing for limital transitions along trajectories of participation. *Dissertation Abstracts International Section A : Humanities and Social Sciences*, Vol. 68(7-A), p. 2816.



Évaluer les usages didactiques d'un *serious game* à partir de l'analyse de l'action conjointe : le cas Mecagenius®

► **Michel GALAUP, Chantal AMADE-ESCOT**, (UMR EFTS,
MA 122, ESPE, Université Toulouse Jean Jaurès)

■ **RÉSUMÉ** • Cet article s'intéresse à la manière dont un *serious game* de génie mécanique est utilisé par des enseignants en lycée et en IUT. Il s'appuie sur une analyse ascendante de la transposition didactique et mobilise les descripteurs de l'action didactique conjointe professeur-élèves. Nous présentons le cadre théorique et la méthode mis en œuvre pour rendre compte des usages didactiques que font les enseignants de cet artefact informatique que nous exemplifions à partir de courts extraits tirés de deux études de cas. Les résultats mettent en lumière des formes contrastées d'intégration de Mecagenius® à la pratique usuelle des enseignants. La conclusion pointe les apports de cette étude dont la visée est de rendre intelligible les usages possibles des *serious games* en situation didactique ordinaire.

■ **MOTS-CLÉS** • Didactique, *Serious game*, Mecagenius®, Action conjointe en didactique, Génie mécanique.

■ **ABSTRACT** • *This article focuses on how a mechanical engineering serious game Mecagenius® is used by teachers in a high school and in a higher education institute of technology (IUT). To account of it we make a bottom-up analysis of the didactic transposition by means of analytical descriptors related to teacher and students' didactical joint action. We first present the theoretical framework and the research method, then we illustrate how Mecagenius® is used by teachers through short extracts borrowed from two case studies. The findings highlight the contrasting forms of artifact integration into teachers' usual teaching practices. The conclusion discusses the contribution of this study for understanding the potential uses of serious games in ordinary teaching.*

■ **KEYWORDS** • *Teaching, Serious game, Mecagenius®, Didactical joint action, Mechanical engineering.*

1. Introduction

Cet article trouve sa source dans une thèse de doctorat en sciences de l'éducation portant sur la conception et les usages didactiques d'un *serious game* dédié au génie mécanique (Galaup, 2013). La recherche a été développée dans le cadre d'un projet de recherche pluridisciplinaire financé par le Ministère de l'Économie, de l'Industrie et de l'Emploi¹. L'originalité de la thèse réside dans l'articulation d'une double approche (descendante et ascendante) des phénomènes de transposition didactique (Amade-Escot, 2007 ; Schubauer-Leoni & Leutenegger, 2005). Cette double approche a permis de parcourir toute la chaîne transpositive allant de la conception du *serious game* Mecagenius® à son utilisation en classe en vue de développer l'apprentissage de savoirs du génie mécanique. Trois études emboîtées, correspondant aux trois programmes de recherche constitutifs de l'approche didactique (épistémologique, didactique, cognitif) ont été développées. Dans cet article, nous ne rendons compte que de l'étude consistant à documenter les pratiques didactiques d'enseignants utilisant Mecagenius® avec leurs élèves en lycée et en IUT. Les résultats présentés éclairent ce qui peut être considéré comme une évaluation qualitative des usages possibles d'un *serious game* en présentiel. Une seconde visée de l'article consiste à rendre compte de la méthodologie mise en œuvre à partir des descripteurs de l'action didactique conjointe (Sensevy, 2007) pour rendre compte du fonctionnement ordinaire des systèmes didactiques. À notre connaissance, aucune recherche sur les usages des *serious games* par les enseignants n'a mobilisé ces descripteurs pour rendre compte de phénomènes didactiques inhérents à l'introduction de ce type d'artéfact informatique dans les classes.

2. Cadre théorique

En sciences de l'éducation, les problématiques de recherche concernant les usages des artéfacts informatiques ont été le plus souvent développées dans le cadre de la didactique professionnelle à partir d'une approche instrumentale (Rabardel, 1995). Plusieurs auteurs soulignent l'intérêt d'une telle approche que ce soit en didactique des mathématiques (Trouche, 2005) ou en pédagogie (Marquet, 2003). Dans cet article nous retravaillons la notion d'usage en considérant que l'introduction d'un *serious game* en classe modifie en profondeur l'équilibre didactique dans le sens où cet artéfact transforme les relations entre professeur et élèves au regard des savoirs visés (ici les savoirs du génie mécanique).

Par ailleurs, si la littérature sur les *serious games*² met en avant leur pertinence du point de vue des apprentissages, elle aborde la question de leurs usages en classe à partir, le plus souvent, de comparaisons expéri-

mentales. Dans ces recherches, les auteurs et/ou les concepteurs s'appuient sur les théories constructivistes ou socio-constructivistes pour avancer l'idée que les situations d'apprentissage individuel ou collaboratif permises par l'utilisation des *serious game* relèvent de processus adaptatifs (Chang et al., 2009 ; Kriz, 2010 ; Sauvé & Kaufman, 2010). Nous considérons pour notre part que même si les *serious games* sont conçus *a priori* pour favoriser la construction des connaissances par les apprenants rien ne garantit *de facto* l'effectivité de cette propriété. Pour rendre compte des usages didactiques que ces artefacts informatiques suscitent en situation de classe, nous nous intéressons, dans le cadre d'études de cas, aux pratiques des enseignants et des élèves. En effet, lorsque les enseignants utilisent un *serious game* en classe ils interagissent avec leurs élèves en poursuivant certains buts didactiques. Les élèves, pour leur part, sont impliqués dans un environnement ludique conçu pour faciliter leurs apprentissages. Comment s'articule l'activité des uns et des autres ? Nous faisons l'hypothèse que l'étude de l'action didactique conjointe des professeurs et des élèves peut permettre de rendre intelligible les modalités, voire les difficultés de cette articulation et, éventuellement, de pointer certains phénomènes didactiques assez mal connus. Nous nous intéressons plus particulièrement à la question de la dévolution (Brousseau, 1986, 1998). Comme le discutent Charlier et Peeters (1999) à propos de l'interactivité, nous conjecturons que la potentialité "dévoluante" des *serious games* ne constitue pas une caractéristique intrinsèque à ces artefacts mais relève de propriétés émergentes liées aux conditions de leurs usages *in situ*. Nous questionnons ainsi le présupposé constructiviste, souvent évoqué dans la littérature consacrée aux *serious games*, ainsi que l'existence d'une "a-didacticité" *per se* de ce type d'artefact (Sanchez, 2011).

La visée descriptive qui sous-tend cette étude, nous a amené à convoquer le cadre théorique de l'action conjointe (Amade-Escot & Leutenegger, 2013 ; Sensevy et Mercier, 2007) qui, selon nous, permet de mettre au jour les dynamiques évolutives à l'œuvre dans les systèmes didactiques intégrant l'usage d'un *serious game*. Le postulat est que les phénomènes transpositifs ne s'arrêtent pas à l'issue du processus de conception du *serious game* mais se poursuivent en situation ; ils résultent d'une co-construction entre professeur et élèves des enjeux épistémiques cristallisés dans les modules (dans Mecagenius® appelés « mini-jeux ») constitutifs de l'artefact informatique³. L'analyse de l'action conjointe en didactique, en ce qu'elle rend compte des processus interactionnels à l'origine des phénomènes contractuels implicites déterminant en partie l'évolution du système, nous semble pertinente pour interroger le caractère potentiellement "dévoluant" attribué aux *serious games*. Soulignons à ce propos qu'action con-

jointe ne veut pas dire buts communs ! C'est le cas notamment lorsque les élèves confrontés à un *serious game* poursuivent des buts qui leur sont propres face à l'environnement ludique qui leur est proposé, sans pour autant rentrer dans l'apprentissage visé par le professeur et/ou par l'artéfact.

D'un point de vue formel, le cadre d'analyse de l'action conjointe en didactique est structuré autour de quelques positionnements théoriques auxquels sont associés des descripteurs permettant d'analyser les corpus. Dans les lignes qui suivent, nous synthétisons brièvement ce modèle (pour un développement voir Sensevy & Mercier, 2007).

Pour ce qui est des positionnements théoriques, Amade-Escot et Leutenegger (2013) pointent une référence à l'interactionnisme social associée à une perspective « située », actionnelle et pragmatique, dont la visée est de rendre compte de configurations, de trajectoires dans l'évolution des systèmes didactiques observés, mais aussi relativement à l'agentivité des sujets de la relation didactique. Trois concepts, relevant du noyau dur théorique – au sens de Lakatos (1974) –, rendent compte de ces positionnements : celui de "transposition didactique" (Schubauer-Leoni & Leutenegger, 2005) ; celui de "contrat didactique" (Brousseau, 1988) qui rend compte des attentes différentielles réciproques et en grande partie implicites des interactants vis-à-vis des enjeux de savoirs ; celui enfin, de "milieu didactique" (Amade-Escot & Venturini, 2009 ; Brousseau, 1988) dont certains éléments, initialement fixés dans le *serious game* lui-même, évoluent inévitablement dès lors que des interactions entre acteurs (professeur-élèves, mais aussi entre élèves) s'engagent à leur propos. Si en effet, certains de ces éléments sont implémentés dans l'artéfact informatique, rien ne garantit pour autant que le dispositif didactique ainsi conçu soit effectif. À charge pour le didacticien de montrer que ce dernier, sous la conduite du professeur, fait milieu (ou non) pour l'étude de l'élève. Le concept de milieu didactique modélise l'environnement spécifique aux enjeux de savoirs. Il joue un rôle important dans la détermination des connaissances que doit développer l'élève et peut être décrit par le système des objets matériels, sémiotiques ou symboliques orientant leurs pratiques d'étude (Amade-Escot & Venturini, 2009). Ce milieu dynamique, à géométrie variable, change au fil des actions et des interactions entre élève(s) et professeur dans le jeu. Ainsi nous considérons les mini-jeux constitutifs du *serious game* Mecagenius® comme des milieux didactiques initiaux dont nous souhaitons saisir l'évolution. Lors de l'utilisation en classe du *serious game*, l'apprenant est théoriquement placé dans un environnement informatique sous engagement tacite avec l'enseignant relativement à une visée d'acquisition de savoirs et/ou de

développement de compétences. Mais qu'en est-il réellement dans la classe ? La recherche a consisté à analyser *in situ* les modes d'utilisation de Mecagenius® ainsi que les significations données par le professeur et par les élèves aux objets de savoir visés par ce *serious game*. De ce fait, tout ce qui agit sur un sujet ou ce sur quoi le sujet agit – formellement "le milieu didactique" – prend une place importante dans notre approche. La relation actant-milieu est au cœur de l'étude des usages didactiques de Mecagenius® en classe ordinaire en considérant la manière dont le professeur, dans l'action conjointe avec ses élèves, s'appuie (ou non) sur les dimensions "dévoluantes" des mini-jeux.

Ayant brièvement rappelé les concepts centraux du cadre théorique, nous présentons maintenant les descripteurs considérés comme des outils analytiques. Leur fonction est de rendre compte de l'évolution des interactions didactiques au fil du temps. Deux types de descripteurs sont convoqués, ceux qui décrivent l'action du professeur, ceux qui rendent compte – à partir des dimensions langagières (verbales et non-verbales) – de la manière dont sont co-construits les savoirs dans l'action conjointe. Pour ce qui est des descripteurs de l'action du professeur, Sensevy (2007) distingue quatre modalités : définir, dévoluer, réguler, institutionnaliser. L'action de définition renvoie aux actions permettant au professeur d'indiquer aux élèves quelles sont les règles du jeu didactique auquel ils vont prendre part. Dans cette recherche nous avons considéré que l'action de définition débute lorsque le professeur choisit tel ou tel mini-jeu, et qu'elle se poursuit dès lors qu'il indique aux élèves ce qu'il attend d'eux. L'action de dévolution consiste, pour le professeur, à amener ses élèves à assumer la responsabilité de leurs apprentissages. L'action de régulation relève des comportements du professeur en vue de faire produire aux élèves la (ou les) stratégie(s) gagnante(s) permettant de réussir. Elle est étroitement liée aux actions produites par les élèves, car sa fonction essentielle est de gérer *in situ* les incertitudes inhérentes aux situations d'appren-tissage. Enfin, l'action d'institutionnalisation désigne le processus par lequel le professeur assure le passage d'une connaissance reliée à une situation vécue individuellement – de ce fait très contextualisée – à un savoir légitime dans une institution donnée. Ce quadruplet d'actions (définir, dévoluer, réguler, institutionnaliser) est au fondement du travail du professeur en lien avec les actions des élèves engagés dans les mini-jeux constitutifs de Mecagenius®. Il ne doit cependant pas être considéré de manière isolée, il est associé avec le deuxième type de descripteurs concernant la manière dont sont co-construits et évoluent les savoirs dans l'action conjointe. Trois genèses décrivent le fonctionnement du système didactique dans son évolution. La mésogenèse est relative à la genèse du

milieu didactique c'est-à-dire l'évolution du système des objets co-construits par l'enseignant et les élèves au fil des interactions. La chronogénèse traite de l'avancement des objets de savoir au cours du temps didactique. Enfin, la topogénèse rend compte du partage des responsabilités (topos) prises en charge par le professeur et les élèves relativement aux objets de savoir (Leutenegger, 2009 ; Sensevy, 2007). Dans le cas des usages de ce *serious game* nous nous intéressons plus particulièrement aux spécifications introduites, le plus souvent par le professeur mais aussi par les élèves, au fil du déroulement du jeu.

Pour mieux saisir les usages que font les enseignants de Mecagenius® en classe et sur lesquels portent les résultats de cette étude, nous proposons dans la section suivante une description succincte et synthétique de ce *serious game*.

3. Éléments de description du serious game Mecagenius®

Mecagenius® est un *serious game* au service des apprentissages en classe : il ambitionne d'aider à enseigner les concepts clés du génie mécanique et à les apprendre en s'amusant. Pour cela, un univers fictif et ludique se situant dans un futur relativement éloigné a été imaginé à partir du contexte réel d'une industrie de génie mécanique. Le scénario articule différentes missions qui conduisent le joueur à réaliser des mini-jeux lui permettant de gagner des équipements et des matériaux afin de fabriquer des pièces pour remettre en état les éléments d'un vaisseau spatial échoué sur une planète inconnue. Mecagenius® propose plus de deux cents activités scénarisées dans trois grandes salles du vaisseau spatial « crashé ». Chaque activité, d'une durée moyenne de trois minutes, couvre trois niveaux de formation (débutant, confirmé, expert) allant des techniciens d'usinage aux ingénieurs. Pour chaque niveau, les activités sont organisées selon un parcours pédagogique préétabli, paramétrable et adaptable aux différents contextes de formation.

Sur le plan des apprentissages visés, Mecagenius® s'inscrit dans la continuité des travaux menés en didactique professionnelle par Becerril Ortega (2008) concernant le développement de compétences prenant en compte différents paramètres constitutifs des processus d'usinage. Cette recherche antérieure a donné naissance à un simulateur de Machine-Outil à Commande Numérique (MOCN). La conception de Mecagenius® poursuit ce projet en s'appuyant à la fois sur les référentiels de compétences dans les champs professionnels, scolaires et universitaires, ainsi que sur les besoins des enseignants de génie mécanique et sur leur expérience⁴ (Galaup, 2013). Les situations d'apprentissage se veulent ludiques et interactives à partir d'une série de mini-jeux.

Les dimensions ludiques et l'ingénierie pédagogique sous-jacentes à ce *serious game*, ont été conçues sur la base de séances de *playtests* individuelles, puis collectives, et avec différents publics : étudiants expérimentés (ou non) en génie mécanique, enseignants, membres du groupe de conception. La méthodologie mise en œuvre est proche d'une ingénierie didactique (Artigue, 1990). Elle s'est appuyée sur une conception participative qui a permis de recueillir des indicateurs critiques pour la réalisation des contenus de Mecagenius®. Par ailleurs, les données tirées de ces observations (actions de jeu, comportements du joueur sur l'interface, stratégies déployées, etc.) et les paramètres de l'interface de jeu (positionnement sur l'écran, temporalité d'apparition des rétroactions, scores, etc.) ont guidé les concepteurs dans le choix et la pertinence des ressorts ludiques proposés. En complément, un système de collecte de traces informatiques sur les actions de jeu dans les *playtests* a permis de reconstruire *a posteriori* certaines stratégies de joueur au cours du temps (Galaup *et al.*, 2012). La démarche a consisté à raffiner progressivement chaque mini-jeu au regard des enjeux épistémiques visés, en formalisant certaines variables de commande (Artigue, 1990) déterminant la réussite de ce dernier⁵. L'ensemble de ces indicateurs a été pris en compte pour la conception de l'accompagnement pédagogique personnalisé intégré au *serious game* : les rétroactions⁶ adaptées, le moment où elles apparaissent, leur ressort ludique, enfin, le débriefing.

Ayant présenté la manière dont a été conçu Mecagenius®, envisageons maintenant la méthodologie de recherche mise en œuvre pour rendre compte des usages qu'en font les enseignants.

4. Méthode

Étudier le fonctionnement de systèmes didactiques aux prises avec Mecagenius® impose la mise en œuvre d'une observation permettant à partir d'études de cas, selon des méthodologies qualitatives, de rendre compte des interactions professeur-élèves. Plusieurs séances, menées en lycée et à l'IUT, ont été observées afin de rendre compte des modalités d'utilisation de l'artéfact par les enseignants. Dans le cadre de cet article, nous nous appuyons sur quelques extraits de données recueillies en classes relatives à deux mini-jeux ("*L'as de la Fab*" et "*Le roi de la Pref*") par deux enseignants, l'un de lycée et l'autre d'IUT. La caractéristique de ces deux mini-jeux est de mettre l'étude des savoirs critiques au regard des compétences de génie mécanique visées par le *serious game*, identifiées lors des analyses épistémologiques que nous ne pouvons développer dans le cadre de cet article (Becerril Ortega, 2008 ; Galaup, 2013).

Le protocole de recueil des données est fondé sur le travail pionnier de Brousseau (Brousseau, 1978, 1998) instituant l'observation didactique comme combinaison d'observation en classe et d'entretiens *ante* et *post* séance avec le professeur. Ce protocole, repris et développé par Leutenegger (2009) dans le cadre d'une approche "clinique/expérimentale", croise des données recueillies à partir de deux points de vue : celui du professeur (entretiens) et celui du chercheur (analyse *a priori* des situations didactiques et interprétation des faits d'observation). Dans cette recherche la composante expérimentale relève du *serious game* et des différents mini-jeux que chaque enseignant observé utilise selon les modalités qu'il souhaite. La collecte des données comporte :

- Un entretien *ante* séance avec le professeur à propos de l'enseignement qui sera filmé. Cet entretien a pour objet de préciser les "intentions didactiques" du professeur, de resituer la séance dans l'histoire didactique de la classe, d'identifier les différents mini-jeux qui seront utilisés.
- Le film de la séance avec couplage son/image et observations au vol du chercheur présent dans la salle informatique. Une caractéristique des données recueillies est que lorsque les élèves utilisent Mecagenius®, l'enseignant s'adresse parfois à la classe toute entière ou effectue des régulations plus personnalisées auprès d'un ou de plusieurs élèves à propos du mini-jeu en cours d'utilisation. Ce format, classique dans une salle informatique, n'est pas toujours favorable à la production d'interactions verbales en retour de la part des élèves occupés à jouer.
- Un entretien *post* séance, qui permet au professeur de revenir sur certains éléments.

Les données recueillies sont traitées selon les principes de l'analyse qualitative mettant en jeu la confrontation entre les possibles du dispositif donné (possibles mis en évidence par le biais de l'analyse *a priori* de chaque mini-jeu) et les effets observés du dispositif sous la conduite du professeur (analyse *a posteriori*). Compte tenu du contexte de recueil des données nous avons retenu des modalités de transcription permettant de saisir l'ensemble de la séance observée au sein de laquelle nous extrayons des événements ou des épisodes remarquables rendant compte des interactions liées aux enjeux épistémiques cristallisés dans les mini-jeux. Nous suivons en cela les préconisations de Leutenegger (2009) en utilisant le "synopsis" (du grec *sinoptikos* : qui embrasse d'un coup d'œil) comme outil de condensation des données. Nous repérons les moments où le professeur interagit avec un ou plusieurs élèves lors de l'utilisation de Mecagenius® afin d'identifier des éléments significatifs de leur action conjointe. Ce repérage correspond à des épisodes de quelques minutes ou à des micros événements qui – selon les sites d'observation – prennent un

sens particulier. Chaque synopsis présente le déroulement temporel de la séance, minute après minute à partir du découpage correspondant aux tâches mises en place et aux modalités de travail instaurées par chaque professeur. Il indique également les principales consignes données. Le discours de l'enseignant est indiqué en italique. Dans les extraits de synopsis qui suivent nous catégorisons chaque énoncé de l'enseignant au regard des descripteurs de l'action conjointe dès lors que le contenu de ce dernier est clairement en lien avec les enjeux de savoirs du génie mécanique. Les données présentées portent plus particulièrement sur le réglage d'une Machine-Outil à Commande Numérique (MOCN) dans une activité d'usinage abordée au sein de Mecagenius® lors de l'utilisation des deux mini-jeux "*Le roi de la Pref*" et "*L'as de la Fab*".

5. Résultats : analyses d'extraits de corpus.

Toute analyse didactique impose une analyse épistémologique des enjeux de savoirs mis à l'étude. Dans la section qui suit nous synthétisons quelques éléments de l'analyse *a priori* des deux mini-jeux nommés "*Le roi de la Pref*" et "*L'as de la Fab*" sur lesquels portent les extraits retenus. Nous resituons ces analyses par rapport aux compétences visées par ce *serious game*, notamment les compétences critiques de génie mécanique, en pointant quelques éléments des ressorts ludiques afférents à ces mini-jeux.

5.1. Quelques éléments de l'analyse *a priori*

Le choix par les enseignants de l'un ou l'autre des mini-jeux n'est pas anodin. Il est dicté par des enjeux de savoir de génie mécanique denses au regard de l'utilisation de la MOCN⁷. Rappelons aussi que ce sont des mini-jeux proches de situations de simulation offrant une reproduction assez fidèle de la situation de travail ainsi que de l'activité de l'opérateur et tentant de répondre à des difficultés rencontrées lors des manipulations des MOCN. Pour autant, les situations proposées dans ces mini-jeux se distinguent d'un simulateur en ce qu'elles ont été repensées dans le scénario narratif global de Mecagenius® en intégrant des ressorts ludiques.

5.1.1. Le mini-jeu "*Le roi de la Pref*"

Le mini-jeu "*Le roi de la Pref*" met à l'étude des savoirs de génie mécanique constitutifs de la compétence de réglage de la MOCN préalable à l'usinage d'une pièce. Il s'agit de palper la face avant de la pièce en un minimum de coups et cela le plus rapidement possible. La situation proposée dans ce jeu est une opération de réglage au micron près, qui consiste à accoster avec précision le palpeur d'outil à la pièce. La compression admissible sur le palpeur est de 8/10^{ème}. Ce point est décisif et constitue un indicateur du repérage par les élèves du savoir à manipuler. Ce mini-

Le jeu permet de repérer les combinaisons pertinentes des paramètres de réglage pour développer la connaissance des éléments de commande. Le ressort ludique porte ici sur le défi temporel associé au nombre de coups pour palper la face avant de la pièce. Pour réussir ce mini-jeu, le joueur doit déplacer la tourelle de la MOCN jusqu'à la pièce à usiner en utilisant les diverses commandes. Le déplacement de la tourelle nécessite la connaissance du pupitre de commande de la MOCN {axes de déplacement (X ; Z) – sens (- ; +) – incréments}. Il s'agit de critères centraux dans l'acquisition de la compétence d'usinage car les erreurs de réglage peuvent provoquer des incidents et des casses de la MOCN. Une rétroaction apparaît en « *warning* » sur tout l'écran dès lors que la machine est en passe de casser, ce qui oblige à reprendre le jeu à son départ. Au-delà, il est également demandé dans ce mini-jeu d'effectuer un calcul vectoriel relatif à "la prise de référence" appelé "Pref".



Figure 1 • Le mini-jeu "L'as de la Fab"

5.1.1. Le mini-jeu "L'as de la Fab"

Les savoirs cristallisés dans ce mini-jeu sont constitutifs de la compétence liée au choix des conditions de coupe pour l'usinage d'une pièce en ébauche et en finition. Ici aussi, le ressort ludique consiste à réaliser un maximum de pièces dans un temps imparti⁸. Les enjeux épistémiques de "L'as de la Fab" sont liés au choix de quatre valeurs pertinentes (profondeur de passe "Ap" – vitesse d'avance "f" – vitesse de coupe "Vc" – rayon de bec "R bec") pour réussir l'opération d'ébauche puis de finition (figure 1). Le joueur doit agir sur ces quatre paramètres dont la combinaison constitue la variable de commande du mini-jeu puisqu'elle en détermine sa réussite. Comme le mini-jeu "Le roi de la Pref", ces paramètres caractérisent les compétences critiques qui sont ici liées à la qualité de la pièce et à la productivité.

5.1.2. En quoi ces savoirs renvoient à des compétences décisives ?

Comme évoqué dans la section décrivant Mecagenius®, l'étude des situations professionnelles de l'activité d'un opérateur expert a permis de comprendre les aspects liés à l'organisation sociale du travail et de construire la structure conceptuelle de la situation d'usinage, plus exactement de conduite des MOCN (Becerril Ortega, 2008). L'identification des classes de situations et des indicateurs utiles à l'opérateur pour s'adapter aux différentes situations, a rendu possible l'extraction de savoirs pratiques (savoirs issus de la production industrielle) qui sont décisifs pour les professionnels. Ce sont ces savoirs et compétences relatifs à l'usinage qui ont été implémentés dans les deux mini-jeux tout en maintenant un lien avec le scénario global du *serious game* et en intégrant des ressorts ludiques liés au score (ici la récupération de « capsules d'énergie », cf. figure 1).

5.2. Mises en évidence de quelques usages didactiques contrastés

Nous présentons dans la section qui suit trois extraits d'évènements remarquables relatifs, pour le lycée, aux mini-jeux "*Le roi de la Pref*" et "*L'as de la Fab*"; pour l'IUT à "*L'as de la Fab*". Pour ce faire, nous extrayons des synopsis de séances certains épisodes significatifs des usages didactiques opérés par les enseignants observés. Pour faciliter la lecture, les éléments d'interprétation sont indiqués en gras, immédiatement suivis des données langagières ou actionnelles à partir desquelles ils ont été élaborés en référence aux descripteurs de l'action conjointe en didactique.

5.2.1. E1-Lycée, séance 3 : Mini-Jeu "*L'as de la Fab*"

En classe entière, et avant même de commencer la manipulation de Mecagenius®, l'enseignant E1 définit les objets de savoir que les élèves doivent rencontrer dans l'utilisation du mini-jeu "*L'as de la Fab*" (min 1 à min 15). Il institutionnalise très tôt les valeurs de vitesse de coupe que les élèves doivent mobiliser : « ... *Donc les critères qu'on va utiliser c'est profondeur de passe maximale, cette profondeur de passe je vous rappelle qu'on l'appelle Ap, donc profondeur de passe maximale. Vitesses de coupe maxi et donc le petit "f" la vitesse d'avance par tour maxi ...* ». Puis il lance les élèves sur ce mini-jeu. Nous retenons l'épisode suivant pour rendre compte de l'action didactique de cet enseignant.

Cet épisode met en évidence une gestion assez paradoxale du *serious game*. L'enseignant place les élèves en autonomie (min 16, cf. tableau 1) puis passe de postes en postes. Il effectue deux types de régulations : rappel de consignes à toute la classe et/ou accent sur l'erreur effectuée par le joueur. L'enseignant insiste sur les stratégies gagnantes et sur les enjeux de savoir correspondant. Il énonce les solutions afin de faire avancer le

savoir rapidement : « *Il faut que ça soit le plus grand possible, il faut prendre une vitesse de coupe la plus élevée* », ce que Brousseau (1996) désigne comme un contrat de reproduction formelle, faiblement didactique. Plusieurs régulations concernent le rappel des consignes. E1 invite les élèves à lire les données affichées à l'écran. Il en pointe les traits pertinents : « *lis ce qui est écrit* » ; « *Et bien tu lis, en particulier là, il y a un commentaire en rouge* » (indices Topaze débouchant sur contrat d'ostension). L'analyse vidéo montre plusieurs élèves ayant décroché. L'enseignant E1 ne quitte quasiment jamais un "topos surplombant" (Sensevy, 2007) c'est-à-dire qu'il prend en charge la responsabilité d'énoncer ce qu'il y a faire pour réussir la tâche. La récurrence de ces formes d'intervention suggère une assimilation de l'artéfact à des routines transmissives. On note une faible intégration du *serious game* dans ses dimensions ludiques qui visent à ce que les joueurs tirent profit des rétroactions du jeu pour maîtriser les paramètres de coupe en ébauche et en finition.

Tableau 1 • Extraits du synopsis, E1-Lycée, séance 3

Extrait du synopsis	Énoncés du professeur
min 16 à min 45 "L'as de la Fab"	Régulation : « <i>Donc regardez bien toutes les informations que vous avez à l'écran. Compte tenu de ces critères-là, vous essayez différents choix avec une orientation de vos choix par rapport à ce que je viens de dire.</i> » Institutionnalisation : « <i>Il faut que ça soit le plus grand possible, il faut prendre une vitesse de coupe la plus élevée. Dans la limite à ce que de toutes façons elle est délimitée par la puissance de la machine</i> » Régulation à la classe : « <i>Donc regardez bien, lisez bien toutes les informations qui sont à l'écran. Et vous savez qu'il faut faire les opérations d'ébauche et de finition pour que ça marche.</i> » Consignes et traits pertinents : « <i>Allez M il faut que tu lises toutes les informations que tu as et que tu essaies de comprendre les paramètres qu'il faut changer.</i> » Rappel des consignes : « <i>Il faut que tu fasses ébauche et finition</i> » Effet Topaze : « <i>Tu as vu le Ra qu'il fallait obtenir ? Il faut quand même que tu te plonges dans la page, lis ce qui est écrit. Tu vois que ça, ça ne peut pas marcher.</i> » Elève : « <i>Je ne sais pas ce qu'il faut faire</i> » Effet Topaze : « <i>Et bien tu lis, en particulier là, il y a un commentaire en rouge</i> ».

5.2.2. E1-Lycée, séance 3 : Mini-jeu "Le roi de la Pref"

Lors de l'utilisation du mini-jeu "Le roi de la Pref", l'intervention de l'enseignant s'oriente selon deux registres. Le premier concerne la défini-

tion des objets de savoirs représentatifs du mini-jeu *“Le roi de la Pref”*. L’enseignant E1 reprend la consigne de ce mini-jeu en rappelant tous les paramètres dont il faudra tenir compte : *« Alors l’objet donc du jeu “Le roi de la Pref” c’est de tangenter une pièce de longueur connue par rapport à l’origine porte-pièces de façon à définir les pref... »*. Lors de cette définition, E1 va jusqu’à nommer et désigner aux élèves tous les paramètres dont ils devront tenir compte pour jouer “le bon jeu” : *« en tenant compte des dimensions de la pièce sur laquelle on tangente, de la longueur de la pinnule⁹ et de la position de la pinnule au moment où vous tangentez... »*. C’est donc avec un topos surplombant que E1 conduit sa séance. Nous pointons là encore que les effets de cette intervention transforment le milieu dans le sens de la réduction de l’a-didacticité potentielle de ce mini-jeu (Sanchez, 2011). Mais cette intervention va aussi se traduire par des modifications du contrat didactique. En effet, certains élèves vont potentiellement effectuer moins d’erreurs donc, au regard des objets de savoir, ils ne partageront pas avec l’enseignant les mêmes responsabilités (topogenèse) ce qui entraînera un avancement différent du savoir dans le temps (chronogenèse) selon les élèves. Nous pointons ici l’aspect différentiel de la dynamique évolutive du contrat didactique au sein des hétérogénéités de la classe.

Le deuxième registre d’intervention de cet enseignant concerne les aides apportées pour réussir le mini-jeu. Les régulations de E1 visent à faire produire aux élèves la réponse escomptée : *« Donc la calculatrice je répète vous permet de faire le calcul du "pref" que vous rentrez dans la fenêtre saisie de la prise de références et ce calcul vous devez l’effectuer à partir de ce qu’on pourrait appeler la jauge de la pinnule, la jauge du porte-outils de la longueur de la pièce, de la position du point de référence c’est-à-dire du point courant »*. L’activité des élèves est ici extrêmement guidée. L’enseignant prend à sa charge de faire parvenir aux élèves un certain message (ce qui ne veut pas dire qu’ils le comprennent). Ce type de pratique relève selon Brousseau (1996) d’un contrat de communication non didactique ou faiblement didactique. En effet, E1 précise succinctement où se situe la calculatrice, sa fonction et les données qu’il faut lui soumettre, il dirige donc les élèves dans le mini-jeu au regard de ce qu’il veut obtenir d’eux. De même lors de la régulation suivante (cf. tableau 2) E1 indique aux élèves la réponse à produire : *« Il faut calculer donc la position de l’origine porte-pièce ou ici l’origine programme, par calcul tenant compte de la longueur de la pièce, de la longueur de la pinnule et de la position du point de référence »*. Ces régulations successives vont les guider vers le savoir de référence visé afin qu’ils puissent réussir *“Le roi de la Pref”*. Mais, est-ce à dire que les élèves ont construit les savoirs visés ? Font-ils l’expérience des stratégies gagnantes dans le mini-jeu ? Nous considérons que ces régulations réduisent

les incertitudes sur ce qu'il y a à faire pour gagner au jeu. Du coup, la dimension ludique disparaît complètement alors qu'elle est l'essence même du *serious game*. Régulations et institutionnalisations partielles s'enchaînent rapidement dans les propos de l'enseignant, elles ont pour ambition selon nous, de construire une référence commune au sein du collectif classe très fortement conduite par l'enseignant.

Tableau 2 • Extraits du discours de l'enseignant de lycée E1 pour le mini-jeu "Le roi de la Pref"

Extrait du synopsis	Énoncés du professeur
<p>min 18 à min 24 "Le roi de la Pref"</p>	<p>Définition : « Alors l'objet donc du jeu "Le roi de la Pref" c'est de tangenter une pièce de longueur connue par rapport à l'origine porte-pièce de façon à définir les pref en tenant compte des dimensions de la pièce sur laquelle on tangente, de la longueur de la pinnule et de la position de la pinnule au moment où vous tangentez. Autrement dit, il faut à la fois tangenter en pratique et aussi calculer ce qu'on va appeler le « pref ». Vous avez une petite calculatrice qui vous permet de calculer ce pref et vous rentrez la valeur dans la fenêtre adéquate et vos réglages de la machine. »</p> <p>Régulation : « Donc la calculatrice je répète vous permet de faire le calcul du pref que vous rentrez dans la fenêtre saisie de la prise de références et ce calcul vous devez l'effectuer à partir de ce qu'on pourrait appeler la jauge de la pinnule, la jauge du porte-outils de la longueur de la pièce, de la position du point de référence c'est-à-dire du point courant. On a toujours parlé du point courant, ici ça s'appelle le point de référence. »</p> <p>Régulation : « donc effectivement c'est un calcul vectoriel, faites attention de bien rentrer le signe de la coordonnée. Donc, aidez-vous de la calculatrice pour faire le calcul et relevez bien les coordonnées du point courant qui change à chaque essai. Ce qui change c'est la position du point courant. C'est le point PT, le point de référence, oui mais la coordonnée change, la valeur numérique change, de la position du point courant Z, Z PT va toujours changer. »</p> <p>Régulation : « il faut calculer donc la position de l'origine porte-pièce ou ici l'origine programme, par calcul tenant compte de la longueur de la pièce, de la longueur de la pinnule et de la position du point de référence »</p>

Enfin, E1 se réfère à un moment du passé didactique de la classe afin de faire avancer le savoir en effectuant une comparaison avec des références similaires que connaissent les élèves : « On a toujours parlé du point courant, ici ça s'appelle le point de référence ». Tout comme l'intervention précédente, cette régulation agit sur le milieu Mecagenius® et l'effet de cette action didactique de E1 va modifier le contrat didactique. En effet, la part de responsabilité laissée aux élèves quant au savoir reste très limitée. On observe que les élèves ne sont pas toujours très attentifs ou concentrés

sur ce que dit E1 dans cette séance comme le montrent les enregistrements vidéo.

Pour conclure, apparaît ici un usage très "transmissif" dont nous pouvons penser qu'il va à l'encontre du potentiel a-didactique du mini-jeu. Ces usages de l'artéfact Mecagenius® suggèrent que l'enseignant E1 incorpore le *serious game* à des pratiques didactiques antérieures très monstratives et qu'il ne semble pas envisager les dimensions "dévaluantes" sous-jacentes au *serious game*.

Tableau 3 • Extraits du synopsis, E2-IUT, séance 2

Extraits du synopsis	Enoncés du professeur
min 12 à min 18 "L'as de la Fab"	Indice de dévolution : « <i>Est-ce que vous avez identifié deux phases ou dans ce jeu, deux phases distinctes ?... Qu'est-ce vous a permis de faire ce jeu ?...</i> »
	Elève1 : <i>Une simulation d'usage</i>
	Institutionnalisation (relance) : « <i>Une simulation d'usage, qu'est-ce qu'on a simulé finalement ?</i> »
	Elève2 : <i>On a simulé une production de pièces</i>
	Indice de dévolution : « <i>Oui, en agissant sur quoi ?</i> »
	Elève1 : <i>En agissant sur le rayon de bec et la vitesse de coupe, paramètres de coupe</i>
	Institutionnalisation : « <i>Le rayon de bec,</i> »
	Elève3 : <i>Et la vitesse de coupe,</i>
	Institutionnalisation : « <i>Vitesse de coupe,</i> »
	Elève1 : <i>Et le couple</i>
	Institutionnalisation puis relance : « <i>On continue, le couple, l'avance, la puissance. Donc, vous avez agit sur le couple et cette puissance, c'est ça ? Vous avez dit je veux travailler à telle puissance et ça me donne ça ? ...</i> »
	Elève3 : <i>Le plus gros rayon de bec et puis</i>
	Institutionnalisation : « <i>Le plus gros rayon de bec et puis ?</i> »
	Elève3 : <i>La plus petite vitesse de coupe</i>
Institutionnalisation : « <i>La plus petite vitesse de coupe et ça, ça suffit pour choisir vos conditions de coupe ?</i> »	
Elève4 : <i>Non, la puissance...</i>	
Institutionnalisation : « <i>Alors, ce que vous pouvez retenir, dans tout ce que vous avez dit, c'est qu'effectivement en finition on doit tenir un état de surface ...</i> »	

5.2.1. E2-IUT, séance 2 : Mini-jeu "L'as de la Fab"

L'enseignant E2-IUT utilise Mecagenius® selon des modalités d'intervention moins directives que E1-lycée. Il commence à laisser jouer les

étudiants, puis propose un temps de discussion. L'épisode ci-après est significatif d'un usage du mini-jeu comme prétexte de formulation au sens de Brousseau (Brousseau, 1986, 1998).

Conduite selon un contrat de « maïeutique socratique » (Brousseau, 1996), cette phase de formulation s'appuie sur l'expérience vécue par les étudiants dans le jeu. L'enseignant prend en compte les références apportées dans l'action conjointe par les étudiants en alternant relances : « *en agissant sur quoi ?* » et institutionnalisations : « *Alors, ce que vous pouvez retenir, dans tout ce que vous avez dit, c'est qu'effectivement en finition on doit tenir un état de surface* ». L'analyse vidéo met en évidence de nombreuses interactions entre l'enseignant et les étudiants. La fonction didactique de cette situation de formulation est de faire émerger les savoirs. Au fil des échanges se crée un collectif de pensée fécond conduisant à la production d'un savoir légitime en lien avec le vécu dans le mini-jeu. On note une autre forme d'incorporation de l'artéfact aux pratiques d'E2-IUT : « *je veux voir un peu comment eux réagissent et si ça vient d'eux. Voilà, je ne veux pas leur souffler tout de suite, en tout cas, d'utiliser ça avec les autres étudiants de la classe* » (entretien *ante* séance). Mais nous soulignons aussi que l'expertise de cet enseignant d'IUT et son épistémologie professionnelle a facilité ce que nous pouvons appeler une genèse instrumentale de l'artéfact (Rabardel, 1995), ici à des fins didactiques.

6. Discussion sur les usages didactiques de Mecagenius®

Les épisodes analysés dans cet article rendent compte des pratiques didactiques de deux enseignants utilisant Mecagenius®, un *serious game* dédié au génie mécanique pensé au niveau de sa conception, comme un milieu a-didactique au sens de Brousseau (1988). L'analyse *in situ* de leurs interactions langagières avec les élèves permet de mettre évidence quelques usages didactiques de ce *serious game* en présentiel en raison du grain d'analyse retenu qui s'attache à rendre compte, dans le détail, des modalités selon lesquelles les enjeux épistémiques sont négociés à un niveau très fin. Une des conclusions de la recherche invite à nuancer le caractère "dévoluant" attribué aux *serious games*. En effet, les résultats suggèrent des formes contrastées d'intégration de l'artéfact à la pratique usuelle des enseignants, allant d'une incorporation sous forme d'usages didactiques très monstatifs jusqu'au développement d'un rapport instrumental avec l'artéfact (Marquet, 2003). Ces modes variés d'intégration du *serious game* mettent en évidence des usages plus ou moins en adéquation avec les choix didactiques ayant présidé à sa conception. Contrairement aux propriétés couramment attribuées aux *serious games*, la potentialité "dévoluante" ne doit pas être considérée comme une caractéristique intrinsèque de ces artéfacts, elle relève plutôt, comme nous le conjecturons, d'une

propriété émergente liée aux conditions de leur utilisation *in situ* – au même titre que leur propriété d’interactivité – comme l’ont discuté Charlier et Peeters (1999). Cette assertion, au-delà des extraits présentés dans cet article, s’appuie sur les données récurrentes des analyses menées dans des classes de lycée et à l’IUT. Elles mettent en évidence que les enseignants endossent, le plus souvent, une posture surplombante par des guidages serrés, au plus près des comportements attendus de la part des élèves, ne leur laissant au final que peu de responsabilités quant à la production du savoir. On pourrait considérer que cette faible a-didacticité pourrait être liée au fait que ces deux mini-jeux ont une proximité avec des ressources informatiques de type simulateur. Rappelons tout d’abord que les simulateurs sont en général destinés à l’entraînement ou à la formation d’experts dans un domaine. Par ailleurs, même si ces artefacts aident à une meilleure compréhension des concepts théoriques, certains auteurs considèrent qu’ils ne sont pas attrayants et nécessitent beaucoup d’améliorations pour les rendre performants, conviviaux, capables d’améliorer la qualité de la formation (Cohen *et al.*, 2008). La dimension ludique étant totalement absente, l’utilisation de simulateurs a aussi pour possible conséquence un manque d’intérêt des élèves. Or, si Mecagenius® vise, comme un simulateur, des objectifs d’appren-tissage clairement établis, il met en scène les enjeux épistémiques dans le cadre d’un scénario narratif global impliquant des ressorts ludiques dont la littérature a montré l’intérêt en terme de motivation, de persévérance et d’effets sur les apprentissages (Sauvé & Kaufman, 2010). Fort de ces constats, le cœur même de la conception de Mecagenius® a consisté, comme nous l’avons évoqué dans une précédente section, à maintenir un environnement d’apprentissage présentant une certaine fidélité technique et fonctionnelle par rapport aux situations professionnelles tout en intégrant certains ressorts ludiques, en particulier pour les deux mini-jeux “*Le roi de la Pref*” et “*L’as de la Fab*”. L’hypothèse était que grâce à cette alliance, les élèves seraient immergés dans un environnement propice à l’apprentissage grâce aux caractéristiques de divertissement et de contenus éducatifs parfaitement intégrés. Pour autant, notre étude met en évidence que malgré toute l’attention apportée à la conception du *serious game*, subsistent des difficultés liées à son usage en classe. D’une certaine manière, ces constats corroborent des travaux antérieurs. La question de la dévolution ne peut être totalement prise en charge par les ressources didactiques aussi performantes soient-elles. Cela vaut pour la reproductibilité des situations didactiques comme l’avait montré Artigue (1986) comme pour tout dispositif didactique utilisé par les professeurs, comme l’ont mis en évidence les nombreuses recherches s’intéressant aux phénomènes de transposition

didactique à partir d'analyses des interactions en classe. Quelles perspectives tirer de ces constats ?

7. Conclusion

Dans ce qui suit nous mettons en perspective quelques pistes de réflexion sur les dispositifs de formation qui pourraient aider les enseignants à mieux tirer profit du potentiel de Mecagenius®, puis nous revenons sur l'intérêt et les limites d'une analyse didactique de l'action conjointe pour rendre compte des usages des *serious games* dans l'enseignement.

7.1. En terme de formation

Le regard porté sur les utilisations de ce *serious game* en classe accrédite l'idée que, dans une perspective présentielle, l'enseignant joue un rôle déterminant si l'on veut optimiser l'impact de Mecagenius® sur le développement des compétences de génie mécanique des élèves. Nous avons montré que les guidages "serrés" des enseignants vont à l'encontre de la conception initiale du *serious game* qui prévoit par exemple, que les élèves puissent effectuer des essais-erreurs, tâtonner, explorer diverses possibilités de réponses aux problèmes posés par les mini-jeux. Les études de cas montrent que les mécanismes de rétroactions instantanées ajustés aux actions des joueurs, telles que prévues par les concepteurs du *serious game* pour favoriser les apprentissages ou pour orienter l'action des élèves sont sous-utilisés, voire ignorés par les enseignants, alors même que de nombreux travaux ont souligné toute leur pertinence (Sauvé & Kaufman, 2010). D'une manière générale, il ressort de l'étude que les régulations et les interventions des professeurs réduisent les dimensions ludique et dévoluante sous-jacentes aux différents mini-jeux constituant ce *serious game* avec pour possible conséquence un manque d'intérêt des élèves. L'analyse didactique des interactions en classe met en évidence que ces dimensions devraient être prises en considération et gagneraient à être (re)pensées en lien avec la nécessaire question de la formation des enseignants à leurs usages. Elle fait émerger l'importance des modalités de travail à mettre en œuvre pour favoriser les effets potentiels de Mecagenius®. Or, la question des usages de ces nouvelles ressources didactiques semble insuffisamment prise en considération dans les formations, alors qu'elle apparaît indispensable si l'on souhaite amener les enseignants à mettre en relation Mecagenius® et les contenus de connaissance (les enjeux épistémiques) à exploiter avec leurs élèves. Nous considérons que l'ajustement de la scénarisation pédagogique (Henri *et al.*, 2007) doit se faire tout en gardant une certaine clairvoyance sur le fonctionnement du système didactique. À ce propos, nous souhaitons souligner l'intérêt des outils mé-

thodologiques mobilisés pour rendre compte de la diversité des usages en classe de Mecagenius®. Les constats établis nous ont incité à poursuivre ces recherches et à explorer de nouvelles pistes ce qui a donné naissance à une expérimentation actuellement en cours dans les régions Île de France et Midi Pyrénées. L'objectif est de mettre en place une innovation participative basée sur l'intégration de Mecagenius® dans différentes formations. Sa particularité est de réunir au sein d'un même projet les concepteurs de Mecagenius®, des chercheurs en didactique et des enseignants. Cette collaboration a pour finalité l'élaboration d'outils pour les enseignants permettant de prendre en compte le potentiel du *serious game* ainsi que la diversité des utilisations possibles. Les résultats de cette expérimentation ont aussi pour visée de fournir des pistes d'amélioration de Mecagenius® avec pour horizon une conception de l'artefact plus pertinente et une intégration plus réussie des activités d'apprentissage qu'elle propose au regard des besoins des enseignants.

7.2. À propos de l'intérêt d'une analyse de l'action conjointe pour rendre compte des usages d'un *serious game* en classe

Dans cet article nous nous sommes centrés sur l'utilisation d'un *serious game* en classe, non dans le but d'en évaluer la pertinence, mais pour rendre compte des modalités de son intégration à la pratique. Les épisodes examinés soulignent l'intérêt que peut constituer une analyse ascendante de la transposition didactique (Schubauer-Leoni & Leutenegger, 2005) pour rendre compte des usages (ou des mésusages) des *serious games* en situation ordinaire, c'est-à-dire non pilotée par une démarche de recherche visant à valider la conception didactique sous-jacente. L'analyse de l'action didactique conjointe permet de décrire et de comprendre l'évolution des systèmes observés et de mettre au jour des phénomènes didactiques rarement identifiés par les méthodologies d'évaluation habituelles dans le domaine. Basée sur une démarche qualitative permettant de saisir la dynamique des processus plutôt que sur l'évaluation des résultats d'apprentissage, cette méthode d'analyse, importée des travaux comparatistes en didactique, prend un caractère singulier du fait des contextes d'observation d'utilisation en classe d'un *serious game*. Notamment nous avons été amenés à spécifier certaines des modalités de transcriptions des interactions en raison des modalités d'actions très diversifiées des élèves. Il reste que, bien qu'étant placés en autonomie (parfois toute relative) ces derniers demeurent impliqués, tissés dans le contrat didactique, ce qui selon nous, autorise ce type d'analyse. Enfin rappelons que, comme pour toute étude de cas, les conclusions tirées sont difficilement généralisables. Elles suggèrent toutefois la nécessité de développer des travaux d'orientation qualitative dans le champ des *serious games* pour rendre in-

telligible leurs usages en mettant en perspective un programme de recherche sur l'évaluation des impacts de ces artefacts sur les pratiques enseignantes.

-
- 1 Contrat Mecagenius® obtenu dans le cadre du plan de relance numérique pour la réalisation d'outils logiciels pour les entreprises recourant à des techniques issues du jeu vidéo.
 - 2 Pour une revue sur le potentiel éducatif des jeux vidéo et sérieux voir Galaup *et al.*, (2013).
 - 3 Nous synthétisons en section 3 quelques éléments nodaux présidant à la conception du *serious game* Mecagenius®.
 - 4 Dans le cadre de cet article nous n'avons pas la place de développer les différentes étapes qui ont contribué à la conception des scénarios ludiques et pédagogiques constitutifs de Mecagenius®.
 - 5 Voir à ce sujet, pour les deux mini-jeux exploités dans cet article les éléments de l'analyse *a priori* présentés en section 5.1.
 - 6 Nous exemplifierons une de ces rétroactions dans un des extraits des résultats.
 - 7 Les MOCN sont des outils fragiles et onéreux, le risque de détérioration est très présent chez les enseignants.
 - 8 Mecagenius® fait appel à différents types de ressorts ludiques. Certains, comme dans ces deux mini-jeux, relèvent de défis en lien avec le scénario narratif du *serious game* imposant la réparation la plus rapide possible d'une fusée écrasée sur une planète pour pouvoir ramener à bon port les ingénieurs ; d'autres renvoient à des rétroactions assez semblables à celles des jeux vidéo, comme par exemple l'expérience de pilotage d'une voiture de Formule 1.
 - 9 Une pinnule est un palpeur mécanique de métrologie utilisé sur les MOCN pour relever des positions.

BIBLIOGRAPHIE

AMADE-ESCOT C. (2007). *Le didactique*. Paris, Éditions Revue E.P.S, Collection « Pour l'action ».

AMADE-ESCOT C., VENTURINI P. (2009). Le milieu didactique : d'une étude empirique en contexte difficile à une réflexion sur le concept. *Éducation & Didactique*, Vol. 3 n° 1, 7-43.

AMADE-ESCOT C., LEUTENEGGER F. (2013). Actualité de la théorie de l'action conjointe en didactique : questions théoriques et méthodologiques. *Conférence d'ouverture à la journée des jeunes chercheurs, 3^{ème} Colloque de l'ARCD*, Marseille, France, 9-12 janvier.

ARTIGUE M. (1986). Étude de la dynamique d'une situation de classe : une approche de la reproductibilité. *Recherches en didactique des mathématiques*, Vol. 7 n° 1, 5-62.

ARTIGUE M. (1990). Ingénierie didactique. *Recherches en didactique des mathématiques*, Vol. 9 n° 3, 281-308.

BECERRIL ORTEGA R. (2008). *Contexte professionnel, contexte de la formation supérieure technologique, approche didactique. Les cas des formations utilisant des*

simulateurs informatiques. Thèse de doctorat en Sciences de l'Éducation, Université Toulouse 3 -Paul Sabatier.

BROUSSEAU G. (1978). L'observation des activités didactiques. *Revue Française de Pédagogie*, n° 45, 130-139.

BROUSSEAU G. (1986). Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, Vol. 7 n° 2, 33-115.

BROUSSEAU G. (1988). Le contrat didactique : le milieu. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, Vol. 9 n° 3, 309-336.

BROUSSEAU G. (1996). L'enseignant dans la théorie des situations didactiques. In R. Noirfalise et M-J. Perrin-Glorian (Eds.), *Actes de la VIII^{ème} école d'été de didactique des mathématiques*, Clermont Ferrand, IREM, p. 3-46.

BROUSSEAU G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble, la pensée sauvage.

CHANG V., GUTL C., KOPEINIK S., WILLIAMS R. (2009). Evaluation of Collaborative Learning Settings in 3D Virtual Worlds'. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, Vol. 4 n° 3, 6-17.

CHARLIER P., PEETERS H. (1999). Contribution à une théorie du dispositif. *Hermès*, n° 25, 15-24.

COHEN G., BECERRIL R., REDONNET J.M., LAGARRIGUE P., FRAYSSE B., BOUCHARESSAS V. (2007). Mise en place d'un simulateur de machine outil en formation universitaire. *Colloque « Innovations en conception des produits et des systèmes de production »*, La Plagne, France, 18 – 20 avril.

GALAUP M. (2013). *De la conception à l'usage d'un jeu sérieux de génie mécanique : phénomènes de transposition didactique dans l'enseignement secondaire et universitaire. Le cas de Mecagenius®*. Thèse de doctorat en Sciences de l'Éducation, Université Toulouse 2 -Le Mirail. Disponible sur internet : <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00843418/>

GALAUP M., AMADE-ESCOT C., MONTAUT T., VIALLET F. (2012). Mecagenius, a serious game for mechanical engineering in higher education: A trace driven analysis of knowledge and learning. Paper presented in network ICT in Education and Training. *European Conference on Educational Research (ECER)*, Association: EERA. Cadix, Spain, 17-21 September.

GALAUP M., VIALLET F., AMADE-ESCOT C. (2013). A propos du potentiel éducatif des jeux vidéo et sérieux ; une revue de littérature. *Scientific Annals of the 'Alexandru Ioan Cuza' University of Iasi: Educational Sciences Series*, Vol. 17, p. 23-50.

HENRI F., COMPTE C., CHARLIER B. (2007). La scénarisation pédagogique dans tous ses débats... *Revue Internationale des Technologies en Pédagogie Universitaire*, Vol. 4, n° 2, 4-24.

Debriefing of Simulations and Games. *Simulation and Gaming: An International Journal*, Vol. 41, 663-680.

LAKATOS I. (1974). Falsification and the methodology of scientific research programmes. In I. Lakatos and A. Musgrave (Eds.), *Criticism and the growth of knowledge*, Cambridge, Cambridge university press, p. 91-196.

LEUTENEGGER F. (2009). *Le temps d'instruire. Approche clinique et expérimentale du didactique ordinaire en mathématique*. Berne, Peter Lang.

MARQUET P. (2003). *L'impact des TIC dans l'enseignement et la formation : mesures, modèles et méthodes ; contribution à l'évolution du paradigme comparatiste des usages de l'informatique en pédagogie*. Habilitation à Diriger des Recherches en Sciences de l'éducation, Université Louis Pasteur, Strasbourg.

RABARDEL P. (1995). *Les hommes et les technologies. Approche cognitive des instruments contemporains*. Paris, Armand Colin.

SANCHEZ E. (2011). Usage d'un jeu sérieux dans l'enseignement secondaire : modélisation comportementale et épistémique de l'apprenant. Jeux sérieux, révolution pédagogique ou effet de mode ? *Revue d'Intelligence Artificielle*, numéro spécial Serious Game, Vol. 25, n° 2, 203-222.

SAUVÉ L., KAUFMAN D. (2010). *Jeux et simulations éducatifs : Etudes de cas et leçons apprises*. Canada, Presse de l'Université du Québec.

SCHUBAUER-LEONI M.L., LEUTENEGGER F. (2005). Une relecture des phénomènes transpositifs à la lumière de la didactique comparée. *Revue Suisse des sciences de l'éducation*, Vol. 27, n° 3, 407-429.

SENSEVY G. (2007). Des catégories pour décrire et comprendre l'action didactique. In G. Sensevy, et A. Mercier, (Eds.), *Agir ensemble. L'action didactique conjointe du professeur et des élèves*, Rennes, Presses Universitaires, p. 13-49.

SENSEVY G., MERCIER A. (2007). *Agir ensemble : Eléments de théorisation de l'action conjointe du professeur et des élèves*. Rennes, Presses Universitaires.

TROUCHE L. (2005). Des artéfacts aux instruments, une approche pour guider et intégrer les usages des outils de calcul dans l'enseignement des mathématiques. *Actes de l'Université d'été de Saint-Flour. Le calcul sous toutes ses formes*. Disponible sur internet : http://www3.ac-clermont.fr/pedago/math/s/ pages/site_math_universite/CD-UE/Texte_16.doc.



Utilisation de plateformes génériques de mesure analytique pour l'évaluation de *Serious Games* : une expérimentation

► **Damien DJAOUTI** (LIRDEF, Montpellier)

■ **RÉSUMÉ** • Le suivi du parcours des utilisateurs est un élément important de l'évaluation des *serious games*. Deux principales approches semblent co-exister dans ce domaine : l'intégration du *serious game* à un LMS via des normes comme SCORM ou IMS-LD, et la construction d'un outil d'analyse sur mesure pour chaque *Serious Game*. Dans cet article, nous proposons une troisième approche pour le suivi des utilisateurs dans un *serious game* : le recours à des « plateformes génériques de mesure analytique ». Cet article présente une expérimentation dans laquelle le suivi des utilisateurs de deux *serious games* a été effectué grâce à deux de ces plateformes : *Google Analytics* et *Playtomic*. Nous présenterons tout d'abord le contexte du projet, avant d'étudier les données qui ont été récoltées. À partir de ces résultats, nous amorcerons ensuite une discussion sur les intérêts et limites de ces plateformes génériques de mesure analytique pour le suivi des utilisateurs de *serious games*, en comparaison avec les deux autres approches existantes.

■ **MOTS-CLÉS** • *Serious Games*, Évaluation, Suivi utilisateurs, *Google Analytics*, *Playtomic*, Écologie.

■ **ABSTRACT** • *User tracking is one of the keys to evaluate the effectiveness of serious games. Two main approaches are available to perform such user tracking: the first one is to insert the Serious Game inside a LMS through SCORM or IMS-LD, while the second one is to build a custom analysis tool for each Serious Game. In this article, we introduce a third approach to track serious games users: the use of generic metrics & analytics platforms. This article presents an experiment where two serious games have been assessed using two of these platforms: Google Analytics and Playtomic. We will first detail the context of this project, before analysing the data that has been collected. Thanks to the results of this experiment, we will then start a discussion about the advantages and the limits of these generic metrics & analytics platforms for serious games assessment, compared to the two others available approaches.*

■ **KEYWORDS** • *Serious Games, Assessment, User tracking, Google Analytics, Playtomic, Ecology*

1. Introduction

Le suivi du parcours des utilisateurs dans un *serious game* est un élément important de l'évaluation de ces « jeux dont la finalité première est autre que le simple divertissement »¹ (Michael & Chen, 2005). À cette fin, le champ du *serious game* peut notamment s'appuyer sur les outils, méthodologies et standards provenant du champ de l'e-learning, tels que la norme SCORM. Cependant, une étude conduite par Thomas (2010) montre les limites de SCORM, norme au départ établie pour des « quiz » pédagogiques, pour assurer le suivi d'utilisateurs de *serious games*. Plus précisément, Thomas met en évidence trois limitations : l'impossibilité d'enregistrer des indicateurs sur les types d'erreurs commises par l'apprenant ; l'enregistrement limité à la dernière tentative de l'apprenant, ce qui interdit les analyses différentielles entre plusieurs « stratégies de jeu » ; et l'impossibilité de partager les résultats entre différents apprenants, ce qui empêche la création de « tableaux de meilleurs score » pour motiver les utilisateurs. La chercheuse propose alors deux types de solutions pour pallier à ces limites. La première consiste à s'appuyer sur des LMS² reposant sur des normes plus ouvertes ou plus adaptées que SCORM, à l'image d'une expérimentation faite sur IMS-LD (Burgos *et al.*, 2008). L'autre solution proposée par Thomas est de recourir à une base de donnée externe au LMS pour enregistrer toute donnée renvoyée par le *serious game* sans contrainte particulière. Nous pouvons par exemple penser à l'outil *Playtracer*, élaboré pour évaluer le *serious game Refraction* (Andersen, Liu, Apter, Boucher-Genesse & Popović, 2010). Cependant, bien que cette approche « sur mesure » produise d'excellents résultats, elle requiert un important travail de la part des créateurs du *serious game*. En effet, un système relativement unique d'enregistrement et de visualisation des traces produites par les joueurs doit alors être construit pour chaque jeu. En résumé, nous identifions donc d'un côté une approche « LMS », qui offre une simplicité d'utilisation au prix d'importantes limitations sur la richesse des données enregistrées, et de l'autre une approche « sur mesure », sans limitation particulière si ce n'est un « coût » d'implémentation élevé.

Dans cet article, nous souhaitons explorer l'éventuel potentiel d'une troisième approche possible pour le suivi des utilisateurs dans un *serious game*. Nous proposons d'utiliser des « plateformes génériques de mesure analytique »³, des plateformes logicielles originellement conçues pour mesurer et analyser l'audience de sites ou jeux sur Internet. Grâce à cette approche différente, nous espérons arriver à conserver la précision et la flexibilité de l'approche « sur mesure » tout en essayant de réduire le

temps d'implémentation du système d'enregistrement et de visualisation des traces produites par les joueurs. Cet article présente une expérimentation dans laquelle le suivi des utilisateurs de deux *serious games* a été effectué grâce à deux de ces plateformes : *Google Analytics* et *Playtomic*. Nous présenterons tout d'abord le contexte d'expérimentation et notre méthodologie de suivi des utilisateurs, avant d'étudier les données que cette approche a permis de récolter. À partir de ces résultats, nous amorcerons ensuite une discussion sur les intérêts et limites de ces plateformes génériques de mesure analytique pour le suivi des utilisateurs de *serious games*, par rapport aux deux autres approches identifiées.

2. Contexte d'expérimentation

Dans le cadre d'un projet de recherche portant sur l'utilisation du jeu comme vecteur de communication locale, nous avons été amené à créer deux *serious games* traitant de la thématique des écoquartiers⁴. Ce projet s'inscrit dans un partenariat recherche-industrie impliquant un laboratoire de recherche en informatique, une commune qui accueille un éco-quartier du nom d'Andromède (alors en cours de construction), l'aménageur de cet éco-quartier, ainsi que la société privée qui l'a modélisé virtuellement avant le lancement du programme de construction. Le projet de recherche couvre donc la conception, la réalisation, la diffusion et l'analyse de ces deux *serious games*, afin de pouvoir explorer la question de l'utilisation du jeu vidéo comme support de communication. L'auteur de cet article a participé activement aux phases de conception, de développement et d'analyse de ces deux *serious games* (Djaouti, 2011). L'expérimentation décrite dans cet article s'inscrit dans la partie « analyse » du projet, dont l'objectif premier était d'évaluer la pertinence des deux *serious games* dans la diffusion de leurs messages respectifs.

Parce qu'il nous offrait la possibilité de prendre part à la fois à la création et à l'analyse de deux jeux, ce projet nous est apparu comme un contexte idéal pour explorer les différentes approches permettant d'évaluer un *serious game* par le suivi de ses utilisateurs.

2.1. Présentation des *serious games*

Ces deux *serious games* ont été conçus pour sensibiliser le grand public à l'écologie urbaine, ainsi que pour mettre en avant un écoquartier en particulier : l'éco-quartier Andromède, situé dans la région Toulousaine, sur les communes de Blagnac et de Beauzelle (France). Afin d'atteindre la finalité sérieuse visé, ces deux jeux reposent sur une conception de type « intrinsèque » (Djaouti, 2011) : les aspects « sérieux » et « ludiques » sont

volontairement associés de manière profonde, afin qu'une victoire dans le jeu traduise théoriquement une compréhension, ou tout du moins une identification, des messages « sérieux » véhiculés par le *serious game*.

2.1.1. Eco-Reporter, à la découverte d'Andromède

Le premier *serious game*, intitulé *Eco-Reporter, à la découverte d'Andromède*⁵ propose au joueur d'incarner un journaliste dont la mission est d'écrire un article sur l'écologie urbaine. Pour cela, le joueur peut explorer librement l'éco-quartier Andromède, prendre des photos, et surtout discuter avec une vingtaine d'habitants du quartier. Il obtiendra ainsi des informations qu'il pourra utiliser pour rédiger son article. Au-delà de la mise en avant de l'éco-quartier Andromède, ce *serious game* vise également à transmettre des messages éducatifs ou informatifs quant aux principes de bases de l'écologie urbaine : *techniques de construction écologique, principes d'aménagement d'un éco-quartier, récupération et gestion des eaux de pluies, mise en avant des modes de transports doux, principes de mixités sociale et générationnelle, etc.* Si le joueur veut « gagner » au jeu, il doit tout d'abord partir à la recherche de ces différents messages qui composent le contenu sérieux. Le joueur doit ensuite manipuler ces messages pour créer son propre article. Afin de rester accessible à un public n'ayant jamais joué à un jeu vidéo, la partie « rédaction de l'article » ne nécessite pas d'écrire mot à mot le corps de l'article. Lors des phases de dialogue avec les personnages, le joueur gagne automatiquement des informations, sous formes de notes pré-écrites, s'il pose les bonnes questions. Ces notes peuvent alors être assemblées comme des pièces de puzzle pour créer la trame d'un article : il s'agit tout simplement d'organiser les notes et photos de manière linéaire. La partie se termine lorsque le joueur soumet au jeu un brouillon possédant suffisamment d'éléments pour être « publié ». Le jeu se charge alors d'adapter cette trame pour la mettre en page comme un véritable article de journal. Des niveaux de publications plus ou moins prestigieux (« *Internet* », « *presse locale* » et « *presse nationale* ») récompensent le joueur selon la taille de son article.

Une des attentes évoquées par les commanditaires du jeu est d'être en mesure d'évaluer l'impact des différents messages liés aux écoquartiers et à Andromède auprès du public. Les commanditaires cherchent ici à identifier les thèmes qui intéressent le plus le public qui sera exposé au jeu : *écologie dans la construction de bâtiment, sécurité dans le quartier, présence de commodités...* Avec le concept proposé pour *Eco-Reporter*, ce type d'évaluation est au cœur même du principe de jeu. En rédigeant un article, les joueurs sont amenés à choisir les informations qu'ils trouvent les

plus intéressantes, et les photos des lieux qu'ils préfèrent. Il suffit alors d'analyser les articles créés par les différents joueurs afin d'obtenir des statistiques sur les informations auxquelles ils ont été les plus sensibles (cf. 3.1). À travers ce concept de jeu, le joueur est amené à dévoiler son rapport au contenu sérieux qui lui a été présenté. Le fait que cette « interrogation » soit incarnée par l'objectif même du jeu (rédiger un article) ne permet pas à un joueur de la considérer comme « distincte » du jeu, et donc de la négliger, s'il souhaite gagner la partie. Nous sommes donc bien ici face à un *serious game* reposant sur une conception de type « intrinsèque ».



Figure 1 • Eco-Reporter : dialogue avec un personnage (gauche) et interface de composition de l'article (droite)

2.1.2. Le Jardinier Ecolo

Le second *serious game*, *Le Jardinier Ecolo*⁶, traite quant à lui de la dimension écologique des espaces verts d'un éco-quartier. Plus précisément, ce jeu vise à faire comprendre au joueur quels sont les moyens utilisés pour économiser l'eau dans les espaces verts de l'éco-quartier Andromède. Ce jeu invite le joueur à aménager et entretenir un espace vert. Le joueur se verra proposer plusieurs espèces de plantes (exotique, locale...) qu'il pourra disposer dans un espace vert vierge. Une fois plantées, ces plantes ont besoin d'eau pour rester vigoureuses. Régulièrement, des visiteurs traverseront le parc. Si les plantes sont bien arrosées, elles auront un effet positif sur le moral des visiteurs. Si elles sont en manque d'eau, elles auront un effet négatif sur le moral des visiteurs. Plus les visiteurs sortiront contents du parc, plus le joueur gagnera des points. Les espèces exotiques de plantes ont un effet plus important sur le moral des visiteurs, mais sont nettement plus gourmandes en eau. Une partie de la stratégie gagnante du jeu consiste donc à comprendre qu'il vaut mieux, sur le long terme, planter des espèces locales que des plantes exotiques. Le joueur peut éga-

lement « améliorer » ses plantes, ce qui a pour effet de les faire grandir. Or, un arbre est moins gourmand en eau une fois qu'il a grandi, de même que certaines plantes. Un autre aspect de la stratégie gagnante consiste ainsi à planter et faire grandir seulement quelques plantes, plutôt qu'acheter de très nombreuses jeunes pousses qui seront plus gourmandes en eau sur le long terme.



Figure 2 • Le Jardinier Ecolo : écran de jeu (gauche) et rapport d'activité présenté au joueur (droite)

En ce qui concerne l'évaluation de la diffusion du « contenu sérieux » du jeu, elle est ici très simple : étant donné qu'il faut théoriquement comprendre le message du jeu pour développer une stratégie permettant de gagner beaucoup de points, le « score » des joueurs permet d'évaluer, ou tout du moins d'appréhender, leur niveau de compréhension du message diffusé par ce *serious game*. Afin de pouvoir évaluer les joueurs, nous avons donc enregistré à intervalles réguliers quelques variables permettant d'analyser leur stratégie de jeu : *score total, argent restant, nombre de plantes achetées, somme totale investie dans l'arrosage...* Concrètement, le jeu se compose de 26 niveaux, entrecoupés de trois « rapports d'activité » qui présentent ces variables au joueur, afin de l'aider à améliorer sa stratégie. Lorsqu'un rapport est présenté au joueur, les données qu'il contient sont enregistrées par les plateformes génériques de mesure analytique. À partir de l'analyse de ces données, nous pouvons alors tenter d'évaluer la transmission du contenu sérieux véhiculé par ce *serious game* (cf. 3.2).

2.1.3. Diffusion des deux *serious games*

La diffusion de ces deux *serious games* auprès du grand public a été assurée par ses commanditaires, à savoir la SEM Constellation (aménageur de l'éco-quartier Andromède) et la Mairie de Blagnac (principale commune sur laquelle se trouve l'éco-quartier Andromède). La cible première de ces deux jeux est le public local : l'objectif est de faire découvrir l'éco-

quartier Andromède et les apports de l'écologie urbaine aux habitants de la région Toulousaine. Si *Eco-Reporter* vise un public plutôt adulte, *Le Jardinier Ecolo* vise une cible plus large incluant adolescents et enfants à partir de 10 ans. Deux modes de diffusion ont été employés :

Par cédérom : 150 cédéroms contenant les deux *serious games* ont été distribués gratuitement pour diffuser le jeu de manière locale, en particulier lors d'une animation ayant eue lieu du 28 au 30 mai 2010 dans le centre culturel municipal de la commune de Blagnac.

Par Internet : les deux jeux sont également accessibles sur le site Internet de la SEM Constellation. Cela permet tout d'abord de diffuser plus facilement le jeu à l'échelle locale (écoles de la ville de Blagnac...), puis de montrer le jeu à l'échelle nationale. Environ 2000 personnes ont accédé à chaque jeu par ce biais (cf. 3).

2.2. Méthodologie et outils de suivi des utilisateurs

Comme expliqué précédemment (cf. 2.1), *Eco-Reporter* et *Le Jardinier Ecolo* reposent sur une méthode de conception de type « intrinsèque », qui prône un mélange fort des messages sérieux à transmettre au sein du principe de jeu. Pour évaluer ces *serious games* de manière quantitative, il est donc envisageable d'enregistrer certaines variables propres à chaque jeu, qui feront office de traces permettant d'étudier le parcours des joueurs. Comme évoqué en introduction, même si le suivi du parcours du joueur dans un *serious game* est un champ de recherche relativement récent, plusieurs travaux ont élaboré des méthodologies et outils à cette fin.

2.2.1. Approches et outils pour le suivi des utilisateurs d'un *serious game*

Parmi les approches existantes pour évaluer un *serious game* par le biais du suivi du parcours du joueur, nous recensons tout d'abord des outils implémentant des normes issues de l'e-learning, telles que SCORM et IMS-LD. Certains logiciels auteurs comme *Thinking Worlds*⁷, *<e-adventure>*⁸ et *SGTools*⁹ permettent au créateur du jeu de renvoyer les informations de son choix vers le LMS qui l'encapsule. Le *serious game* est ici considéré comme un « objet d'apprentissage » standard, au même titre que le serait un quiz, une vidéo interactive ou toute autre activité intégrable à un LMS. Dans le cas de *<e-adventure>*, le créateur peut même utiliser des informations provenant du LMS afin de modifier le contenu du jeu (Burgos *et al.*, 2008). Cela permet de recourir à un test de connaissance préalable à l'utilisation du *serious game* pour adapter son contenu à l'apprenant. Ainsi que l'a montré Thomas (2010), la principale limitation de cette approche

est directement liée à l'obligation de respecter une norme pour récolter des traces d'utilisation. Afin de réduire cette limitation, certains projets optent donc pour une norme la plus compatible possible avec les besoins de suivi de leur *serious game*, comme IMS-LD (Burgos *et al.*, 2008), quand ils ne retravaillent pas tout simplement ces normes pour les adapter à leurs besoins, à l'image de IMS-LD-SG (Tran, George, & Marfisi-Schottman, 2010).

L'approche inverse existe également : au lieu d'adapter une norme préexistante à des *serious games*, il est possible de tenter de définir un modèle à partir de *serious games*. C'est par exemple le cas du modèle *MoPPLiq* (Marne, Carron, & Labat, 2013), qui offre une modélisation générique de parcours dans les *serious games*, pour ensuite permettre leur modification de haut niveau par une personne non experte en la matière. Dans tous les cas, cette approche implique le respect d'un modèle normatif qui doit être partagé par tous les *serious games*, ce qui peut parfois être un obstacle pour les concepteurs de tels jeux. En effet, les *serious games* offrent une palette potentielle d'interaction avec l'utilisateur bien plus riche et nettement moins standardisée¹⁰ que peuvent l'être d'autres objets pédagogiques tels que les quiz ou les scénarios interactifs. Ainsi, le modèle *MoPPLiq* n'est pour l'instant applicable qu'aux *serious games* explicitement découpés en « niveaux » et basés sur une structure (linéaire ou non) peu complexe.

Une autre approche, radicalement différente, consiste à faire abstraction de toute norme pour créer un système de suivi du joueur spécifique à chaque *serious game*. C'est par exemple le cas du *serious game Ludiville* pour lequel a été réalisé un outil à base de Réseaux de Pétri (Thomas, Yes-sad, & Labat, 2011), ou encore de l'outil *Playtracer*, construit pour évaluer le *serious game Refraction* (Andersen, Liu, Apter, Boucher-Genesse, & Popović, 2010). *Refraction* est un jeu de puzzle qui aborde le concept mathématique de fractions. Le joueur doit, pour réussir chaque niveau, placer de manière adéquate des miroirs permettant de diviser un faisceau laser. Chaque niveau du jeu possède donc un nombre fini « d'états », correspondant aux différentes positions des miroirs que le joueur peut déplacer. *Playtracer* enregistre tout simplement, pour chaque session de jeu, le nombre de passages du joueur dans chaque « état » du niveau. Il les représente ensuite sous forme graphique afin de faciliter la lecture des traces ainsi récoltées.

Cependant, bien que cette approche « sur mesure » produise d'excellents résultats, elle requiert un important travail de la part des créateurs de *serious games*. En effet, un système relativement unique

d'enregistrement et de visualisation des traces produites par les joueurs doit alors être construit pour chaque jeu. Certains logiciels auteurs proposent certes, en standard, la possibilité de récolter et visualiser des traces sans imposer de norme particulière. Par exemple, *Virtuoso/Adventure Lab*¹¹ peut enregistrer toute donnée souhaitée directement dans une base *MySQL*. Mais cette solution reste bien évidemment circonscrite aux jeux qu'il est possible de réaliser avec un logiciel auteur donné. De plus, elle se contente finalement déplacer le « coût » de création du système de suivi vers les créateurs de logiciels auteurs au lieu des créateurs de jeux, sans tenter de réduire ce « coût » à proprement parler.

2.2.2. Approches et outils pour le suivi des utilisateurs d'un EIAH

L'existence de systèmes « sur-mesure » et la question de la réduction du « coût » qu'ils représentent sont des questions de recherche récentes pour les *serious games*, mais qui sont explorées depuis plusieurs années dans le champ de l'EIAH. Si l'on peut considérer que des normes comme SCORM et IMS-LD constituent déjà une forme de réponse à cette problématique, en standardisant le format des traces produites par les applications d'*e-learning*, d'autres travaux visent à proposer des outils et formats de traces tout aussi génériques mais nettement plus versatiles.

Par exemple, le *User Tracking Language (UTL)* de Choquet & Iksal (Choquet & Iksal, 2007 ; Iksal, 2011) est un langage générique permettant d'effectuer des transformations sur tout type de traces extraite d'un EIAH, pour peu que le modèle de cette trace ait été préalablement décrit avec ce langage. Pour l'élaborer, les chercheurs ont posé des bases de réflexion théoriques sur le concept de traces : leur modèle DGU (*Defining, Getting, Using*) définit trois facettes génériques permettant de modéliser toute activité d'observation d'une trace logicielle. Dans un registre similaire, les travaux de Settouti (2011) introduisent le concept de « Trace Modélisée (M-Trace) », ainsi qu'un cadre conceptuel pour l'élaboration d'un Système à Base de Trace Modélisée, notamment à travers un langage formel permettant la transformation et l'interrogation de telles traces. Ces travaux semblent culminer avec la définition d'une « trace » comme objet informatique standard, afin d'effectuer le suivi d'utilisateurs indifféremment dans toute application informatique (Champin, Mille, & Prié, 2013).

Tous ces travaux sont potentiellement applicables au *serious game*, ainsi que le montre *Learning Adventure*, un jeu multi-joueurs collaboratif, utilisé pour la formation professionnelle (Pernelle, Marty, & Carron, 2013). Le suivi des utilisateurs dans ce jeu repose sur un Système à Base de Traces construit en utilisant le modèle de Settouti (2011), dans lequel le jeu en-

registre des traces « basiques » (utilisation du chat, avancement dans le scénario...) qui peuvent ensuite être combinées à loisir par l'analyste pour créer des « indicateurs ». Mais comme l'indiquent les chercheurs à l'origine du projet, l'implémentation de ces indicateurs est particulièrement chronophage, et doit être effectuée spécifiquement pour chaque scénario de jeu afin d'être pertinente. Les recherches actuelles des créateurs de *Learning Adventure* portent donc sur l'élaboration d'indicateurs génériques, réutilisables pour différents *serious games*.

Ainsi, si l'influence des outils et théories utilisées pour suivre les utilisateurs d'EIAH est réelle sur le champ du *serious game*, (Marne, Carron, & Labat, 2013 ; Pernelle, Marty, & Carron, 2013 ; Thomas, Yessad, & Labat, 2011), cette influence reste pour l'instant limitée. À nos yeux, la principale limite à ce transfert réside dans les différences, en terme d'objet, entre les applications d'*e-learning* et les *serious games*, même lorsque les finalités d'utilisation sont convergentes. Par exemple, une des problématiques en EIAH est l'élaboration de méthodes simples et unifiées permettant à un enseignant d'adapter le parcours de ses élèves, pour laquelle de nombreuses solutions existent (Lefevre *et al.*, 2012). Cette même problématique est travaillée pour le *serious game* par Marne *et al.* (2013) à travers le modèle *MoPPLiq*, outil sur lequel l'influence des travaux issus du champ de l'EIAH est notable. Mais de tels travaux se heurtent à la complexité intrinsèque d'un jeu vidéo, qui, en tant que machine à état variable (Dormans, 2009 ; Grünvogel, 2005 ; Juul, 2003), met œuvre un grand nombre de règles afin d'offrir une large variété d'interactions à l'utilisateur. Comme évoqué précédemment (*cf.* 2.2.1), Marne & *al.* ont par exemple été contraints de limiter la portée de leur modèle à un seul genre de jeu, le jeu d'aventure, dont les mécanismes sont généralement moins complexes que d'autres genres vidéoludiques. Or le jeu d'aventure n'est qu'un des nombreux genres vidéoludiques utilisés dans le champ des *serious games*¹².

Ainsi, pour faire face à la diversité des mécanismes de jeux existants dans le champ du *serious game*, il nous semble finalement que le concepteur doit pouvoir conserver la liberté de définir lui-même la nature des traces pour chaque jeu. De plus, dans un *serious game*, les données d'interactions brutes ne peuvent faire sens à elles seules, car le sens d'un *serious game* naît de la rencontre entre les règles de jeu (scénario ludique) et le contenu sérieux (scénario pédagogique) (Alvarez, 2007). Un modèle de trace générique adapté au *serious game* devrait alors pouvoir rendre compte de l'interaction de l'utilisateur, mais également du contexte (état

actuel du monde du jeu, avancement du scénario, etc.). En attendant que des travaux aboutissent à l'élaboration d'un tel modèle, la possibilité de pouvoir définir librement une trace pour chaque jeu nous semble donc être primordiale pour effectuer le suivi du parcours du joueur dans tout genre de *serious game*.

Ce postulat tend à écarter, pour l'instant, la solution d'une norme de type SCORM ou IMS-LD comme moyen permettant de réduire le « coût » des systèmes sur mesure pour l'évaluation de *serious games*, sans pour autant sacrifier la liberté pour l'analyste de pouvoir définir librement les données qu'il veut utiliser pour suivre le parcours des joueurs. Il nous semble alors opportun d'explorer de nouvelles voies pour tenter d'apporter une réponse à cette problématique.

2.2.3. Les plateformes génériques de mesure analytique

L'enregistrement et l'analyse de traces générées par des logiciels informatiques afin de suivre le comportement de l'utilisateur est une problématique de recherche active dans de nombreux domaines, allant des EIAH à l'automobile en passant par les sites Internet (Champin, Mille, & Prié, 2013). Si des transferts sont bien évidemment possibles et réels entre ces différents domaines, chaque contexte soulève des questions spécifiques, au point de nécessiter des cadres théoriques et outils techniques qui lui sont propres (Tarrit & Caron, 2013).

Un outil particulièrement intéressant est apparu dans le milieu des années 1990 dans le domaine d'Internet : la plateforme de mesure d'audience. Il s'agit d'un outil visant à mesurer la fréquentation d'un site Internet. Si des solutions « sur mesure » existent, dans lequel un webmaster enregistre directement dans une base de données le nombre de visites sur son site, des outils génériques, adaptables à tout site Internet, ont également fait leur apparition. Les premiers exemples de ces outils, à l'image de *Webalizer (1997-)* et *AwStats (2000-)*, analysent une trace pré-existante, à savoir les *logs* de connexion produits par le serveur web, pour établir des données de fréquentation. Aussi pratiques soient-ils, ces outils sont lentement rendus caducs par l'évolution technologique des sites Internet, qui sont progressivement découpés en « interactions » plutôt qu'en « pages » (Clifton, 2008). D'autres outils de mesure, à l'image de *WebtraffIQ/Site Stats (1995-)* et *Google Analytics/Urchin (2001-)*, reposent donc sur une approche différente : le webmaster définit lui-même le moment exact, dans le code source du site, qui doit générer une trace. Cette trace est ensuite collectée et analysée par une plateforme qui permet sa visualisation.

Chaque plateforme propose une API générique simple à implémenter, permettant à ces outils de fonctionner avec tout type de site Internet.

Ce genre d'outil semble avoir influencé un autre domaine, celui des jeux vidéo, et plus précisément celui des jeux vidéo sur Internet (*browser games, social games...*). Plus qu'une simple mesure d'audience, les concepteurs de tels jeux vidéo ont besoin de connaître avec précision le comportement, à l'échelle quantitative, des joueurs. Cela leur permet par exemple d'améliorer l'expérience de jeu, en modifiant un passage trop difficile, en explicitant une règle mal comprise ou en ajustant les règles du jeu pour éviter que les joueurs ne s'ennuient (El-Nasr, Drachen, & Canossa, 2013). Dans un premier temps, ce travail est effectué *via* des outils « sur mesure ». Les studios de création de jeux vidéo emploient alors en interne des spécialistes en *data mining* pour les implémenter et interpréter les données (SNJV, 2012). Mais, à l'image des plateformes génériques de mesure d'audience de site Internet, d'autres outils plus génériques pour le suivi des joueurs ont également vu le jour depuis quelques années¹³. Ces outils, que nous baptisons « plateformes génériques de mesure analytique », proposent une API simple permettant au créateur du jeu d'enregistrer tout type de donnée quand il le souhaite. Cette trace est ensuite collectée et analysée par une plateforme qui permet également sa visualisation. Si ces outils sont avant tout destinés aux créateurs de jeux de divertissement pour les aider à améliorer l'expérience ludique délivrée par leurs titres, ils semblent également intéressants par rapport à notre problématique d'évaluation de *serious games*.

Au-delà du fait que les *serious games* sont par nature des jeux vidéo, le principal intérêt de ces outils est qu'ils permettent au créateur du jeu ou à l'analyste de définir librement les données qu'il veut utiliser pour suivre le parcours du joueur. Et, tout en conservant cette liberté primordiale pour l'évaluation de *serious game*, ces outils offrent en apparence un « coût » d'implémentation bien moindre que celui d'une solution « sur mesure ». De plus, ils semblent également s'adapter à tout type de *serious game*, sans limitation de genre, de complexité ou de structure interne. Ces plateformes génériques de mesure analytique représentent donc une réponse potentielle à notre problématique de réduction du « coût » des outils sur mesure tout en conservant leur liberté de définition de traces. Les deux plateformes que nous avons sélectionnées pour cette expérimentation sont *Playtomic (2009-2013)*, car il s'agit d'une des premières plateformes publique destinée au jeu vidéo, et *Google Analytics (2005-)*, qui est très prisée sur le secteur des sites Internet, tout en restant adaptable au jeu vidéo.

2.2.4. Playtomic

*Playtomic*¹⁴ (anciennement *SWFStats*) est un service de « suivi de joueurs » destiné aux jeux vidéo de divertissement. Il permet d'enregistrer toute valeur numérique souhaitée par le concepteur du jeu, et propose ensuite de l'analyser à travers différents tableaux et autres outils de visualisation graphique.

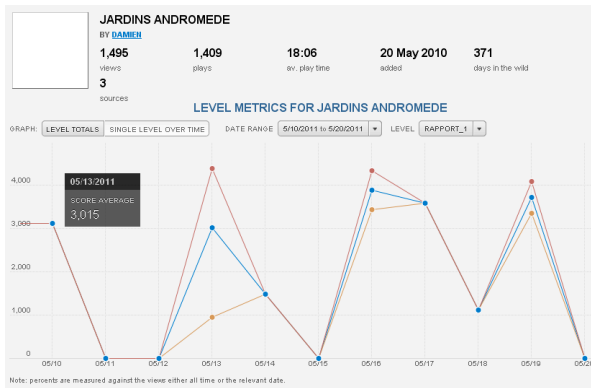


Figure 3 • *Playtomic* : écran de visualisation du score moyen lors du premier tiers de jeu pour le *Jardinier Ecolo*

Lors de la période de diffusion des deux *serious games*, cette plateforme, pionnière dans le secteur des jeux vidéo de divertissement, était en phase de « bêta-test », ce qui ne fut pas sans conséquences. Lors de l'analyse des données, nous avons en effet pu nous apercevoir que les mises à jour régulières de ce service ont entraîné plusieurs pertes de données. De nombreuses parties n'ont tout simplement pas été enregistrées par la plateforme. Néanmoins, suffisamment de données ont pu être récoltées pour permettre l'analyse de nos joueurs. S'agissant du seul service de ce type disponible lors du démarrage de notre expérimentation, nous avons donc quand même décidé de l'utiliser pour effectuer le suivi des joueurs.

D'un point de vue technique, l'intégration des services de mesure offerts par cette plateforme est réservée aux applications développées avec les technologies Flash, HTML5, Unity, Android, iOS, Java et C++. Une API existe pour chaque langage, qui permet au concepteur du jeu de renvoyer vers les serveurs de *Playtomic* la valeur d'une variable quand il le souhaite dans son programme, et ce à travers une seule ligne de code (appel d'une méthode statique d'une classe statique matérialisant l'API).

Enfin, précisons que le service *Playtomic* a malheureusement fermé ses portes au mois de mai 2013. Le code source de l'application a alors été libéré par son auteur, ce qui permet dorénavant à d'autres services similaires d'émerger facilement¹⁵. Les fondateurs de *Playtomic* ont ensuite créé une autre plateforme, *lvlboost*¹⁶, qui offre des prestations similaires mais qui est toujours en phase de bêta-test à la date d'écriture de cet article. Notons également que d'autres plateformes concurrentes à *Playtomic* ont vu le jour depuis le début de notre expérimentation. Mentionnons par exemple *GameAnalytics*, qui offre des API pour HTML5, Flash, Unity et Python, ainsi que la possibilité d'envoyer des données à la plateforme depuis tout autre langage, le service reposant sur une architecture de type REST. Mentionnons également *MochiBot*, réservé aux applications Flash, *Lumos*, réservé aux applications Unity, et *HoneyTracks*, une plateforme payante qui supporte potentiellement tout langage de programmation via une architecture REST.

2.2.5. Google Analytics

Afin de ne pas nous appuyer uniquement sur un outil en cours d'élaboration, nous avons également utilisé le service *Google Analytics*¹⁷. Cet outil de mesure d'audience est normalement destiné à l'analyse de sites Internet. Nous avons donc du recourir à quelques artifices afin de l'utiliser pour mesurer les données extraites de nos deux *serious games*. Concrètement, *Google Analytics* permet d'enregistrer deux types de données. La première consiste à mesurer simplement le nombre de visites effectuées sur une « page » donnée. Nous avons alors découpé la structure de nos *serious games* en « pages » afin d'effectuer quelques mesures avec cette plateforme. Par exemple, chacun des lieux de *Eco-Reporter* a été considéré comme une « page », permettant ainsi de mesurer le nombre de fois que les joueurs se rendent dans chaque lieu. Il en a été fait de même pour les différents « niveaux » du *Jardinier Ecolo*. Ensuite, *Google Analytics* permet d'enregistrer des « événements », qui associent un nom d'évènement à une valeur numérique, ouvrant la voie à des mesures similaires à celles proposées par *Playtomic*. Cependant, *Google Analytics* n'est pas destiné à suivre une application générant de très nombreux évènements, mais des sites Internet engendrant seulement une poignée d'évènements par visiteur. Cet outil est limité à l'envoi de 10 évènements à la seconde, ce qui complique l'envoi simultané de plusieurs variables. De plus, le nombre total d'évènements pouvant être envoyés durant une « session de navigation » est limité, signifiant que si la partie dure un peu trop longtemps, les évènements ne seront plus envoyés. Nous avons pu constater les incon-

vénients d'une telle limite sur *Le Jardinier Ecolo*, les données enregistrées par *Google Analytics* s'arrêtant en général au deux tiers de la première partie. De plus, *Google Analytics* n'est pas non plus capable d'estimer de manière fiable le temps de jeu des utilisateurs, limite liée au fait de détourner ainsi la plateforme de sa vocation initiale. Notons enfin que cet outil effectue une analyse géographique de la ville d'origine des visiteurs particulièrement poussée. Ces données furent appréciées par les commanditaires du projet pour estimer la portée de la « communication locale » du projet.

D'un point de vue technique, la plateforme propose elle aussi une API fonctionnant pour les langages HTML5/Javascript et Flash. À l'image de l'API de *Playtomic*, le concepteur du jeu peut donc, *via* l'appel d'une simple ligne de code, renvoyer toute variable vers les serveurs de *Google Analytics*, ou compter une « visite », quand il le souhaite dans son programme.

2.2.6. Données enregistrées pour chacun des *serious games*

Chacune de ces deux plateformes génériques de mesure analytique présente ses propres avantages et ses propres limites. Ces dernières étant différentes, les deux plateformes s'avèrent finalement complémentaires quant aux données qu'elles peuvent enregistrer et à la manière dont elles permettent de les visualiser. Pour cette expérimentation, nous avons donc utilisé simultanément *Google Analytics* et *Playtomic* pour enregistrer les valeurs numériques, et *Google Analytics* pour compter les visites dans les différents « lieux » définis pour ces deux *serious games*. La version Internet du jeu, ainsi que la version cédérom si une connexion Internet est disponible sur la machine, enregistrent de manière transparente les informations suivantes :

Le contenu des articles rédigés sur *Eco-Reporter*, qui est enregistré lorsqu'un joueur soumet un article répondant aux critères lui permettant d'être publié. Afin de pouvoir également analyser le comportement des joueurs qui ne rédigent pas d'article, le nombre de visites dans chaque lieu et de conversations avec chaque personnage sont enregistrés de manière continue durant la partie.

Le score des joueurs, le pourcentage moyen de satisfaction des visiteurs, l'argent restant, l'argent dépensé pour acheter de nouveaux éléments, l'argent dépensé pour améliorer des éléments existants, l'argent dépensé en arrosage, le nombre de plantes et d'objets (*bancs...*) possédés par les joueurs du *Jardinier Ecolo*. Le jeu se compose de 26 niveaux, entrecoupés de trois « rapports d'activité » qui présentent ces données statis-

tiques aux joueurs, assortis de conseils pour les aider à améliorer leurs stratégies. Lorsqu'un rapport est présenté aux joueurs, les données qu'il contient sont également enregistrées par le système d'analyse.

Tableau 1 • Données quantitatives relatives aux visites des lieux de *Eco-Reporter*

Nom du lieu (personnage associé)	Visites du lieu	Dialogues avec le personnage
Espace Andromède (Guide d'accueil)	1878	1723
L'Ecrin Végétal (Facteur)	1071	1320
Cap Constellation (Paysagiste)	851	916
Avenue d'Andromède (Boulangier)	787	801
Complexe Sportif d'Andromède (Entraîneur de football)	773	842
Le Grand Patio (Retraité vivant en appartement)	759	860
Gendarmerie (Gendarme)	746	792
Cours Barricou (Enfant jouant au football)	732	845
Promologis (Jeune couple d'étudiants)	670	782
Centre de Maintenance du Tramway (Conducteur de Tramway)	624	646
Sirrah (Institutrice)	605	720
La coulée verte (Brigadier de la police montée)	556	589
Lycée St-Exupéry (Lycéenne championne de patin à glace)	535	617
Théâtre de verdure (Retraite vivant en maison de retraite)	501	585
Centre de loisirs Barricou (Animateur du centre de loisirs)	478	542
Le Galilée (Architecte)	472	488
Osrose (Constructeur d'écobâtements)	462	513
Les Jardins Andalous (Supporter du Blagnac Football Club)	424	428
Carré Mondrian (Hôtesse de l'air)	371	471
Les Essentielles (Directrice de la ludothèque)	369	387
Crèche Cassiopée (Educatrice jeunes enfants)	335	364
Cours Pinot (Famille franco-allemande avec un enfant)	330	379
Centre de Formation des Apprentis de l'Industrie (Enseignant)	327	349

3. Résultats

En utilisant conjointement les deux plateformes, nous avons enregistré des données sur une période allant du 20 mai 2010 au 20 mai 2011.

Les données présentées dans cet article résultent donc d'une observation quantitative correspondant à un an de diffusion publique des deux *serious games*.

3.1. Données récoltés pour le jeu *Eco-Reporter*

D'après *Google Analytics*, 1723 parties de *Eco-Reporter* ont été jouées sur la période d'observation, alors que *Playtomic* n'en a enregistré que 1082. À partir de ces données partielles (qui résultent des « pannes » liés au statut bêta de *Playtomic*, cf. 2.2.4), cette plateforme estime la durée moyenne d'une partie à 18 min 57.

3.1.1. Analyse du parcours des joueurs dans le jeu

Grâce à *Google Analytics* et son système de suivi des « pages », nous obtenons un aperçu des lieux visités par les joueurs durant ces 1723 parties, et des personnages avec lesquels ils ont discuté. Comme nous pouvons l'observer dans le tableau 1, tous les personnages à l'exception du guide d'accueil ont été « visités » plus souvent que le lieu qui les abrite. Cela signifie tout simplement que les joueurs ont lancé plusieurs séances de discussion successives avec un même personnage. En effet, il arrive parfois qu'un dialogue se termine par manque de questions à poser. Les joueurs ont donc parfois relancé immédiatement un dialogue afin de poser des questions différentes, et ainsi récolter des informations supplémentaires. De prime abord, le fait que « *L'Espace Andromède* » soit une exception à cette règle semblerait pouvoir s'expliquer par le fait qu'il s'agit du lieu de départ des joueurs, et que le personnage qui y est présent ne sert qu'à donner des indications sur la manière de jouer. Pour autant, en l'état, ces données ne nous permettent pas d'expliquer véritablement pourquoi ce lieu a été parfois visité sans que le joueur lance un dialogue avec le personnage présent (cf. 4.1.1).

Notons également que *Google Analytics* propose un outil de visualisation permettant, pour chaque « page », de savoir quelles sont les pages d'origines des visiteurs et leurs pages de destination. Nous pouvons donc savoir, pour chacun des « lieux » et « personnages » d'*Eco-Reporter*, quel est le parcours suivi par le joueur pour y arriver. Dans l'exemple ci-dessous, nous voyons que 16 % des joueurs sont allés visiter le lieu « *Cap Constellation* » directement après avoir discuté avec le personnage du « *Facteur* ». Une fois arrivés sur ce lieu, 94 % des joueurs ont discuté avec le personnage qu'il abrite, 4 % des joueurs ont ouvert l'interface de rédaction d'article, tandis que 1 % des joueurs semblent avoir quittés le jeu à ce moment là. Ce type de visualisation s'avère particulièrement pertinent

pour une analyse détaillée du parcours des joueurs. Nous n'avons pas eu besoin de rentrer à ce point dans le détail pour notre expérimentation, mais il est intéressant de noter que ces données sont disponibles et visualisables facilement sans nécessiter de développement supplémentaire.

Cette page a été consultée 311 fois.



Figure 4 • Exemple de visualisation détaillée du parcours des joueurs grâce à Google Analytics

Étape de la rédaction d'un article	Nombre total d'actions	Taille moyenne d'un article
Ouverture de l'interface de rédaction d'article	4026	-
Soumission de l'article au rédacteur en chef	1631	-
Refus de l'article par le rédacteur en chef	1284	-
Acceptation de l'article par le rédacteur en chef	339	48 éléments
Articles acceptés au niveau « Internet »	179	27 éléments
Articles acceptés au niveau « Régional »	98	63 éléments
Articles acceptés au niveau « National »	61	84 éléments
Impression sur papier de l'article accepté	145	-

Tableau 2 • Données quantitatives relatives à la rédaction d'un article dans Eco-Reporter

3.1.1. Analyse du contenu des articles composés par les joueurs

Toujours d'après *Google Analytics*, nous constatons que 339 parties d'*Eco-Reporter* ont abouti à la rédaction d'un article publié. Cela signifie qu'environ 20 % des joueurs d'*Eco-Reporter* ont été suffisamment captivés par le jeu pour aller jusqu'à la publication d'un article. Cela semble correspondre aux données enregistrées par *Playtomic* sur la durée d'une partie, avec d'un côté de nombreuses parties qui ne durent que quelques minutes, et de l'autre des parties à la durée comprise entre 30 minutes et 1h30, temps moyen généralement requis pour arriver à l'étape de composition d'un article dans le jeu.

Au total, 1631 articles ont été rédigés et proposés par les joueurs pour publication. Si seuls 339 de ces articles ont réussi à passer les critères de publication, nous observons logiquement que les articles simples (*niveau « Internet »*) sont plus nombreux que ceux du niveau *« national »*, dont la création correspond à une durée de partie d'environ 1h 30 (tableau 2). À noter également que 42 % des joueurs ayant réussi à faire publier leur article ont décidé de l'imprimer sur papier pour garder un souvenir du jeu.

Comme il l'avait été souhaité par les commanditaires du projet (cf. 2.1.1), les données enregistrées nous permettent également de visualiser les « thèmes » du contenu sérieux les plus utilisés par les joueurs. Tout d'abord, nous obtenons la répartition globale des différentes thématiques du contenu sérieux dans les articles composés par les joueurs (tableau 3)

Tableau 3 • Répartition des thématiques pour les articles rédigés dans *Eco-Reporter*

Thème des messages utilisés dans l'article	Nombre total de messages cités	Nombre de messages différents dans le thème
Qualité de vie	1445	8 messages
Commodités	1228	6 messages
Généralités	1179	7 messages
Les espaces verts	1110	6 messages
Transports	1016	5 messages
Aspects Environnementaux	941	6 messages
Vie locale	840	6 messages
La Géothermie Profonde	666	5 messages
La gestion des eaux	597	5 messages
Mixité sociale et générationnelle	503	4 messages
Les Toitures Végétalisées	314	3 messages
Photographies des lieux	4021	27 photos

Ensuite, pour chacun de ces « thèmes », il est possible d'obtenir des statistiques plus détaillées. Tout d'abord, sur le nombre de messages d'un thème donné qui sont présents dans chacun des articles finalisés par les joueurs. Le tableau 4 présente uniquement le détail de la catégorie « Aspects Environnementaux ».

Tableau 4 • Détail du nombre d'utilisations des messages de la thématique « Aspects Environnementaux »

Nombre de messages liés au thème dans l'article	Articles publiés
1 message lié aux « Aspect Environnementaux » dans l'article	31
2 messages liés aux « Aspect Environnementaux » dans l'article	49
3 messages liés aux « Aspect Environnementaux » dans l'article	43
4 messages liés aux « Aspect Environnementaux » dans l'article	52
5 messages liés aux « Aspect Environnementaux » dans l'article	44
6 messages liés aux « Aspect Environnementaux » dans l'article	42

Et enfin, il est tout simplement possible d'obtenir, pour chacun des 61 « messages » définissant le contenu sérieux d'*Eco-Reporter*, le nombre de fois qu'il a été employé dans les articles des joueurs. Le tableau 5 présente uniquement le détail de la catégorie « Aspects Environnementaux ».

Tableau 5 • Détail de l'utilisation de chaque message de la thématique « Aspects Environnementaux »

Message lié au « Aspects Environnementaux »	Citations totales
« De nombreux bâtiments de cet écoquartier répondent à la certification Bâtiment Basse Consommation (BBC) »	200
« La certification BBC est attribuée aux bâtiments à faible dépense énergétique en terme de chauffage et d'éclairage »	186
« La limitation du goudronnage des sols permet de mieux gérer les espaces verts et la récupération de l'eau de pluie »	169
« Les parkings des équipements publics sont mutualisés pour accueillir les visiteurs tout en limitant l'imperméabilisation des sols »	145
« Pour les habitants, la certification BBC représente des économies sur le chauffage et la climatisation »	126
« Un éco-bâtiment est construit avec plusieurs techniques telles que les toitures végétales, la géothermie ou les panneaux solaires »	115

En prenant en compte le nombre de messages dans chaque « thème » et leur nombre de citations, nous observons que, sur la durée d'observation du jeu, les joueurs d'*Eco-Reporter* ont favorisés dans leurs articles les messages traitant des commodités, des généralités, des transports, de la qualité de vie et des espaces verts. À l'inverse, ils ont été nettement moins enclins à utiliser les informations sur les aspects techniques de l'écologie urbaine (fonctionnement de la géothermie profonde, des toitures végétalisées, gestion des eaux de pluie) et sur les notions de mixi-

té sociale et générationnelles. Loin de constituer un sondage ou une enquête d'opinion à proprement parler, à cause des nombreux biais introduits (non constitution d'un panel représentatif, enquête « transparente » et non signalée au joueur, etc.), ces données sont néanmoins très intéressantes pour appréhender de manière globale le niveau de diffusion respectif de chaque message « sérieux » du jeu.

3.2. Données récoltés pour le jeu *Le Jardinier Ecolo*

D'après *Google Analytics*, 1985 parties du *Jardinier Ecolo* ont été jouées sur la période d'observation, alors que *Playtomic* n'en a enregistré que 1400. À partir de ces données partielles, la plateforme estime la durée moyenne d'une partie à 18 min 10.

3.2.1. Analyse du parcours des joueurs dans le jeu

En nous appuyant sur les données récoltées par *Google Analytics*, nous pouvons avoir une idée du nombre de joueurs ayant terminé chacun des niveaux du jeu (figure 5).

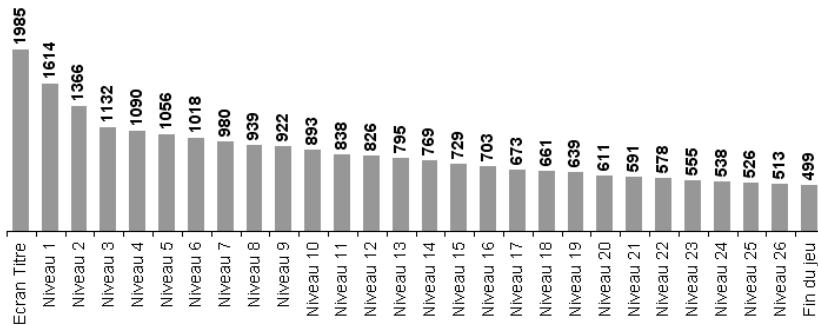


Figure 5 • Nombre de joueurs ayant terminé chacun des niveaux du *Jardinier Ecolo*

Au total, si 1985 joueurs ont démarré le premier niveau du jeu, seulement 499 d'entre eux sont arrivés jusqu'à la fin. Cela signifie qu'environ 25 % des joueurs qui commencent une partie la poursuivent jusqu'à son terme. Le fait que 3/4 des joueurs quittent le jeu avant la fin de la partie apparaît considérable, et, en l'état, les données récoltées ne nous permettent pas d'expliquer outre mesure cette situation. De plus, les données enregistrées par *Playtomic* permettent d'obtenir une courbe similaire, malgré un nombre moindre de parties analysées. S'il est normal que le nombre de joueurs diminue légèrement de niveau en niveau (Cook, 2009), la diminution notable du nombre de joueurs sur les premiers ni-

veaux semble ici nécessiter de plus amples analyses pour être explicitée (cf. 4.1.2).

3.2.2. Analyse des stratégies mises en place par les joueurs

Dues aux limitations propres à *Google Analytics* et son système « d'événements » (cf. 2.2.5), seules les données enregistrées par *Playtomic* ont pu être utilisées pour étudier les stratégies développées par les joueurs à partir des différentes variables du jeu (argent dépensé, taux de satisfaction des visiteurs...). Cependant, les données moyennes calculées automatiquement par *Playtomic* sont faussées, car elles prennent en compte dans le calcul les jours où aucune partie n'a été jouée, rajoutant ainsi de nombreux « 0 » diminuant artificiellement les valeurs moyennes. Nous avons alors dû extraire manuellement les données brutes enregistrées de manière quotidienne par *Playtomic*, et recalculer nous-même les valeurs moyennes pour chacune des variables enregistrées dans le tableau 6 ci-dessous :

Tableau 6 • Données enregistrées par *Playtomic* sur *Le Jardinier Ecolo*

Donnée enregistrée	Rapport n°1	Rapport n°2	Rapport n°3	Moyenne
Somme dépensée pour l'achat d'éléments	636 €	1188 €	563 €	796 €
Nombre de plantes achetées	2,5	2,4	1,8	6,7
Nombre d'objets (bancs...) achetés	2,1	1,7	1,5	5,4
Somme dépensée pour l'amélioration d'éléments	421 €	957 €	554 €	644 €
Somme dépensée pour l'arrosage des plantes	510 €	1386 €	1178 €	1025 €
Budget restant au joueur	176 €	231 €	211 €	147 €
Taux de satisfaction des visiteurs	83%	71%	59%	71%
Score du joueur	3454	13614	21899	21899

Comme exposé précédemment, ces données sont enregistrées lors de « rapports d'activité » qui sont présentés aux joueurs à chaque tiers de sa partie (cf. 2.2.6). Elles nous permettent de voir que plus la partie avance, plus les joueurs ont tendance à investir dans l'arrosage des plantes au détriment de leur achat. De même, la somme investie par les joueurs dans

l'amélioration des plantes existantes est quasiment équivalente au montant représenté par l'achat de nouvelles plantes. Ces deux données illustrent le fait que les joueurs semblent avoir plutôt bien assimilé le fait qu'avoir peu de plantes que l'on fait grandir et que l'on entretient régulièrement est une meilleure stratégie que celle qui consiste à multiplier l'achat de plantes. De même, les équipements n'ont pas été négligés par les joueurs, qui ont cherché à « rentabiliser » leurs quelques plantes par l'ajout de bancs permettant aux visiteurs de s'asseoir pour les admirer plus longtemps. Nous constatons aujourd'hui que ces données auraient été encore plus pertinentes si nous avions opéré une différenciation entre les espèces « exotiques » et « locales » en comptant le nombre de plantes achetées par les joueurs. Cette donnée n'étant pas pertinente pour les rapports d'activité (un joueur pouvant visuellement voir à tout moment les différentes espèces de plantes sur son terrain), nous n'avions pas pensé à l'inclure avant la diffusion du jeu à grande échelle. Si elles ne permettent donc pas de rentrer autant dans le détail des stratégies des joueurs que nous l'aurions souhaité, ces quelques données quantitatives nous renseignent tout de même sur les tendances générales de leurs choix stratégiques.

4. Discussion

Durant cette expérimentation, l'utilisation de plateformes génériques de mesure analytique nous a permis d'enregistrer et visualiser différents types de traces pour évaluer ces deux *serious games*, synthétisées dans le tableau 7 page suivante :

Malgré la richesse de ces données, leur analyse soulève plusieurs questions restées en suspens quant aux comportements des joueurs dans ces deux jeux. Afin d'approfondir l'évaluation de ces *serious games*, une étude qualitative complémentaire a donc été menée.

4.1. Étude qualitative complémentaire

L'étude qualitative de la réception de ces deux *serious games* a eu lieu selon des modalités simples. Nous avons observé une personne en train de jouer, en nous abstenant de tout commentaire. Nous avons alors demandé au joueur de penser à voix haute, afin de pouvoir noter ses différentes réflexions lors de l'utilisation du jeu. Une fois la partie terminée, nous lui avons posé la question « *Pensez-vous que ce jeu diffuse un message ? Si oui, quel est-il ?* » et noté sa réponse pour compléter le compte-rendu d'observation.

Tableau 7 • Synthèse des traces récoltées durant l'expérimentation

Type de trace enregistrée	Jeu concerné	Exploitation durant l'analyse
Temps total de jeu	<i>Eco-Reporter</i> <i>Jardinier Ecolo</i>	Motivation des joueurs
Nombre de visites par lieu et de dialogues par personnage	<i>Eco-Reporter</i>	Exposition des joueurs aux divers messages du jeu
Parcours détaillé (pour chaque action des joueurs, enregistrement de l'action précédente et de l'action suivante)	<i>Eco-Reporter</i>	Exposition des joueurs aux divers messages du jeu (trace très détaillée, mais que nous n'avons finalement pas eu à exploiter)
Détail des messages du jeu cités dans les articles composés par les joueurs	<i>Eco-Reporter</i>	Identification de messages du jeu ayant le plus retenu l'attention des joueurs
Nombre de joueurs atteignant chaque niveau du jeu	<i>Jardinier Ecolo</i>	Exposition des joueurs au message du jeu
Répartition des choix stratégiques opérés par les joueurs (types et nombres d'objet achetés, taux d'arrosage...)	<i>Jardinier Ecolo</i>	Compréhension de la « stratégie gagnante » du jeu, et donc du message qu'il vise à véhiculer, par les joueurs (N.B. : « Privilégiez les plantes locales par rapport aux exotiques, et mieux vaut peu de grandes plantes que beaucoup de jeunes pousses »)
Score moyen du joueur	<i>Jardinier Ecolo</i>	

Au total, nous avons observé 28 utilisateurs différents, dont 23 ont testé *Eco-Reporter*, et seulement 20 *Le Jardinier Ecolo*. Notre panel comprenait par exemple un homme de 74 ans n'ayant jamais joué à un jeu vidéo ou encore une joueuse occasionnelle âgée de 28 ans. En constituant un tel panel, nous avons essayé de rassembler un échantillon représentatif du public ciblé par ce projet. La part de femmes est plus élevée que celles des hommes parmi nos testeurs (17 personnes sur 28). Si leurs âges et professions sont diverses, la plupart des personnes que nous avons observées en train d'utiliser ces deux *serious games* ne sont pas des joueurs passionnés de jeu vidéo. Certains d'entre eux n'ont même jamais joué à un jeu vidéo de leur vie, alors que pour d'autres cette pratique se limite à des parties de jeux sur Wii entre amis ou en famille. Nos *serious games* étant destinés aux personnes peu familières avec le jeu vidéo aussi bien qu'à ceux qui le pratiquent de manière occasionnelle, notre échantillon de testeurs « qualitatifs » représente finalement assez bien le public visé.

4.1.1. Retours qualitatifs sur *Eco-Reporter*

Pour *Eco-Reporter*, trois types de comportements ont été observés chez nos testeurs. Tout d'abord, certains joueurs n'ont pas du tout accroché au concept du jeu. 2 de nos 23 testeurs ont essayé le titre quelques minutes, ont trouvé sa manipulation aisée et son principe sympathique, mais « *ça ne leur plaisait pas de lire toutes ces informations* ». Ils ont trouvé le jeu trop simple, pas assez « *ludique* » à leur goût. Un de ces testeurs était un joueur passionné de jeu vidéo qui n'aimait pas trop les jeux d'aventure car il les trouvait « *ennuyeux* ». L'autre testeur connaissait déjà bien l'éco-quartier Andromède, et ne voyait donc pas d'intérêt particulier à relire des informations sur le sujet quand il pouvait aussi tester *Le Jardinier Ecolo*. Pour ces deux joueurs, la partie n'aura donc duré que quelques minutes.

Ensuite, des joueurs ont apprécié le côté « *exploration de l'éco-quartier* » mais n'ont trouvé aucun intérêt à rédiger l'article. Ce comportement a été observé pour 5 de nos 23 testeurs. Ne rentrant pas dans l'optique de « *gagner le jeu* », ces joueurs, tous des habitants de la ville de Blagnac, ont été plutôt intéressés par « *la découverte de cet éco-quartier en construction pas loin de chez eux* ». Ils ont apprécié la richesse des informations et ont pris de nombreuses photos et notes. Mais au moment de rédiger l'article, ils nous ont dit qu'ils trouvaient cette étape de composition « *prise de tête* » et s'estimaient déjà totalement satisfaits par les informations qu'ils avaient pu lire lors de la visite virtuelle du quartier. À noter que ces testeurs ont donc exploré les 23 lieux du jeu et ont discuté au moins une fois avec tous les personnages. Pour ces joueurs, la partie aura duré entre 20 et 30 minutes.

Enfin, 16 de nos 23 testeurs ont littéralement été « *accrochés* » par le jeu. Ils ont tout d'abord commencé par explorer le quartier, afin de récolter photos et informations. Cependant, nous avons incorporé un mécanisme qui rappelle aux joueurs, au bout de 12 minutes de jeu, qu'ils doivent composer un article et non pas seulement explorer le quartier. Concrètement, le jeu affiche une fenêtre avec un message du rédacteur en chef du journal pour lequel travaille le joueur, qui lui demande d'envoyer un brouillon du travail déjà accompli. La plupart des joueurs ont cliqué sur le bouton « *Je le ferai plus tard* », en nous expliquant qu'ils souhaitaient tout d'abord finir de récolter des informations avant de rédiger. Mais ce message a clairement rappelé à nos testeurs quel était l'objectif du jeu. La plupart d'entre eux s'étaient laissés « *happer* » par la dimension exploration au point d'oublier qu'il faudrait ensuite rédiger un article, tel que nous l'avons constaté en les écoutant réfléchir à voix haute. Une fois

L'exploration terminée, ces joueurs ont ouvert l'interface de rédaction d'article, et, à notre surprise, s'y sont presque plus amusés que durant la phase d'exploration. Peut-être est-ce dû à la dominante féminine de notre corpus de testeurs, toujours est-il que ces derniers ont clairement exprimé qu'ils s'amusaient beaucoup à organiser les informations récoltées pour composer un article. Tous ces joueurs, captivés par la rédaction de l'article, ont parfois passé autant de temps à le composer qu'à explorer le quartier. Ils ont donc été largement exposés aux nombreux messages du jeu. En tout, les joueurs ayant réussi à faire publier un article ont passé entre 30 minutes et 1h30 à jouer à *EcoReporter*. Ce temps de jeu est plus que surprenant de la part d'un public qui n'est pas forcément attiré par le jeu vidéo.

Cette étude qualitative nous permet également de répondre aux deux questions restées en suspens lors de l'analyse des données quantitatives sur *Eco-Reporter*. Tout d'abord en ce qui concerne le temps de jeu, très fragmenté, avec d'un côté des parties très courtes de l'ordre de quelques minutes, et de l'autre des parties durant entre 30 et 90 minutes (cf. 3.1.1). Ces données quantitatives semblent correspondre aux différents profils de joueurs observés, *Eco-Reporter* ayant manifestement divisé les joueurs en trois groupes selon leur niveau d'implication dans le jeu.

L'autre question restée en suspens concerne le fait que le lieu de départ des joueurs, « *l'Espace Andromède* », est le seul lieu qui est parfois visité sans que les joueurs entament une conversation avec le personnage (cf. 3.1.1). La réponse à cette question nous a été donnée lors de l'observation des joueurs relevant du groupe allant jusqu'à la rédaction d'un article. Certains joueurs ne prennent tout simplement pas en photo ce lieu, car il s'agit du lieu de départ où le jeu leur explique comment jouer et qu'ils « oublient » de prendre une photo car ils se focalisent d'abord sur le fait de changer de lieu. Lors de la rédaction de l'article, ces joueurs se rendent ensuite compte qu'ils n'ont pas la photo de ce lieu, et y reviennent donc uniquement afin d'en prendre une photo, sans discuter à nouveau avec le personnage.

4.1.2. Retours qualitatifs sur *Le Jardinier Ecolo*

En ce qui concerne *Le Jardinier Ecolo*, les retours d'utilisateurs étaient sensiblement différents. Sur les 20 personnes qui ont testées ce jeu, une seule personne n'a pas du tout accroché, ne « voyant pas l'intérêt du jeu ». Une autre testeuse, joueuse passionnée de jeu vidéo, a quant à elle arrêté de jouer au bout de quelques niveaux, trouvant le jeu « beaucoup trop

simple avec pas assez de choses à gérer ». Pourtant, ces deux personnes ont consacré plus de 1h30 à Eco-Reporter.

Les autres testeurs du *Jardinier Ecolo* ont tous été suffisamment captivés par le jeu pour le terminer, ce qui représente environ 30 minutes de jeu. Environ deux tiers de ces testeurs ont manifesté le souhait de recommencer une partie pour améliorer leur score. Lors de leur première partie, tous ces joueurs ont acheté des plantes exotiques, poussés par les conseils sciemment donnés en ce sens par le jeu. Comme ils possédaient également des plantes locales, qui sont moins efficaces pour remonter le moral des visiteurs mais nettement moins gourmandes en eau, ils ont alors pu constater à quel point les plantes exotiques coûtaient cher à entretenir. Des phrases du type « *je voudrais bien acheter un banc, mais je viens d'arroser et il ne me reste plus d'argent* » ou « *mais c'est pas possible, je viens d'arroser ma plante exotique et il faut déjà que je lui redonne de l'eau* » revenaient régulièrement lors de l'observation de ces testeurs. Cette observation renvoie à la part importante d'argent consacrée à l'arrosage des plantes que nous avons observé dans nos données quantitatives (cf. 3.2.2). Lors de leur seconde partie, ces joueurs se sont généralement tournés vers les espèces de plantes « locales », et ont constaté qu'ils obtenaient un meilleur score à l'échelle d'une partie. À la fin de chaque partie, le jeu demande son nom au joueur afin de l'enregistrer dans un « tableau des meilleurs scores ». Ce système, grand classique des jeux d'arcade, fut également efficace pour ce *serious game*. Certains de nos testeurs se battaient littéralement pour arriver tout en haut de ce tableau de score. Ils ont pour cela continué à jouer une fois rentrés chez eux, en dehors des évaluations que nous avons mis en place, pouvant parfois jouer une quinzaine de parties afin d'atteindre la première place du classement.

Au final, la plupart de nos testeurs ont réussi à percevoir le message du jeu. Comme nous l'a formulé une de nos testeuses, très inspirée : « *Les arbres ça prend une place dans la vie des gens, des beaux espaces verts ça donne envie d'y aller, d'y rester et de renouer avec la nature quand c'est bien entretenu. Mais ça ne se fait pas tout seul, un parc c'est de l'entretien et c'est pas fait au hasard. Bref, la nature c'est joli mais c'est du boulot, et ce jeu ça fait prendre conscience que les espaces verts ne sont pas faits au hasard* ». Une autre joueuse fut beaucoup plus synthétique : « *Les espaces verts sont bon pour le moral et les plantes exotiques sont une ruine* ». Bien qu'incorporé au sein des mécanismes de jeu, le message sur la valeur et le coût de l'eau pour l'entretien des plantes semble avoir été identifié par la plupart de nos testeurs ayant terminé le jeu : « *Le jeu dit qu'on peut pas faire ce qu'on veut avec*

la nature, il y a des contraintes de budget, l'eau ça coûte cher, il y a différentes plantes et tout ça », ou encore : « *On passe beaucoup de temps à arroser, j'ai eu l'impression de ne faire qu'arroser car ça revient souvent et c'est [rébarbatif], mais c'est vrai que du coup on voit bien le côté écolo* ». Le fait que ce message soit ici associé à une « stratégie gagnante » implique que les joueurs commencent par « perdre ». Ils entament ensuite un processus de réflexion qui les amène à découvrir une meilleure stratégie, et donc à prendre conscience du message en déconstruisant mentalement le fonctionnement du jeu. Bien qu'elle ne soit effectuée que par les joueurs qui sont suffisamment captivés par le jeu pour le terminer et avoir envie d'y rejouer pour améliorer leur score, cette approche semble ici plutôt pertinente pour diffuser des messages simples de manière « intrinsèque ». Baptisée « rhétorique de l'échec », cette approche est d'ailleurs assez répandue au sein des *serious games* (Lee, 2003 ; Maurin, 2010).

Cependant, bien qu'ils aient tous identifié le message du jeu, plusieurs utilisateurs nous ont questionnés sur la nature « sérieuse » du jeu. Autant ils voyaient bien la qualité de « *serious game* » pour *Eco-Reporter*, autant *Le Jardinier Ecolo* leur est apparu comme un « *jeu normal* ». Aussi surprenant que cela puisse paraître, nous voyons ici une des limites de la méthode de conception intrinsèque : quand les dimensions « ludique » et « sérieuse » sont mélangées, le jeu ne sera pas forcément perçu comme « sérieux ». Ce qui peut nuire à la bonne réception du message. Ce point nous renvoie à la question primordiale de la « réception » d'un message diffusé à travers un « média » tel que le jeu vidéo, thème d'étude particulièrement riche dans le champ disciplinaire des Sciences de l'Information et de la Communication (Amato, 2008 ; Genvo, 2006). Par rapport à notre expérimentation, nous retiendrons que, malgré tous les efforts du concepteur d'un *serious game*, de nombreux paramètres liés à la posture, la culture, le contexte social... du joueur influent grandement sur la réception du « contenu sérieux » que le jeu cherche à véhiculer.

Enfin, cette étude qualitative permet également d'apporter des éléments de réponse à la question restée en suspens suite à l'analyse des données quantitatives : celle de la forte diminution du nombre de joueurs au fur et à mesure de l'avancement des niveaux, en particulier lors des premiers niveaux du jeu (cf. 3.2.1). Au-delà de des joueurs abandonnant en cours de partie pour diverses raisons classiques (*s'ennuie dans le jeu, plus de temps disponible pour jouer, etc.*), l'observation de nos testeurs nous permet d'identifier une stratégie de jeu, déployée par certains joueurs, qui accentue ce phénomène. Les joueurs qui ont joué plusieurs parties

d'affilée devant nos yeux ont parfois adopté, dès leur seconde partie, une démarche inattendue d'optimisation de leur score. Si, arrivés au premier rapport de performance proposé par le jeu (au niveau 10 sur 26, cf. 2.1.2), ils constataient que leur score était inférieur à celui de leur partie précédente, ils en déduisaient qu'ils avaient peu de chances de faire un meilleur score une fois arrivés à la fin du jeu. Ils quittaient alors tout simplement le jeu pour recommencer une nouvelle partie, et essayaient d'opérer des choix stratégiques différents jusqu'à obtenir un meilleur score lors de ce premier rapport, auquel cas ils continuaient leur partie jusqu'à la fin.

4.2. Avantages et limites des outils de mesures génériques identifiés suite à notre expérimentation

Suite à l'utilisation de deux plateformes génériques de mesure analytique, *Playtomic* et *Google Analytics*, pour le suivi des utilisateurs dans deux jeux, nous identifions certains avantages et limites de cette approche pour l'évaluation de *serious games*. Plus précisément, nous pouvons comparer l'utilisation de ces plateformes à deux autres approches : l'intégration à un LMS via des normes telles que SCORM ou IMS-LD, et la construction d'un outil d'analyse « sur mesure ».

4.2.1. Avantages identifiés

- Implémentation extrêmement rapide et légère de l'enregistrement de données, même lors de l'utilisation conjointe de plusieurs plateformes (*avantage comparable à l'approche « LMS »*).
- Liberté totale du choix des données à enregistrer (*avantage comparable à l'approche « sur mesure »*).
- Permet de visualiser directement les données récoltées sans avoir à développer un logiciel spécifique (*avantage comparable à l'approche « LMS »*).
- Coût financier modeste pour l'hébergement du système de suivi : les deux plateformes évaluées sont gratuites.
- Possibilité d'enregistrer de très grands volumes de données (*les deux outils testés sont utilisables pour suivre les utilisateurs d'applications possédant une audience de plusieurs centaines de milliers, voire plusieurs millions, de joueurs*).

4.2.2. Limites observées

- Qualité du suivi des utilisateurs tributaire des performances techniques d'un système tiers. Si cela n'est pas un réel problème avec *Google Analytics* qui possède une infrastructure serveur stable et solide, cela a été

particulièrement gênant avec le service *Playtomic*, alors en bêta lors de notre expérimentation. D'autres tests menés pas nos soins après la fin de la bêta de cet outil ont néanmoins montré qu'il était bien plus stable par la suite. De plus, l'offre en matière de plateformes s'est étoffée entre le début de notre expérimentation et la publication de cet article. Cette limite semble donc désormais moins importante.

- Visualisation des données contrainte au cadre défini par la plateforme, qui offre finalement peu de possibilités de personnalisation (*limite comparable à l'approche « LMS »*).

- Limites imposées sur la récolte de données par certains outils (*limitation du nombre d'événements enregistrables par Google Analytics*) qui sont difficilement acceptables selon le contexte d'utilisation. Tous les outils ne présentent pas cette limite, le choix d'une plateforme générique de mesure analytique adaptée aux besoins de suivi du joueur dans un *serious game* donné s'avère donc primordial.

- Obligation éventuelle de recourir à une transformation des traces récoltées si elles ne conviennent pas à l'usage souhaité par l'analyste (*calcul par Playtomic de moyennes sans pouvoir exclure les journées avec aucun joueur*). Là encore, cette limite met en avant l'importance du choix d'une plateforme adaptée aux besoins de l'analyste.

- Ne permet pas facilement (*Playtomic*), voire pas du tout (*Google Analytics*), d'accéder directement aux données brutes. Cela complique l'éventuel développement d'une solution de visualisation propre à partir des données collectées par la plateforme, ce qui permettrait de palier si besoin aux limites précédentes (limite spécifique à cette approche, variable selon la logique économique de chaque plateforme. Par exemple, *GameAnalytics* offrait un accès direct aux données brutes moyennant un abonnement payant, et a rendu cette fonctionnalité gratuite en août 2013).

- Recourt à une évaluation qualitative pour interpréter les données récoltées. Plutôt qu'une limite spécifique à cette approche, il nous semble qu'il s'agit là d'une considération d'ordre méthodologique applicable à toute analyse quantitative. Cependant, les plateformes génériques de mesure analytique que nous avons évaluées ne permettent pas d'opérer des transformations sur les traces récoltées. Cette limite est donc potentiellement plus présente avec cette approche qu'avec les deux autres, en tout cas d'après l'expérimentation, non exhaustive, présentée dans cet article.

5. Conclusion

Grâce à l'interfaçage de deux plateformes génériques de mesure analytique, *Playtomic* et *Google Analytics*, avec deux *serious games*, nous avons pu obtenir de nombreuses données quantitatives pertinentes pour l'évaluation de ces jeux. En effet, ces plateformes nous permettent d'observer, avec un niveau de détail défini par nos soins, les parcours suivis par les joueurs dans ces deux *serious games*. Cela nous permet tout d'abord d'appréhender de manière globale les différentes stratégies déployées par les joueurs. Cette première étape d'analyse nous aide ensuite à évaluer de manière quantitative ces jeux, car leur dimension sérieuse est profondément liée à leur dimension ludique, comme le définit la méthode « intrinsèque » utilisée pour les concevoir. Au final, les mesures effectuées grâce à cette approche nous permettent de fournir au commanditaire du projet un retour quantitatif sur l'exposition des joueurs aux divers messages qu'il a souhaité diffuser à travers ces deux *serious games*. Cependant, l'analyse des données enregistrées lors de cette expérimentation laisse apparaître plusieurs questions importantes, auxquelles cette seule étude quantitative ne permet pas de répondre. Afin d'approfondir l'évaluation de ces *serious games*, nous avons alors du recourir à une étude qualitative complémentaire, qui a permis d'élucider ces quelques interrogations restées en suspens.

En conclusion, cette expérimentation nous permet d'identifier certains avantages et limites de l'utilisation de plateformes génériques de mesure analytique pour le suivi des joueurs dans un *serious game*. Plus précisément, nous pouvons évaluer cette approche par rapport à deux autres : l'intégration à un *LMS* via des normes telles que SCORM ou IMS-LD (Burgos *et al.*, 2008 ; Tran, George, & Marfisi-Schottman, 2010) et la construction d'un outil d'analyse sur mesure (Andersen, Liu, Apter, Boucher-Genesse, & Popović, 2010 ; Thomas, Yessad, & Labat, 2011). Bien que loin d'être exhaustive, l'expérimentation présentée dans cet article nous semble indiquer l'intérêt que peut représenter l'utilisation de telles plateformes. Sans pour autant supplanter ou remplacer les deux autres voies existantes, cette troisième approche permet de les compléter. Elle semble même être adaptée à un contexte précis de projet : le besoin d'une grande flexibilité dans la collecte de traces sans pour autant être en mesure de construire un outil d'analyse spécifique à un *serious game* donné. Cette approche apparaît donc finalement comme un compromis entre les deux autres, alliant certains de leurs avantages et certaines de leurs limites.

Bien que cette première expérimentation visait uniquement à explorer l'éventuel potentiel des plateformes génériques de mesure analytique pour l'évaluation de *serious games*, elle nous semble également faire émerger des considérations d'ordre méthodologique. Tout d'abord, nous constatons que les différentes plateformes existantes sont très différentes en termes de fonctionnalités techniques, une plateforme pouvant présenter des limitations que d'autres n'ont pas. Par exemple, nous avons été confronté à des quotas sur la quantité de données enregistrées par *Google Analytics*, ainsi qu'à la manière atypique dont *Playtomic* calcule certaines valeurs moyennes. Un premier point méthodologique pour l'utilisation de cette approche est donc l'importance cruciale du choix de l'outil utilisé. Cette tâche est d'ailleurs compliquée par la perpétuelle évolution de l'offre dans le domaine, avec ses nombreuses disparitions (*Playtomic*, *Mochibot*) et apparitions (*GameAnalytics*, *DeltaDNA*). Cependant, si aucun outil idéal n'est disponible, rien n'empêche d'en utiliser plusieurs simultanément, leur « coût » cumulé d'implémentation restant inférieur à l'élaboration d'un système « sur mesure ». Un autre point méthodologique important est le rôle qu'a joué l'évaluation qualitative dans notre expérimentation. En effet, sans cette évaluation qualitative, il nous aurait été impossible d'interpréter complètement les données quantitatives récoltées. Cela voudrait-il dire que le recours à une évaluation qualitative complémentaire est obligatoire pour exploiter pleinement le potentiel de ces plateformes pour le *serious game* ? Nous pourrions pourtant considérer que ce point s'applique potentiellement à toute analyse quantitative. Mais, comme nous l'avons évoqué (cf. 2.2.2), le *serious game* est un objet complexe de par la richesse d'interaction qu'il offre à l'utilisateur, au point que nous pourrions supposer que son analyse qualitative soit justifiée systématiquement. Pourrions-nous par exemple envisager de construire une méthodologie reposant sur une analyse quantitative en amont afin de pouvoir « cibler » l'étude qualitative sur des points à expliciter ? Il s'agit là d'hypothèses qui méritent d'être vérifiées.

Ainsi, après avoir interrogé le potentiel des plateformes génériques de mesure analytique pour le *serious game*, il nous semble à présent pertinent de continuer à expérimenter cette approche afin d'approfondir leur méthodologie d'utilisation. Dans la suite de nos travaux, nous projetons d'utiliser les plateformes *GameAnalytics* et *lvlboost*, tout en continuant à travailler avec *Google Analytics*, afin d'essayer de formaliser, ou du moins de rationaliser, leur application au *serious game*.

-
- 1 Traduction personnelle : « games that do not have entertainment, enjoyment or fun as their primary purpose »
 - 2 Acronyme de Learning Management System. Désigne un système logiciel destiné à accompagner et suivre des apprenants dans un cursus de formation. Un LMS rassemble plusieurs outils (cours, exercices, chat, forum...) et enregistre leur utilisation (notes obtenues aux exercices...) pour chaque apprenant, facilitant ainsi leur suivi dans le cadre de formations à distance.
 - 3 Expression dérivée des termes anglais *metrics* et *analytics*.
 - 4 Un éco-quartier est un projet d'aménagement urbain qui respecte des principes d'aménagement durable et incite ses habitants à adopter une attitude écocitoyenne. Un tel quartier est par exemple aménagé de manière à permettre la récupération des eaux de pluie, la limitation des transports par la mise à disposition de commerces de proximité, à n'accueillir que des constructions respectant des normes environnementales...
 - 5 <http://serious.gameclassification.com/14971>
 - 6 <http://serious.gameclassification.com/15028>
 - 7 <http://www.thinkingworlds.com/>
 - 8 <http://e-ucm.es/>
 - 9 <http://creatools.gameclassification.com/410>
 - 10 Même si les jeux vidéo sont généralement répartis en « genres » (Letourneux, 2006), la diversité, l'évolution perpétuelle, et surtout l'absence d'universalité de cette notion de genre fait que le jeu vidéo, et donc le *serious game*, reste un objet plus « variable » que « standardisé ».
 - 11 <http://virtualheroes.com/projects/adventure-lab>
 - 12 À titre d'illustration, le mot-clé « aventure » ne correspond qu'à 284 jeux sur les 2985 *serious games* de la base de données <http://serious.gameclassification.com/>, soit moins de 10% du corpus [relevé le 10-03-2014]
 - 13 Les références historiques sont très laconiques dans le domaine, mais Mochibot, lancée en janvier 2008 et fermée en mars 2014, semble être la première « plateforme générique de mesure analytique » dédiée au jeu vidéo à avoir été accessible au public.
 - 14 <http://www.playtomic.com/>

BIBLIOGRAPHIE

ALVAREZ J. (2007, December 17). *Du jeu vidéo au serious game, approches culturelle, pragmatique et formelle* (PhD Thesis). Toulouse, France : Université de Toulouse.

AMATO E. A. (2008, November 25). *Le jeu vidéo comme dispositif d'instanciation : du phénomène ludique aux avatars en réseau*. Paris, France : Université Paris 8.

ANDERSEN E., LIU Y., APTER E., BOUCHER-GENESSE F., POPOVIC Z. (2010). Gameplay analysis through state projection. In *Proceedings of the Fifth International Conference on the Foundations of Digital Games* (pp. 1-8). Monterey, California: ACM. doi:10.1145/1822348.1822349

BURGOS D., MORENO-GER P., SIERRA J. L., FERNANDEZ-MANJON B., SPECHT M., KOPER R. (2008). Building adaptive game-based learning resources: The

integration of IMS Learning Design and. *Simulation Gaming*, 39(3), 414-431. doi:10.1177/1046878108319595

CHAMPIN P., MILLE A., PRIE Y. (2013). Vers des traces numériques comme objets informatiques de premier niveau : une approche par les traces modélisées. *Intellectica*, (59), 171–204.

CHOQUET C., IKSAL S. (2007). Modélisation et construction de traces d'utilisation d'une activité d'apprentissage : une approche langage pour la réingénierie d'un EIAH. *STICEF*, 14(2007). Retrieved from http://sticef.univ-lemans.fr/num/vol2007/14-choquet/sticef_2007_choquet_14.htm

CLIFTON B. (2008). *Web Analytics – Web Traffic Data Sources & Vendors Comparison* (p. 12). Omega Digital Media.

COOK D. (2009, July 15). Lost Garden: Flash Love Letter. *Lost Garden*. Retrieved May 20, 2011, from <http://www.lostgarden.com/2009/07/flash-love-letter-2009-part-1.html>

DJAOUTI D. (2011, November 28). *Serious Game Design – Considérations théoriques et techniques sur la création de jeux vidéo à vocation utilitaire* (PhD Thesis). Toulouse, France : Université de Toulouse.

DORMANS J. (2009). Machinations: Elemental Feedback Structures for Game Design. In *GAME-ON-NA 2009: 5th International North American Conference on Intelligent Games and Simulation*. Presented at the GAME-ON-NA 2009: 5th International North American Conference on Intelligent Games and Simulation, Atlanta, USA. Retrieved from <http://www.jorisdormans.nl/article.php?ref=machinations>

EL-NASR M. S., DRACHEN A., CANOSSA A. (Eds.). (2013). *Game Analytics, Maximizing the Value of Player Data*. Springer.

GENVO S. (2006, October 27). *Le game design de jeux vidéo : approche communicationnelle et interculturelle*. Metz, France : Université de Metz.

GRÜNVOGEL S. M. (2005). Formal Models and Game Design. *Game Studies*, 5(1).

IKSAL S. (2011). Tracks Analysis in Learning Systems: A Prescriptive Approach. *International Journal for e-Learning Security (IJeLS)*, 1(1).

JUUL J. (2003). The game, the player, the world: looking for a heart of gameness. In C. Marinka & R. Joost (Eds.), *Level Up Conference Proceedings: Proceedings of the 2003 Digital Games Research Association Conference* (pp. 30-45). Utrecht: University of Utrecht. Retrieved from http://www.digra.org/dl/display_html?chid=05163.50560.pdf

LEE S. (2003). I Lose, Therefore I Think: A Search for Contemplation amid Wars of Push-Button Glare. *Game Studies*, 3(2). Retrieved from <http://www.gamestudies.org/0302/lee/>

LEFEVRE M., BROISIN J., BUTOIANU V., DAUBIAS P., DAUBIGNEY L., GREFFIER F., GUIN N., *et al.* (2012). Personnalisation de l'apprentissage : comparaison des besoins et approches à travers l'étude de quelques dispositifs. *STICEF*, 19, 353–387.

LETOURNEUX M. (2006). La question du genre dans les jeux vidéo. In S. Genvo (Ed.), *Le game design de jeux vidéo : Approches de l'expression vidéoludique*. PARIS: L'Harmattan.

MARNE B., CARRON T., LABAT J. (2013). Modélisation des parcours pédagogiques pour l'adaptation des jeux sérieux. Presented at the EIAH 2013, Toulouse, France.

MAURIN F. (2010, July 15). Jeu vidéo : "Je perds donc je pense". *LeMonde.fr*. Retrieved May 18, 2011, from http://www.lemonde.fr/actualite-medias/article/2010/07/15/jeu-video-je-perds-donc-je-pense-serious-games-2-5_1385386_3236.html

MICHAEL D., CHEN S. (2005). *Serious Games: Games That Educate, Train, and Inform* (1st ed.). Course Technology PTR.

PERNELLE P., MARTY J., CARRON T. (2013). From Traces to Indicators for Serious Games: Case study concerning a new way to introduce Product Lifecycle Management. *International Journal of Learning Technology*, 8(2), 127–146.

SETTOUTI L. S. (2011, January). *Systèmes à Base de traces modélisées - Modèles et langages pour l'exploitation des traces d'Interactions* (Thèse de Doctorat en Informatique). Université Claude Bernard Lyon 1. Retrieved from <http://liris.cnrs.fr/publis/?id=4984>

SNJV. (2012). *Référentiel des métiers du jeu vidéo*. Paris, France: SNJV.

TARRIT C. R., CARON P. (2013). Outils épistémiques et méthodologiques pour l'étude des modes d'existence et d'émergence d'un EIAH. Atténuation des effets de discontinuités dans les analyses des traces d'une plate-forme de formation. Presented at the EIAH 2013, Toulouse, France.

THOMAS P. (2010). Le suivi de l'apprenant dans un serious game intégré au sein d'une plateforme d'apprentissage. Presented at the Troisièmes Rencontres Jeunes Chercheurs en EIAH, Université Lyon I, Lyon.

THOMAS P., YESSAD A., LABAT J. (2011). Réseaux de Petri et ontologies : des outils pour le suivi de l'apprenant dans les jeux sérieux. In *Actes de la conférence EIAH 2011* (pp. 435-447). Mons, Belgique : Editions de l'UMONS, Mons 2011. Retrieved from <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00605779>

TRAN C. D., GEORGE S., MARFISI-SCHOTTMAN I. (2010). EDoS: An authoring environment for serious games design based on three models (pp. 393-402). Presented at the 4th European Conference on Games Based Learning (ECGBL2010), Copenhagen, Denmark.



Étude des déterminants psychologiques de la persistance dans l'usage d'un jeu sérieux : évaluation de l'environnement optimal d'apprentissage avec Mecagenius®.

► **Jean HEUTTE** (équipe Trigone-CIREL EA 4353, Lille1 et ESPE Lille Nord de France), **Michel GALAUP** (UMR EFTS MA 122, Toulouse2 Le Mirail), **Catherine LELARDEUX**, **Pierre LAGARRIGUE**, (Institut Clément Ader LGMT EA 814 et CUFR Champollion), **Fabien FENOUILLET** (Chart EA 4004, Paris-Ouest Nanterre – la Défense).

■ **RÉSUMÉ** • L'objectif de cet article est de mettre en évidence que des concepts clés de la motivation sont pertinents pour évaluer l'usage d'un *serious game*. Les résultats de l'étude exploratoire menée auprès d'étudiants (N=115) impliqués dans l'expérimentation *in situ, in vivo* de Mecagenius® (jeu dédié aux formations en génie mécanique) permettent aussi confirmer la pertinence de l'usage de l'échelle de mesure du *flow* en éducation (EduFlow) pour l'évaluation de l'expérience optimale d'apprentissage avec un *serious game*. Il apparaît par ailleurs qu'EduFlow est bien en relation avec des mesures spécifiques au contexte scolaire comme l'auto-efficacité, l'intérêt, et le climat motivationnel.

■ **MOTS-CLÉS** • Serious game, auto-efficacité, intérêt, climat motivationnel, flow.

■ **ABSTRACT** • *The aim of this paper is to show the relevance of motivational key concepts in evaluating the use of serious game. This research involves 115 students training with Mecagenius® (serious game in mechanical engineering). The results of the exploratory study also confirm the relevance of the use of flow in Education scale (EduFlow) to evaluate the optimal learning experience with a serious game. It also appears that EduFlow is related to specific actions within the school context such as self-efficacy, motivational climate and interest.*

■ **KEYWORDS** • *Serious game, flow, self-efficacy, interest, motivational climate.*

1. Introduction

En contexte de formation, parmi les objets pédagogiques *ludo-éduquants* (Kellner, 2010), le *serious game*¹ (Alvarez, 2007), occupe désormais une place particulière. Au delà du simple plaisir de jouer, cette catégorie du jeu vidéo souhaite donner un sens supplémentaire que le seul divertissement (Alvarez et Djaouti, 2010 ; Lavergne *et al.*, 2010), afin de répondre à des besoins publicitaires, éducatifs, médicaux, environnementaux, etc. Ainsi, l'une des propriétés du *serious game* serait de susciter l'envie d'apprendre (Alvarez, 2007). Selon Fenouillet et ses collègues (2009), cette idée « d'aider » l'envie d'apprendre ne date pas d'hier puisque les jeux vidéo étaient déjà utilisés dans cette optique dès la fin des années 60 (Dorn, 1989). Depuis, cette problématique suscite de nombreux questionnements qui interpellent tout autant les concepteurs de ce type de jeux que les enseignants et chercheurs s'intéressant à l'impact de leurs usages en contexte éducatif.

L'objectif de l'étude exploratoire qui va être présentée dans cet article est de mettre en évidence que des concepts clés de la motivation et de la volition sont pertinents pour évaluer d'une part le déclenchement du comportement motivant l'usage d'un jeu sérieux, d'autre part la persistance de l'usage des jeux sérieux en contexte éducatif. En effet, il nous semble pertinent de considérer la volition comme complément indispensable de la motivation (Fenouillet, 2012), distinguant ainsi les déterminants de la décision d'agir (motivation) de ceux qui éclairent la persistance de l'action (volition). Pour y parvenir nous commencerons dans un premier temps par définir les différents concepts tels que le *flow* et certains déterminants du climat de classe (auto-efficacité, intérêt et climat motivationnel) que nous avons souhaité retenir pour cette étude. Enfin, nous concluons en présentant les premiers résultats de l'expérimentation *in situ, in vivo* de Mecagenius®, un jeu sérieux dédié aux formations en génie mécanique. Cela nous permettra notamment de mettre en évidence que l'échelle de *flow* en éducation (EduFlow) élaborée par Heutte, Fenouillet, Boniwell, Martin-Krumm et Csikszentmihalyi (2014) est un outil particulièrement bien adapté pour étudier la persistance et l'expérience optimale d'apprentissage avec un jeu sérieux en contexte scolaire/universitaire.

2. L'expérience optimale (ou état de *flow*)

Parmi tous les éléments ayant une influence sur la qualité de l'expérience de jeu des utilisateurs, force est de constater que certains concepts semblent partager des caractéristiques communes : ils englobent

pratiquement tous les sphères émotionnelles, sensorielles, cognitives et comportementales. En outre, bien souvent les concepts proposés sont fortement liés à l'idée d'une activité « plaisante » apportant une forme de « satisfaction », en tout cas pour le moins « agréable », les termes revenant le plus régulièrement étant : « divertissement » (*entertainment*), « amusement » (*fun*) et « plaisir » (*enjoyment*). C'est très certainement l'une des raisons pour laquelle la théorie de l'expérience optimale ou l'autotélisme² (Csikszentmihalyi, 1990) est de plus en plus souvent présente dans la littérature scientifique et professionnelle concernant la création des jeux vidéo, car provoquer l'état de *flow* est exactement ce que les concepteurs cherchent à offrir aux joueurs : cela contribue à augmenter à la fois leur plaisir et leur persistance dans le jeu.

Csikszentmihalyi définit le concept de l'expérience optimale qu'il appelle "*flow*" et qui réfère à l'état subjectif de se sentir bien (Csikszentmihalyi & Patton, 1997). Le *flow* peut être ressenti dans divers domaines tels que l'art, l'enseignement, le sport... Le *flow* se manifeste souvent quand il y a perception d'un équilibre entre ses compétences personnelles et la demande de la tâche (cf. figure 1) : c'est la perception de cet équilibre « optimal » (entre déficit et habilité) qui fait de l'expérience de *flow* une « expérience optimale ». Dans un jeu vidéo, le *flow* est, par exemple, ressenti quand l'ensemble des actions à réaliser pour jouer, notamment celles qui réclament une attention soutenue, semblent « couler de source » avec une telle fluidité qu'à aucun moment le jeu ne devra être interrompu par une quelconque inquiétude concernant ce qu'il faut réaliser ou encore concernant les commandes à exécuter pour parvenir.

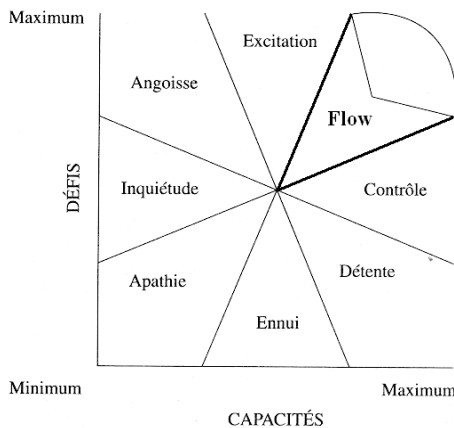


Figure 1 • Exigences de la tâche et compétences élevées (Csikszentmihalyi, 1990)

Dans sa définition originale (Csikszentmihalyi, 1990), l'expérience optimale comporte neuf caractéristiques majeures (tableau 1) : (1) équilibre entre défi et habilité, (2) concentration sur la tâche, (3) cible claire, (4) rétroaction claire et précise, (5) absence de distraction, (6) contrôle de l'action, (7) absence de préoccupation à propos du soi – dilatation de l'ego, (8) altération de la perception du temps et (9) bien être.

Tableau 1 • Les neuf caractéristiques de l'expérience optimale – *flow*, d'après Csikszentmihalyi (2004), traduction (Heutte, 2011, p. 99)

1	Équilibre entre défi et habilité	Savoir que l'activité est réalisable, que les compétences sont adéquates, ne ressentir ni angoisse ni ennui, savoir que nous avons toutes les chances de pouvoir terminer l'activité.
2	Concentration sur la tâche	Être en mesure de se concentrer sur ce que nous faisons.
3	Cible claire	Grande clarté intérieure, savoir ce qui doit être fait et comment cela pourra se réaliser. La tâche a des objectifs clairs.
4	Rétroaction claire et précise	La tâche (ou l'environnement) fournit une rétroaction immédiate.
5	Absence de distraction	Totalement impliqué, concentré, que ce soit en raison d'une grande curiosité, de l'habitude liée à un entraînement important.
6	Contrôle de l'action	Percevoir que nous pouvons contrôler nos actions.
7	Absence de préoccupation à propos du soi – dilatation de l'ego ³ (mais paradoxalement, le sens de soi se trouve renforcé)	Sentiment de sérénité, pas de soucis à propos de soi, le sentiment d'une dilation de soi au-delà des frontières habituelle de l'ego - se sentir transcendé au-delà de ce qui nous semblait possible.
8	Altération de la perception du temps	Le sens de la durée du temps est altéré : les heures semblent être passées en quelques minutes et les minutes peuvent s'étendre à ressembler à des heures.
9	Expérience autotélique – bien être	Jubilation et extase, sentiment d'être en dehors de la réalité quotidienne, quelque soient les raisons ou les buts de l'action, le <i>flow</i> en est sa propre récompense. L'activité n'est entreprise pour aucune autre raison que le bien-être qu'elle procure.

Par nature, l'expérience optimale exige une concentration totale de l'attention sur la tâche en cours, ce qui a pour effet d'occulter les aspects déplaisants de la vie, les frustrations ou les préoccupations quotidiennes. Dans le cadre d'un jeu, l'expérience optimale est plus particulièrement ressentie dans les phases qui nécessitent une importante mobilisation de

compétences. Par exemple, celles au cours desquelles l'échec ou la réussite tiennent à peu de choses (comme si l'action se déroulait sur le fil d'un rasoir), mais que compte tenu de ses expériences antérieures, le joueur réalise que le défi est très certainement à sa portée. Ainsi, au cours d'une phase de jeu, au fur et à mesure que le joueur s'aperçoit qu'il réussit à s'approcher du but espéré, ce sentiment le portera et le poussera à s'appliquer de plus en plus, en lui procurant un tel bien-être, qu'il souhaitera que cette expérience se prolonge. C'est d'ailleurs pour continuer à ressentir le *flow* qu'il persistera dans le jeu, y compris parfois pour refaire certaines phases de jeu en se fixant lui-même de nouveaux défis : faire plus vite ou faire mieux, par exemple en économisant les gestes, les actions ou les ressources à sa disposition. Dans la mesure où elle éclaire les déterminants psychologiques de la persistance à agir, l'autotélisme est classée parmi les théories volitionnelles (Fenouillet, 2012 ; Heutte, 2011) : le *flow* l'un des concepts majeurs pour étudier (ou prédire) la persistance dans le temps d'un comportement humain.

L'expérience optimale entraîne des conséquences très importantes : meilleure performance, créativité, développement des capacités, estime de soi et réduction du stress (Csikszentmihalyi, 2006). Un ensemble d'études (pour revue, voir (Delle Fave *et al.*, 2011) apportent des résultats concourants et montrent l'importance d'autres concepts dans l'expérience du *flow*. Par exemple, Asakawa (2004) met en évidence des liens positifs entre la motivation et le *flow*, ainsi que des liens négatifs entre le *flow* et l'anxiété ou le désengagement. Pour notre part, nous considérons qu'un environnement optimal d'apprentissage est un environnement d'apprentissage qui soutient le *flow* (l'expérience optimale) en contexte éducatif (Heutte, sous presse).

2.1. Le *flow* dans l'éducation

Progressivement, un nombre grandissant de recherches s'intéressent à l'impact du *flow* en contexte éducatif, par exemple pour étudier, la motivation des élèves de collèges (Rathunde & Csikszentmihalyi, 2005), dans des lycées (Peterson et Miller, 2004) ou dans des universités (Heutte, 2011 ; Shernoff *et al.*, 2003), tout particulièrement dans des contextes de formation à distance (Caron *et al.*, 2014 ; Heutte, Caron *et al.*, 2014 ; Heutte, Kaplan *et al.* 2014). Turner et Meyer (2004) ont notamment étudié l'impact du soutien et de l'étayage des étudiants par les enseignants sur le *flow*.

2.2. Time Flies When You're Having Fun

De longue date, la plupart des tentatives d'explications du comportement individuel des utilisateurs de technologies de l'information et de la communication (TIC) ont tendance à se concentrer essentiellement sur les croyances de maîtrise instrumentale pour comprendre leurs intentions d'usage des TIC. Cependant, Choi *et al.* (2007) ainsi que Pearce *et al.* (2005) font état du grand intérêt et du caractère prometteur des recherches concernant le *flow* dans les environnements numériques. En effet, le *flow* est une variable très régulièrement évoquée pour comprendre les expériences positives avec les ordinateurs (pour revue, voir Heutte, 2011), et plus récemment, pour ce qui concerne l'usage d'internet (Chen, 2000). Cette théorie a notamment été utilisée afin de mieux appréhender l'immersion pendant les activités d'exploration (Ghani, 1995), de communication (Trevino & Webster, 1992), et d'apprentissage (Ghani, 1995).

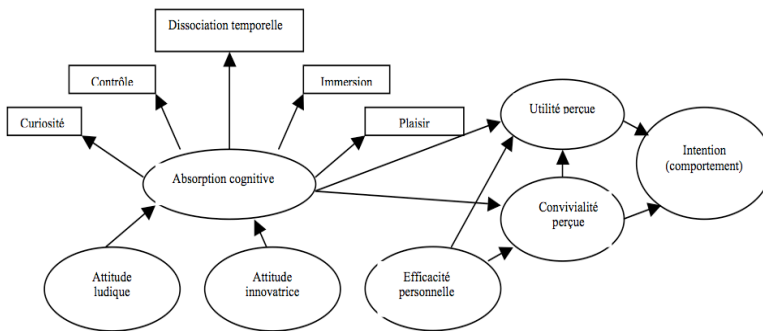


Figure 2 • Le modèle de l'absorption cognitive d'après Agarwal et Karahanna (2000, p. 683)

Pour leur part, Agarwal et Karahanna (2000) proposent le concept d'absorption cognitive (AC) qu'ils définissent comme un profond état d'engagement à travers cinq dimensions : (1) dissociation temporelle (perte de la notion du temps) ; (2) immersion (concentration totale) dans une tâche ; (3) intensité du plaisir ; (4) sentiment de contrôle de l'interaction ; (5) curiosité sensorielle et cognitive. Ces épisodes d'attention totale qui « absorbent » entièrement les ressources cognitives au point que plus rien d'autre n'importe sont des expériences optimales, des états de *flow* (Agarwal et Karahanna, 2000). L'AC et ses cinq dimensions sont des antécédents significatifs de la perception d'utilité et celle de la convivialité (cf. figure 2) : deux dimensions empruntées au *Technology Acceptance Model* (TAM) (Davis, 1989 ; Venkatesh & Davis, 2000). L'AC est donc un état

spécifique qui résulte à la fois de facteurs individuels et situationnels. Elle renforce l'intention d'utiliser les technologies numériques, elle serait de plus particulièrement bénéfique au sentiment de réalisation d'un individu dans le cadre de son travail et, par conséquent, influencerait sa motivation.

2.3. L'absorption cognitive : quand plus rien ne peut perturber.

En état de *flow*, les personnes sont tellement concentrées dans l'activité que plus rien d'autre ne peut les perturber. Au-delà du plaisir lié à l'activité et de la persistance liée à l'intérêt intrinsèque pour l'activité, l'immersion totale dans l'activité semble être un aspect central de l'expérience de *flow*.

Pour notre part (Heutte, sous presse), nous suggérons de reprendre l'idée-force du concept d'AC pour l'étendre à toute activité centrée sur la volonté de comprendre avec, comme sans, l'usage des technologies numériques. Nous estimons que l'AC « correspond à un profond état d'engagement lié à un épisode d'attention totale (expérience optimale) qui « absorbe » (qui focalise) entièrement les ressources cognitives au point que plus rien d'autre n'importe que de comprendre, ce qui a notamment pour conséquence immédiate que pratiquement plus rien ne peut effectivement perturber la concentration exclusivement centrée sur la compréhension » (Heutte, 2011, p. 105).

2.4. La mesure du *flow*

L'une des difficultés de l'étude du *flow* réside en grande partie dans son identification ainsi que sa mesure. Ainsi, depuis plus d'une trentaine d'années, divers outils ayant des formes variées ont été créés afin d'étudier les éléments de nature instable et les phénomènes subjectifs liés au *flow* : aussi paradoxal que cela puisse paraître, malgré un large consensus concernant la définition du *flow*, les désaccords entre chercheurs concernant sa mesure sont l'objet de très nombreuses controverses (Moneta, 2012). C'est une des raisons principales de l'émergence de nombreuses recherches afin de tenter de mesurer le *flow* à l'aide de questionnaires (pour revue, voir (Heutte 2011)). Deux des échelles les plus utilisées sont la version 2 du *Flow State Scale* (FSS-2) et du *Dispositional Flow Scale* (DFS-2), élaborées par Jackson et Eklund (2002), initialement en vue de mesurer le *flow* en contexte sportif, sur la base des 9 dimensions conceptuelles originales du *flow*. Ces outils ont depuis été utilisés dans d'autres contextes. Cependant, Procci et ses collègues (2012) mettent en évidence d'importantes limites à leur utilisation en contexte d'usage des jeux vidéos. Enfin,

avant les travaux d'Heutte, Fenouillet, Boniwell, Martin-Krumm et Csikszentmihalyi (2014) pour l'élaboration de l'échelle EduFlow, il n'existait pas d'échelle courte spécifique pour l'étude des dimensions et des effets du *flow* en contexte éducatif.

3. Le climat de classe

Nous référant au courant récent de la psychologie positive (Seligman & Csikszentmihalyi, 2000) qui est « l'étude scientifique des conditions et des processus qui contribuent à l'épanouissement ou au fonctionnement optimal des individus, des groupes et des institutions » (Gable & Haidt, 2005, p. 103), il nous semble nécessaire d'intégrer la dimension psychosociale du contexte d'apprentissage ou climat de classe, afin d'étudier les éventuelles différences liées à l'usage d'un jeu sérieux.

3.1. L'auto-efficacité

La théorie de l'auto-efficacité (Bandura, 1997) entre dans le cadre plus large de la théorie sociale cognitive (Bandura, 1986). Selon cette théorie, l'auto-efficacité ou sentiment d'efficacité personnelle constitue la croyance que possède un individu en sa capacité de produire ou non une tâche : « l'auto-efficacité (personnelle comme collective) renvoie aux jugements que les personnes font à propos de leur(s) capacité(s), personnelle(s) comme collective, à organiser et réaliser des ensembles d'actions requis pour atteindre des types de performances attendus mais aussi aux croyances à propos de leurs capacités à mobiliser la motivation, les ressources cognitives et les comportements nécessaires pour exercer un contrôle sur les événements de la vie » (Heutte, 2011, p. 95). Plus grand est le sentiment d'auto-efficacité, plus élevés sont les objectifs que s'impose la personne et l'engagement dans leur poursuite. Les croyances d'auto-efficacité des élèves sont positivement associées à l'acquisition directe des apprentissages et à la réussite scolaire, mais également *via* la préférence pour des tâches présentant un certain niveau de nouveauté.

3.2. L'intérêt

L'étude des liens entre l'intérêt et la motivation fait partie des traditions en psychologie (*e.g.*, (Dewey, 1913 ; Thorndike, 1935)), elle se trouve renouvelée et actualisée par de nouvelles approches théoriques, comme le modèle développement par phases de l'intérêt (Hidi & Renninger, 2006). Hidi et Renninger suggèrent que non seulement les intérêts se développent mais, qu'en plus, ils ne sont pas forcément stables. Pour mieux en étudier les phases de développement, elles proposent de distinguer *l'intérêt situationnel* (par exemple, l'intérêt lié à la situation pédagogique provoquée par

l'usage d'un jeu en classe) de *l'intérêt individuel* (par exemple, l'intérêt pour une discipline académique (géométrie euclidienne, littérature contemporaine, génétique, histoire de l'antiquité, génie mécanique...) en tant que telle, en dehors même d'un contexte scolaire particulier). Ainsi, selon ces chercheuses, le développement se réaliserait dans cet ordre : (1) le déclenchement (l'activation) de l'intérêt situationnel, (2) le maintien de l'intérêt situationnel, (3) l'émergence de l'intérêt individuel, (4) l'intérêt individuel développé. L'intérêt situationnel serait à la base de l'intérêt individuel.

3.3. Le climat motivationnel scolaire

Pour Sarrazin et ses collègues (2006), le climat motivationnel instauré par l'enseignant a un impact important sur l'implication des élèves en classe. De nombreux auteurs (pour revue, voir (Heutte, 2011)) soulignent l'importance du soutien des besoins psychologiques de base (Deci & Ryan, 2002, 2008), le climat de classe serait ainsi tout particulièrement influencé par le sentiment d'appartenance sociale des élèves (avec leurs collègues, comme avec leurs enseignants). Le *modèle sociocognitif des apprentissages scolaires* (Leroy *et al.*, 2013) souligne le rôle médiateur fondamental des perceptions de l'environnement social. Autrement dit, « ce n'est pas la réalité objective qui compte le plus, mais bien la manière dont l'individu – l'élève en l'occurrence – la construit. » (Leroy *et al.*, 2013, p. 12), notamment sa perception du soutien des enseignants. Ainsi, le climat motivationnel scolaire est un construit résultant principalement des perceptions (nécessairement subjectives) que les élèves ont des actions objectivement réalisées par les enseignants.

Ces travaux récents sont d'une très grande complémentarité avec ceux concernant l'importance de l'auto-efficacité (sentiment d'efficacité personnelle et collective), de l'intérêt et du *flow* dans l'expérience optimale d'apprentissage (Bandura, 2003 ; Deci & Ryan, 2002 ; Deci et Ryan, 2008 ; Heutte, 2011), élevant le niveau de défis acceptés par les étudiants (Meyer & Turner, 2006), ainsi que leur persistance dans les apprentissages (Shernoff & Csikszentmihalyi, 2009). C'est la raison pour laquelle il nous a semblé opportun d'intégrer quelques variables du climat de classe dans cette étude, en vue d'en étudier les éventuels effets d'interaction dans un contexte pédagogique lié à l'usage d'un jeu sérieux.

4. Contexte de l'étude exploratoire

4.1. Expérimentation Mecagenius® *in situ* et *in vivo*

Fruit d'une collaboration entre le groupement d'intérêt scientifique (GIS) Serious Game Research Network sous la responsabilité scientifique

du centre universitaire Champollion et l'industriel KTM Advance, Mecagenius® est un jeu sérieux en ligne (cf. figure 3).

Mecagenius® intègre plus de 200 activités pédagogiques au sein d'une aventure spatiale futuriste et reproduit l'univers d'une industrie de génie mécanique allant de la découverte de l'atelier de génie mécanique à l'optimisation de production sur machine outil à commande numérique (Galaup, 2013 ; Galaup *et al.*, 2010 ; Lelardeux *et al.*, 2011). L'expérimentation *in situ* et *in vivo* en Île-de-France est la première phase de test grandeur nature. Les régions Île-de-France et Midi Pyrénées, les pôles *Aerospace Valley* et *ASTech* participent au financement de l'utilisation de Mecagenius® dans une quinzaine d'établissements d'enseignement secondaires et supérieurs. Ces expérimentations ont débuté en Février 2013 et se poursuivent en 2014. La première étude exploratoire (dont il est rendu compte dans les pages suivantes) était principalement destinée à tester le protocole en vue de la prochaine phase de l'expérimentation de Mecagenius® qui a lieu dans les académies de Créteil, de Lille et de Toulouse au cours de l'année scolaire/universitaire 2013/2014. En Île-de-France, l'expérimentation devait concerner des élèves de lycées professionnels et des étudiants en licence et en master. En raison de quelques soucis techniques et de difficultés de planification des activités avec Mecagenius® dans certains établissements, le corpus de données concerne majoritairement des étudiants de L3 et de M1 en formation à l'École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers. Comme on peut s'y attendre pour ce type de formation, les étudiants sont majoritairement de sexe masculin (91,1 %), et d'un âge moyen de 21,7 ans. Les phases de jeux organisées par l'enseignant se sont déroulées au cours de séances de travaux pratiques, en petits groupes (24 étudiants maximum).

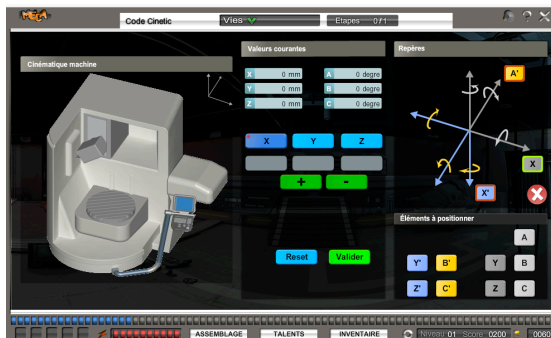


Figure 3 • Mecagenius® : un jeu sérieux en génie mécanique pour découvrir, apprendre, fabriquer (<http://mecagenius.univ-jfc.fr/>)

4.2. Évaluation de l'expérimentation

L'évaluation de cette expérimentation souhaite croiser différents points de vue (*cf.* évaluation « kaléidoscopique » (Lelardeux *et al.*, 2013), notamment en didactique (Galaup, 2013 ; Galaup, Lelardeux *et al.*, 2012), ainsi qu'en psychologie des apprentissages, *via* un test de validité écologique du *modèle heuristique du collectif individuellement motivé* (MHCIM) (Heutte, 2011) en contexte d'usage de jeu sérieux (Heutte, 2012).

Le travail de recherche en didactique (Galaup, 2013) a consisté à s'intéresser aux phénomènes de transposition didactique (Amade-Escot, 2007 ; Schubauer-Leoni & Leutenegger, 2005) liés à la conception, puis à l'usage d'un jeu sérieux dans les classes. Une des spécificités de ce travail a été de s'appuyer sur le cadre conceptuel de la théorie de l'action conjointe en didactique (Amade-Escot & Leutenegger, 2013 ; Leutenegger, 2005 ; Sensevy & Mercier, 2007) permettant de fournir à la fois des outils pour la conception de Mecagenius® et pour l'analyse de ces usages, dans la perspective d'alimenter la réflexion et les recherches sur les jeux sérieux. Nous avons proposé d'identifier et de comprendre les processus mis en œuvre par les acteurs, professeur et élève(s) lorsqu'ils utilisent l'artefact Mecagenius® dans le cadre d'un enseignement et d'un apprentissage des savoirs du génie mécanique. Ce travail a participé à la construction d'une connaissance scientifique des pratiques telles qu'elles existent dans leur diversité et a permis d'éclairer les processus d'apprentissage mis en œuvre à partir d'une analyse *in situ* de l'utilisation de Mecagenius® en contexte d'enseignement (Galaup, 2013 ; Galaup, Amade-Escot *et al.*, 2012 ; Lelardeux *et al.*, 2010). L'évaluation de l'usage au regard de la théorie de l'action conjointe en didactique fait d'ailleurs l'objet d'un article spécifique (Galaup & Amade-Escot, 2013). Cependant, nous avons considéré que l'étude des dynamiques d'apprentissage des élèves devait être complétée par l'étude de l'intérêt, du bien-être et de la motivation des joueurs à persister à vouloir apprendre avec Mecagenius®. En effet, l'analyse des stratégies de jeu des élèves doit être regardée selon ces deux axes car le bien-être psychologique au travers du jeu est un catalyseur de la dynamique d'apprentissage. Les pages qui suivent seront donc principalement centrées sur les déterminants psychologiques de l'expérience optimale avec Mecagenius® : elles souhaitent rendre compte de l'étude exploratoire destinée à mettre en évidence que certains outils de mesure des concepts clés de la motivation sont pertinents pour évaluer l'usage d'un jeu sérieux.

4.3. Protocole d'évaluation des déterminants psychologiques de l'apprentissage avec Mecagenius®

Avant même la présentation de Mecagenius®, tous les étudiants avaient à répondre à un questionnaire *ante*, basé en grande partie sur les échelles de mesure composant le MHCIM (Heutte, 2011) : sentiment d'appartenance sociale (Richer & Vallerand, 1998), sentiment d'efficacité personnelle (adaptation française de (Schwarzer & Jerusalem, 1995)), Edu-Flow (Heutte *et al.*, 2014). Dans la mesure où il s'agissait d'une première démarche exploratoire pour un test de validité écologique du MHCIM dans ce contexte (jeu sérieux et génie mécanique), certaines échelles supplémentaires ont été agrégées au questionnaire en vue de d'établir d'autres comparaisons (validité concurrente) : L'échelle de l'Intérêt Situationnel et Individuel pour les *serious games* (IS2G) (Chainon *et al.* 2014), la version française de *Flow State Scale-2* (FSS2) (Fournier *et al.*, 2007), la version adaptée et traduite du *Learning Climate Questionnaire* (LCQ) (William & Deci, 1996) afin de pouvoir évaluer le style de l'enseignant perçu par les élèves (Leroy *et al.*, 2013).

Chaque étudiant jouait seul sur son poste de travail (Galaup & Amade-Scot, 2013). Après chaque séance de jeu, ils étaient invités à répondre à un court questionnaire en ligne. Les 14 étudiants inscrits en BAC PRO technicien d'usinage et les 43 étudiants inscrits en filière Génie Énergétique (M1) ont participé à une séance de jeu (ils ont donc été invités à répondre à un total de 2 questionnaires), les 46 étudiants inscrits en filière Génie Industriel (L3) ont pu participer à 2 séances (ils ont donc été invités à répondre à un total de 3 questionnaires).

4.4. Instruments

Tous les outils est constitués de façon identique : une liste d'items pour lesquels les répondants devaient indiquer s'ils étaient « tout à fait d'accord » ou « pas du tout d'accord » selon une échelle de Likert en sept pas.

4.4.1. Mesure du *flow*

Dans la mesure où pour étudier le *flow* il est préférable d'utiliser une échelle courte et compte tenu de certaines réserves concernant la qualité de la mesure du *flow* sur la base de ces 9 dimensions conceptuelles originelles en contexte d'usage de jeu vidéo (Procci *et al.*, 2012), dans cette étude exploratoire, nous avons souhaité dans un premier temps comparer la version française de FSS2 (Fournier *et al.*, 2007) avec EduFlow (Heutte *et al.*, 2014). Comme EduFlow présente l'intérêt d'être à la fois compacte (12 items) et

multidimensionnelle (en 4 dimensions), c'est cette échelle qui a été privilégiée par la suite pour les mesures répétées du *flow* après chaque séance de jeu.

- FSS2 (Fournier *et al.*, 2007) composée de 32 items répartis en 9 sous-échelles de 4 items :
 - FSS2D1-Équilibre entre défi et habilité (e.g. « *Mes capacités sont à la hauteur du défi élevé de la situation* »)
 - FSS2D2-Fusion de l'action et de la conscience (e.g. « *Je fais les bonnes actions sans essayer d'y penser* »)
 - FSS2D3-Cible claire (e.g. « *Je sais clairement ce que je veux faire* »)
 - FSS2D4-Rétroaction claire et précise (e.g. « *J'ai une vision très claire de ce que je veux faire* »)
 - FSS2D5-Concentration (e.g. « *Je suis entièrement concentré sur ce que je fais* »)
 - FSS2D6-Contrôle de l'action (e.g. « *J'ai l'impression de contrôler ce que je fais* »)
 - FSS2D7-Absence de préoccupation à propos du soi (e.g. « *Je ne suis pas préoccupé par mon apparence* »)
 - FSS2D8-Altération de la perception du temps (e.g. « *Je perds ma notion habituelle du temps* »)
 - FSS2D9-Bien-être (e.g. « *J'aime vraiment cette expérience* »)
- EduFlow (Heutte *et al.*, 2014) composée de 12 items répartis en 4 sous-échelles de 3 items :
 - EduFlowD1-Absorption cognitive (e.g. « *À chaque étape, je sais ce que je dois faire* ».)
 - EduFlowD2-Altération de la perception du temps (e.g. « *Je ne vois pas le temps passer* »)
 - EduFlowD3 -Absence de préoccupation à propos du soi (e.g. « *Je ne suis pas inquiet de ce que les autres peuvent penser de moi* »)
 - EduFlowD4-Bien-être scolaire (e.g. « *J'ai le sentiment de vivre un moment enthousiasmant* »)

4.4.2. Mesure du climat de classe

Nous avons ensuite souhaité comparer les différentes composantes du *flow* avec d'autres variables qui constituent des indicateurs du climat de classe, pour ce faire nous avons retenu l'auto-efficacité, l'intérêt et le climat motivationnel scolaire.

4.4.2.1. Mesure de l'auto-efficacité

Une phrase introductive permettant de contextualiser la passation pour deux outils de mesure de l'auto-efficacité : « *Généralement, dans le cadre des activités liées à mon travail scolaire (en cours comme en dehors des cours)...* » :

- Échelle du sentiment d'efficacité personnel (ESEP, adaptation française de (Schwarzer et Jerusalem, 1995)) composée de 10 items (e.g. « *Grâce à mes compétences, je sais gérer des situations inattendues* »)
- Échelle du sentiment d'efficacité collective (ESEC, Piguot, 2008) composée de 10 items (e.g. « *Quoiqu'il arrive, nous savons généralement faire face* »)

4.4.2.2. Mesure de l'intérêt

Nous inspirant du modèle de *développement par phase de l'intérêt* (Hidi & Renninger, 2006), nous avons souhaité distinguer *l'intérêt situationnel* (dans le cas présent, l'intérêt lié à la situation provoquée par Mecagenius®) de *l'intérêt individuel* (dans le cas présent, l'intérêt pour le génie mécanique en tant que tel).

Pour mesurer ces différentes dimensions de l'intérêt, nous avons utilisé l'échelle de l'Intérêt Situationnel et Individuel pour les *serious games* (IS2G) (Chainon *et al.*, 2014) qui est constitué de 3 sous échelles :

- Interet_ind - Intérêt individuel (6 items) (e.g. « *J'aime le génie mécanique* »)
- Interet_SA - Intérêt situationnel activé (4 items) (e.g. « *Mecagenius® est si intéressant qu'il capte facilement l'attention* »)
- Interet_SM - Intérêt situationnel maintenu (4 items) (e.g. « *Je trouve que tout ce que m'a appris Mecagenius® peut être utile* »)

4.4.2.3. Mesure du climat motivationnel scolaire

Pour appréhender le climat motivationnel scolaire, nous avons utilisé deux outils de mesure :

- l'échelle du sentiment d'appartenance sociale (ESAS, Richer & Valleur, 1998) que nous avons utilisé pour mesurer les perceptions liées aux étudiants et celles liées aux enseignants se décompose en deux sous-échelles de 4 items :
 - ESAS_etud_A – Sentiment d'acceptation avec les étudiants (e.g. « *Dans mes relations avec mes collègues, je me sens estimé(e)* »)
 - ESAS_etud_I – Sentiment d'intimité avec les étudiants (e.g. « *Dans mes relations avec mes collègues, je sens un(e) ami(e) pour eux* »)

- ESAS_ens_A – Sentiment d'acceptation avec les enseignants (e.g. « Dans mes relations avec mes enseignants, je me sens écouté(e) »)
- ESAS_ens_I – Sentiment d'intimité avec les enseignants (e.g. « Dans mes relations avec mes enseignants, je me sens attaché(e) à eux »)
- le questionnaire du climat d'apprentissage (version adaptée et traduite du learning climate questionnaire (LCQFr ; Leroy *et al.*, 2013) permettant de mesurer le style motivationnel de l'enseignant perçu par les élèves, via 7 items. (e.g. « Je sens que mes professeurs m'acceptent comme je suis »)

5. Résultats

Tout d'abord, nous constatons qu'après les différentes phases de jeux les étudiants ont progressivement été de moins en moins nombreux à jouer, mais aussi à renseigner les questionnaires (participation libre).

- Avant les séances de jeux (T0) :
 - effectif théorique : N = 115
 - questionnaires complets exploitables : N = 73 (63,47 %)
- 1^{ère} séance de jeux (T1) :
 - effectif théorique : N = 115
 - questionnaires complets exploitables : N = 67 (58,26 %)
- 2^e séance de jeux (T2) :
 - effectif théorique : N = 43
 - questionnaires complets exploitables : N = 26 (60,46 %)

Nous pouvons trouver trois niveaux d'explications à ce constat. Premièrement, en tant que telle l'expérimentation a démarré plus tardivement que prévu (forte proximité avec la fin d'année scolaire/universitaire). De ce fait, il était parfois difficile pour les enseignants de programmer effectivement toutes les séances initialement planifiées. Ensuite, force est de constater que la multitude des protocoles correspondant à des points de vue scientifiquement complémentaires (*cf.* didactique, psychologie et sociologie) ont généré un peu de confusion chez les enseignants d'où parfois des difficultés de compréhension des méthodologies et des exigences spécifiques concernant les différents protocoles mis en œuvre. Toutes les consignes n'ont pas toujours pu être rappelées à temps auprès des étudiants : de ce fait, certains étudiants ont oublié de répondre au questionnaire en fin de séance de jeu. Enfin, un souci technique (panne de l'un des serveurs d'enquête) en cours d'expérimentation a malheureusement perturbé la collecte de données pendant 4 jours, entre T1 et T2.

5.1. Qualité des outils de mesure

Nous apprécions (*cf.* tableau 1) la consistance interne des échelles à l'aide du coefficient alpha de Chronbach (1951). Celui-ci permet de tester la cohérence de chaque item avec l'ensemble des autres énoncés de l'échelle à laquelle il appartient. Tous les coefficients alpha sont supérieurs à .77, ce qui indique une fiabilité tout à fait acceptable de nos outils (Nunnally, 1978). Nous avons également apprécié la symétrie (Skewness), ainsi que l'aplatissement (Kurtosis) de chaque distribution. Tous nos coefficients sont compris entre -.75 et .63 ce qui nous permet d'estimer que ces distributions ne sont pas trop éloignées des critères d'une normalité univariée. Pour Kline (2010) aucun de ces indicateurs ne dépasse les seuils de non normalité univariée qui peuvent être qualifiés de sévères.

Tableau 1 • Statistiques descriptives et consistances internes des échelles et dimensions utilisées

	Valid N	Mean	Std.Dev.	Skewness	Kurtosis	Alpha
Interet_ind_T0	108	3,79	1,17	.16	-.12	.87
EduFlowD1_T0	107	3,92	1,25	.06	-.26	.86
EduFlowD2_T0	107	3,84	1,42	.09	-.48	.81
EduFlowD3_T0	107	5,04	1,57	-.69	-.08	.92
EduFlowD4_T0	106	3,53	1,28	.13	-.05	.83
FSS2D1_T0	102	4,03	1,21	-.26	-.19	.92
FSS2D2_T0	100	3,63	1,25	-.29	-.76	.92
FSS2D3_T0	102	4,16	1,27	-.39	-.39	.91
FSS2D4_T0	102	4,12	1,28	-.40	-.28	.91
FSS2D5_T0	101	4,49	1,26	-.75	.63	.93
FSS2D6_T0	102	3,95	1,22	-.40	-.11	.93
FSS2D7_T0	102	4,88	1,56	-.64	-.13	.89
FSS2D8_T0	102	4,22	1,41	-.33	-.33	.88
FSS2D9_T0	102	4,04	1,21	-.42	.00	.90
ESEP_T0	104	5,00	.91	-.26	-.54	.92
ESEC_T0	103	5,31	.89	-.51	.16	.95
ESAS_etud_A_T0	103	4,84	.88	-.18	-.07	.86
ESAS_etud_I_T0	103	4,67	1,16	-.49	.06	.92
ESAS_enseig_A_T0	102	4,16	1,02	-.20	-.09	.88
ESAS_enseig_I_T0	102	2,86	1,23	.44	-.56	.93
LCQFr_T0	105	3,27	.62	-.17	-.24	.81
EduFlowD1_T1	100	4,58	.93	.04	.27	.77
EduFlowD2_T1	100	4,79	1,38	-.38	-.23	.86
EduFlowD3_T1	100	5,27	1,61	-.74	-.29	.92
EduFlowD4_T1	100	4,10	1,32	-.15	-.08	.90
Interet_ind_T1	99	3,72	1,10	.32	.01	.88
Interet_SA_T1	99	4,66	1,20	-.30	-.07	.86
Interet_SM_T1	99	4,66	1,21	-.25	-.15	.86

5.2. EduFlow : un outil de mesure adapté au contexte universitaire

5.2.1. Comparaisons entre EduFlow et FSS2

Avant d'entreprendre les analyses liées à l'évaluation de la première phase exploratoire de Mecagenius® *in situ* et *in vivo* en tant que telle, il nous a semblé nécessaire de nous assurer que l'échelle de *flow* en éducation (EduFlow) pouvait être avantageusement utilisée à la place de la version française de *Flow State Scale-2* (FSS2). Nous avons aussi souhaité comparer ces échelles de mesure du *flow* avec celles de l'intérêt individuel académique, en 6 items (Chainon *et al.* 2014) et du sentiment d'efficacité personnelle, ESEP en 10 items (adaptation française de (Schwarzer & Jerusalem, 1995)), car ces variables sont souvent associées aux déterminants motivationnels du *flow* (Bassi *et al.*, 2007 ; Delle Fave *et al.*, 2011 ; Heutte, 2011).

Dans un premier temps, nous constatons que l'analyse factorielle en composantes principales avec rotation varimax de l'échelle FSS2 (*cf.* tableau 2) met en évidence 5 facteurs (et non 9 comme attendu) avec des valeurs propres supérieures à 1 (qui expliquent 76,9 % de la variance cumulée).

Les deux premiers facteurs concentrent les 6 premières dimensions de FSS2 postulées par Jackson et Eklund (2002), avec cependant près d'un tiers d'items ambigus :

- 1^{er} facteur (*cf.* tableau 2), principalement : FSS2-D1 "Équilibre entre défi et habilité", FSS2-D2 "fusion de l'action et de la conscience", FSS2-D3 "cible claire", FSS2-D4 "rétroaction" et FSS2-D6 "contrôle de l'action",
- 2^e facteur, principalement : FSS2-D5 "concentration"

Le 3^e et le 4^e facteurs (*cf.* tableau 2) mettent assez clairement en évidence deux dimensions de FSS2 postulées par Jackson et Eklund (2002) :

- - 3^e facteur : FSS2-D8 "Altération de la perception du temps"
- - 4^e facteur : FSS2-D7 "Absence de préoccupation à propos du soi"

Enfin, malgré de très nombreux items ambigus, le 5^e facteurs (*cf.* tableau 2) met principalement en évidence FSS2-D9 "bien-être/expérience autotélique".

Les résultats (*cf.* tableau 3) mettent en évidence une corrélation significative et forte⁴ ($r = .75^{*5}$) entre le score obtenu en réalisant la moyenne de l'ensemble des 12 items d'EduFlow et des 36 items de la version française de FSS2.fr.

Tableau 2 • Analyse en composantes principales de l'échelle FSS2

	N=80	Composantes					
		1	2	3	4	5	
FSS2-D1a	.78						
FSS2-D1b	.80						
FSS2-D1c	.73		.47				
FSS2-D1d	.76						
FSS2-D2a	.79						
FSS2-D2b	.79						
FSS2-D2c	.75						
FSS2-D2d	.76						
FSS2-D3a	.83						
FSS2-D3b	.81						
FSS2-D3c	.49			.53			
FSS2-D3d	.70		.47				
FSS2-D4a	.84						
FSS2-D4b	.79						
FSS2-D4c	.69		.45				
FSS2-D4d	.58						
FSS2-D5a			.75				
FSS2-D5b	.45		.67				
FSS2-D5c			.83				
FSS2-D5d			.80				
FSS2-D6a	.80						
FSS2-D6b	.61		.60				
FSS2-D6c	.73		.43				
FSS2-D6d	.64		.55				
FSS2-D7a					.90		
FSS2-D7b					.86		
FSS2-D7c					.75		
FSS2-D7d					.90		
FSS2-D8a			.87				d'ex-
FSS2-D8b			.86				de
FSS2-D8c			.42			.65	
FSS2-D8d			.87				
FSS2-D9a	.53					.52	
FSS2-D9b	.48	.44					
FSS2-D9c	.48	.44				.56	
FSS2-D9d	.59						
% variance		53.72	8.62	6.21	5.15	3.21	
Valeur propre		19.34	3.10	2.24	1.86	1.16	

Les items avec de faibles contributions factorielles (valeurs inférieures à .40) ont été éliminés (Hair *et al.*, 1995).

Tableau 3 • Corrélations entre les dimensions des échelles EduFlow et FSS2
 (* = corrélation significative $p < .05$)

N=73	FSS2 global	EduFlow global	EduFlow D1	EduFlow D2	EdFlow D3	EduFlow D4
FSS2 global	1.00	.75*	.69*	.60*	.46*	.60*
FSS2-D1	.92*	.70*	.72*	.55*	.40*	.58*
FSS2-D2	.87*	.68*	.70*	.56*	.31*	.59*
FSS2-D3	.94*	.69*	.66*	.52*	.45*	.55*
FSS2-D4	.93*	.66*	.69*	.50*	.38*	.53*
FSS2-D5	.80*	.50*	.47*	.48*	.22*	.44*
FSS2-D6	.88*	.61*	.64*	.49*	.35*	.47*
FSS2-D7	.53*	.45*	.29*	.24*	.62*	.20*
FSS2-D8	.73*	.62*	.45*	.62*	.35*	.48*
FSS2-D9	.88*	.69*	.59*	.62*	.33*	.69*
interet_ind	.61*	.69*	.66*	.62*	.26*	.72*
ESEP	.31*	.40*	.40*	.35*	.15*	.41*

La dimension 1 d'EduFlow, l'absorption cognitive (EduFlowD1) et certaines dimensions de FSS2 (*cf.* tableau 3) entretiennent des liens significatifs et importants pour toutes les dimensions qui lui correspondent : FSS2D1-Équilibre entre défi et habilité ($r = .72^*$), FSS2D2-Fusion de l'action et de la conscience ($r = .70^*$), FSS2D3-Cible claire ($r = .66^*$), FSS2D4-Rétroaction claire et précise ($r = .69^*$), FSS2D5-Consentration ($r = .47^*$), FSS2D6- Contrôle de l'action ($r = .64^*$).

Les dimensions qui mesurent l'altération de la perception du temps, respectivement EduFlowD2 et FSS2D8 (*cf.* tableau 3) sont significativement liées avec une intensité importante ($r = .62^*$). Les dimensions qui mesurent l'absence de préoccupation à propos du soi, respectivement EduFlowD3 et FSS2D7 entretiennent des liens significatifs et importants ($r = .62^*$). Les dimensions qui mesurent le bien-être procuré par l'activité en tant que telle, respectivement EduFlowD4 et FSS2D9 (*cf.* tableau 3) entretiennent elles aussi des liens significatifs et importants ($r = .69^*$). Enfin, nous pouvons noter qu'EduFlow est plus fortement liée à l'intérêt individuel académique des élèves que FSS2 ($r = .69^*$ *vsr* $= .61^*$), ainsi qu'à leur sentiment d'efficacité personnelle dans les études en génie mécanique ($r = .40^*$ *vsr* $= .31^*$).

5.2.2. Le *flow* en contexte d'usage de Mecagenius®

Comme annoncé précédemment, nous avons procédé à deux mesures du *flow* :

- T0 avant la première séance de TD avec Mecagenius®, la phrase introductive permettant de contextualiser la passation de l'échelle EduFlow

était : « *Quand je dois réaliser une activité en génie mécanique (cinématique, conception, métrologie, productique, usinage...)... »*

• T1 juste après la séance de TD avec Mecagenius®, la phrase introductive permettant de contextualiser la passation de l'échelle EduFlow était : « *Quand j'utilise Mecagenius®... »*

Tableau 4 • Corrélations entre les dimensions d'EduFlow avec (T1) ou sans jeu sérieux (T0) (* = corrélation significative $p < .05$)

N=67	EduFlow	EduFlow	EduFlow	EduFlow
	D1_T1	D2_T1	D3_T1	D4_T1
EduFlow_D1_T0	.33*	.01	.05	.18
EduFlow_D2_T0	.20	.34*	.16	.26*
EduFlow_D3_T0	.18	.07	.36*	.15
EduFlow_D4_T0	.37*	.23	.17	.47*

Tableau 5 • Statistiques descriptives des dimensions d'EduFlow avec (T1) ou sans jeu sérieux (T0)

N = 73	Flow	Moy.	S.D.
sans Jeu sé- rieux (T0)	EduFlow_D1	3,82	1,17
	EduFlow_D2	3,72	1,34
	EduFlow_D3	4,86	1,63
	EduFlow_D4	3,37	1,17
	EduFlow global	3,94	1,01
avec Jeu sé- rieux (T1)	EduFlow_D1	4,53	0,90
	EduFlow_D2	4,95	1,31
	EduFlow_D3	5,22	1,72
	EduFlow_D4	4,15	1,22
	EduFlow global	4,71	0,97

Ainsi, nous pouvons considérer que la première mesure (T0) correspond à la mesure du *flow* dans une activité en génie mécanique « habituelle » (sans jeu) et que la deuxième mesure (T1) correspond à la mesure du *flow* dans une activité en génie mécanique avec Mecagenius®. Les résultats (cf. tableau 4) mettent en évidence des corrélations significatives et globalement moyennes entre trois dimensions du *flow* avec ou sans l'usage de Mecagenius® ($.33^* < r < .36^*$). Concernant EduFlowD4, le bien-être, cette relation est significative et importante ($r = .47^*$). La relation moyenne des liens entre la plupart des dimensions du *flow* nous permet d'en déduire que bien que comportant de nettes similitudes en terme de construction (en 4 dimensions), le *flow* ressenti par les étudiants pendant une séance avec Mecagenius® n'est pas exactement le même que celui qu'ils ressentent pendant

une séance habituelle de génie mécanique (puisque globalement, quand elles sont significatives, les corrélations ne sont pas très fortes).

La comparaison des moyennes (cf. tableau 5) d'EduFlow (T0 = 3.94 vs T1 = 4.71) met en évidence une augmentation globale (+19.58 %) significative ($t(72) = -5.62, p < .001$) du *flow* en contexte d'une activité en génie mécanique avec Mecagenius®. Des analyses plus détaillées mettent en évidence que c'est pour l'altération de la perception du temps (EduFlowD2) que la progression (T0 = 3.72 vs T1 = 4.95, soit +33.17 %) est la plus importante ($t(72) = -6.71, p < .001$).

Ensuite, il apparaît que c'est pour le bien-être (EduFlowD4) que la progression (T0 = 3.37 vs T1 = 4.15, soit +23.24 %) est significative ($t(72) = -5.41, p < .001$). Pour l'absorption cognitive (EduFlowD1), la progression (T0 = 3.82 vs T1 = 4.53, soit +18.61 %) est elle aussi significative ($t(72) = -5.01, p < .001$). Cependant, cette différence (T0 = 4.86 vs T1 = 5.22) n'est pas significative ($t(72) = -1.66, ns$) pour ce qui concerne l'absence de préoccupation à propos du soi (EduFlowD3).

5.2.3. Le *flow* et les variables du climat motivationnel scolaire

Tableau 6 • Corrélations entre les dimensions d'EduFlow et différentes échelles liées au climat motivationnel
(* = corrélation significative $p < .05$)

N=67	EduFlow global	EduFlow D1	EduFlow D2	EduFlow D3	EduFlow D4
interet_ind	.69*	.66*	.62*	.26*	.72*
ESEP	.40*	.40*	.35*	.15	.41*
ESEC	.23*	.22*	.23*	.01	.32*
ESAS_etud_A	.20	.10	.19	.16	.19
ESAS_etud_I	.21*	.09	.18	.17	.23*
ESAS_ens_A	.37*	.38*	.25*	.21*	.32*
ESAS_ens_I	.39*	.35*	.36*	.14	.40*
LCQFr	.30*	.39*	.25*	.11	.31*

5.2.3.1. Le *flow* et l'auto-efficacité personnelle/collective

Globalement (cf. tableau 6), le *flow* est significativement moyennement lié au sentiment d'efficacité personnelle ($r = .40^*$) et, dans une moindre mesure au sentiment d'efficacité collective ($r = .23^*$). Une analyse plus détaillée confirme que pour toutes les dimensions, l'effet, quand il est significatif, est systématiquement plus élevé entre le *flow* et le sentiment d'efficacité personnelle (vs sentiment d'efficacité collective). Dans un ordre décroissant, l'effet est le plus remarquable pour EduFlowD4, le bien-être ($r = .41^*$ vs $r = .32^*$), EduFlowD1, l'absorption cognitive ($r = .40^*$

$vsr = .22^*$) et EduFlowD2, l'altération de la perception du temps ($r = .35^*$ $vsr = .23^*$).

5.2.3.1. Le flow et la qualité du climat de classe

Les résultats (cf. tableau 6) mettent en évidence de nombreux liens significatifs, d'une intensité moyenne entre le sentiment d'appartenance sociale et le *flow*. Globalement le *flow* est davantage lié au sentiment d'appartenance sociale avec les enseignants (acceptation $r = .37^*$ et intimité $r = .39^*$), qu'avec les autres étudiants (acceptation $r = n.s.$ et intimité $r = .21^*$). En affinant l'analyse, il apparaît que le sentiment d'appartenance sociale vis à vis des enseignants est plus fortement lié avec EduFlowD1, l'absorption cognitive (acceptation $r = .38^*$ et intimité $r = .35^*$) et EduFlowD4, le bien-être (acceptation $r = .32^*$ et intimité $r = .40^*$), qu'avec EduFlowD2, l'altération de la perception du temps (acceptation $r = .25^*$ et intimité $r = .36^*$). EduFlowD3, l'absence de préoccupation à propos du soi n'entretient qu'un lien significatif faible avec le sentiment d'acceptation vis à vis des enseignants ($r = .21^*$). La qualité du climat d'apprentissage entretient des liens significatifs faibles avec presque toutes les dimensions du *flow* (à l'exception de EduFlowD3, l'absence de préoccupation à propos du soi). C'est avec EduFlowD1, l'absorption cognitive que le lien est le plus élevé ($r = .39^*$).

Tableau 7 • Corrélations entre les dimensions d'EduFlow, les dimensions de l'intérêt situationnel et individuel avec (T1) ou sans jeu sérieux (T0) (* = corrélation significative $p < .05$)

N=67	interet ind_T0	Interet ind_T1	Interet SA_T1	Interet SM_T1
EduFlowD1_T1	.33*	.52*	.45*	.44*
EduFlowD2_T1	.06*	.35*	.68*	.40*
EduFlowD3_T1	.11*	.32*	.16*	.05*
EduFlowD4_T1	.28*	.56*	.60*	.44*

Tableau 8 • Corrélations entre les dimensions EduFlow et les dimensions de l'intérêt situationnel et individuel avec jeu sérieux, 2e séance (T2) (* = corrélation significative $p < .05$)

N=23	Interet ind_T2	Interet SA_T2	Interet SM_T2
EduFlowD1_T2	.32*	.48*	.43*
EduFlowD2_T2	.47*	.84*	.52*
EduFlowD3_T2	.19*	.18*	.15*
EduFlowD4_T2	.64*	.67*	.66*

5.2.3.1. Le flow et l'intérêt

Comme nous pouvions nous y attendre, les résultats mettent en évidence que le *flow* en contexte de jeu n'est pas systématiquement lié à l'intérêt individuel pour le génie mécanique (cf. tableaux 7 et 8). C'est pour ce qui concerne l'intérêt situationnel activé et l'altération de la perception du temps (EduFlowD2) que les liens sont les plus remarquablement élevés (T1 : $r = .68^*$ (cf. tableau 7) et T2 : $r = .84^*$ (cf. tableau 8)).

Tableau 9 • Corrélations entre les différentes les dimensions de l'intérêt situationnel et individuel sans T0 et avec T1
(* = corrélation significative $p < .05$)

N=67	interet ind_T0	Interet ind_T1	Interet SA_T1	Interet SM_T1
interet_ind_T0	1,00	.62*	.03*	.05*
Interet_ind_T1	.62*	1,00	.42*	.40*
Interet_SA_T1	.03*	.42*	1,00	.77*
Interet_SM_T1	.05*	.40*	.77*	1,00

Tableau 10 • Corrélations entre les différentes les dimensions de l'intérêt situationnel et individuel en fonction des séances de jeux (T1 vs T2)
(* = corrélation significative $p < .05$)

N=23	Interet ind_T1	Interet SA_T1	Interet SM_T1	Interet ind_T2	Interet SA_T2	Interet SM_T2
Interet_ind_T1	1,00	.62*	.54*	.67*	.40*	.63*
Interet_SA_T1	.62*	1,00	.66*	.38*	.66*	.52*
Interet_SM_T1	.54*	.66*	1,00	.21*	.41*	.47*
Interet_ind_T2	.67*	.38*	.21*	1,00	.63*	.79*
Interet_SA_T2	.40*	.66*	.41*	.63*	1,00	.68*
Interet_SM_T2	.63*	.52*	.47*	.79*	.68*	1,00

Nous constatons d'une part (cf. tableau 9) qu'à la première séance de jeu (T1) les liens entre l'intérêt individuel (ind T1) et l'intérêt situationnel activé (SA_T1) ou l'intérêt situationnel maintenu (SM_T1) sont significatifs et moyens (respectivement $r = .42^*$ et $r = .40^*$) et que d'autre part (cf. tableau 10) à la deuxième séance de jeu (T2), les liens entre l'intérêt individuel (ind T1) et l'intérêt situationnel activé (SA_T1) ou l'intérêt situationnel maintenu (SM_T1) sont significatifs et plus importants (respectivement $r = .62^*$ et $r = .54^*$), alors que toujours au cours de la deuxième séance de jeu (T2) les liens entre l'intérêt individuel (ind T2) et l'intérêt situationnel activé (SA_T2) ou l'intérêt situationnel maintenu (SM_T2) sont significatifs et encore plus élevés (respectivement $r = .63^*$ et $r = .79^*$).

Cela est d'autant plus remarquable pour ce qui concerne les liens entre l'intérêt situationnel activé (SA) et l'intérêt situationnel maintenu (SM) au cours des différentes phases de jeu (en T1 : $r = .40^*$ (cf. tableau 9) et en T2 : $r = .79^*$ (cf. tableau 10)).

Constatant cette évolution de la répartition de la variance, donc pour ainsi dire l'évolution d'un meilleur pouvoir explicatif des liens entre les différentes formes d'intérêt, nous nous estimons en mesure de formuler l'hypothèse (à confirmer) que Mecagenius® renforce l'intérêt individuel pour le génie mécanique, puisqu'au cours des différentes séances de jeux, l'intérêt individuel (pour le génie mécanique) est lié de façon de plus en plus importante à l'intérêt situationnel maintenu (lié au fait de jouer avec Mecagenius®).

6. Discussion

6.1. Limites de cette étude

Le faible nombre de répondants réduit la portée de certains résultats de cette étude, cela peut expliquer le fait de ne pas retrouver les 9 dimensions postulées par Jackson et Eklund (Jackson & Eklund, 2002) dans l'échelle FSS2. Cependant, nos résultats vont bien dans le sens de ceux de Procci et ses collègues (2012) concernant la variabilité des perceptions du *flow* suivant les contextes, ainsi quela remise en cause de l'incontournabilité des outils de mesure du *flow* élaborés sur la base de ces 9 dimensions conceptuelles originelles. Pour s'en assurer, il conviendrait de mettre en place d'autres études impliquant un nombre plus important de sujets pour étendre la validité écologique et limiter les biais d'échantillonnages.

6.2. EduFlow un outil idéal pour la mesure du *flow* en classe

Nos résultats mettent en évidence que l'échelle de mesure du *flow* en éducation (EduFlow) et *Flow State Scale-2* (FSS2) mesurent des construits présentant globalement d'importantes similitudes. Certaines dimensions comme l'absence de préoccupation à propos du soi (EduFlowD3/FSS2D7), l'altération de la perception du temps (EduFlow-D2/FSS2-D8) ou encore le bien-être (EduFlowD4/FSS2D9) sont de remarquablement équivalentes. EduFlow apparaît donc comme une échelle qui capte globalement le même construit que FSS2, mais avec l'avantage d'être trois fois plus courte (12 items vs 36 items). Dans la mesure où 6 des 9 dimensions postulées de FSS2 ne semblent pas être réellement correctement perçues par les apprenants, la conceptualisation très compacte de l'absorption cognitive (EduFlowD1) fait d'EduFlow un outil idéal pour la mesure du *flow* en contexte éducatif, avec comme sans, l'usage de technologies numériques (Heutte, sous presse).

Deux derniers éléments plaident en faveur de l'usage de l'échelle de *flow* en éducation : en effet, EduFlow est globalement plus fortement liée à l'intérêt individuel académique des élèves que FSS2, ainsi qu'à leur sentiment d'efficacité personnelle dans les études. De ce fait, EduFlow semble mieux adaptée pour un usage en contexte éducatif, car davantage liée à des variables qui sont généralement considérées comme de bons prédicteurs de la réussite scolaire (Bandura, 1986, 2003 ; Deci & Ryan, 2002, 2008 ; Fenouillet, 2012 ; Heutte, 2011 ; Schiefele & Csikszentmihalyi, 1994).

Sans pour autant remettre en cause les qualités psychométriques de FSS2, qui reste valide dans de très nombreux contextes, EduFlow apparaît comme une alternative originale et novatrice. À la fois multidimensionnelle et courte, cette échelle de mesure permet de mieux comprendre les mécanismes liés aux effets d'interactions avec les différentes dimensions du *flow*. Ainsi, l'échelle de *flow* en éducation (EduFlow) satisfait pleinement aux besoins de l'évaluation dans les jeux sérieux. De part sa facilité de passation et du pouvoir prédictif du *flow* sur la persistance, EduFlow sera très adaptée pour des études longitudinales, notamment en vue d'optimiser les dispositifs pédagogiques, *just in time*, en cours de conception.

6.3. Le *flow* en contexte d'usage d'un jeu sérieux

Nos résultats mettent en évidence que tout en présentant des liens entre leurs structures (autour de 4 dimensions : absorption cognitive, altération de la perception du temps, absence de préoccupation à propos du soi et bien-être), le *flow* ressenti dans une situation d'enseignement ordinaire est différent de celui ressenti en contexte d'usage d'un jeu sérieux. Ceci confirme que la perception du *flow* est variable et contextuelle (Procci *et al.*, 2012). La comparaison des moyennes d'EduFlow met en évidence une progression globale significative du *flow* dans le contexte d'une activité de formation avec un jeu sérieux.

Comme l'on pouvait s'y attendre (cf. « *Time Flies When You're Having Fun* » (Agarwal & Karahanna, 2000)), c'est au niveau de l'altération de la perception du temps (EduFlowD2) que la progression est la plus importante. Pour le bien-être (EduFlow-D4) comme pour l'absorption cognitive (EduFlowD1), cette progression est significative et remarquable.

À la lumière de ces différents éléments, nous pouvons en conclure que l'introduction d'un jeu sérieux améliore l'expérience optimale d'apprentissage des apprenants. Comme nous pouvions nous y attendre, l'altéra-

tion de la perception du temps est liée à l'intérêt situationnel provoqué par l'introduction du jeu sérieux au cours de la formation. Nous formulons l'hypothèse (à confirmer dans de prochaines études) que cela contribue à augmenter leur temps de travail (donc leur persistance), à renforcer leur concentration dans le travail (*via* l'absorption cognitive), tout en leur procurant du bien-être ce qui peut être prédictif d'un réengagement dans l'activité, afin de percevoir à nouveau l'ensemble des éléments plaisants de cette expérience optimale.

6.4. Le flow et le climat motivationnel

6.4.1. Le *flow* et l'auto-efficacité en contexte éducatif

Nos résultats mettent en évidence des liens significatifs entre le *flow* et l'auto-efficacité en contexte éducatif : cela est tout à fait conforme aux attentes (Bassi *et al.*, 2007 ; Fenouillet *et al.*, 2014 ; Heutte, 2011). Dans le détail nous pouvons noter que l'effet est remarquable pour EduFlowD4, le bien-être, EduFlowD1, l'absorption cognitive et EduFlowD2, l'altération de la perception du temps.

Le fait dans cette première phase de déploiement que Mecagenius® soit utilisé en situation de jeu individuel (*vs* jeu multi-joueurs en réseau) peut être une explication aux constats d'une systématique plus faible intensité pour ce qui concerne les liens entre le *flow* et le sentiment d'efficacité collective. Cela peut très certainement aussi expliquer l'absence de lien significatif entre l'auto-efficacité et l'absence de préoccupation à propos du soi (EduFlowD3).

Quoi qu'il en soit, compte tenu du pouvoir prédictif de l'auto-efficacité sur la réussite académique (Bandura, 2003), l'étude du *flow* en contexte éducatif (étayée par l'usage d'EduFlow) semble porteuse de pistes de recherche très prometteuses, notamment afin d'éclairer les contributions des différentes dimensions du *flow* dans la persistance à vouloir comprendre (Heutte, 2011 ; Heutte *et al.*, 2014) et en lien avec l'étude des dynamiques d'apprentissage des élèves (Galaup, 2013).

6.4.2. Flow et intérêt

Conformément aux attentes (Hidi & Renninger, 2006), nos résultats mettent en évidence que le *flow* en contexte de jeu n'est pas systématiquement lié à l'intérêt individuel pour la discipline. Comme nous pouvions nous y attendre, les liens sont remarquablement élevés et en progression constante entre l'altération de la perception du temps (EduFlowD2) et l'intérêt situationnel activé, ainsi qu'entre le bien-être (EduFlowD4) et l'intérêt situationnel activé. Cela met clairement en évi-

dence que l'introduction du jeu sérieux déclenche l'intérêt situationnel. Cela est bien conforme aux attentes ((Hidi & Renninger, 2006)), c'était d'ailleurs tout à fait souhaité par les concepteurs du jeu.

Au cours des différentes phases de l'expérimentation, nous pouvons constater que le lien entre l'intérêt individuel avant et après la première séance de jeu, puis entre la première et la deuxième séance de jeu a légèrement progressé. D'autre part, nous constatons aussi une remarquable progression concernant les liens entre l'intérêt individuel et l'intérêt situationnel maintenu.

Ces faisceaux de concordance concernant l'évolution de la répartition de la variance des résultats observés nous poussent à tenter l'interprétation d'un meilleur pouvoir explicatif des liens entre les différentes formes d'intérêt, par la formulation de l'hypothèse (à confirmer) que le jeu sérieux renforce l'intérêt individuel pour la discipline académique, puisqu'au cours des différentes séances de jeu, l'intérêt individuel est lié de façon de plus en plus importante à l'intérêt situationnel maintenu. Bien entendu, la faiblesse de l'effectif en deuxième séance de jeu, ne permet pas de conclure d'une façon définitive, mais cela semble pour le moins indiquer une tendance qui ouvre sur des perspectives de recherche particulièrement intéressantes.

6.4.3. Le flow et la qualité du climat de classe

Nos travaux mettent en évidence les liens entre la qualité du climat d'apprentissage, le sentiment d'appartenance sociale avec les enseignants et l'expérience optimale d'apprentissage. Le lien entre l'absorption cognitive (EduFlowD1) et la qualité du climat d'apprentissage est remarquable. Cela n'est pas surprenant quand on sait que la mauvaise qualité du climat de classe est très souvent évoquée pour expliquer les difficultés des étudiants à pouvoir se concentrer correctement sur leurs tâches d'apprentissage.

Du point de vue des étudiants, l'absorption cognitive (EduFlowD1) et le bien-être (EduFlowD4) sont liés au sentiment d'appartenance sociale avec les enseignants, ce qui est conforme aux attentes (Heutte, 2011). Tous ces éléments permettent de rappeler le rôle central de l'enseignant dans la mise en place d'un climat propice aux apprentissages. On peut d'ailleurs relever que l'absorption cognitive (EduFlowD1) est plus fortement liée au fait de se sentir accepté par les enseignants, que de se sentir en proximité avec eux. Pour sa part, le bien-être (EduFlowD4) est plus fortement lié au fait de se sentir en proximité avec les enseignants que de se sentir accepté par eux. Si l'on veut bien considérer d'une part l'importance du sentiment

d'acceptation (notamment l'intime conviction que l'enseignant accepte l'erreur de l'étudiant car elle fait partie de l'apprentissage) sur les mécanismes cognitifs et, d'autre part, une dimension plus affective du bien-être psychologique, alors ces deux résultats semblent tout à fait cohérents.

7. Conclusion

Cette coopération (didactique – psychologie des apprentissages) avait pour objectif de construire des outils méthodologiques permettant de prendre en compte tout le potentiel du jeu sérieux ainsi que la diversité des utilisations possibles. Le résultat principal de cette étude exploratoire est le constat que les concepts clés de la motivation sont pertinents pour évaluer l'usage d'un jeu sérieux en classe. Globalement, les résultats mettent d'ailleurs en évidence des liens significatifs et parfois élevés entre l'usage du jeu, le *flow* et le climat de classe (l'auto-efficacité, l'intérêt et le climat motivationnel scolaire). Ainsi, nous pouvons conclure qu'en tant que telle, dans la mesure où elle renforce le *flow* des apprenants, l'introduction de Mecagenius® dans la formation contribue à la conception d'un environnement optimal d'apprentissage.

Enfin, il apparaît qu'EduFlow (Heutte *et al.*, 2014) est une alternative originale et novatrice, tout à fait adaptée pour l'étude du *flow* en contexte éducatif. À la fois multidimensionnelle et courte, EduFlow permet d'améliorer les connaissances scientifiques concernant la compréhension de mécanismes liées aux déterminants et aux effets de certaines dimensions du *flow* en contexte éducatif. De part sa facilité de passation et du pouvoir prédictif du *flow* sur la persistance, EduFlow sera très adaptée pour des études longitudinales, notamment en vue d'optimiser les dispositifs pédagogiques, *just in time*, sans devoir nécessairement attendre les résultats des évaluations académiques finales pour les améliorer.

Sur un plan pratique/pragmatique, EduFlow peut très utilement contribuer à l'élaboration de tableaux de bord du pilotage de la qualité des dispositifs pédagogiques, notamment dans le cadre de démarches d'amélioration continue (Heutte, Déro *et al.*, 2014). Voilà qui devrait pouvoir utilement contribuer à la conception pédagogique et didactique d'un environnement optimal d'apprentissage adapté aux dispositions de chaque type d'apprenant dans des contextes variés, ainsi qu'à conforter l'étayage scientifique de la pédagogie universitaire (De Ketele, 2010), plus particulièrement dans des contextes les dispositifs pédagogiques instrumentés en réseau : *massive on-line open course* (MOOC), communautés épistémiques en ligne, jeux sérieux...

-
- 1 Selon la définition d'Alvarez un serious game est une « application informatique, dont l'intention initiale est de combiner, avec cohérence, à la fois des aspects sérieux (Serious) tels, de manière non exhaustive et non exclusive, l'enseignement, l'apprentissage, la communication, ou encore l'information, avec des ressorts ludiques issus du jeu vidéo (Game) »(2007, p. 51).
 - 2 « Autotélique » est un mot composé de deux racines grecques : autos (soi-même) et telos (but). Une activité est autotélique lorsqu'elle est entreprise sans autre but qu'elle-même. Une grande partie la poésie française à partir de Baudelaire et surtout de Rimbaud revêt diverses formes d'autotélisme. Le poème devient un objet possédant un intérêt en soi hors de toute nécessité de référentialité extérieure : sa finalité est d'être un processus de création poétique en tant que tel. Dans le domaine de la psychologie, l'autotélisme est une modélisation théorique qui souhaite éclairer les comportements liés à la persistance dans une activité qui n'est entreprise sans autre but qu'elle-même, juste pour prolonger le sentiment de bien-être qu'elle procure.
 - 3 « Paradoxalement, donc, l'ego est dilaté par un type d'action où l'on s'oublie soi-même » (Csikszentmihalyi, 2006, p. 112) dans la traduction française par Claude-Christine Farny de l'ouvrage original « Creativity », paru en 1996.
 - 4 Nous interprétons nos résultats en référence à Corroyer et Rouanet (1994) :
autour de .10 "effet faible",
à partir de .24 "effet moyen",
à partir de .45 "effet important".
 - 5 Seuils de significativité : * = $p < .05$

BIBLIOGRAPHIE

ALVAREZ J. (2007). *Du jeu vidéo au Serious Game. Approches culturelle, pragmatique et formelle*. Thèse de doctorat, Université de Toulouse-le-Mirail, France.

ALVAREZ J., DJAOUTID. (2010). *Introduction au serious game*. Paris : Questions théoriques.

AMADE-ESCOT C. (2007). *Le didactique*. Paris : Éditions Revue EPS, Collection « Pour l'action ».

AMADE-ESCOT C., LEUTENEGGER F. (2013). *Actualité de la théorie de l'action conjointe en didactique : questions théoriques et méthodologiques*. Conférence d'ouverture à la journée des jeunes chercheurs. 3^e Colloque de l'ARCD, Marseille 9-12 janvier.

ASAKAWA K. (2004). Flow experience and autotelic personality in Japanese college students: How do they experience challenges in daily life? *Journal of Happiness Studies*, 5(2), 123-154.

BANDURA A. (1986). *Social foundations of thought and action*. Prentice-Hall.

BANDURA A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. Worth Publishers.

BANDURA A. (2003). *Auto-efficacité : le sentiment d'efficacité personnelle*. De Boeck Université.

**Jean HEUTTE, Michel GALAUP, Catherine LELARDEUX,
Pierre LAGARRIGUE, Fabien FENOUILLET**

BASSI M., STECA P., DELLE FAVE A., CAPRARA G.V. (2007). Academic self-efficacy beliefs and quality of experience in learning. *Journal of Youth and Adolescence*, 36, 301-312.

BARTH B.-M. (1993). *Le savoir en construction*, Paris, Retz.

CARON P.-A., HEUTTE J., ROSSELLE M. (2014). Rapport d'expertise, évaluation et accompagnement par la recherche du dispositif expérimental MOOC iNum (publié le 10 janvier 2014) <http://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00950766>

CHAINON D., FENOUILLET F. & HEUTTE J., (2014). Proposition pour une mesure de l'intérêt situationnel en contexte d'usage des TIC en éducation. *2^e Colloque international sur les TIC en éducation : bilan, enjeux actuels et perspectives futures*. Montréal, Canada.

CHEN H. (2000). *Exploring web users' on-line optimal flow experiences*. unpublished doctoral dissertation, Syracuse University.

CHEN H. (2006). Flow on the net-detecting web users' positive affects and their flow states. *Computers in Human Behavior*, 22, 221-233.

CHOI D. H., KIM J., KIM S. H. (2007). ERP training with a web-based electronic learning system: The flow theory perspective. *International Journal of Human-Computer Studies*, 65(3), 223-243.

CRONBACH L. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, vol. 16, n° 3, p. 297-334.

CSIKSZENTMIHALYI M. (1990). *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. New York, Harper and Row.

CSIKSZENTMIHALYI M. (2006). *La créativité : psychologie de la découverte et de l'invention*. R. Laffont.

CSIKSZENTMIHALYI M., PATTON J. D. (1997). Le bonheur, l'expérience optimale et les valeurs spirituelles: une étude empirique auprès d'adolescents. *Revue Québécoise de Psychologie*, 18(2), 169-192.

CSIKSZENTMIHALYI M., RATHUNDE K., WHALEN S. (1993). *Talented Teenagers: The Roots of Success and Failure* (New York: Cambridge University Press).

CORROYER D., ROUANET H. (1994). Sur l'importance des effets et ses indicateurs dans l'analyse statistique des données. *L'année psychologique*, 94(4), 607-623.

DECI E.L., RYAN R.M. (2002). *Handbook of self-determination research*. University Rochester Press.

DECI E.L., RYAN R.M. (2008). Favoriser la motivation optimale et la santé mentale dans les divers milieux de vie. *Canadian Psychology/Psychologie canadienne*, 49(1), 24-34.

DELLE FAVE A., MASSIMINI F., BASSI M. (2011). *Psychological Selection and Optimal Experience Across Cultures: Social Empowerment Through Personal Growth*. Springer.

DORN D.S. (1989). Simulation Games: One More Tool on the Pedagogical Shelf. *Teaching Sociology*, 17 (1), 1-18.

ELLIS G.D., VOELKL J.E., MORRIS C. (1994). Measurement and analysis issues with explanation of variance in daily experience using the *flow* model. *Journal of Leisure Research*, 26(4).

FENOUILLET F. (2012). *Les theories de la motivation*, Dunod.

FENOUILLET F., KAPLAN J., YENNEK N. (2009). Serious games et motivation. Le Mans. In S. George, E. Sanchez. (eds.), *4e Conférence francophone sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH'09)*, p. 41-52.

FENOUILLET F., MARTIN-KRUMM C., HEUTTE J., BESANÇON M. (2014). An urgent call for change: Flow, motivation and well-being in French School students. *7th European Conference on Positive Psychology (ECP)*, Amsterdam, the Netherlands.

FOURNIER J., GAUDREAU P., DEMONTROND-BEHR P., VISIOLI J., FOREST J., JACKSON S.A. (2007). French translation of the Flow State Scale-2: Factor structure, cross-cultural invariance, and associations with goal attainment. *Psychology of Sport & Exercise*, 8(6), 897-916.

GABLE S.L., HAIDT J. (2005). What (and why) is positive psychology? *Review of General Psychology*, 9(2), 103.

GALAUP M. (2013). *De la conception à l'usage d'un jeu sérieux de génie mécanique : phénomènes de transposition didactique dans l'enseignement secondaire et universitaire. Le cas de Mecagenius®*. Thèse de doctorat en Sciences de l'Education, Université Toulouse 2 – Le Mirail. <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00843418/>

GALAUP M., AMADE-ESCOT C., (2014). Évaluer les usages didactiques d'un *serious game* à partir de l'analyse de l'action conjointe : le cas Mecagenius®. *Revue STICEF, n° spécial « Évaluation dans les jeux sérieux »*..

GALAUP M., AMADE-ESCOT C., MONTAUT T., VIALLET F. (2012). Mecagenius, a serious game for mechanical engineering in higher education: A trace driven analysis of knowledge and learning. Paper presented in network ICT in Education and Training. European Conference on Educational Research (ECER), Association: EERA, Cadix – 17-21 September.

GALAUP M., LELARDEUX C., LAGARRIGUE P. (2012). Mesures et impacts de Mecagenius, un *Serious Game* en génie mécanique. *Colloque scientifique international du e-virtuoses 2012 « Évaluer et mesurer l'impact du serious game »*. Valenciennes, 23 Mai 2012.

GALAUP M., VIALLET F., AMANS-PASSAGA C. (2010). Conception d'un jeu sérieux en génie mécanique : identification des compétences et des savoirs à enseigner. *Séminaire doctoral de l'Ardist*. Paris, 26 Novembre 2010.

GHANI J.A. (1995). Flow in human computer interactions: test of a model. *Human factors in information systems: Emerging theoretical bases*, 291-311.

GHANI J.A., SUPNICK R., ROONEY P. (1991). The experience of *flow* in computer-mediated and in face-to-face groups. *Proceedings of the twelfth international conference on Information systems*, p. 229-237.

HAIR J.F., ANDERSON R.E., TATHAM R.L., BLACK W.C. (1995). *Multivariate data analysis with readings* (2nd ed.). Macmillan Publishing Co., Inc.

HEUTTE J. (2010). Mise en évidence du *flow* perçu par des étudiants au cours d'un travail collectif en ligne : Homo sapiens retiolus est-il un épicurien de la connaissance ? *26^e congrès de l'Association Internationale de Pédagogie Universitaire*

(AIPU), « Réformes et changements pédagogiques dans l'enseignement supérieur » Rabat, Maroc.

HEUTTE J. (2011). *La part du collectif dans la motivation et son impact sur le bien-être comme médiateur de la réussite des étudiants : Complémentarités et contributions entre l'autodétermination, l'auto-efficacité et l'autotélisme*. Thèse de Doctorat. Paris Ouest-Nanterre-La Défense, Nanterre.

HEUTTE J. (2012) Mesure de l'immersion (absorption cognitive) et de ses déterminants psychosociaux appliqués au Serious Game : Vers une modélisation théorique. *Colloque scientifique international du e-virtuose "Évaluer et mesurer l'impact du Serious game"*, Valenciennes, France.

HEUTTE J. (sous presse). Persister dans la conception de son EPA : Contributions et complémentarités de trois théories du self. *Revue STICEF, n° spécial « Les environnements personnels d'apprentissage. Entre description et modélisation : quelles approches, quels modèles ? »*

HEUTTE J., CARON P.-A., ROSSELLE M. (2014). Contribution à l'outillage conceptuel, méthodologique et technique de l'évaluation la persistance des apprenants dans un MOOC. *2^e Colloque international sur les TIC en éducation : bilan, enjeux actuels et perspectives futures*. Montréal, Canada.

HEUTTE J., DÉRO M., FENOUILLET F. (2014). L'évaluation du bien-être peut-elle contribuer au pilotage de l'innovation ? *25^e colloque de l'Association pour le développement des méthodes d'évaluation en éducation (ADMEE) Europe "Cultures et politiques de l'évaluation en éducation et en formation"*, Marrakech, Maroc.

HEUTTE J., FENOUILLET F., BONIWELL I., MARTIN-KRUMM C., CSIKSZENTMIHALYI, M. (2014). Optimal learning experience in digital environments: theoretical concepts, measure and modelisation, *Symposium "Digital Learning in 21st Century Universities: A Franco-American Perspective"*, Atlanta, GA..

HEUTTE J., KAPLAN J., FENOUILLET F., CARON P.-A., ROSSELLE M. (2014). MOOC User Persistence - Lessons from French Educational Policy Adoption and Deployment of a Pilot Course. Dans L. Uden, J. Sinclair, Y.-H. Tao, & D. Liberona (dir.), *Learning Technology for Education in Cloud. MOOC and Big Data (LTEC'14)*, Communications in Computer and Information Science Vol. 446, 13-24. Springer.

HIDI S., RENNINGER K.A. (2006). The four-phase model of interest development. *Educational Psychologist*, 41 (2), 111-127.

HOFFMAN D.L., NOVAK T.P. (1996). Marketing in hypermedia computer-mediated environments: conceptual foundations. *The Journal of Marketing*, 60(3), 50-68.

HOOKE R., WASKO M., PARADICE D. (2009). Linking flow, brand attitudes and purchase intent in virtual worlds. *Proceedings of the Thirtieth Annual International Conference on Information Systems*, Track: Web2.0 and Social Media Analytics, Phoenix, AZ.

JACKSON S.A., EKLUND R. C. (2002). Assessing flow in physical activity: The Flow StateScale-2 and Dispositional Flow State Scale-2. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 24, 133-115.

JACKSON, S. A., ROBERTS, G. C. (1992). Positive performance states of athletes: Toward a conceptual understanding of peak performance. *The Sport Psychologist* (TSP Volume 6, Issue 2, June 1992). <http://journals.humankinetics.com/tsp-back-issues/TSPVolume6Issue2June>

KELLNER, C. (2010), Qu'est-ce que le "Serious game". In J. Alvarez & D. Djaouti D (Éds), *Introduction au serious game* (pp. 191-192). Paris : Questions théoriques.

KLINE, R. B. (2010). *Principles and practice of structural equation modeling* (3rd ed.). New York: Guilford Press.

LAVERGNE BOUDIER V., DAMBACH Y. (2010), *Serious Game : Révolution pédagogique*, Hermes Science Publications.

LELARDEUX, C., BAPTISTA, O., BACUEZ, B., GALAUP, M., TORKI, S., VIALLET, F., TORGUET, P., LAGARRIGUE, P., CHATELLIER, P., (2010). Improving mechanical engineering training by using a serious game, *EAGE (European Association of Geoscientists & Engineers) Workshop, GeoSkill 2010, The Challenges of Training and Developing E&P Professionals in the 21st Century*. Pau, France.

LELARDEUX, C., LAGARRIGUE, P., SMOLINSKI, J., GALAUP, M., HEUTTE, J., SEGONDS, F. (2013). Serious game : Évaluation kaléidoscopique ? *Colloque international Games for Change Europe*, Paris, France, 17-18 juin.

LEROY, N., BRESSOUX, P., SARRAZIN, P., TROUILLOUD, D (2013). Un modèle sociocognitif des apprentissages scolaires : style motivationnel de l'enseignant, soutien perçu des élèves et processus motivationnels. *Revue française de pédagogie*, 182 , 71-92.

MONETA, G. B. (2012). On the Measurement and Conceptualization of Flow. In *Engeser, S. (ed.) Advances in. Flow Research* (pp. 23-50). New York: Springer

MEYER, D. K., TURNER, J. C. (2006). Reconceptualizing emotion and motivation to learn in classroom contexts. *Educational Psychology Review*, 18, 377-390.

NUNNALLY, J. C. (1978), *Psychometric theory*.(2nd édition). New York: McGraw-Hill.

PEARCE, J. M., AINLEY, M., HOWARD, S. (2005). The ebb and flow of online learning. *Computers in Human Behavior*, 21(5), 745-771.

PETERSON, S. E., MILLER, J. A. (2004). Comparing the quality of students' experiences during cooperative learning and large-group instruction. *The Journal of Educational Research*, 97(3), 123-134.

PROCCI, K., SINGER, A. R., LEVY, K. R., BOWERS, C. (2012). Measuring the flow experience of gamers: An evaluation of the DFS-2. *Computers in Human Behavior* 28(6), 2306-2312.

RATHUNDE, K., CSIKSZENTMIHALYI, M. (2005). Middle school students' motivation and quality of experience: A comparison of Montessori and traditional school environments. *American Journal of Education*, 111(3), 341-371.

RICHER, S. F., VALLERAND, R. J. (1998). Construction et validation de l'échelle du sentiment d'appartenance sociale (ÉSAS). *European review of applied psychology*, 48(2), 129-138.

SARRAZIN, P., TESSIER, D., TROUILLOUD, D. (2006). Climat motivationnel instauré par l'enseignant et implication des élèves en classe : l'état des recherches. *Revue française de pédagogie*, 157, 147-177.

SELIGMAN, M. E. P., CSIKSZENTMIHALYI, M. (2000). Positive psychology: An introduction. *American Psychologist*, 55(1), 5-14.

**Jean HEUTTE, Michel GALAUP, Catherine LELARDEUX,
Pierre LAGARRIGUE, Fabien FENOUILLET**

SHERNOFF, D. J., CSIKSZENTMIHALYI, M. (2009). Flow in schools: Cultivating engaged learners and optimal learning environments. In R. Gilman, E. S. Huebner, & M. Furlong (Eds.), *Handbook of Positive Psychology in Schools* (pp. 131-145). New York: Routledge.

SHERNOFF, D. J., CSIKSZENTMIHALYI, M., SCHNEIDER, B., SHERNOFF, E. S. (2003). Student engagement in high school classrooms from the perspective of flow theory. *School Psychology Quarterly*, 18(2), 158-176.

SCHWARZER R., JERUSALEM M. (1995). Generalized Self-Efficacy scale. In J. Weinman, S. Wright, & M. Johnston, *Measures in health psychology: A user's portfolio. Causal and control beliefs* (pp. 35-37). Windsor, UK: NFER-NELSON.

SCHUBAUER-LEONI M.L., LEUTENEGGER F. (2005). Une relecture des phénomènes transpositifs à la lumière de la didactique comparée. *Revue Suisse des sciences de l'éducation*, 27(3), 407-429.

SENSEVY, G., MERCIER, A. (2007). *Agir ensemble : Eléments de théorisation de l'action conjointe du professeur et des élèves*. Rennes : PUR.

TREVINO, L. K., WEBSTER, J. (1992). Flow in computer-mediated communication: Electronic mail and voice mail evaluation and impacts. *Communication research*, 19(5), 539.

VENKATESH, V., DAVIS, F. D. (2000). A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies. *Management science*, 46(2), 186-204.

WILLIAMS, G. C., DECI, E. L. (1996). Internalization of biopsychosocial values by medical students: A test of self-determination theory. *Journal of Personality and Social Psychology*, 70, 767-779.



Étude de l'intégration d'un jeu sérieux pour l'enseignement de la programmation dans différents contextes universitaires

► **Mathieu MURATET** (Grhapes, Suresnes), **Élisabeth DELOZANNE** (LIP6, Paris), **Fabienne VIALLET** (UMR EFTS, Toulouse), **Patrice TORGUET** (IRIT, Toulouse)

■ **RÉSUMÉ** • Cet article étudie l'utilisation sur une large échelle (388 étudiants, 22 enseignants), dans 7 différents contextes et sur plusieurs sessions, du jeu sérieux *Prog&Play*, logiciel développé à l'IRIT et libre d'accès. Après une analyse a priori du domaine, une enquête auprès d'étudiants sur leur pratique des jeux vidéo et une enquête auprès des enseignants pour prendre en compte leurs contraintes, *Prog&Play* a été conçu pour accompagner un enseignement de la programmation à des étudiants débutants. Une première étude s'appuyant sur un questionnaire auprès des étudiants après utilisation du jeu, a montré que l'intérêt des étudiants pour *Prog&Play* ne dépend pas uniquement de la qualité intrinsèque du jeu mais est corrélé avec le dispositif d'enseignement dans lequel le jeu a été utilisé. Dans cet article, après une présentation de l'ensemble du projet, nous analysons les commentaires de 56 étudiants et 17 enseignants, ayant utilisé le jeu, pour explorer les conditions de l'adoption de ce jeu sur la durée dans un dispositif d'enseignement universitaire.

■ **MOTS-CLÉS** • jeux sérieux, enseignement de la programmation, usages d'un jeu sérieux, appropriation par les enseignants.

■ **ABSTRACT** • *This paper studies a large-scale use (388 students and 22 teachers), in various contexts and during several sessions of Prog&Play, a free serious game specially designed to teach computer programming fundamentals. In earlier quantitative studies, we found, through a students' motivation survey, that the students' interest for Prog&Play was not only related to the intrinsic game quality, it was also related to the teaching context. In this paper, after presenting the project, we investigate conditions of the game adoption in different university teaching settings. Results from a qualitative study of 56 students' and 17 teachers' comments, suggest guidelines for a successful implementation of Prog&Play.*

■ **KEYWORDS** • *serious games, programming teaching, serious games use, teachers' appropriation*

1. Introduction

Zyda (2005) définit un jeu sérieux comme un défi mental joué avec un ordinateur, qui respecte des règles spécifiques et qui s'appuie sur le plaisir pour atteindre des objectifs de formation, d'éducation, de santé ou de communication. De nombreux travaux ont étudié l'effet des jeux sérieux sur la motivation (Bizzocchiet Paras, 2005). D'autres travaux portent sur la mise au point de modèles et d'outils pour faciliter leur conception (Marfi-Schottman *et al.*, 2010 ; Yessad *et al.*, 2010), en particulier par des enseignants (Marchiori *et al.*, 2012 ; Marne *et al.*, 2013), ou pour suivre l'apprenant-joueur et évaluer l'évolution de ses compétences (Thomas *et al.*, 2011). D'autres recherches se penchent sur leur efficacité pour l'apprentissage en comparaison avec d'autres méthodes. Par exemple Stizmann (2011), dans une méta-analyse récente des publications sur ce sujet, met en évidence des caractéristiques des jeux et des caractéristiques du contexte pédagogique qui influencent l'effet sur l'apprentissage. Les jeux doivent être ludiques et l'apprenant doit agir et pas seulement lire ou écouter. Quand au contexte, il doit permettre un accès fréquent au jeu et les jeux sont plus efficaces comme complément d'une autre méthode pédagogique qu'utilisé comme seule méthode d'apprentissage. Cette auteure appelle de ses vœux des études détaillées et précises sur les caractéristiques des jeux et les contextes pédagogiques où ils s'avèrent favoriser les apprentissages.

Dans cet article, nous étudions comment un même jeu sérieux peut être utilisé avec profit dans certains contextes pédagogiques et rejeté ou tout au moins abandonné dans d'autres contextes. Le projet *Prog&Play* a pour objectif de motiver les étudiants dans leur apprentissage de la programmation en leur proposant de mobiliser leurs compétences *via* un jeu sérieux. Ce projet se fonde sur l'hypothèse que les jeux vidéo (i) attirent un grand nombre d'étudiants et (ii) constituent un contexte d'application des concepts et savoir-faire de base de programmation aussi riche mais plus motivant que les exemples mathématiques souvent proposés aux étudiants.

Une précédente étude (Muratet *et al.*, 2012) a mis en évidence que la motivation des étudiants pour apprendre la programmation avec *Prog&Play* ne dépend pas seulement des qualités intrinsèques du jeu, mais dépend aussi du contexte d'enseignement dans lequel le jeu est utilisé. Notre contribution dans cet article ne cherche pas à montrer la supériorité d'un jeu sérieux par rapport à un enseignement traditionnel, mais à étudier les rapports entre les caractéristiques du jeu et celles des différents

contextes d'enseignement dans lesquels il a été utilisé pour comprendre ce qui a fait obstacle à son intégration ou, au contraire, ce qui a facilité son appropriation par certains enseignants et conduit à son adoption plusieurs années de suite. Après une exploration de travaux connexes pour positionner notre travail, nous présentons l'environnement *Prog&Play* et les différentes mises à l'épreuve du jeu dans différents contextes universitaires. Nous analysons ensuite les commentaires recueillis par questionnaires auprès de 56 étudiants et 17 enseignants et concluons sur des recommandations pour une utilisation fructueuse de *Prog&Play*.

2. Positionnement scientifique du projet *Prog&Play*

Notre travail s'appuie, d'une part, sur les recherches concernant l'apprentissage de la programmation et, d'autre part, sur celles concernant les jeux sérieux pour faciliter cet apprentissage.

2.1. L'apprentissage des fondamentaux de la programmation

Un document mis au point par les principales associations scientifiques regroupant les informaticiens au niveau international (ACM et IEEE-CS, 2008, p. 38) précise les concepts à enseigner aux débutants en programmation. Le même document précise les compétences visées. Les étudiants doivent être capables : (i) d'analyser et expliquer le comportement de programmes simples ; (ii) de modifier et compléter des programmes simples ; (iii) de concevoir, de mettre en œuvre, de tester et de corriger des programmes comportant les constructions de base ; (iv) de choisir les constructions appropriées pour un problème donné ; (v) de décomposer un problème en sous-problèmes et de mettre en œuvre des fonctions pour les résoudre ; (vi) de décrire les mécanismes de passages des paramètres. Ces notions sont très généralement enseignées par le biais de cours magistraux, suivis par la résolution de séries d'exercices d'application sans lien entre eux, lors de séances de travaux dirigés papier crayon (TD) et de travaux pratiques sur machine (TP). Parfois, l'enseignement est complété par un projet personnel ou de groupe qui demande à l'étudiant de résoudre un problème un peu plus complexe. L'apprentissage est évalué par un examen écrit et par des devoirs rendus durant la session (McCracken *et al.*, 2001).

De nombreuses recherches ont mis en évidence les dysfonctionnements de ce type d'enseignement et les raisons des taux d'abandon et d'échec très élevés observés dans ce type de formation dans le monde entier. Elles mettent en cause, en particulier, la méconnaissance de la part des enseignants des difficultés cognitives auxquelles doivent faire face les

étudiants dans ce domaine et des stratégies d'enseignement inadaptées (Du Boulay, 1986 ; Jenkins, 2002 ; Kinnunen & Malmi, 2006).

En ce qui concerne l'enseignement, Pears *et al.* (2007) considèrent trois facteurs qui influencent le succès des étudiants : (i) le choix de l'enseignant de privilégier soit la résolution de problème, soit l'apprentissage d'un langage particulier, soit un environnement de développement particulier ; (ii) le choix du langage et du paradigme de programmation (fonctionnel, impératif, orienté objet) ; (iii) les différents outils utilisés pour accompagner l'enseignement, l'apprentissage et l'évaluation (outils de visualisation, d'évaluation automatique, environnements de programmation, micro-mondes ou tuteurs intelligents).

Du côté étudiant, peu d'étudiants considèrent que l'apprentissage de la programmation est facile. Jenkins (2002) a identifié plusieurs difficultés concernant la nature même de l'activité de programmation, mais aussi la façon dont elle est enseignée. En particulier, il met en évidence l'inefficacité de cours magistraux centrés sur les détails de syntaxe et le manque d'intérêt, pour les étudiants, d'exercices qui demandent des manipulations mathématiques simples d'ensembles de notes, de stocks ou de comptes bancaires. De nombreuses recherches ont montré qu'une approche efficace consiste à encourager les apprenants à travailler très tôt sur des tâches qui font sens pour eux (Greitzer *et al.*, 2007). Des outils comme *Scratch* (Maloney *et al.*, 2004) ou *Alice2* (Kelleher *et al.*, 2002) ont été mis au point et sont utilisés afin de rendre les premières expériences de programmation plus attractives pour les jeunes. Nos travaux ont le même objectif. Plus précisément, *Prog&Play* a un double objectif : (i) Ancrer l'apprentissage de la programmation dans un contexte qui intéresse et fait sens pour les étudiants (au moins pour une majorité d'entre eux) ; (ii) Proposer un outil aux enseignants qui les laisse libres de choisir la stratégie d'enseignement, le langage, le paradigme et l'environnement de programmation les plus adaptés à leur contexte.

2.2. Les jeux sérieux pour l'apprentissage de la programmation

La motivation pour poursuivre une tâche est une des principales caractéristiques mises en avant pour promouvoir les jeux comme outil d'apprentissage. Girard *et al.* (2012) étudient les résultats publiés concernant l'efficacité des jeux sérieux pour favoriser l'engagement des étudiants et les apprentissages. En ce qui concerne l'initiation à la programmation s'appuyant sur les jeux vidéo, deux approches sont mises en œuvre.

La première approche consiste à demander aux apprenants de programmer eux-mêmes un jeu vidéo. Chen et Cheng (2007) proposent aux étudiants un projet collaboratif pour programmer en C++, sur un semestre, un jeu de moyenne taille à l'aide d'un outil professionnel de développement de jeux vidéo. Gestwicki et Sun (2008) demandent aux étudiants de développer, en java, un jeu d'arcade en utilisant des patrons de conception dans l'environnement EEclone (2011).

La seconde approche consiste à demander aux étudiants de programmer les entités virtuelles d'un jeu existant soit dans une approche *storytelling* pour réussir une ou plusieurs missions, soit dans une approche compétitive pour que les entités virtuelles contrôlées par le programme du joueur-apprenant soient meilleures que celles programmées par ses adversaires (ordinateurs ou co-apprenants). Colobot (2001) est un exemple de l'approche *storytelling* où le joueur incarne le rôle d'un explorateur qui part à la conquête de planètes extraterrestres. Le joueur est plongé dans une scénarisation qui l'invite à programmer de petits robots (avec un langage orienté objet proche de C++) afin d'atteindre les objectifs fixés par chaque mission. Dans *Robocode*, Hartness (2004) propose une approche compétitive ; le joueur programme en Java (ou, avec les versions récentes, dans un langage compatible .NET) un tank pour combattre d'autres tanks programmés par les autres joueurs. Ce jeu est accessible aussi bien aux débutants (un comportement simple peut être programmé en quelques minutes) qu'aux programmeurs experts (une véritable intelligence artificielle prendra plusieurs mois à être développée). D'autres jeux adoptent cette approche compétitive, mais tous proposent des langages de programmation peu répandus dans le domaine de l'enseignement de la programmation : par exemple *Guntactyx* (Gun-Tactyx, 2008) utilise le langage SMALL, et *Robot Battle* (Robot Battle, 2009) un langage de script propriétaire.

Dans le projet *Prog&Play*, nous avons adopté une double approche. Le premier mode de jeu propose une approche *storytelling* où les étudiants ont à réussir des missions de difficultés progressives comme dans Colobot ; le second mode de jeu prépare les étudiants à réaliser un programme dans un contexte de duel (contre l'ordinateur ou contre leurs condisciples). Un tournoi peut alors être organisé pour déterminer le programme le plus performant dans une situation de jeu donnée. De plus, afin de faciliter son intégration, *Prog&Play* a été implémenté pour enseigner la programmation dans la plupart des langages utilisés actuellement dans les établissements français. Dans cet article, nous nous centrons sur

l'approche par missions dont les scénarios sont conçus en fonction d'objectifs pédagogiques précis. Le scénario d'utilisation de *Prog&Play* est le suivant : (i) Le joueur prend connaissance de l'objectif à atteindre pour une mission donnée ; (ii) il met au point une stratégie pour atteindre l'objectif ; (iii) il écrit des programmes dans un des langages pour lesquels la bibliothèque *Prog&Play* a été développée ; (iv) il observe les effets de son programme sur le jeu et très souvent il est amené à modifier itérativement son programme pour atteindre l'objectif de la mission.

3. Conception et implémentation de *Prog&Play*

Au début du projet, un questionnaire, diffusé auprès de 950 étudiants en informatique en première année à l'université (780 garçons et 170 filles), nous a appris que les jeux de stratégie temps réel (STR) étaient un type de jeu très populaire dans notre public cible (Muratet *et al.*, 2009). Nous avons donc choisi de fonder *Prog&Play* sur un STR au code source libre appelé Kernel Panic (2012). Ce jeu utilise une métaphore informatique : les unités du jeu représentent des bits ; des octets ; des assembleurs ; des pointeurs ; des noyaux... C'est un jeu en 3D, multi-joueurs ; la qualité du moteur de jeu sous-jacent permet de faire tourner le jeu sur des ordinateurs de salle de TP ordinaire tout en restant attrayant.

Dans un STR, le joueur ordonne à ses unités d'exécuter des actions (par exemple avancer, construire ou attaquer) en cliquant avec la souris. Nous avons modifié le jeu afin que le joueur donne ses ordres par programme. Les étudiants accèdent aux données du jeu par le biais d'une *Applicative Programming Interface* (API) que nous avons développée afin de les dispenser de gérer les problèmes complexes de synchronisation. Dans leurs programmes, ils utilisent ainsi les fonctions de haut niveau de la bibliothèque *Prog&Play* pour modifier l'état du jeu *via* des constructions simples (conditionnelles, itérations ou appel de fonctions).

Dans notre approche, il est important de laisser l'enseignant libre de choisir l'environnement de programmation et le langage. À l'heure actuelle, nous avons implémenté six versions de l'API pour les langages : ADA ; C ; Java ; Ocaml ; Scratch ; CompAlgo. Le logiciel est téléchargeable en libre accès (*Prog&Play*, 2012)

Dans le mode mission, le scénario proposé aux étudiants par *Prog&Play* est le suivant : « *Depuis un certain nombre d'années, une guerre secrète fait rage au sein même des ordinateurs. Des attaques ont régulièrement lieu contre d'innocentes victimes. Aujourd'hui c'est votre tour. Votre agresseur a capturé le contrôleur de votre souris. Vous devez le récupérer. Votre seule solution : la pro-*

grammation ». Pour atteindre l'objectif final, nous avons défini plusieurs missions de difficulté croissante. Les premières missions se centrent sur les instructions de base et servent à la prise en main progressive de *Prog&Play* et de sa bibliothèque.

Par exemple, la mission 5 (figure 1) consiste en une boucle pour rechercher une unité particulière dans l'ensemble des unités. La mission est ainsi proposée : « *L'assembleur vient d'apparaître sur la carte, aidez le à rejoindre le reste de votre armée. Déplacez l'assembleur, et uniquement lui, aux coordonnées (256, 811).* » Dans la dernière mission (mission 8), le problème est ouvert et le joueur doit définir et implémenter une stratégie pour remporter la victoire contre l'ordinateur.

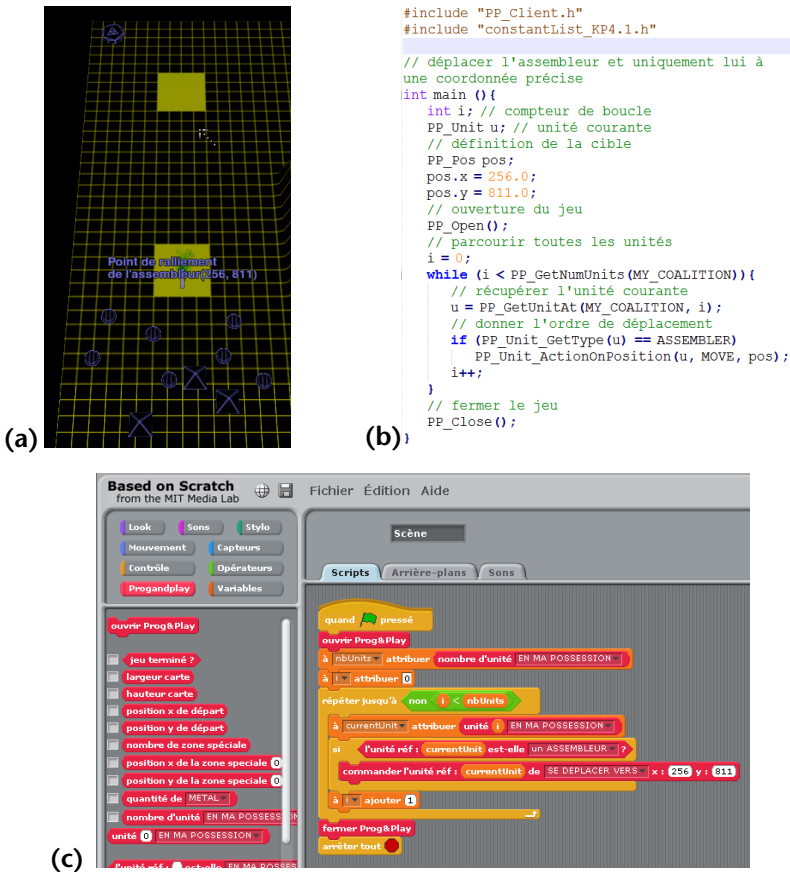


Figure 1 • Mission 5 : recherche d'une unité.

(a) Vue du jeu ; (b) Solution en langage C ; (c) une solution en SCRATCH

4. Questions de recherche et méthodologie

Une première étude quantitative à partir de questionnaires de satisfaction (Muratet et al., 2012) a suggéré que *Prog&Play* était plus apprécié des étudiants dans des contextes d'ateliers ou de projets que comme substitut à des séances de TP dans le cadre d'une formation classique. En effet, les données collectées suggèrent que l'utilisation d'un jeu sérieux comme simple outil d'illustration dans un enseignement classique ne semble pas avoir d'influence sur la motivation. En revanche, lorsque les contraintes temporelles sont moindres et que la continuité du jeu peut être respectée, les étudiants perçoivent mieux l'avantage inhérent du jeu sérieux : apprendre par l'expérience. Cette première analyse quantitative a permis de formuler ces suggestions qui méritent d'être approfondies par une analyse qualitative des commentaires des étudiants et des enseignants ayant utilisés le jeu. Dans cette seconde étude présentée ici, nous cherchons à comprendre les caractéristiques des situations d'enseignement s'appuyant sur *Prog&Play* pour favoriser des apprentissages et celles pour lesquelles l'utilisation du jeu n'apporte pas d'amélioration voire introduit une complexité ressentie comme néfaste. Nos questions de recherche sont les suivantes :

- Quelles sont les caractéristiques de *Prog&Play* et des situations d'usage mises en avant par les étudiants et les enseignants pour expliquer l'adoption de *Prog&Play* sur la durée ou son abandon après une première utilisation ?
- Quelles recommandations établir pour conduire à une utilisation favorable de *Prog&Play*.

4.1. Méthodologie d'observation

Les différentes expérimentations de *Prog&Play* ont été réalisées dans le cadre d'un dispositif expérimental (Cobb *et al.*, 2002) très souple qui consiste à laisser l'enseignant ou l'institution totalement libre dans la mise en place du dispositif. Notre objectif est en effet de pouvoir découvrir les différentes potentialités de l'outil en termes de pratiques enseignantes. L'idée a été de proposer à des enseignants ou à des institutions, d'intégrer *Prog&Play* dans leur enseignement ordinaire. Au départ, nous avons sollicité des enseignants à titre individuel, puis nous avons répondu à des demandes d'institutions ou d'enseignants désirant tester le jeu sérieux.

Certains enseignants ont utilisé *Prog&Play* en toute autonomie, cependant, les chercheurs sont parfois intervenus pour aider à la mise en place des séances d'enseignement, voire participer aux enseignements. L'aide des chercheurs a porté autant sur les parties techniques (installation de

Prog&Play) que sur les parties pédagogiques (élaboration de sujets de TP et leur animation).

Les seules contraintes imposées aux différentes personnes qui ont expérimenté *Prog&Play*, ont été (i) de nous préciser les caractéristiques de la formation où ils sont intervenus (niveau universitaire, institution, formation continue ou professionnelle, etc.) et de décrire la situation d'enseignement dans laquelle ils ont intégré le jeu (TD et TP d'algorithmique, cours de soutien, projet, etc.) ; (ii) de nous faire un compte rendu de leur expérience en répondant à un questionnaire très ouvert ; (iii) de faire passer auprès des étudiants, deux questionnaires en début et en fin d'expérience.

Le questionnaire passé en fin d'expérience comprend actuellement trois parties : une première concerne l'évaluation de leur degré de satisfaction vis-à-vis de *Prog&Play*, une seconde leur rapport à la programmation et la dernière leurs commentaires et suggestions. Dans les deux premières parties les réponses sont fournies sur une échelle de Likert en 5 points. Au fur et à mesure des expérimentations, nous avons fait évoluer les questionnaires (Questionnaire, 2008, 2010, 2013) afin de clarifier et mieux cibler les questions sur la motivation mais aussi sur les connaissances et compétences acquises.

4.2. Méthodologie de constitution du corpus de données

4.2.1. Nature et sélection des données

La multiplicité et l'hétérogénéité des expérimentations menées ont conduit à la constitution d'un corpus de données hétérogène. Tous les enseignants n'ont pas systématiquement transmis les questionnaires aux étudiants ou ne nous les ont pas fait remonter. Ainsi, sur les 11 contextes d'utilisation identifiés, nous en avons retenu 7, impliquant 388 étudiants et 22 enseignants.

Au cours d'une des expérimentations, l'enseignant a demandé aux étudiants de produire un rapport sur leur projet dans lequel ils décrivent les stratégies mises en œuvre pour remporter les missions, les difficultés rencontrées et, en conclusion, ce qu'ils pensaient avoir appris. Dans certains cas, nous avons pu conduire des entretiens avec les enseignants en fin d'expérimentation, dans d'autres cas ce sont des entretiens post séances informels que nous avons menés.

Dans cet article, pour comprendre les raisons d'adoption/abandon de *Prog&Play* par les enseignants et de la satisfaction/insatisfaction variable des étudiants, nous centrons notre analyse sur les parties ouvertes des

questionnaires enseignants et étudiants et sur les conclusions des rapports de projet étudiants.

4.2.2. Définition des variables indépendantes et des indicateurs

L'étude portant sur les conditions d'appropriation de *Prog&Play* par les enseignants, nous avons choisi comme variables indépendantes les éléments permettant de caractériser chaque situation, à savoir : (i) l'institution (IUT ou Université) ; (ii) le curriculum (IUT SRC, IUT info, IUT GII, L1) ; (iii) le langage support (Compalgo, C, Java, Ocaml) et le fait qu'il soit enseigné en premier langage ou en second ; (iv) le degré d'intégration des séances *Prog&Play* dans le cursus (fusionné aux TP ou en complément de la formation initiale), leur caractère d'obligation ou non et l'évaluation des étudiants ; (v) le temps consacré par les étudiants aux séances *Prog&Play* ; (vi) le degré d'implication des enseignants dans la mise en place des séances.

À partir d'une première lecture de l'ensemble du corpus, nous avons déterminé les indicateurs pertinents pour cette étude. Nous avons retenu trois dimensions dans les propos des étudiants et des enseignants : (1) la motivation et l'intérêt manifesté par les étudiants ou perçu par les enseignants ; (2) l'organisation des séances avec *Prog&Play* ; (3) le contenu enseigné/appris. Puis, pour chaque dimension nous avons repéré plusieurs catégories résumées dans le Tableau 1 et détaillées dans la section 5.

4.2.3. Méthodologie de traitement des données

Pour analyser ce corpus, nous avons procédé à une analyse de contenu manuelle de type catégorielle (Bardin, 1998). Les propos des enseignants et des étudiants ont été classés suivant la situation et la personne. Le texte a été segmenté au regard des catégories retenues. Par exemple, dans la phrase de l'étudiant 6 de la situation 5 « *le jeu m'a bien plu mais je n'aime pas du tout le langage de programmation qui est utilisé* », les auteurs ont codé la catégorie « engagement dans le jeu » (cf. catégorie 1.1) pour la première partie de la phrase et la catégorie « langage de programmation » (cf. catégorie 3.1) pour la seconde partie. Lors d'une première réunion, les chercheurs ont confronté leur segmentation des propos par situation et personne interrogée.

Tableau 1 • Nombre de commentaires des étudiants et des professeurs par dimension, par catégorie et par situation

		Situation		S1		S2		S3		S4		S5		S6		S7		Total	Total
		Étudiant	Professeur	É	Pr	É	Pr	É	Pr	É	Pr	É	Pr	É	Pr	É	Pr		
Catégories		Nb commentaires		4	3	2	2	1	23	12	9	1	1						
1- Motivation / Intérêt	1- Engagement dans le jeu (jeu, flow, investissement, jouer à programmer)	2+	1+	1+					3+	1= 1-	11+	1+	2+			28	173		
	2- Application de la programmation (programmer un jeu, concret, réel, utilité de l'informatique)	4+			1+ 1-			6+	6+ 1-	19+	1+					39			
	3- Créativité, réflexion, collaboration, autonomie	2+						1+		18+ 1-	2+	1+				25			
	4- Innovation pédagogique (apprendre en jouant, nouveauté, expérience à étendre)	5+		2=	1+	1+	10+	6+ 1-	8+	1+	3+					39			
	5- Motivation, intérêt		1+ 1-				6+ 5-	6+ 3= 3-	8+	1-						34			
	6- Orientation professionnelle ou universitaire						2+ 1-		5+							8			
Total		13	3	3	3	1	34	34	71	5	6								
2- Organisation	1- Préparation installation et prise en main de l'environnement (appropriation du jeu, charge de travail enseignant)				2-	1-	1+ 1-	1+ 3= 4-	1-	1-	2+					17	72		
	2- Gestion du temps		1-	1=			1-	4-	1+ 1-						9				
	3- Organisation des séances (rédaction des sujets, intégration dans le cursus, évaluation, semestre)			2=		1-	2= 5-	1+ 8= 7-	2+ 2= 1-	1-	1+				33				
	4- Gestion des différences et aide		1-				1+ 2= 1-	2= 2-	1=	1= 1-	1+				13				
Total			2	3	2	2	14	32	9	4	4								
3- Contenu enseigné	1- Langage (C/Caml)						3= 4-	1= 2-		1+					11	84			
	2- Facilité/Difficulté			1=			4-	12-	3=	1-					21				
	3- Notions de programmation (utilisation d'une API, abstraction des données, décomposition d'un programme, boucles, commentaires, tests)	1+			2-	1-		1= 4-	15+	1+					25				
	4- Influence sur l'apprentissage	2+				1=	2+ 1=	1+ 3= 4-	9+ 2-	1+	1+				27				
Total		3		1	2	2	14	28	29	4	1								
Total		16	5	7	7	5	62	94	109	13	11			329					

Remarques principalement positives
 Remarques principalement neutres

Remarques principalement négatives
 Aucune remarque recensée

Tableau 2 • Les différentes situations d'usage de *Prog&Play*

	Institution et curriculum	An- née	Nb participants	Langage, intégration des séances dans le cursus et implication des ensei- gnants	Temps de jeu	
S1	IUT A (Dpt Info, Semestre1)	2008	ens. : 2 ; étu. : 15	Compalgo, étudiants volontaires, atelier en complément de la formation initiale, aucun enseignant externe au projet	5 * 1h30	
S2	IUT B (Dpt Info, Semestre1)	2009	ens. : 2 étu. : 35	C, soutien pour les étudiants en difficulté en complément de la formation initiale, 1 enseignant externe au projet	3 * 1h30	
S3	IUT B (Dpt Info, S3)	2009	ens. : 2 étu. : 16	Java, étudiants volontaires, atelier en complément de la formation initiale, 1 enseignant externe au projet	3 * 1h30	
S4	IUT C (Dpt SRC, Semestre1)	2009	ens. : 2 étu. : 60	C, travaux pratiques obligatoires pour tous les étudiants, 2 enseignants externes au projet	5 * 1h30	
		2011	ens. : 1 étu. : 10	C, sessions de remédiation pour les étudiants en difficulté, 1 enseignant externe au projet	8* 1h	
S5	Université A (L1 Semestre1)	2009	ens. : 15 étu. : 99	OCaml, travaux pratiques obligatoires pour tous les étudiants, 14 enseignants externes au projet	2 * 2h	
S6	Université B (L1 Semestre 2)	2009	ens. : 1 étu. : 9 par année	C, étudiants volontaires, UE projet facultative en complément d'une UE initiation au langage C, 1 enseignant externe au projet	6 * 2h + travail personnel	
		2010				
		2011				
		2012				
		2013	ens. : 1 étu. : 19			
S7	IUT D (Dpt GEII, Semestre 1)	2009	Nb ens. : 1 étu. : 15 par année	C, projet intégré à une formation spécialement conçue pour un public désigné d'étudiants en difficulté, 1 enseignant externe au projet	5 * 2h	
		2010				
		2011				ens. : 1 étu. : 30 par année
		2012				

Chaque chercheur a ensuite attribué une valence positive, négative ou nulle aux segments selon que le commentaire est jugé favorable, critique ou neutre. Une confrontation entre les différentes analyses a été effectuée pour obtenir un consensus. En effet, étant donné le grand nombre de variables et la faiblesse des effectifs de données recueillis dans certaines situations, nous n'avons pas voulu effectuer de comparaison statistique. Le consensus étant obtenu entre les différents chercheurs, un tableau de synthèse a été établi permettant de rendre compte des valences des différents thèmes sur tout le corpus, classé par situation et personne interrogée. Le corpus annoté, résultat de ce travail, est consultable en ligne (Corpus, 2013).

4.3. Description du corpus de données : situations d'utilisation et participants retenus

Nous avons ainsi retenu sept situations différentes (S1 à S7) impliquant 388 étudiants et 22 enseignants (Tableau 2). Les sujets étaient des étudiants en informatique de première année d'université, ou bien, de première ou deuxième année d'IUT. Dans les situations 1, 2, 3 et 5, un membre de l'équipe de conception de *Prog&Play* faisait partie de l'équipe enseignante ce qui n'était pas le cas dans les autres situations. Dans les situations 1, 3 et 6, les étudiants étaient volontaires alors que dans les autres situations l'utilisation de *Prog&Play* était obligatoire, soit en substitut de TP classiques (situation 4, 5), soit pour un public désigné nécessitant un enseignement de remédiation (situation 7), soit à titre d'exercices complémentaires (situation 2), soit dans le cadre d'un projet (situation 6). Les situations 6 et 7 sont particulières dans la mesure où, dans deux contextes différents, les deux enseignants ont monté un enseignement spécifique fondé sur une pédagogie de projet autour de *Prog&Play*. Dans ces deux contextes, l'évaluation des étudiants tenait compte de la qualité des programmes produits dans l'environnement *Prog&Play* et d'une réflexion sur les apports du projet en termes d'apprentissage de la programmation. Ce n'était pas le cas dans les autres situations. Ces enseignants continuent d'utiliser *Prog&Play* chaque année depuis quatre ans.

Dans chaque situation, les étudiants jouaient et travaillaient avec *Prog&Play* dans les salles de TP où le jeu était déjà installé sur les machines et où ils bénéficiaient de l'assistance d'un enseignant. Dans la situation 6 cependant, les étudiants pouvaient terminer les missions en dehors des séances avec une aide, de l'enseignant ou de leurs pairs, par courrier électronique pour installer l'environnement sur leur ordinateur personnel ou pour mettre au point leurs programmes.

5. Résultats

Le Tableau 1 résume les résultats de notre analyse. Sur les 75 commentaires analysés (56 d'étudiants et 17 d'enseignants), nous avons retenu 329 remarques (199 d'étudiants et 130 d'enseignants). En ce qui concerne les valences, sur l'ensemble de ces remarques, 88 sont négatives et expriment des critiques ou des difficultés rencontrées, 46 sont neutres ou sont de l'ordre du conseil ou de la proposition et 195 sont positives. En ce qui concerne le contenu des remarques, nous les étudions selon les dimensions et catégories que nous avons retenues. Dans la suite de l'article, nous référençons les citations des étudiants et des enseignants de la manière suivante : SxEy référence une citation de l'étudiant « y » de la situation « x » ; SxPy référence une citation de l'enseignant « y » de la situation « x ».

5.1. Motivation

Les remarques les plus nombreuses concernent la dimension de la motivation pour laquelle nous avons distingué six catégories de remarques : 1) celles qui concernent l'engagement des étudiants par le jeu ; 2) celles qui considèrent *Prog&Play* comme un domaine d'application particulier de la programmation ; 3) celles qui se focalisent sur les compétences transversales mises en œuvre ; 4) celles qui font référence au caractère innovant de ce type de pédagogie ; 5) celles qui mentionnent l'intérêt et la motivation sans précision ; 6) celles qui font référence à une orientation professionnelle ou universitaire future.

5.1.1. Engagement dans le jeu

Nous avons classé dans la catégorie engagement des étudiants dans le jeu les remarques qui mentionnent l'aspect ludique.

« Très bon accueil des étudiants qui sont [...] pour certains démotivés pas la programmation. Les étudiants ont montré leur implication (notamment en travaillant chez eux alors que cela n'était pas demandé) et c'est déjà un gain important » (S7P1)

« Chaque mission réussie, est ressentie comme une victoire. On a envie de programmer, on a envie de réfléchir pour trouver une stratégie et gagner le jeu. » (S6E17).

« Pour le mot de la fin, nous pouvons dire que l'approche du jeu sérieux est très efficace, nous ne nous attendions pas à quelque chose pouvant susciter tant d'intérêt, mais plutôt quelque chose de très scolaire maquillé sous le thème du jeu. Nous avons pris vraiment plaisir, à faire le travail qui s'apparentait à un jeu et là est le tour de force. Nous ne devons plus faire un programme pour tra-

vailler la syntaxe sur un énoncé imposé, mais pour faire marcher et donner vie à un jeu avec nos tactiques et donc nos propres énoncés, que nous pouvions rendre plus en plus complexes. Il nous a fallu nous armer de patience mais lorsque le résultat était là il était très gratifiant de voir le fruit de l'élaboration de nos tactiques. » (S6E21)

« Le code de la 7^e mission a été réellement très long à établir. Beaucoup, d'idées ont dû être abandonnées et revues dès le début. Au total, des centaines de lignes de code ont été écrites. De nombreuses fois j'ai vu mon armée se faire détruire entièrement. Cependant le fait d'approcher de plus en plus de la victoire à chaque tentative m'a tenu en haleine. » (S6E4)

Cette dernière citation illustre bien la notion de *flow*, définie comme un état où le joueur perd la notion du temps et se retrouve absorbé par l'expérience du jeu (Csikszentmihalyi, 1991).

5.1.2. Application concrète de la programmation

Un des points qui revient très souvent est l'intérêt pour une application souvent qualifiée de « concrète » de l'informatique. Certaines remarques relèvent que *Prog&Play* montre l'utilité de la programmation.

« L'expérience est positive dans le sens où ça peut montrer aux étudiants que programmer est nécessaire (ne serait-ce que pour écrire un jeu). » (S5P4)

« À notre surprise, nous qui n'aimons pas les jeux vidéo, les étudiants ont trouvé qu'ils programmaient quelque chose de réel. » (S6P1)

« C'est un exemple concret où on comprend à quoi servent nos algorithmes. » (S1E2)

« Nous avons pu nous exercer à une pratique qu'on effectue depuis un an : la programmation. Cependant cette fois nous avons une application concrète à observer. » (S6E3)

« Pour les néophytes dans la programmation, ça permet d'avoir une application directe autre que mathématique qui, je pense, nous permet une meilleure compréhension de la matière. » (S6E23)

Dans cette catégorie, quelques remarques soulignent l'intérêt de démystifier les jeux vidéo.

« C'est un peu comme quand on explique un tour de magie, on a l'impression de maîtriser quelque chose de plus. » (S5P11)

« Pour moi les jeux, l'informatique, c'était un peu magique. Là je vois comment ça marche. » (S6E8)

« On est dans l'envers du décor de notre enfance, on programme un jeu alors que d'habitude on y joue et pour une fois on y voit la complexité (avec tous les

cas qu'on doit étudier) mais aussi la possibilité de le faire, cela devenant accessible. » (S6E10)

Enfin, dans la même catégorie, nous avons aussi placé les remarques qui insistent sur la visualisation des résultats des programmes.

« Ils ont apprécié de jouer et de voir que leurs programmes avaient un effet sur le déroulement du jeu. » (S5P6)

« La visualisation du résultat des actions amène un côté didactique motivant pour les élèves. » (S5P9)

« On voit le résultat que l'on produit et ça change de la théorie du cours. » (S1E3)

5.1.3. Créativité, Réflexion, Travail collaboratif

Principalement dans les contextes de projets (S6 et S7) mais pas seulement, les enseignants et certains étudiants, mettent en avant que *Prog&Play* favorise l'imagination, la créativité, l'autonomie et aussi la collaboration.

« Nous avons été impressionnées par la diversité des stratégies envisagées par les étudiants. » (S6P1)

« On se sent dans un projet collectif et on n'a pas besoin de nous dire faites cette fonction de cette procédure. Car cela vient tout seul. [...] Alors qu'en TD on ne réfléchit pas, on suit simplement les questions. » (S1E3)

« La programmation est propice à l'imagination comme dans ce que nous avons à faire dans ce module qui était de faire sa stratégie pour battre l'adversaire et c'est ça qui était le plus intéressant à mon goût. » (S6E5)

« La "Force" et la "Faiblesse" de ce projet est, nous pensons, le fait qu'il demande beaucoup d'initiatives et de patience. "Force" car l'étudiant qui n'abandonne pas et fait de nombreux essais, en sort enrichi de cette expérience. "Faiblesse" car l'étudiant qui n'aurait pas su prendre des initiatives, qui n'aurait pas su lever le blocage, n'apprendrait rien. » (S6E6)

« Ce projet a la particularité, contrairement aux TP machines d'informatique, de faire suivre un exercice sur plusieurs séances avec un binôme, nous avons dû apprendre à nous organiser. » (S6E21)

*« Certes, il y a eu des difficultés liés au fonctionnement pas très intuitif de *Prog&Play*, mais cela nous a appris à persévérer pour trouver la solution et à prendre de recul par rapport à notre façon de coder : il faut toujours se demander comment le programme marche, et remettre en question ce qui semble à nous logique. » (S6E23)*

5.1.4. Innovation pédagogique à étendre

De nombreuses remarques relèvent le côté innovant de ce type de pédagogie.

« Prog&Play a été bien accueilli par sa dimension innovante. » (S4P1)

« Bonne initiative mais c'est dommage que ce soit si long et si compliqué. Mais dans l'ensemble, les étudiants étaient quand même satisfaits car cela sortait de l'ordinaire. » (S5P8)

« Ce module devrait être intégré totalement à l'IUT car on s'améliore à une vitesse surprenante. » (S1E3)

« Suggestions ? Oula, oui, et plein !!! D'abord, étendre l'enseignement par jeux vidéo à tous les élèves, c'est une expérience remarquable d'audace et d'ingéniosité. Et apparemment, elle porte ses fruits... [clin d'œil] Pourquoi ne pas essayer le même système dans les autres matières ? Ce serait visionnaire [cool]. » (S5E18)

« Tout cela a bien sûr éveillé notre goût de l'informatique, nous espérons avoir une UE de la sorte dans notre parcours et pouvoir un jour aller plus loin dans la programmation ludique. » (S6E21)

5.1.5. Intérêt et motivation

Certains enseignants de la situation 5 et un étudiant relativisent l'intérêt d'un jeu (ou de ce type de jeu) pour étudier la programmation.

« Je suis malheureusement incapable de dire si ça les a réellement motivés. [...] Un jeu où l'on se tire dessus n'est pas non plus forcément un bon choix. [...] les filles n'étaient pas fana de ça » (S5P4)

« Le sujet a surtout eu l'air de motiver les plus joueurs d'entre eux (trop complexe pour les autres !). » (S5P9)

« Apprendre la programmation en se basant sur un jeu peut motiver certaines personnes, mais cependant, cela peut également avoir l'effet inverse sur les personnes qui ne sont pas du tout intéressées par les jeux. » (S2E3)

Dans la situation 5 où, à l'inverse des situations 6 et 7, les énoncés des missions étaient très fermés et directifs, des enseignants et des étudiants estiment les missions trop simples et ennuyeuses.

« En fait, je pense qu'ils ont tous été frustrés : soit ils n'arrivent à rien (car la moindre fonction à écrire repose sur l'utilisation de fonctions prédéfinies), soit ils trouvent qu'ils n'ont pas assez programmé. » (S5P3)

« Les étudiants étaient plus motivés au départ car il s'agit d'un jeu, ils ont bien aimé jouer à la première séance. Après ils sont tombés de haut, car même si

ça leur faisait plaisir d'arriver au bout d'une mission et qu'ils étaient réellement motivés à terminer, ils étaient tout de même frustrés car les missions avaient un but précis sans aucune marge de manœuvre. » (S5P8)

« Au final, on n'a pas réellement joué au jeu, on programmait et puis, 1 fois sur 10, un pion bougeait... »(S5E15)

« On ne crée pas vraiment le jeu, on fait juste des fonctions pour le déplacement et autre. » (S5E21)

Cependant, même dans cette situation, certains étudiants estiment que le jeu les a intéressés.

« J'ai adoré ces TP et je suis impatient de continuer au semestre 2. » (S5E8)

« Je pense que le fait d'apprendre à travers un jeu est intéressant : on voit, de suite les résultats de ce que l'on fait. Pour moi, cela a suscité un plus grand intérêt pour les TP. » (S5E16)

« Étant donné que la nouvelle génération est tournée vers les nouvelles technologies et en particulier vers l'informatique et les jeux vidéo, je trouve l'idée bonne pour motiver les étudiants de cette filière. » (S5E17)

5.1.6. Orientation professionnelle ou universitaire

Quelques remarques d'étudiants font référence à l'influence de Prog&Play sur leur orientation future.

« Très bonne idée d'utiliser un jeu vidéo pour la programmation. Ces TP ont renforcé mon envie de continuer en informatique. » (S5E10)

« Je me suis aperçu lors de ce premier semestre que l'informatique était un domaine qui ne m'intéressait pas du tout. » (S5E11)

« Au bout de 4 mois, notre vision en tant qu'étudiants a évolué. Dans le sens où notre connaissance en C s'est approfondie à travers la découverte de nouvelles bibliothèques, le travail de groupe a pris un rôle important, de la partie codage, des idées se sont échangées et on a découvert d'autres façons de concevoir l'informatique, ainsi que la préparation de notre avenir en entreprise où le travail d'équipe a une place importante. » (S6E10)

« Une des autres choses que m'a apportées cette UE mais cela est à titre personnel c'est qu'elle m'a donné envie d'en savoir plus sur un sujet qui avant ne me serait jamais venu à l'esprit : l'Intelligence Artificielle. » (S6E14)

5.2. Organisation du travail

L'organisation des séances était très variable selon les situations. Nous avons retenu quatre catégories de remarques : 1) celles qui abordent la préparation, l'installation et la prise en main de l'environnement ; 2)

celles qui traitent de la gestion du temps ; 3) celles qui portent sur l'organisation même des séances et leur intégration dans le cursus ; 4) celles qui concernent la gestion des différences entre étudiants et l'aide à leur apporter.

5.2.1. Préparation, installation et prise en main de l'environnement

Les enseignants estiment n'avoir pas passé plus de temps à préparer les séances de TP que pour des TP ordinaires.

« La charge de travail vient essentiellement du fait que c'est différent des années précédentes. Un sujet classique mais nouveau aussi, aurait également demandé une charge importante. Le surplus dû au fait que c'est du serious gaming n'est pas très important à mon avis et est essentiellement dû au fait qu'il faut un peu de temps pour maîtriser le nouvel environnement. » (S5P1)

« Ce genre de TP n'impose pas vraiment de charge supplémentaire quant à la préparation. Le surplus subsiste dans la prise en main de l'environnement Kernel Panic, mais pour le reste, c'est équivalent. » (S5P8)

Seule l'enseignante de la situation 6 mentionne des difficultés à installer le jeu sur des machines pour faire jouer les étudiants en réseau.

« En fait nous avons passé beaucoup de temps à préparer (3 jours entiers à deux) surtout pour surmonter les difficultés techniques (trouver des portables, installer, copier, tester, redéfinir les adresses IP pour créer un réseau local etc.) » (S6P1)

Par contre, dans la situation 5, certains commentaires indiquent que la prise en main de l'environnement *Prog&Play* par les enseignants était insuffisante.

« On peut la [l'expérience] répéter l'année prochaine, en espérant qu'au moins les enseignants se soient mieux habitués à l'environnement du jeu. » (S5P6)

Certains enseignants signalent aussi des difficultés pour identifier des stratégies de jeu et les mettre en œuvre.

« Difficultés rencontrées : Principalement, sans bien connaître le jeu, identifier des stratégies de solution à mettre en œuvre, expliquer aux étudiants comment mettre en œuvre une stratégie qu'ils avaient décidée (passer de la stratégie aux actions). » (S3P1)

5.2.2. Gestion du temps

Le temps de travail avec *Prog&Play* est évoqué. Pour des enseignants de la situation 5, les sujets ont paru trop longs et mal adaptés au temps alloué aux séances *Pro&Play*.

« Les TP étaient bien longs et par conséquent on ne couvrait que très peu d'exercices en séances. » (S5P5)

« Les TP étaient vraiment plus longs et plus difficiles que ceux de l'enseignement classique. À la limite le TP3 P&P aurait pu faire séance 3 et 4 (et zapper le TP4 ou le mettre en annexe...) pour que les étudiants puissent vraiment à la fois s'imprégner du jeu et comprendre ce qu'on attendait d'eux et arriver à quelque chose. » (S5P8)

Pour d'autres, au contraire, le temps a passé trop vite et les étudiants auraient voulu davantage de TP de ce genre

« Pour une fois c'est passé vite en programmant le jeu ! » (S2E2)

« Il faudrait qu'il y ait plus de missions, que la durée de l'atelier soit plus longue, afin de rentrer encore plus dans les détails de la programmation. Et que les dernières missions se fassent à plusieurs (en réseau). :) » (S3E2)

5.2.3. Organisation des séances

L'organisation des séances est abordée presque exclusivement par les étudiants et les enseignants de la situation 5 pour déplorer la longueur des sujets, pour mentionner le décalage entre les TP *Prog&Play* et les TP traditionnels et l'évaluation de la formation. Certains proposent des améliorations tant sur les sujets que sur l'organisation.

« Source du problème : pas le jeu en lui-même, mais le sujet. Il faut continuer à essayer le *Prog&Play*, mais il faut modifier les sujets de TP : les simplifier ou les rendre moins longs, moins compliqués. » (S5P8)

« Ce qui est peut-être dommage c'est que toutes les séances ne soient pas toutes basées sur le serious game, le déroulement des séances a l'air de manquer d'un peu de lisibilité pour les étudiants. » (S5P9)

« Je pense que *Prog&Play* serait plus adapté pour des étudiants plus avancés dans le cursus. En début de L2 par exemple, sous réserve de le faire dans un langage que les étudiants maîtrisent déjà, l'apprentissage de la bibliothèque et des outils associés à *Prog&Play* pourrait être plus facile. Dans ce cadre *Prog&Play* permettrait d'aborder des notions simples (d'IA par exemple) en offrant un cadre difficile à mettre en place autrement. » (S5P12)

« Un point négatif pour les TP : dans les fiches *Prog&Play*, il y a plus à lire qu'à écrire, je ne pense pas que ce soit le but premier d'un TP. » (S5E1)

« Je pense qu'on aurait dû varier les types de TP informatiques pour être plus complet, mais peut être avec des TP de *Prog&Play* plus complexes, avec une sorte d'intelligence artificielle, puisque utiliser la fonction se déplacer était assez simple. » (S5E22)

Dans les autres situations, l'organisation des séances ne semble pas avoir posé de problème et n'est pratiquement pas évoquée. Enfin certaines remarques évoquent l'intégration dans le cursus.

« Nous aurions dû, par plus de préparation, beaucoup plus l'adapter (simplification des bibliothèques) au niveau des étudiants et l'intégrer plus étroitement aux séances et à l'évaluation du module dans lequel nous l'avons utilisé » (S4P1)

« L'UE nous a donné une idée de comment sont liées les jeux et la programmation. C'était une UE intéressante et plutôt relaxante comparée aux autres UEs. On a aussi appris comment un jeu sérieux peut être utilisé comme instrument didactique. On a pu améliorer nos capacités en C, et du coup les cours de LI115ⁱ étaient plus faciles. » (S6E15)

Notons qu'un étudiant de la même situation est d'un avis contraire. C'est le seul à exprimer cette idée, qui n'en est pas moins légitime. En effet, il estime que le changement de contexte d'application n'est pas profitable car l'évaluation de l'UE de programmation en C (appelée LI115), qui se déroule en parallèle de l'UE *Prog&Play*, porte sur le contexte traditionnel.

« Pour nous qui venons de découvrir le langage C ce semestre et qui débutons en informatique, ce jeu nous a permis de connaître une autre application de la programmation. Nous n'avions utilisé le langage C que dans le but de résoudre de petits problèmes mathématiques. [...] Cependant, un inconvénient que nous pourrions trouver à ce jeu est qu'il n'est pas vraiment pédagogique. Il ne nous apprend pas le langage C, il permet juste de l'appliquer. De plus, il n'aide pas à la préparation de l'examen qui nous attend à la fin du semestre en C, les exercices demandés étant totalement différents. Enfin, la bibliothèque que l'on utilise dans ce jeu est forcément différente de celle utilisée en classe, ce qui du coup ne nous aide pas à nous familiariser avec. » (S6E11)

5.2.4. Gestion des différences et aide

Certains enseignants notent des différences interindividuelles et des difficultés à gérer les aides à apporter tout en maintenant la motivation.

« Malgré tous mes efforts, certains étudiants n'ont rien compris : j'ai l'impression que ce genre d'exercice creuse encore plus le fossé entre ceux qui savent lire et les autres (qui sont malheureusement de + en + nombreux). » (S5P3)

« J'ai eu l'impression d'une influence différente suivant les étudiants : pour les étudiants déjà motivés par l'informatique et de niveau au moins correct, cela a été visiblement motivant ; pour les étudiants de niveau plus faible, l'utilisa-

tion des bibliothèques a constitué une barrière supplémentaire, que j'ai dû leur aider à passer. » (S5P12)

« Un binôme (celui qui n'a pas réussi à programmer la mission 7) aurait souhaité plus de support, les autres ont au contraire apprécié devoir trouver par eux-mêmes. » (S6P1)

L'enseignant de la situation 7, quant à lui, pointe l'intérêt du dispositif dans un contexte hétérogène.

« [...] cela permet pour les plus faibles (souvent issus d'un "redoublement") de se motiver, et pour les plus forts (ceux qui par exemple arrivent de classes préparatoires en février) de développer de véritables stratégies dans Prog&Play. » (S7P1)

Les étudiants mentionnent à plusieurs reprises, l'importance de la médiation des enseignants (ou des pairs).

« Le seul point sur lequel je suis déçu c'est le fait que l'on ne soit pas assez "entouré". J'aurais préféré aller moins vite mais avec plus d'attention au cas par cas de la part du professeur car les difficultés ne sont pas les mêmes pour tout le monde. » (S2E1)

« Plus à lire qu'à faire en particulier dans les TP Prog&Play. Éventuellement ajouter des fiches de rappels / didacticiels sur le site de moodle pour ceux qui ne comprennent pas trop. » (S5E3)

« Les enseignants étaient là pour nous expliquer et nous pousser à tenter de faire les TP par nous-mêmes. » (S5E10)

« Pour la mission 7, au début on n'arrivait à réparer qu'une unité, il a donc fallu trouver le moyen de toutes les réparer, et c'est avec notre travail d'équipe et l'aide du professeur qui nous explique où cela ne fonctionne pas qu'on a réussi à gagner la mission. » (S6E10)

5.3. Contenu enseigné

Sur la dimension de la programmation, contenu d'apprentissage visé par *Prog&Play*, nous avons retenu quatre catégories de remarques : 1) celles qui concernent le langage étudié ; 2) celles qui évoquent la difficulté du travail (ou sa trop grande facilité) ; 3) celles qui mentionnent explicitement des notions de programmation ; 4) celles qui évaluent l'influence sur l'apprentissage.

5.3.1. Le langage de programmation étudié

Concernant le langage de programmation, les remarques concernent uniquement la situation 5. Au-delà des plaintes bien connues des

étudiants sur la lourdeur ou l'inutilité de Caml, des enseignants s'interrogent sur la compatibilité de *Pro&Play* avec l'enseignement d'un langage fonctionnel.

« Je pense que le *Prog&Play* est une bonne idée. Mais pas en l'état. Il arrive trop tôt, et le Caml ne me semble pas le meilleur langage pour utiliser cet outil. Peut-être que l'introduire au second semestre, pour les cours de C, serait plus intéressant. » (S5P2)

« Je crois que les concepts abordés qui ressemblent un peu à la programmation objet (pour agir sur une entité j'utilise des méthodes) leur échappe complètement et même en expliquant et en réexpliquant (..), certains ont du mal à comprendre et je ne suis pas certaine qu'ils aient assimilé le truc. Ça risque donc, pour certains, de les entraver plus qu'autre chose. Mais, pour la majorité, ça a marché... » (S5P4)

5.3.2. Difficulté/Facilité

Deux étudiants et six enseignants de la situation 5 estiment que le jeu est contre-productif, trop difficile, trop complexe et constitue une perte de temps.

« *Ce qui a handicapé le groupe Prog&Play : gestion de l'environnement. L'environnement n'est pas mal fait, je ne saurais pas comment l'améliorer. C'est juste un overhead inhérent au contexte du jeu.* » (S5P6)

« *L'apprentissage de l'environnement se fait au détriment de la programmation [...] avec le jeu on rajoute un niveau d'abstraction supplémentaire par rapport à un TP traditionnel.* » (S5P10)

« *Le jeu est quand même relativement compliqué pour un (premier) semestre de programmation.* » (S5E21)

D'autres, au contraire, mentionnent une absence de difficultés.

« *Aucune difficulté rencontrée sur l'utilisation de l'environnement de développement.* » (S7P1)

« *Ce fût plus facile pour moi de construire les programmes à travers un jeu.* » (S1E1)

Enfin, les étudiants de la situation 6 jugent les dernières missions plutôt difficiles et, ce qui est cohérent, dans la situation 5 où seules les premières missions ont été proposées, quatre étudiants et un enseignant estiment les missions trop faciles.

« *Les exercices de programmation avec Kernel Panic pourraient être plus avancés, dans les TP c'est juste réaliser une action, c'est plus du type "entrer une commande sous DOS" que des vrais lignes de code.* » (S5E4)

« Les premières missions furent faciles. Puis en fonction des missions, le professeur nous demande d'approfondir le code (par exemple lors de la première attaque, on attend que l'ennemi apparaisse puis on attaque). Les missions 7 et 8 furent assez difficiles. » (S6E10)

5.3.3. Notions de programmation

Certaines remarques font référence aux concepts informatiques mis en jeu par l'utilisation de *Prog&Play*. Dans la situation 5, ce sont surtout les enseignants qui signalent des difficultés vis-à-vis de points qui ne sont pas enseignés en cours (utilisation d'une bibliothèque de fonctions, abstraction de données par exemple).

« L'introduction du *Prog&Play* demandait aux étudiants de faire appel à des concepts qu'ils ne maîtrisent pas encore (notamment en ce qui concerne l'utilisation de fonctions ou de variables prédéfinies) qui en a bloqué certains pendant de longs moments. » (S5P2)

« Il n'est peut-être pas possible de traiter toutes les notions du cours/TD à l'aide du jeu. » (S5P9)

« Pour les étudiants de niveau plus faible, l'utilisation des bibliothèques a constitué une barrière supplémentaire [... en particulier] l'utilisation des fonctions associées et l'abstraction des données (entités). » (S5P12)

D'autres signalent un apprentissage (cas des boucles, de la décomposition d'un programme en fonctions, de l'intérêt des commentaires ou des tests).

« Du point de vue apprentissage du C, je pense qu'ils ont approfondi leur connaissances sur les boucles, appris à chercher des fonctions dans une bibliothèque en se contentant des commentaires et surtout qu'ils ont été obligés, par eux-mêmes, de décomposer un problème en sous problèmes (alors qu'en TD/TP/examen ils doivent résoudre les sous problèmes ponctuels qui sont donnés et plus faciles à noter). Par contre, je ne suis pas sûre que ce travail les avantage pour l'UE de C qui n'évalue pas ces compétences. » (S6P1)

Les remarques des étudiants proviennent essentiellement de la situation 6 où les étudiants ont rédigé un rapport pour lequel la consigne était de préciser les difficultés rencontrées et ce qu'ils avaient appris durant le projet. Ces étudiants comparent l'apprentissage avec *Prog&Play* à celui de l'UE de programmation de C qu'ils suivent en parallèle.

« Pour pouvoir créer une IA on doit réfléchir par nous-mêmes aux fonctions nécessaires qu'on va devoir créer. Alors qu'en TD on ne réfléchit pas, on suit simplement les questions. » (S1E3)

« Il y a dans ce jeu une notion qu'il n'y a pas en UE de LI115, qui est la gestion du temps. En effet, il faut attendre que certains ordres soient effectués avant d'en donner d'autres (par exemple, il faut attendre que l'unité qui nous intéresse soit créée avant de lui envoyer une commande). » (S6E11)

« Le fait de devoir écrire un programme entier complet à l'aide de bibliothèques extérieures qui nous étaient jusqu'ici inconnues constitue une nouveauté (plutôt plaisante) dans notre cursus informatique. [...] Si nous avons déjà pu être amenés à nous concentrer sur des problèmes plus conséquents que ceux présentés en TD, celui de terminer la mission huit aura sans doute constitué le plus difficile de ces derniers. Ainsi, nous pensons en avoir retenu de bonnes habitudes de programmation, car à plusieurs reprises, par manque de tests, nous nous sommes retrouvés dans une position difficile où la correction de nos fonctions devenait assez complexe. » (S6E16)

« Nous avons également pu mettre en pratique ce que nous avons appris en LI115, notamment la création et l'utilisation de fonctions. Nous nous sommes également améliorés sur l'utilisation de boucles et d'alternatives, dans le choix des priorités des unes par rapport aux autres. » (S6E18)

« Ce jeu nous a amené à faire un long programme (pour la mission 8), ce que nous ne faisons pas en TP de C. Ainsi nous avons appris plusieurs choses :

- L'utilité de faire des fonctions : Nous avons découvert l'intérêt de découper le code en plusieurs fonctions, ce qui nous a aidé à détecter les erreurs, et à alléger le programme pour le rendre plus compréhensible.
- L'utilité de mettre des commentaires : Au bout de la 2^e séance sur la mission 8, nous nous sommes rendu compte que, en l'absence de commentaires, nous mettrions beaucoup de temps à déchiffrer le code et à nous rappeler où nous en sommes.
- Une technique pour détecter les erreurs : Lorsque nous ne savions pas pourquoi la fonction ne faisait pas ce qu'elle devait, nous avons découvert qu'il était utile de demander à la fonction d'afficher quelque chose. » (S6E20)

« Jusqu'à maintenant nous étions habitués aux TP rapides où les commentaires et les variables explicités n'étaient pas indispensables car nous n'avions pas à revenir sur le travail plus tard. La lisibilité du code n'était pas importante, il suffisait que le code fonctionne comme annoncé. [...] De même, on retrouve une utilisation systématique des fonctions qui s'avèrent indispensables pour décomposer le travail. » (S6E21)

« Ça permet aussi de se forger une bonne base, surtout dans l'écriture de C et ça nous apprend aussi à bien lire et utiliser un document de programmation. » (S6E23)

5.3.4. Influences sur l'apprentissage

Des remarques sont partagées concernant une influence sur l'apprentissage.

Certains enseignants de la situation 5 estiment l'influence négative, au moins dans l'état du jeu ou dans le dispositif qui avaient été mis en place.

« Ces étudiants ont trouvé que le temps de lecture est beaucoup trop important par rapport au temps nécessaire à la programmation : en résumé, "tout ça pour ça". [...] Au final, j'ai choisi à l'issue des TP 3 et 4 de Prog&Play de leur faire faire le TP4 traditionnel sur les listes avant de passer au TP 5. » (SSP3)

« Je pense que l'influence sur leur motivation était positive. [...] Par contre, l'impact sur leurs performances effectives était clairement négatif. [...] Je pense qu'il serait prématuré de trancher après une première expérience. » (SSP6)

D'autres enseignants ont un avis plus nuancé et lié au profil des étudiants.

« J'ai l'impression (à confirmer) que les étudiants en grande difficulté n'améliorent pas vraiment leur connaissance en C mais sont débordés par la complexité ajoutée par l'environnement d'exécution du jeu. Peut-être par ce que je ne les ai pas assez aidés. » (S6P1)

Enfin de nombreuses remarques mentionnent une amélioration des connaissances et un apprentissage facilité sans faire toujours référence à un contenu de programmation ou en faisant allusion à des compétences « transversales » de réflexion, d'autonomie comme nous en avons donné des exemples dans la section 5.1.

« En ce qui concerne les étudiants, très forte motivation au départ, et réel engouement pour certains. Sur la fin certains sont arrivés à leurs limites mais sur une ou deux séances uniquement. Tous les étudiants ont atteint les objectifs initiaux. » (S7P1)

« Nous pensons qu'il devrait y avoir beaucoup plus d'UEs qui nous apprenne à développer cet esprit d'analyse, d'investigateur que nous avons pu développer dans cette UE de jeux sérieux. » (S6E6)

« Cette UE m'a énormément apporté aussi en ce qui concerne la programmation en C et m'a aidé en LI115. Le fait aussi de travailler en binôme fut très intéressant. » (S6E12)

« Ce projet nous a permis d'approfondir nos connaissances en programmation. En effet étant donné que nous avons commencé à programmer il y a peu de temps, nous n'avions qu'une approche un peu trop théorique de la programmation. Ce projet nous a donc apporté un côté pratique non négligeable. » (S6E13)

6. Discussion

À la lumière de cette analyse, quatre facteurs nous apparaissent déterminants dans les situations étudiées : 1) la prise en compte des subtiles différences dans les connaissances travaillées dans le contexte du jeu et celles qui font partie du programme des enseignements traditionnels ; 2) le temps d'exposition au jeu ; 3) le degré d'implication des enseignants dans la mise en place de la formation ; 4) la médiation mise en œuvre par l'enseignant. Nous déduisons de ces observations des recommandations pour faciliter l'utilisation de *Prog&Play*.

6.1. Contenu enseigné

Les missions de *Prog&Play* visent à intégrer des concepts de programmation dans un contexte que les étudiants trouvent réaliste ou, du moins, qui fait sens pour eux. On peut se demander si *Prog&Play* ne renforce pas chez les étudiants le cliché « informatique égal jeux vidéo », mais il peut aussi démystifier et ouvrir l'intérêt vers de nouvelles applications (cf. remarques de la catégorie 1.2 – voir section 5.1.2).

Les concepts travaillés sont les mêmes que ceux de l'enseignement traditionnel (affectation, structures de contrôle conditionnelles et itératives, fonctions) mais ils sont appliqués dans un contexte différent : d'une part l'enseignement traditionnel propose des exercices mathématiques simples et, d'autre part, l'environnement *Prog&Play* permet de commander des entités virtuelles dans un monde qui évolue avec le temps. Dans les deux cas, des prérequis sont nécessaires : des concepts mathématiques pour les enseignements traditionnels et la manipulation de l'environnement et l'interaction avec le jeu dans le contexte de *Prog&Play*. Lorsque ces prérequis restent implicites et à la charge des étudiants, cela crée des obstacles pour de nombreux étudiants. Nous recommandons donc un enseignement explicite des manipulations de l'environnement du jeu.

Si l'on accepte l'hypothèse que l'apprentissage est contextuel, le changement de contexte n'est pas indifférent sur l'apprentissage comme le relèvent certains étudiants de la situation 6 (par exemple à propos de la gestion du temps, catégorie 3.3 – voir section 5.3.3). De plus, certains enseignants de la situation 5 remarquent que le contexte du jeu (donner des ordres à des objets du jeu) est plus proche du paradigme de la programmation impérative et objet que de celui de la programmation fonctionnelle qui est par contre très adapté au contexte mathématique.

Une autre caractéristique de l'usage de *Prog&Play* est l'utilisation d'une bibliothèque de fonctions et son exploration. Les enseignants de la situa-

tion 5 notent cette caractéristique comme étant un élément négatif puisque cette compétence n'est pas explicitement enseignée (ni évaluée), alors que les enseignants et des étudiants des contextes 6 et 7 le soulignent comme étant une compétence très intéressante travaillée dans l'environnement *Prog&Play*.

Enfin, dans les situations de projet (situations 6 et 7), les enseignants ont insisté sur l'autonomie des étudiants qui apprécient d'être dans un environnement qui leur permet d'être créatifs. Les étudiants cherchent par eux-mêmes les stratégies gagnantes et créent les programmes pour les mettre en œuvre. Ils exercent ainsi des compétences peu travaillées en première année (par exemple, d'analyse descendante) qui sont cependant très importantes en programmation comme le souligne le curriculum ACM-IEEE déjà cité. Cependant, cette autonomie n'est profitable qu'à condition de connaître un minimum de syntaxe ce qui est l'objectif des séances de TD et de TP habituels. Notons que dans la situation 6, l'utilisation de *Prog&Play* ne débute qu'en semaine 5 au second semestre, c'est-à-dire une fois que les étudiants ont bénéficié de l'enseignement traditionnel sur les notions de base qui peuvent alors être travaillées en profondeur dans le jeu.

Ces différences dans les notions travaillées posent bien évidemment le problème de l'évaluation des étudiants. Les commentaires des étudiants ont été recueillis avant l'évaluation finale des étudiants. Sur ce point, un seul juge négatif le transfert des compétences travaillées avec *Prog&Play* dans l'UE de programmation classique (*cf.* catégorie 2.3 – voir section 5.2.3, remarque de l'étudiant S6E11). Cette question du transfert transparaît aussi dans certains commentaires d'enseignants de la situation 5 qui s'inquiètent de défavoriser les étudiants en utilisant *Prog&Play* dans certains TP. Dans les situations 6 et 7, dans le cadre d'une pédagogie de projet, les enseignants ont mis au point une évaluation spécifique tenant compte des compétences travaillées dans le jeu, ce qui n'était pas le cas dans les autres situations où l'évaluation classique porte généralement sur des habiletés plus spécifiques.

L'environnement *Prog&Play* apparaît donc plus adapté pour approfondir les notions de base et pour développer des compétences que pour introduire ces notions de base. Il peut cependant être utilisé très tôt dans un cours d'introduction à la programmation comme le montre la situation 6 où il est utilisé à partir de la semaine 5 (sur 12 semaines du cours d'introduction).

6.2. Temps d'exposition au jeu

Le facteur temps est lié à un des aspects constituants d'un jeu : les joueurs apprécient de découvrir par eux-mêmes l'univers du jeu, les différentes unités et leurs propriétés. Ainsi, dans *Prog&Play*, le temps d'exposition au jeu est important pour permettre aux étudiants de comprendre comment l'univers du jeu réagit à leurs programmes ce qui est un des ressorts principaux de la motivation et de l'apprentissage dans cet environnement (cf. remarques de la dimension 1 et des catégories 2.2, 2.3, 3.3 et 3.4 – voir sections 5.1, 5.2.2, 5.2.3, 5.3.3 et 5.3.4).

Dans un TP traditionnel d'introduction à la programmation, chaque séance cible un concept unique à enseigner (par exemple, les conditionnelles ou les boucles). Lorsque *Prog&Play* a été intégré dans une séquence pédagogique existante (S4 et S5), les enseignants ont éclaté les différentes missions sur plusieurs séances afin de les mettre en correspondance avec les objectifs de chaque séance. Les étudiants en difficulté ont été aidés par leur enseignant pour terminer la mission dans le temps imparti à la séance. Ces étudiants se sont retrouvés ainsi dans une situation d'exécution au lieu d'être dans une démarche exploratoire. Cette parcellisation des missions va à l'encontre de l'immersion des étudiants dans le jeu, alors même que les missions ont été conçues dans une logique de *flow* qui est un des éléments clés de la persistance à rester dans l'action (Csikszentmihalyi, 1991) comme en témoignent les nombreuses remarques de la dimension 1.

La mise en place de TP *Prog&Play* en substitution d'un TP traditionnel, met les enseignants mal à l'aise car ils ont l'impression de ne pas traiter assez d'exercices et de perdre du temps en laissant les étudiants explorer. Les situations d'ateliers ou projets permettent une organisation plus flexible en cohérence avec la notion de *flow* où les étudiants peuvent découvrir le jeu par eux-mêmes et apprendre à partir du *feedback* que l'environnement produit sur leurs actions.

6.3. Implication des enseignants

Le critère de succès que nous avons retenu (réutilisation du jeu après une première expérimentation) montre l'importance de l'investissement de l'enseignant dans la mise en place de la situation d'apprentissage avec *Prog&Play*. Dans les situations 4, 6 et 7, les enseignants persévèrent à utiliser le jeu. Ils ont été à l'initiative de la mise en œuvre du jeu qui leur semblait pouvoir servir leurs objectifs pédagogiques. Ils ont ainsi mis en place un dispositif autour du jeu : spécification des objectifs, préparation des

sujets, consignes données aux étudiants, planification des séances, évaluation des étudiants dans les contextes 6 et 7. Ils ont aussi assumé l'installation du jeu sur les ordinateurs de leur institution. Dans les autres situations, l'équipe de conception de *Prog&Play* avait sollicité des enseignants pour tester le jeu dans leur contexte d'enseignement. Ce sont les membres de cette équipe qui ont installé *Prog&Play* sur les ordinateurs des différentes institutions. Peu d'enseignants ont participé à cette phase, les autres ont soutenu la démarche mais ne se sont pas réellement investis. En conséquence, lorsque les expérimentations se sont terminées, aucun enseignant n'était réellement capable de poursuivre l'initiative. De plus, comme le révèlent certains commentaires de la situation 5 (dimension 2 – voir section 5.2), les sujets de TP ont semblé inadaptés bien qu'ils aient été validés en amont par l'équipe pédagogique de la formation. Un des enseignants souligne que l'expérience manquait de lisibilité pour les étudiants, mais sans doute aussi pour les enseignants qui animaient les séances.

Le rôle de l'implication des enseignants dans la réussite d'une innovation pédagogique est très bien documentée (Egenfeldt-Nielsen, 2006). Pour les jeux sérieux, comme pour une autre technologie éducative, elle est cruciale pour qu'une innovation se scolarise (Bruillard & Baron, 2006). En ce qui concerne *Prog&Play*, pour dépasser le seul attrait de la nouveauté, l'enseignant doit tout d'abord bien évidemment s'assurer que le jeu sert ses objectifs pédagogiques et ensuite se familiariser assez avec l'environnement pour être à l'aise avec les étudiants. Au regard de la situation 6, nous constatons qu'être joueur n'est pas une condition *sine qua none* pour enseigner avec *Prog&Play*. L'important réside dans la clarté des objectifs d'apprentissage avec le jeu.

6.4. Médiation de l'enseignant

Comme dans toute pédagogie active, l'exposition au jeu et l'autonomie de travail doivent être accompagnées d'une médiation de l'enseignant. L'enseignant clarifie les concepts de programmation mobilisés dans le jeu, incite à faire le lien avec les concepts étudiés en cours et facilite le travail de contextualisation/décontextualisation des étudiants. Ces interventions sont modulées en fonction des profils des étudiants. Les étudiants avancés aiment trouver les solutions par eux-mêmes alors que les étudiants moins avancés ont besoin d'être davantage sollicités et guidés. L'équilibre entre laisser suffisamment de défi pour que le jeu soit motivant et le guidage pour éviter que certains étudiants ne soient noyés,

n'est pas facile à mettre en place, comme en témoignent les remarques de la catégorie 2.4 (voir section 5.2.4).

Étant donnée la diversité des stratégies mises en œuvre et des rythmes de progression de chacun, un point délicat à gérer est de ménager des temps de réflexion en commun et d'institutionnalisation de ce qui a été appris. Dans la situation 6, à la dernière séance, chaque binôme exposait devant les autres ses stratégies, les difficultés rencontrées et ce qu'il avait appris durant les séances. Cette dernière séance est l'occasion pour l'enseignant de susciter cette réflexion collective.

6.5. Recommandations

L'étude présentée ici suggère des recommandations pour faciliter l'utilisation de *Prog&Play* :

- prévoir du temps pour la prise en main par les enseignants de l'environnement du jeu, pour prendre la mesure des changements pédagogiques induits par l'approche ludique et pour expliciter les connaissances à mettre en œuvre pour réussir les missions ;
- mettre en place une évaluation qui prenne en compte les connaissances travaillées dans le jeu ;
- laisser du temps aux étudiants pour découvrir le jeu et ses règles ;
- indiquer clairement aux étudiants les objectifs pédagogiques des sessions de travail avec *Prog&Play* et les apprentissages qui seront évalués ;
- trouver un équilibre pour soutenir aussi bien les étudiants autonomes que les étudiants qui le sont moins ;
- encourager la collaboration entre étudiants ;
- prévoir une phase de réflexion collective et d'institutionnalisation sur ce qui a été appris pendant les sessions *Prog&Play* ;
- enseigner explicitement les connaissances implicites : pourquoi il est important en programmation d'utiliser des bibliothèques prédéfinies et comment les utiliser, comment utiliser un nouvel environnement de programmation et comment passer de cet environnement au jeu.

Certaines de ces recommandations sont proches des bonnes pratiques relevées par (Stizman 2011). Cependant, l'étude précise que nous avons menée met l'accent sur les difficultés potentielles d'intégration d'un dispositif d'enseignement fondé sur un jeu dans un dispositif d'enseignement plus traditionnel. Elle met aussi l'accent sur la nature des connaissances dont l'apprentissage est visé par le jeu.

7. Conclusion

Dans cet article, nous avons présenté *Prog&Play* un environnement d'apprentissage de la programmation s'appuyant sur un jeu vidéo et le projet de recherche qui lui a donné naissance. Nous avons analysé des données recueillies auprès de 56 étudiants et 17 enseignants ayant utilisé *Prog&Play* lors de projets ou de TP dans sept contextes universitaires différents. Pour trois des situations étudiées, la formation avec *Prog&Play* est reconduite depuis plusieurs années.

De nombreuses recherches visent à étudier l'efficacité des jeux sérieux. Notre expérience avec *Prog&Play* confirme que la question ne peut être tranchée indépendamment du dispositif d'enseignement que le jeu sérieux instrumente. Nous avons retenu un critère d'évaluation manichéen : *Prog&Play* est-il réutilisé après une première tentative ? Ce critère nous permet d'étudier les deux questions suivantes :

Quelles sont les caractéristiques de *Prog&Play* mises en avant par les étudiants et les enseignants pour expliquer l'adoption de *Prog&Play* sur la durée ou son abandon après une première utilisation ?

Quelles recommandations établir pour conduire à une utilisation favorable de *Prog&Play* ?

L'analyse présentée indique que *Prog&Play* est un bon support pour une pédagogie de projet qui laisse du temps aux étudiants pour s'approprier le contexte du jeu et pour expérimenter par eux-mêmes des stratégies avant d'arriver à programmer une stratégie optimale. Par contre, utiliser *Prog&Play* ponctuellement comme outil pour introduire des notions dans une pédagogie plus transmissive apparaît limiter à la fois la motivation et l'apprentissage. L'environnement *Prog&Play* apparaît plus adapté pour approfondir les notions de base et pour développer des compétences que pour introduire les notions de base.

Dans cet article, nous nous sommes intéressés au critère d'évaluation « adoption sur la durée » de l'environnement. D'autres critères d'évaluation nous semblent intéressants à étudier. Le premier est celui de l'adaptabilité de l'environnement par les enseignants. Nous pouvons citer plusieurs exemples. Nous avons vu que des enseignants ont organisé des dispositifs de soutien (situation 4), de projets (situation 6 et 7) autour de *Prog&Play*. L'enseignant de la situation 7, pour l'évaluation, a imaginé et intégré au jeu une nouvelle mission. D'autres enseignants ont créé une situation de jeu originale que nous n'avons pas présentée ici, faute de données recueillies. Ils ont organisé un concours de programmation non

obligatoire ouvert à toutes les formations en informatique de leur université (DUT, Licence, Master soit 42 participants). Enfin, l'utilisation de *Prog&Play* pour initier à l'informatique des publics scolaires ou non informaticiens est une perspective qui nous intéresse et pour laquelle nous avons développé l'interface en Scratch. Le deuxième critère consisterait à étudier l'influence sur la réussite aux examens de l'UE traditionnelle des étudiants ayant suivi l'UE *Prog&Play*. Nous avons déjà exploré ce critère d'évaluation dans le cadre de la situation 5 (Muratet *et al.*, 2011) et il mériterait d'être approfondi dans de nouveaux contextes. Le troisième porterait sur l'évaluation du détournement de l'environnement comme un outil pédagogique pour former les étudiants en informatique plus avancés à travers des projets de développement du jeu (par exemple pour de nouvelles interfaces pour d'autres langages de programmation) ou des projets de *game design* (par exemple pour concevoir de nouvelles missions et de nouvelles situations de jeu).

Ces premières étapes du projet montrent qu'il est possible d'introduire (et de maintenir) un jeu sérieux dans des enseignements universitaires fondamentaux. Nos recherches actuelles portent sur trois points : (i) diversifier les jeux pour faciliter l'organisation de tournois ; (ii) créer un outil auteur pour faciliter la création de missions par les enseignants ; (iii) proposer des jeux sérieux pour des publics à besoins éducatifs particuliers.

Remerciements

Nous remercions chaleureusement les étudiants et les enseignants qui ont participé à ces mises à l'essai et tout particulièrement Pierre Jarraud, Françoise Le Calvez, Véronique Gaildrat, André Péninou, Sylvain Barreau et Jérémie Guiochet.

1 LI115 est une UE d'initiation au langage C que les étudiants de la situation 6 suivaient en parallèle de l'UE transversale *Prog&Play*.

BIBLIOGRAPHIE

- BARDIN L. (1998). *L'analyse de contenu*, Presses Universitaires de France, 9^e édition, Paris.
- BIZZOCHI J., PARAS B. (2005). Game, motivation, and effective learning: an integrated model for educational game design. *International DiGRAConference*.
- BRUILLARD E., BARON G.-L. (2006). Usages en milieu scolaire : caractérisation, observation et évaluation. In Monique Grandbastien et Jean-Marc Labat (dir.), *Environnements informatiques pour l'apprentissage humain*, Traité IC2, Lavoisier, Paris, p. 269-284.
- CHEN W.-K., CHENG Y. C. (2007). Teaching Object-Oriented Programming Laboratory With Computer Game Programming. *IEEE Transactions on Education*, Vol. 50 n° 3, p. 197-203.
- COOB P., CONFREY J., DISESSA A., LEHRER R., SCHAUBLE L. (2002). Design experiments in educational research. *IEEE Transaction on Education*, Vol. 40 n° 1, 412-416.
- CSIKSZENTMIHALYI M. (1991). *Flow - The Psychology of optimal Experience*. Harper Perennial.
- Du BOULAY B. (1986). Some difficulties of learning to program. *Journal of Educational Computing Research*, Vol. 2 n° 1, 57-73.
- EGENFELDT-NIELSEN S. (2006). Overview of research on the educational use of video games. *Digital Kompetanse*, Vol. 1 n° 3, 184-213.
- GESTWICKI P., SUN F.-S. (2008). Teaching design patterns through computer gamedevelopment. *ACM Journal on Educational Resources in Computing*, Vol. 8 n° 1, 1-22.
- GIRARD C., ESCALLE J., MAGNAN A. (2012). Serious games as new educational tools: how effective are they? A meta-analysis of recent studies. *J. of Computer Assisted Learning*, Vol. 29 n° 3, 207-219.
- GREITZER F. L., KUCHAR O. A., HUSTON K. (2007). Cognitive science implications for enhancing training effectiveness in a serious gaming context. *J. Educ. Resour. Comput.*, Vol. 7 n° 3, art. 2.
- HARTNESS K. (2004). Robocode: using games to teach artificial intelligence. *J. of Comput. Sciences in Colleges*, Vol. 19 n° 4, 287-291.
- JENKINS T. (2002). On the difficulty of learning to program. *3rd Annual Conference of LTSN-JCS*, p.53-58.
- KELLEHER C., COSGROVE D., CULYBA D., FORLINES C., PRATT J., PAUSCH R. (2002). Alice2: Programming without Syntax Errors. *15th annual symposium on the User Interface Software and Technology*.
- KINNUMEN P., MALMI L. (2006). Why students drop out CS1 course? *Proceedings of the Second International Workshop on Computing Education Research*, p. 97-108.
- MALONEY J., BURD L., KAFAI Y., RUSK N., SILVERMAN B., RESNICK M. (2004). Scratch: A Sneak Preview. *2nd International Conference on Creating Connecting, and Collaborating through Computing*, p. 104-109.

MARCHIORI E. J., TORRENTE J., DEL BLANCO A., MORENO-GER P., SANCHO P., FERNANDEZ-MANJON B. (2012). A narrative metaphor to facilitate educational game authoring. *Computers & Education*, Vol. 58 n° 1, 590-599.

MARFISI-SCHOTTMAN I., GEORGE S., TARPIN-BERNARD F. (2010). Tools and methods for efficiently designing serious games. *4th European Conference on Games Based Learning ECGBL2010*, Copenhagen, Denmark, p. 226-234.

MARNE B., CARRON T., LABAT, J.-M. (2013). Modélisation des parcours pédago-ludiques pour l'adaptation des jeux sérieux. *6^e conférence sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain EIAH2013*, Toulouse, France, p. 55-66.

MCCRACKEN M., ALMSTRUM V., DIAZ D., GUZDIAL M., HAGAN D., KOLIKANT Y.B-D., LAXER C., THOMAS L., UTTING I., WILUSZ T. (2001). A Multi-national, Multi-institutional Study of Assessment of Programming Skills of First-year CS Students. *Working group reports from ITiCSE on Innovation and Technology in Computer Science Education*, p. 125-180.

MURATET M., TORGUET P., JESSEL J.-P., VIALLET F. (2009). Towards a Serious Game to Help Students Learn Computer Programming. *International Journal of Computer Games Technology*, Hindawi Publishing Corporation, Vol. 2009.

MURATET M., TORGUET P., VIALLET F., JESSEL J.-P. (2011). Évaluation d'un jeu sérieux pour l'apprentissage de la programmation. *Revue d'Intelligence Artificielle*, Hermès Science Publications, Vol. 25 n° 2, 175-202.

MURATET M., DELOZANNE E., TORGUET P., VIALLET F. (2012). Jeu sérieux et motivation des étudiants pour apprendre : influence du contexte avec *Prog&Play*. *Colloque Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement (TICE 2012)*, Lyon, France, p. 91-97.

PEARS A., SEIDMAN S., MALMI L., MANNILA L., ADAMS E., BENNEDSEN J., DEVLIN M., PATERSON J. (2007). A survey of literature on the teaching of introductory programming. *SIGCSE Bull.*, Vol. 39 n° 4, 204-223.

STIZMANN T. (2011). A meta-analytic examination of the instructional effectiveness of computer-based simulation games. *Personnel Psychology*, Vol. 64 n° 2, 489-528.

THOMAS P., YESSAD A., LABAT J.-M. (2011). Petri nets and ontologies: tools for the "learning player" assessment in serious games. *Advanced Learning Technologies*, 415-419.

YESSAD A., LABAT J.-M., KERMORVANT F. (2010). SeGAE: a serious game authoring environment. *10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, p. 538-540.

ZYDA M. (2005). From visual simulation to virtual reality to games. *IEEE Computer*, Vol. 38 n° 9, 25-32.

Référencement des documents électroniques et des sites web

ACM et IEEE-CS (2008). *Computer Science Curriculum 2008: An Interim Revision of CS2001*. ACM Press and IEEE Computer Society Press, New York.

CORPUS (2013). Corpus des commentaires annotés (consulté le 1^{er} juin 2013) : http://www.irit.fr/ProgAndPlay/ressources/codageProgAndPlay_Sticef.pdf

COLOBOT (2001). *Colobot*, <http://www.ceebot.com/colobot/index-f.php>, (consulté le 21 mai 2013).

EECLONE (2011). *EEClone*, <http://www.cs.bsu.edu/homepages/pvg/games/eclone/>, (consulté le 21 mai 2013).

GUN-TACTYX (2008). *Gun-Tactyx*, <http://apocalyx.sourceforge.net/guntactyx/>, (consulté le 21 mai 2013).

KERNEL PANIC (2012). *Kernel Panic*, http://springrts.com/wiki/Kernel_Panic, (consulté le 21 mai 2013).

PROG&PLAY (2012). *Prog&Play*, <http://www.irit.fr/ProgAndPlay/>, (consulté le 21 mai 2013).

QUESTIONNAIRE (2008). Version du questionnaire de motivation et de satisfaction utilisé en 2008 : http://www.irit.fr/ProgAndPlay/ressources/Questionnaire_2008.pdf, (consulté le 1^{er} juin 2013).

QUESTIONNAIRE (2010). Version du questionnaire de motivation et de satisfaction utilisé en 2010 : http://www.irit.fr/ProgAndPlay/ressources/Questionnaire_2010.pdf, (consulté le 1^{er} juin 2013).

QUESTIONNAIRE (2013). La version actuelle du questionnaire de motivation et de satisfaction : <http://goo.gl/qj3fE>, (consulté le 1^{er} juin 2013)

ROBOT BATTLE (2009). *Robot Battle*, <http://www.robotbattle.com/>, (consulté le 21 mai 2013).



Évaluation de l'impact d'un jeu sérieux en réalité mixte

► **Sébastien GEORGE** (LIUM, Université du Maine),
Christine MICHEL, Audrey SERNA (LIRIS, INSA-Lyon),
Luca BISOGNIN (Société Symetrix)

■ **RÉSUMÉ** • Les jeux sérieux en réalité mixte sont des environnements qui combinent les jeux à buts éducatifs et des technologies de réalité mixte. Ces environnements peuvent fournir de nouvelles opportunités en termes d'apprentissage. Néanmoins, les impacts sur l'apprentissage de tels dispositifs sont encore peu connus. Nous présentons dans cet article une étude expérimentale qui vise à évaluer ces impacts. Nous avons conçu et développé un jeu, nommé Lea(r)nIT, qui a pour but de former aux principes du *Lean Management* dans une école d'ingénieur. La situation d'apprentissage comporte quatre tables interactives, simulant des postes de production, sur lesquels des actions sont réalisées avec des interfaces tangibles. Nous présentons les résultats d'une étude comparative entre une session utilisant ce dispositif et une autre utilisant une version non informatisée du même jeu sérieux. Cette comparaison montre que le jeu sérieux en réalité mixte a un impact positif sur l'apprentissage, en particulier concernant les concepts théoriques de la formation.

■ **MOTS-CLÉS** • Jeu sérieux, Réalité Mixte, Table interactive, Interface tangible, Impact sur l'apprentissage

■ **ABSTRACT** • *Mixed Reality Learning Games (MRLG) are digital environments which combine game-based learning and mixed reality technologies. They can provide new opportunities for learning. Nevertheless, we still know little about the learning outcomes and the situations they favor. We present in this paper an experimental study which aims to evaluate these impacts. We designed and developed a MRLG to teach Lean Management principles in an engineering school. Four multi-touch tabletops are used, each one representing a workstation in a production line on which some actions are carried with tangible interfaces. We present the results of an experiment that compares two situations, one with the MRLG and the other with a non-computer version of the same learning game. The comparison revealed a tendency for the MRLG situation to effectively have a positive impact on learning, particularly regarding theoretical concepts.*

■ **KEYWORDS** • *Game-Based Learning, Mixed Reality, Tabletops, Tangible Interface, Learning Impact*

1. Introduction

1.1. Jeux sérieux pour l'apprentissage

Ces dernières années, les *serious games* ont pris un essor considérable et sont utilisés pour communiquer, recruter ou former. La catégorie de *serious games* à laquelle nous nous intéressons est celle des jeux conçus pour soutenir l'apprentissage (*Learning Games* en anglais, abrégés en LG), qu'ils soient informatisés ou non. Ces dispositifs marient les dimensions « action » et « émotion » de la pédagogie en rendant attrayantes la découverte de connaissances et la construction de compétences (aspect « *Serious* »), par une forme, des interactions, des règles et des objectifs ludiques (aspect « *Games* »). Les LG ont l'avantage d'offrir des environnements permettant la simulation de situations et de contextes dans lesquels les apprenants peuvent développer des aptitudes (De Freitas & Neumann, 2009). Les simulateurs ont déjà montré des résultats probants pour l'apprentissage, notamment dans le cadre de formations professionnelles (Joab & Gouardères, 2000). Mais les LG ne sont pas que de simples simulateurs, ils peuvent aussi immerger les apprenants dans des mondes dans lesquels ils doivent s'investir pour progresser, relever des défis et accomplir des missions. Sur certains points, les jeux sérieux peuvent s'apparenter à des simulateurs. En effet, les apprenants vont agir dans un environnement en fonction d'évènements qui se produisent et leurs actions vont avoir des conséquences. Cependant, une simulation intègre forcément un modèle d'une certaine réalité (avec un réalisme qui peut être plus ou moins poussé) : simulation de conduite d'un véhicule, simulateur de vol, simulation de circuits électroniques... Dans les cas des jeux sérieux, il n'y a pas forcément de modèle pour reproduire les situations de manière réaliste, le jeu reposant davantage sur une scénarisation. La situation choisie peut parfois être volontairement imagée et loin de la réalité, l'essentiel étant d'amener les apprenants à s'investir pour progresser, relever des défis et accomplir des missions.

Plus précisément, nous nous intéressons aux LG de type jeux de rôles, l'apprenant devant dans ce cas agir en collaboration avec d'autres pour résoudre un problème ou remplir une mission. Les apprenants peuvent ainsi vivre une situation qui serait difficile à reproduire réellement pour les raisons de coût, de temps ou de sécurité (Squire & Jenkins, 2003). Dans son livre, Abt (1987) résume parfaitement les intérêts des jeux de rôles : « *The players assume realistic roles, face problems, formulate strategies, make decisions and get fast feedback on the consequences of their action* ». Les LG s'appuyant sur des jeux de rôles se positionnent clairement dans les cou-

rants de l'apprentissage contextualisé et situé (Lave & Wenger, 1991). Pour ces chercheurs, l'apprentissage dépend de l'activité du contexte et de la culture dans lesquels il se déroule. Dans l'idéal, la connaissance doit être présentée dans des contextes authentiques (Herrington & Oliver, 2000), c'est à dire dans des situations qui exigent normalement cette connaissance.

Les *Learning Games* souffrent néanmoins de certaines limites : l'artificialité de la situation d'apprentissage entraîne parfois des difficultés pour les apprenants à transférer les connaissances apprises dans d'autres situations. Ce caractère artificiel se trouve aussi bien dans les LG informatisés, de part la virtualité de l'environnement et des actions, que dans les LG non informatisés de par la manipulation d'objets souvent peu réalistes par rapport à l'activité simulée. Il a déjà été montré qu'un tuteur humain pouvait pallier ce problème et aider à expliciter les relations entre le jeu et le monde réel. Ainsi, l'« *experiential learning* » développée par Garris, Ahlers et Driskell (2002) met en avant la nécessité du tutorat humain (débriefting, étayage...) pour soutenir un apprentissage effectif. C'est pourquoi dans notre approche des LG, le tutorat tient une place importante. Les tuteurs régulent l'activité d'apprentissage, ils analysent les événements qui se déroulent dans le jeu, ils illustrent les concepts dans d'autres situations, etc. L'apprentissage par l'action doit être encadré pour conduire à une abstraction des informations reçues.

1.2. Jeux sérieux en réalité mixte

Nous avons vu dans la partie précédente que les jeux sérieux peuvent être des environnements intéressants pour soutenir les apprentissages mais qu'ils ne permettent pas toujours le transfert des connaissances construites à des situations réelles. Nous avons vu que le tutorat humain pouvait être une solution pour pallier ce problème en proposant des débriefings sur les situations vécues dans le jeu et en illustrant les concepts abordés dans d'autres cas. Nous pensons qu'une autre solution peut être explorée, de façon complémentaire au tutorat. En effet, proposer des situations de jeu plus proches des situations réelles permet de notre point de vue de transférer plus facilement les apprentissages lorsque les apprenants sont en situations réelles, en particulier lorsqu'il est question de construction de compétences professionnelles (par exemple des procédures à exécuter dans des environnements complexes). Il existe des jeux d'entreprise en salle s'appuyant sur des mises en situations pour favoriser la construction de ce type de compétences. Ces jeux utilisent du matériel, comme des blocs de construction ou des LEGO, que les apprenants mani-

pulent, comme des objets ou outils utilisés classiquement dans la situation, pour apprendre en jouant un rôle (CIPE, 2013). Ce type de formation a fait ses preuves mais le manque de réalisme des objets manipulés ne permet pas toujours de faire passer les concepts sous-jacents car ces objets demeurent trop symboliques et abstraits. Par exemple, si un LEGO représente une pièce usinée, la limite du symbolisme intervient lorsqu'il faut réaliser une action sur la pièce. En effet, il sera difficile pour les apprenants d'adopter une démarche inductive car certaines actions (une abrasion, une peinture) et certains phénomènes observés (un défaut d'aspect) ne seront à force plus identifiables ou compréhensibles en regardant les pièces du fait de l'accumulation de symboles. Pour augmenter le réalisme des objets et des actions, nous pensons qu'une solution est d'utiliser des techniques de réalité mixte.

Le terme Réalité Mixte (RM) fait référence à un continuum qui connecte le monde physique et le monde virtuel, englobant ainsi deux aspects (Milgram & Kishino, 1994) :

- la Réalité Augmentée (RA), le monde réel étant enrichi par des informations virtuelles (comme dans les cockpits d'avions par exemple),
- la Virtualité Augmentée (VA), le monde virtuel étant alors enrichi par des objets bien réels (par exemple en utilisant des interfaces tangibles pour manipuler des objets virtuels).

Différents dispositifs peuvent être utilisés pour la RM : dispositifs mobiles (tablettes ou smartphone), lunettes *see-through*, table interactive avec interfaces tangibles, ... Ces dispositifs permettent de contrôler et/ou représenter des informations. Le fait d'ajouter des informations, non perceptibles naturellement, à des objets réels est d'un intérêt certain pour les situations d'apprentissage. Des études, comme celle de Stedmon et Stone (2001), montrent qu'en augmentant les artefacts physiques avec des informations associées, on facilite la compréhension de concepts techniques. Plus récemment, David *et al.* (2009) ont étudié comment des artefacts physiques (des machines industrielles ou des ordinateurs) pouvaient être augmentés de données numériques pour favoriser des apprentissages juste à temps. Même s'il est encore trop tôt pour tirer des conclusions sur les impacts de la RM sur l'apprentissage (Anastassova & Burkhardt, 2008), il semble que les effets positifs attendus portent principalement sur l'apprentissage à court-terme. Afin de dépasser cette limite, nous pensons que des scénarios plus élaborés doivent être conçus. Nous faisons l'hypothèse qu'en couplant réalité mixte et jeu pour l'apprentissage, il est alors possible de combiner, d'une part, l'aspect motivant et situé de la RM

et, d'autre part, le côté ludique et la scénarisation d'activités des LG. Cette hypothèse est le point de départ du projet SEGAREM (*Serious Games and Mixed Reality*) dans lequel le travail présenté dans cet article s'inscrit. SEGAREM vise à apporter des réponses sur le plan des méthodes, modèles et outils pour la production de dispositifs interactifs de formation innovants ; les jeux sérieux en réalité mixte (abrégés en MRLG pour *Mixed Reality Learning Games*). L'objectif principal de ce projet est de mettre au point un prototype d'environnement de conception, de production et d'exécution de MRLG.

Le travail présenté dans cet article se focalise sur l'évaluation des apports de la RM vis à vis d'une situation d'apprentissage par le jeu où des objets physiques sont utilisés pour représenter des outils ou des objets du monde réel. Notre hypothèse consiste à penser que le degré de réalisme et l'immersion rendus possible par la RM permet une meilleure compréhension des concepts de la formation.

Cet article est organisé de la façon suivante : dans la section 2, nous décrivons la problématique de recherche et la méthodologie de travail. Dans la section 3, nous présentons la conception d'un environnement MRLG particulier, nommé *Lea(r)MIT*, qui vise à former à la démarche Lean (*Lean Management*) en utilisant des tables interactives *multi-touch*, des interfaces tangibles et des tablettes. Dans la section 4, nous détaillons une évaluation expérimentale avec ce MRLG et présentons les résultats. L'article se termine par une discussion ainsi que par une présentation de pistes de recherche dans le domaine.

2. Problématique et hypothèses de recherche

Les impacts sur l'apprentissage des jeux en réalité mixte sont encore peu étudiés. Les questions de recherche sur les MRLG peuvent être abordées selon deux angles. D'un côté, certaines questions concernent l'utilisabilité et plus généralement l'étude de l'expérience utilisateur lors d'activités faisant intervenir des MRLG. D'autre part, et cet article se focalise sur ce point, la question de l'utilité peut être traitée : quels types d'apprentissage sont favorisés dans les MRLG par rapport à des situations sans réalité mixte ? En particulier, nous avons identifié trois hypothèses :

- H1 : à scénario pédagogique équivalent, l'apprentissage est meilleur si la simulation des outils et objets manipulés est réalisée en RM plutôt que de façon symbolique.
- H2 : à scénario pédagogique équivalent, l'apprentissage des concepts théoriques est meilleur si la simulation des outils et objets manipulés est réalisée en RM plutôt que de façon symbolique.

- H3 : à scénario pédagogique équivalent, l'apprentissage des concepts pratiques est meilleur si la simulation des outils et objets manipulés est réalisée en RM plutôt que de façon symbolique.

Pour l'hypothèse H1, nous pensons que la formation avec un MRLG va favoriser l'apprentissage grâce à la manipulation d'objets moins symboliques, c'est à dire dont la représentation est plus réaliste. Ce n'est pas forcément une situation identique à la réalité qui est visée (ce qui serait le cas pour l'apprentissage de gestes techniques par exemple) mais le fait que les objets manipulés aient une représentation réaliste à la fois par rapport à une situation métier mais aussi au contexte de jeu qui a été imaginé pour la formation. Concrètement, dans le cas des MRLG, un objet (ex : une pièce à usiner) ou un outil (ex : un pistolet à colle) seront réellement représentés par des objets et outils ressemblants et non par des objets symboliques, comme des LEGO, qui requièrent une plus grande charge cognitive pour être associés à ce qu'ils représentent. Nous pensons ainsi que la manipulation d'artefacts réalistes va favoriser la compréhension globale des processus en jeu dans la situation simulée. Par ailleurs, la réalité mixte va accentuer le sentiment de plaisir, le dynamisme et l'immersion de l'apprenant. Il a déjà été montré que ces facteurs pouvaient créer des conditions favorables à l'apprentissage (Prince, 2004), essentiellement en jouant sur la motivation de l'apprenant. De plus, nous pensons que plus l'environnement est immersif, plus l'apprenant va se sentir impliqué dans la simulation. L'engagement est aussi un facteur important pour l'apprentissage.

Les hypothèses H2 et H3 vont permettre de préciser, dans le cas où H1 serait vérifiée, si les MRLG favorisent l'apprentissage de concepts théoriques, pratiques, ou les deux à la fois. Nous pensons fortement que les aspects pratiques et théoriques ne doivent pas être opposés, en particulier lorsqu'il s'agit de former à des compétences professionnelles. En formation professionnelle, l'utilisation de simulation est une approche couramment employée car les connaissances et les aptitudes ne peuvent pas être dissociées de l'activité et des actions (Kriz, 2010). Ainsi, nous croyons que pour l'hypothèse H2, un MRLG peut faciliter une meilleure représentation des concepts, en établissant des relations entre les concepts réels et les principes de plus haut niveau. Ces relations peuvent prendre la forme de connexions entre des objets réels et des informations virtuelles. De plus, les actions étant plus réalistes dans un environnement MRLG, l'activité réflexive des apprenants sur la situation est moins artificielle.

Concernant l'hypothèse H3, les MRLG devraient supporter l'apprentissage de procédures et de processus (le savoir-faire) en étant plus à même de rendre compte de contraintes liées à des gestes techniques par exemple. En plaçant les apprenants dans des environnements très interactifs, l'apprentissage par l'action peut être amélioré. Suchman (1987) avance que les personnes raisonnent avec les objets de leur environnement (action située). Les MRLG devraient pouvoir favoriser ce type d'apprentissage situé et contextuel, en immergeant les apprenants dans un monde parallèle qui favorise l'expérience d'une autre réalité tout en portant une certaine forme d'authenticité.

3. Jeu pour l'apprentissage en réalité mixte : une étude de cas avec *Lea(r)nIT*

3.1. Méthodes et outils pour la conception de MRLG

Les MRLG s'appuient sur trois domaines complémentaires: la réalité mixte, les jeux et la pédagogie.

Dans le domaine de l'IHM, différents modèles permettent de structurer le processus de conception en réalité mixte. Par exemple, à un haut niveau d'abstraction, les modèles de tâches (Jourde *et al.*, 2010) permettent de structurer hiérarchiquement les buts et les actions des utilisateurs sous forme d'arbres, alors qu'à un plus bas niveau d'abstraction, les modèles d'interaction permettent de décrire un système en réalité mixte, en distinguant les éléments numériques des objets réels.

Dans le domaine du jeu, on retrouve des outils de support et d'aide au développement. La phase de conception est quant à elle très peu assistée par des méthodes et modèles. Elle est surtout guidée selon les méthodes de travail propres à chaque concepteur. Cependant, certains concepteurs de jeux ont tout de même identifié les éléments principaux à prendre en compte lors de la conception d'un jeu, par exemple l'objectif et le sujet (Crawford, 1982).

Enfin, dans le domaine de l'éducation, des enseignants écrivent des scénarios pédagogiques pour décrire des unités d'apprentissage. En s'appuyant sur des théories d'ingénierie pédagogique (*instructional design*), des modèles et outils permettent de structurer et formaliser la description de scénarios pédagogiques. La comparaison de trois de ces modèles (IMS-LD, LDL et ISIS) montre que ces derniers ne sont pas assez complets pour permettre de décrire l'ensemble des composants d'un MRLG (Orliac *et al.*, 2011). En particulier, ils ne permettent pas de spécifier les dispositifs utilisés dans un MRLG : la distinction entre les objets tangibles et les objets

numériques ne peut être précisée, pas plus que la description de l'interface numérique ou encore la position des objets physiques dans l'environnement.

À l'intersection des jeux et de la pédagogie, certains outils ont pour objectif d'assister la conception de LG. On retrouve par exemple EDoS (maintenant appelé LEGADEE) (Masfisi-Schottman *et al.*, 2010) ou encore ScenLRPG (Mariais *et al.*, 2011). Là encore, ces outils ne sont pas adaptés pour décrire des interactions en RM.

En conclusion, les méthodes et outils utilisés dans les différents domaines sont assez éloignés les uns des autres. L'angle d'attaque des concepteurs est différent : *gameplay* et développement pour le domaine du jeu, organisation pédagogique (architecture d'apprentissage) pour le domaine de la pédagogie, et enfin description des interactions pour la réalité mixte. Chacun de ces domaines utilisent un vocabulaire qui lui est propre et que les autres concepteurs ne comprennent pas forcément. Pour ces raisons, aucun de ces outils ou méthodes ne peuvent être utilisés directement pour la conception de MRLG et c'est pour cela que nous avons adopté une approche combinant différents outils et méthodes. Nous proposons un modèle de conception de MRLG accompagné d'un outil auteur appelé MIRLEGADEE (Orliac *et al.*, 2012).

Dans la suite de cet article, nous allons décrire la conception du prototype de MRLG basé sur un LG existant mais non informatisé. En adaptant un jeu existant, on s'assure d'une stabilité et d'une efficacité en terme d'apprentissage et de jeu. Deux types de transformations ont été opérés pour adapter le jeu :

- une informatisation du jeu,
- une augmentation de certains types d'interaction.

3.2. Le jeu existant

De façon à limiter l'incidence des choix de conception, en terme de pédagogie et de jeu, dans notre évaluation des impacts de la réalité mixte, nous avons décidé d'adapter un *serious game* déjà existant et de le transposer en RM. Les résultats obtenus avec ce jeu sont déjà connus et nous permettent d'avoir un cadre solide pour pouvoir ensuite évaluer les impacts de la RM sur l'apprentissage.

Nous avons choisi un jeu utilisé à l'INSA de Lyon au département Génie Industriel qui permet d'enseigner les concepts de la démarche Lean à des petits groupes d'étudiants : le *Buckingham Lean Game*. La démarche Lean est une méthode d'amélioration continue des systèmes de produc-

tion. L'objectif est de rechercher la performance (en termes de productivité, de qualité, de délais et de coûts) en éliminant les gaspillages. Les objectifs d'apprentissage concernent à la fois des connaissances théoriques (par exemple les différentes techniques d'organisation de la production) et des compétences pratiques (par exemples l'application d'outils pour rééquilibrer la charge sur les postes de travail). Le jeu *Buckingham Lean Game* n'utilise aucune technologie informatique. Il permet, à l'aide de briques LEGO, de simuler un système de production fabriquant différentes gammes de produits. L'objectif est de répondre à la demande d'un client et fabriquer les objets sans aucun défaut qualité, en se plaçant dans une optique d'amélioration continue. Les joueurs doivent équilibrer la production pour pouvoir satisfaire la demande.

Concrètement, chaque joueur joue le rôle soit d'un opérateur responsable d'un poste de travail de la ligne de production (presse, assemblage, peinture, contrôle qualité, entrepôt) soit du client. Les joueurs sont alors acteurs lors de la simulation et travaillent sur un seul poste. Sur une table, simulant leur poste de travail, ils manipulent, assemblent ou vérifient les objets fabriqués en briques de LEGO. Des indications sur le mode opératoire de chaque poste sont fournies aux joueurs avant le début du jeu. La position de chaque table dans la classe décrit l'implantation initiale de la ligne de production (*cf.* figure 1) : la distance entre les tables, la cohérence entre le positionnement de chaque poste de travail et le flux de production, ainsi que l'impossibilité de déplacer la presse à cause de son poids sont les contraintes initiales qui vont affecter l'efficacité et la vitesse de production.

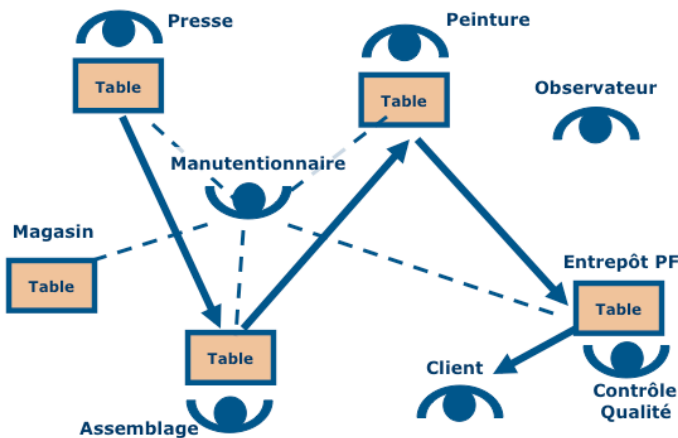


Figure 1 • Plan de la ligne de production simulée

À partir de cette configuration de base, une première phase de simulation a lieu et la production commence. De nombreux problèmes sont révélés lors de cette première simulation, en particulier concernant l'entrepôt dans lequel il manque des produits et le manutentionnaire qui est submergé. À la fin de la simulation, l'enseignant introduit des indicateurs de Lean, utiles pour l'analyse de l'activité, tels que le taux non qualité, le taux de production, le taux d'éléments livré en juste-à-temps, les surplus de production, le temps moyen de livraison, le facteur stress, etc. Les étudiants analysent ces indicateurs avec l'aide de l'enseignant puis proposent des améliorations suivant la démarche du Lean. Ils établissent ainsi un plan d'action et l'appliquent au système de production. Pour vérifier et valider les effets de ces changements, d'autres simulations sont réalisées (cf. figure 2).

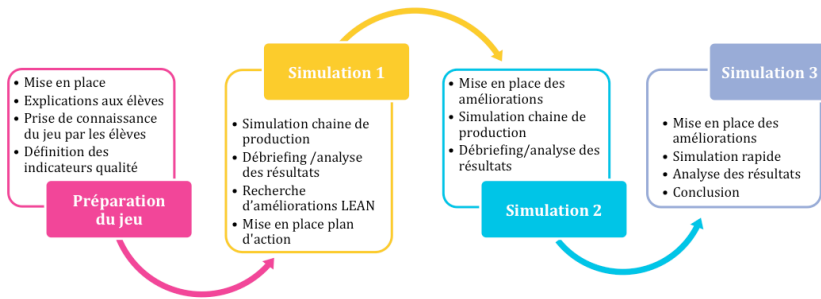


Figure 2 • Les différentes étapes du jeu Buckingham Lean

Avec ce fonctionnement, les étudiants alternent entre observation, planification et action. De plus, le scénario pédagogique est adaptable et l'enseignant peut modifier le « fil d'apprentissage » entre deux simulations lors du débriefing. Cependant, ce jeu présente trois limites importantes :

- Premièrement, le jeu étant basé sur des briques de LEGO, le lien entre les causes en situation (en usine) et celles de la réalité de la simulation demande un effort d'abstraction de haut niveau pour l'apprenant.
- Deuxièmement, la simulation ne prend pas en compte certains phénomènes liés au hasard dans un système de production : aucune panne n'est reproductible puisque c'est l'apprenant qui simule la machine et que son but est d'atteindre les objectifs de production quoiqu'il arrive.
- Troisièmement, les coûts sont difficiles à prendre en compte dans ce jeu.

3.3. Conception de Lea(r)nIT

La conception de *Lea(r)nIT* repose sur l'instrumentation et l'informatisation du jeu décrit précédemment. L'architecture utilisée respecte l'architecture en trois niveaux proposée par Delomier *et al.* (2012) : interfaces utilisateurs, comportement de jeu et moteur de jeu.

Les interfaces utilisateur ont été conçues de façon à intégrer les environnements numériques et physiques sur une grande variété de supports et d'interactions. En ce sens, nous avons défini chaque poste comme suit :

- 1) Le poste de presse est représenté sur une table interactive avec interactions tactiles (équivalent aux boutons poussoirs sur une presse réelle).
- 2) Le poste d'assemblage est représenté sur une table interactive supportant des interactions tangibles. L'outil physique (un pistolet à colle augmenté d'une led infrarouge) est utilisé pour agir sur des données numériques (assembler et coller les différents composants du produit manufacturé). Le geste métier de ce poste de travail est donc reproduit comme sur un vrai poste d'assemblage.
- 3) La finalisation des produits est effectuée sur une table interactive supportant également les interactions tangibles. L'utilisation d'un potentiomètre et d'un « élément » de pointage physiques permet de reproduire les gestes spécifiques à l'ajustement de l'intensité et l'orientation du traitement appliqué sur le produit.
- 4) L'entrepôt est représenté sur une table Microsoft Pixel Sense. Différents espaces de travail sont représentés et le *tracking* d'objets permet de supporter différents gestes métiers tels que le réapprovisionnement de matières premières.
- 5) Le chariot du manutentionnaire est quant à lui représenté sur une tablette Android permettant de reproduire la mobilité et versatilité des situations entre deux postes de travail. Ainsi, lorsque le manutentionnaire se positionne sur le bord d'un poste de travail ou à l'entrepôt, il peut déposer ou prendre des produits.
- 6) Le contrôle qualité s'effectue sur un iPod Touch, en interaction avec la table Pixel Sense.
- 7) Enfin, une application contrôle (sur PC) permet aux expérimentateurs de contrôler l'ensemble du système et de fournir un certain nombre d'indicateurs.

Quatre illustrations des dispositifs sont présentées par les figures 3 et 4 page suivante.



Figure 3 • Poste de travail d'assemblage et de spécification



**Figure 4 • Connexion entre le poste de contrôle qualité
et les différents dispositifs mobiles**

Ces choix de conception permettent d'évaluer différents niveaux d'immersion dans le jeu grâce aux interactions « numériques » (*i.e.* interactions directes sur des objets numériques) et tangibles (*i.e.* interactions sur des objets numériques via des objets physiques). Par exemple, le fait d'introduire dans la version instrumentée du jeu des gestes physiques permet de rendre compte de l'effort ou de la fatigue que peuvent ressentir les opérateurs sur certains postes de travail sur une ligne de production.

Concernant, la conception du moteur de jeu, l'un des enjeux principaux était la modélisation d'un monde persistant pour assurer la cohérence et l'intégrité des données du système dans son ensemble, tous supports confondus. Le modèle informatique adopté est décrit dans Delomier *et al.* (2012).

La transposition informatique du jeu permet de plus de faciliter le contrôle du système non seulement dans son ensemble mais également en finesse pour chaque sous-partie. En effet, différents indicateurs, comme le nombre de pièces produites ou les temps de production, sont fournis

après chaque simulation induisant une compréhension plus réaliste des tâches et des situations. De plus, cette instrumentation nous donne l'opportunité d'introduire des événements plus réalistes, tels que les pannes ou les produits avec des défauts qualité. De plus, nous pouvons prendre en compte les coûts des améliorations mises en place à chaque étape de la simulation.

4. Étude expérimentale et résultats

4.1. Description du protocole expérimental

De façon à évaluer les effets potentiels que peuvent avoir les LG en réalité mixte sur l'apprentissage, nous avons comparé deux cas de figure : un groupe de participants a utilisé le jeu original avec les briques de LEGO et des tables classiques pour simuler les postes de travail, un autre groupe de participant a utilisé le jeu *Lea(r)nIT* décrit précédemment. Le premier groupe est appelé groupe contrôle et correspond à la « condition LEGO ». Le second groupe correspond à la « condition *Lea(r)nIT* ».

Chaque groupe était constitué de 7 participants recrutés parmi des étudiants volontaires du département Génie Industriel de l'INSA de Lyon et des doctorants du laboratoire LIRIS. Pour la première condition, le groupe était constitué de 6 hommes et 1 femme âgés entre 22 et 26 ans. Le deuxième groupe était constitué de 2 hommes et 5 femmes, eux aussi âgés entre 22 et 26 ans. Nous tenons à préciser dès maintenant que nous n'avons pas pris en compte le genre dans notre étude étant donnée la faible taille des échantillons. Une étude à plus grande échelle serait nécessaire pour tirer des conclusions à ce niveau. L'ensemble des participants des deux conditions, n'avait pas de connaissances approfondies sur la démarche Lean. Une formation d'une heure a donc été réalisée une semaine avant la session expérimentale pour leur donner les connaissances de base nécessaires à la réalisation du jeu.

Pour chaque condition, la session d'expérimentation s'est déroulée en 4 heures avec trois étapes distinctes : 1) courte présentation du projet de recherche et passation d'un pré-test permettant d'évaluer l'état des connaissances des participants sur les principes du Lean; 2) la session du jeu à proprement parler et 3) passation d'un post-test pour évaluer l'état des connaissances sur le Lean et recueil de l'expérience utilisateur.

Pour le cœur de l'expérimentation (la deuxième étape), nous avons fait appel à un enseignant de la démarche Lean au département Génie Industriel de l'INSA de Lyon. La session de jeu a commencé par une présentation de la ligne de production, des différents postes de travail et des sept

différents rôles que les participants pouvaient prendre. Une première simulation s'est ensuite déroulée pendant 20 minutes et a été suivie d'un débriefing au cours duquel les participants ont analysé les gaspillages, les performances et les flux de production. Ils ont ensuite choisi des améliorations dans une liste d'améliorations possibles. Ces améliorations ont ensuite été déployées sur les postes de travail concernés et une deuxième simulation a été lancée pendant encore 20 minutes. Le débriefing suivant a permis aux participants d'observer et analyser les effets des améliorations choisies.

Comme mentionné précédemment, l'évaluation de l'expérimentation a été réalisée à l'aide de deux questionnaires. Le premier, appelé questionnaire pré ou post test, a été utilisé avant la session de jeu puis juste après pour pouvoir mesurer l'évolution des connaissances des sujets sur les concepts du Lean. Il a été conçu pour répondre à l'hypothèse H1, mais également plus finement aux hypothèses H2 et H3, avec des questions relatives à la compréhension des concepts théoriques ou pratiques. Pour H2, les apprentissages que l'on veut mesurer sont ceux qui portent sur la philosophie Lean de façon générale. Il est question entre autre de notion de valeur, concept central dans la démarche Lean, des deux piliers fondateurs de la démarche, à savoir le juste-à-temps (fournir le bon service ou produit au bon moment et en bonne quantité) et la qualité (fournir bon du premier coup), ou encore sur les caractéristiques des standards, les différents types de gaspillages, etc. Les concepts pratiques développés dans le scénario pédagogique et sur lesquels portent les questions d'évaluation correspondent à des améliorations possibles, comme l'application de la méthode des 5S pour ranger et optimiser un poste de travail, ou encore savoir mesurer et améliorer le temps de traversée du produit dans l'usine (*Lead Time*) impactant sur les délais de livraison du client.

Le second questionnaire a été utilisé pour mesurer l'expérience utilisateur, l'utilisabilité du jeu en réalité mixte et la perception des participants concernant leur apprentissage.

4.2. Résultats

4.2.1. Évaluation de l'expérience utilisateur avec *Lea(r)nIT*

Comme nous venons de le mentionner, l'expérience utilisateur a été évaluée à partir d'un questionnaire qui a été proposé aux élèves après l'utilisation de *Lea(r)nIT*. Il était composé de questions fermées dont les réponses étaient données selon une échelle à quatre niveaux (0 = pas du tout d'accord, 1 = plutôt pas d'accord ; 2 = plutôt d'accord, 3 = complè-

tement d'accord). Le tableau 1 montre que les étudiants qui ont utilisé *Lea(r)nIT* ont des avis plutôt positifs à propos de l'utilité, de la pertinence, du caractère ludique et de la facilité d'utilisation (avec des résultats moyens respectivement de 2,6, 2,6, 2,6 et 2,3). Le point de vue des étudiants est relativement homogène (l'écart type maximum est en effet à 0,7).

Tableau 1 • Avis des étudiants à propos de la conception générale de *Lea(r)nIT*

Je pense que <i>Lea(r)nIT</i> est :	Moyenne	Écart type	Min	Max
Utile	2,6	0,5	2,0	3,0
Pertinent	2,6	0,5	2,0	3,0
Drôle	2,6	0,7	1,0	3,0
Facile à utiliser	2,3	0,7	1,0	3,0

Nous avons demandé aux participants leur niveau d'intérêt et leur sentiment de réussite dans la réalisation des étapes de simulation et d'amélioration. Le tableau 2 montre que les étudiants ont éprouvé de l'intérêt vis à vis de *Lea(r)nIT* à la fois pour les étapes de simulation et d'amélioration (avec des valeurs moyennes respectivement de $m = 2,6$ et $m = 2,7$). De plus ils se sont sentis capable de réaliser les deux activités (avec des valeurs moyennes respectivement de $m = 2,4$ et $m = 2,6$). On peut noter que les étudiants ont le sentiment d'avoir mieux réussi à réaliser les étapes d'amélioration que les étapes de simulation.

Tableau 2 • Intérêt et réussite à l'usage

Quand j'utilise <i>Lea(r)nIT</i> :	Moyenne	Écart type	Min	Max
Je suis intéressé par les phases de simulation	2,6	0,5	2,0	3,0
Je suis intéressé par les phases d'amélioration	2,7	0,5	2,0	3,0
J'ai réussi à faire les phases de simulation	2,4	0,5	2,0	3,0
J'ai réussi à faire les phases d'amélioration	2,6	0,5	2,0	3,0

Nous avons ensuite demandé aux participants le niveau de ressenti de différentes émotions lors de l'utilisation de *Lea(r)nIT*. Les tableaux 3 et 4 montrent les réponses moyennes exprimées. Les émotions les plus souvent exprimées (tableau 3) sont positives comme le plaisir ($m = 2,4$),

l'excitation ($m = 2,1$) et la joie ($m = 1,9$). Quelques étudiants ont exprimés un sentiment d'euphorie ($m = 1,4$) ou de surprise ($m = 1,4$). La plupart des étudiants n'ont pas exprimé d'émotions négatives. Quelques étudiants ont exprimé un sentiment de stress (tableau 4) à l'idée de faire des erreurs de production ($m = 1,6$) ou des erreurs d'usage de la station de travail ($m = 1,1$). Quelques étudiants ont aussi exprimé l'impression qu'ils n'arriveraient pas à suivre le rythme de production imposé par la chaîne lors de la simulation ($m = 1,3$).

Tableau 3 • Émotions ressenties par les participants

Quand j'utilise <i>Lea(r)nIT</i> , je ressens :	Moyenne	Écart type	Min	Max
Du plaisir	2,4	0,5	2,0	3,0
De l'excitation	2,1	1,0	0,0	3,0
De la joie	1,9	1,0	0,0	3,0
De l'euphorie	1,4	0,7	0,0	2,0
De la surprise	1,4	0,5	1,0	2,0
De la perplexité	0,6	0,7	0,0	2,0
De l'embarras	0,4	0,7	0,0	2,0
De la déception	0,3	0,7	0,0	2,0
De la peur	0,1	0,3	0,0	1,0
De la tristesse	0,0	0,0	0,0	0,0
Du dégoût	0,0	0,0	0,0	0,0
De l'anxiété	0,0	0,0	0,0	0,0
Du mépris	0,0	0,0	0,0	0,0

Tableau 4 • Stress ressenti par les participants

Quand j'utilise <i>Lea(r)nIT</i> , je suis stressé à l'idée de :	Moyenne	Écart type	Min	Max
Faire des erreurs de production	1,6	0,5	1,0	2,0
Faire des erreurs d'utilisation de la station de travail	1,1	0,8	0,0	2,0
Ne pas réussir à suivre le rythme de la production	1,3	0,9	0,0	2,0

4.2.2. Évaluation des apprentissages

4.2.2.1. Sentiment d'apprentissage

Les sentiments d'apprentissage exprimés par les participants sont présentés dans le tableau 5. Ils ont le sentiment d'avoir compris les concepts généraux du Lean ($m = 2,3$ pour le groupe LEGO et $m = 2,7$ pour le groupe *Lea(r)nIT*) et se sentent capable de mettre en application ces concepts dans des cas concrets ($m = 2,1$ pour le groupe LEGO et $m = 2,4$ pour le groupe *Lea(r)nIT*). Les valeurs sont très comparables dans les deux groupes. D'ailleurs, si on fait un t-test (tableau 6) les écarts de valeurs concernant le sentiment d'apprentissage et la capacité de mise en œuvre ne sont pas significatifs (avec respectivement des valeurs $p = 0,19$ et $p = 0,4$).

On peut donc conclure que la perception d'apprentissage est similaire dans les deux groupes.

Tableau 5 • Sentiments d'apprentissage des participants

		Moyenne	Ecart type	Min	Max
Condition LEGO	Je comprends les concepts généraux du Lean	2,3	0,5	2,0	3,0
	Je suis capable d'appliquer les concepts du Lean dans des cas concrets	2,1	0,6	1,0	3,0
Condition Lea(r)nIT	Je comprends les concepts généraux du Lean	2,7	0,5	2,0	3,0
	Je suis capable d'appliquer les concepts du Lean dans des cas concrets	2,4	0,5	2,0	3,0

Tableau 6 • Différence dans les sentiments d'apprentissage des participants

t-test	t	p-value	
Sentiment de compréhension des concepts	-1,367	0,199	Non significatif
Sentiment de capacité de mise en œuvre des concepts	0,866	0,403	Non significatif

4.2.2.2. Niveau de connaissance des participants avant les formations

Le tableau 7 montre le niveau de connaissances des élèves, avant les formations, concernant les concepts du Lean. Les résultats sont regroupés selon que les questions qui ont été posées concernent des éléments théoriques ou pratiques du Lean. On peut noter que les participants du groupe *Lea(r)nIT* ont des résultats généraux légèrement supérieurs que ceux du

groupe LEGO ($m = 13,4$ pour le groupe LEGO et $m = 14,9$ pour *Lea(r)nIT*). Plus spécifiquement, le groupe *Lea(r)nIT* a de meilleurs résultats sur les questions théoriques ($m = 8,4$ pour le groupe LEGO vs $m = 10,8$ pour le groupe *Lea(r)nIT*) alors que le groupe LEGO a de meilleurs résultats sur les questions pratiques ($m = 5$ pour le groupe LEGO vs $m = 4$ pour le groupe *Lea(r)nIT*). On peut remarquer que globalement les deux groupes ont de meilleurs résultats sur les questions théoriques que sur les questions pratiques.

Tableau 7 • Résultats au test de connaissances avant l'expérimentation

	Avant l'expérimentation	Moyenne	Écart type	Min	Max
Condition LEGO	Ensemble des connaissances	13,4	5,1	6,2	23,7
	Connaissances théoriques	8,4	3,1	5	14,3
	Connaissances pratiques	5	3	0	9,5
Condition Lea(r)nIT	Ensemble des connaissances	14,9	5	9,5	23,5
	Connaissances théoriques	10,8	3	7	15,5
	Connaissances pratiques	4	2	0,5	8

Nous avons analysé si les différences entre les deux groupes étaient significatives en utilisant un t-test. Les résultats présentés dans le tableau 8 montrent qu'il n'y a pas de différence significative sur l'état des connaissances initiales à propos du Lean entre les deux groupes à la fois sur le plan général ($p = 0,634$) et sur les connaissances théoriques ($p = 0,201$) ou pratiques ($p = 0,540$). Nous pouvons donc en conclure que le niveau de connaissances initiales relatif au Lean des participants est équivalent avant l'expérimentation pour les deux groupes.

Tableau 8 • Différence entre les groupes dans les connaissances en Lean avant l'expérimentation

t-test avant l'expérimentation	t	p-value	
Ensemble des connaissances	-0,489	0,634	Non significatif
Connaissances théoriques	-1,353	0,201	Non significatif
Connaissances pratiques	0,631	0,540	Non significatif

4.2.2.3. Niveau de connaissance des participants après les formations

Le tableau 9 montre le niveau de connaissances des élèves, après les formations. On peut voir que le groupe *Lea(r)nIT* a de meilleurs résultats

sur l'ensemble des compétences que le groupe LEGO ($m = 15,9$ pour le groupe LEGO vs $m = 21,9$ pour le groupe *Lea(r)nIT*). Le groupe *Lea(r)nIT* a en particulier de meilleurs résultats concernant les questions théoriques ($m = 8,5$ pour le groupe LEGO vs $m = 13,3$ pour le groupe *Lea(r)nIT*). Les résultats sont aussi meilleurs concernant les questions pratiques mais de manière bien moins marquée ($m = 7,4$ pour le groupe LEGO vs $m = 7,6$ pour le groupe *Lea(r)nIT*). Les deux groupes ont de meilleurs résultats sur les questions théoriques que sur les questions pratiques.

Tableau 9 • Résultats au test de connaissances après l'expérimentation

	Après l'expérimentation	Moyenne	Écart type	Min	Max
LEGO condition	Ensemble des connaissances	15,9	4,3	9,5	22,25
	Connaissances théoriques	8,5	2,4	5	12
	Connaissances pratiques	7,4	2,4	3,5	11,5
Lea(r)nIT condition	Ensemble des connaissances	21,9	4,1	15,8	28,3
	Connaissances théoriques	13,3	2,2	11,3	18,3
	Connaissances pratiques	7,6	2,8	2,8	10,8

Les résultats du tableau 10 montrent que, selon un t-test, les différences entre les deux groupes sont significatives si on considère l'ensemble des connaissances ($p = 0,059$) et les connaissances théoriques ($p = 0,003$) alors qu'elles ne le sont pas si on considère les connaissances pratiques ($p = 0,869$).

Tableau 10 • Différence entre les groupes dans les connaissances en Lean après l'expérimentation

t-test après l'expérimentation	t	p-value	
Ensemble des connaissances	-2,081	0,059	Significatif
Connaissances théoriques	-3,626	0,003	Significatif
Connaissances pratiques	-0,168	0,869	Non significatif

Nous pouvons en conclure que les participants du groupe *Lea(r)nIT* ont globalement plus appris que les étudiants du groupe LEGO. Donc l'hypothèse H1 est validée. De plus, les participants qui ont utilisé *Lea(r)nIT* ont au final une meilleure compréhension des concepts théoriques que les étudiants du groupe LEGO. Donc l'hypothèse H2 est validée. Cependant nous n'avons pas pu montrer que l'utilisation de

Lea(r)nIT procurait une meilleure construction de compétences pratiques. L'hypothèse H3 n'est donc pas validée et nous dégageons des raisons possibles dans la partie suivante.

4.3. Discussion

Les résultats généraux à propos de l'utilisabilité et de l'expérience utilisateur sont très positifs. Les étudiants pensent que la conception générale de *Lea(r)nIT* est bonne. Ils pensent en particulier que *Lea(r)nIT* est utile, pertinent, amusant et facile à utiliser. Ils se déclarent intéressés à utiliser *Lea(r)nIT* à la fois pour réaliser les étapes de simulation et d'amélioration de l'activité proposée. Ils ont le sentiment de bien réussir à réaliser ces deux étapes en l'utilisant. Ils expriment des émotions très positives comme le plaisir, l'excitation, la joie et ne ressentent pas d'émotions négatives comme l'embarras, la déception, la peur, la tristesse, le dégoût ou la colère. Ils n'expriment pas non plus de sentiment de stress lié au rythme de l'activité ou aux erreurs que la manipulation des dispositifs de RM induirait. Ainsi, nous pouvons conclure que la conception de *Lea(r)nIT* n'engendre pas de problème d'utilisabilité.

Sur le plan des apprentissages, les premiers résultats présentés ici sont encourageants. En effet, notre étude montre que l'apprentissage est meilleur si les outils et objets manipulés lors de la formation sont réalisés en RM plutôt que de façon plus symbolique comme c'est le cas avec les LEGO. La justification de ce résultat est liée selon nous au fait que le degré de réalisme et l'immersion rendus possible par la RM permettent aux participants de faire plus simplement le lien entre les éléments avec lesquels ils interagissent dans le jeu et la réalité de l'activité qui est simulée. En effet, le paradigme de l'apprentissage par l'action suppose qu'en plaçant l'apprenant dans une situation où les gestes et l'interaction sont plus réalistes, l'action située sera mieux définie et l'expérience vécue plus propice aux apprentissages.

Nous nous interrogeons sur les possibles différences d'impacts sur l'apprentissage des concepts théoriques et pratiques. En effet, si l'environnement et les actions sont plus réalistes, on peut s'attendre, d'une part, à ce que les participants aient une meilleure prise de recul sur leurs activités ainsi qu'une meilleure compréhension des enjeux et méthodes de la situation qui est représentée (concepts théoriques). On peut s'attendre, d'autre part, à ce que la maîtrise des gestes et attitudes soit plus grande (concepts pratiques). Notre étude montre que les concepts théoriques du domaine sont mieux compris s'il y a usage de la RM dans le *Se-*

rious Game, en revanche aucune amélioration significative n'a été observée sur les concepts pratiques.

Nous pensons que ces résultats sont liés aux objectifs pédagogiques de la formation et au scénario du jeu initial sur lequel nous nous sommes appuyé. En effet, les aspects pratiques du Lean qui sont vus dans la formation consistent à comprendre comment mettre en œuvre des méthodologies (comme les 5S) et comment contrôler le déroulement de la production (par des activités de type mesure du temps de transfert d'une pièce par exemple). Les aspects théoriques consistent à comprendre la philosophie de la méthode Lean, les différents éléments de la production sur lesquels il est intéressant d'agir et comment ces changements améliorent le processus industriel à plus grande échelle. Le scénario du jeu et le fait de jouer des rôles aident surtout les participants à se mettre à la place des opérateurs, comprendre quel est leur travail et les bénéfices ou contraintes liés au déploiement d'une démarche Lean. Les gestes réalisés sur les plateformes de travail, en utilisant des techniques de RM, ne visent donc pas l'acquisition de certaines compétences pratiques liées aux objectifs pédagogiques. Le seul rôle qui expérimente une compétence pratique est l'observateur qui mesure les temps de production à l'aide d'un chronomètre au cours de l'activité. Ses mesures servent principalement à alimenter les discussions lors des phases de débriefing avec l'enseignant. C'est en effet à ce moment que les compétences pratiques de la formation sont discutées et approfondies. Le travail de l'observateur et les débriefings étant réalisés de manière équivalente dans les deux cas, l'absence de différences d'apprentissage sur les concepts pratiques est justifiée. En revanche, notre expérimentation montre bien que l'ajout d'interaction en RM lors des phases de simulation aide les participants à mieux comprendre les concepts théoriques liés au Lean. En effet, les concepts théoriques sont présentés rapidement à l'oral pour les deux groupes en début de formation, expérimentés de manière différenciée lors des phases de simulation et discutés eux aussi, de manière équivalente pour les deux groupes lors des phases de débriefing. Nous pouvons donc bien conclure que c'est l'ajout des techniques de RM qui améliore la compréhension générale de la méthode Lean et de la manière de la mettre en œuvre.

Pour améliorer l'apprentissage sur les concepts pratiques, nous pensons qu'il serait utile de développer des interactions utilisant de la RM lors des phases d'amélioration pour soutenir l'étape de débriefing et de discussion sur l'intérêt de proposer telle ou telle amélioration. On peut imaginer par exemple qu'à l'issue des simulations, les élèves manipulent des arte-

faits représentatifs des méthodes d'observation et de contrôle du Lean, proposent des stratégies d'amélioration, réorganisent la ligne de production et visualisent sur le poste de contrôle, par le biais d'une simulation à horizon d'une journée ou d'une semaine, les impacts sur la production. Les élèves pourraient faire ce travail dans un premier temps individuellement puis discuter les différents choix en groupe sur la base des effets qu'ils produisent. On peut imaginer aussi que ces choix soient testés et discutés en groupe en utilisant une table *multi-touch* et des interfaces tangibles et qu'une discussion globale soit ensuite faite sur la base de la solution proposée collaborativement. Ces activités auraient pour conséquence d'approfondir les discussions et ainsi la compréhension des méthodes de déploiement du Lean. Néanmoins, le fait de pouvoir voir les effets des choix sur des simulations en accéléré aurait pour conséquence de limiter l'intérêt de les vivre en contexte simulé avec de la RM. Pour garder le scénario global du jeu attractif, en particulier le fait de jouer les phases de simulation, il faudrait ajouter des éléments de jeu lors des phases d'amélioration et laisser à l'enseignant la possibilité de définir les éléments les plus adaptés selon les propositions des élèves. Cette limite a par exemple été soulignée par l'enseignante qui a réalisé la formation. Cette personnalisation, qui impliquerait une modification du scénario implémenté, ne faisait pas partie des objectifs fixés dans cette recherche. Nous sommes cependant intéressés à la prendre en compte dans une prochaine itération à présent que les premières observations ont été faites.

Ces résultats doivent être considéré cependant avec prudence car la taille de l'échantillon de participants était relativement petite (14 participants au total). Ceci est lié aux contraintes expérimentales et aussi au jeu initial que nous avons choisi de transposer. En effet, les sept rôles qui sont définis dans le scénario contraignent le nombre de participants par séance. De plus, nous avons demandé à la même personne de faire l'animation de la formation dans les deux cas pour limiter les biais liés à la manière de travailler de l'enseignant. Dans la mesure où cette formation dure quatre heures pour chaque groupe, il a été impossible pour cette personne d'encadrer plus de groupes.

5. Conclusion

Nous avons constaté qu'il y avait encore peu de travaux autour des MRLG (*Mixed Reality Learning Games*) et que leurs effets sur l'apprentissage n'étaient pas réellement mesurés. Le projet SEGAREM a pour objectif d'étudier le processus de conception ainsi que l'utilité de ces nouvelles formes d'interaction sur l'apprentissage.

Dans le cadre de ce projet, nous avons conçu un MRLG appelé *Lea(r)nIT*. De manière à tester les effets de la RM, nous avons choisi d'adapter un *serious game* non numérique déjà existant, le *Buckingham Lean Game*. Ce jeu est notamment utilisé depuis plusieurs années dans une école d'ingénieurs pour former les étudiants à la démarche Lean. Le jeu consiste à faire tenir aux élèves différents rôles dans une chaîne de production (phase de simulation) de manière à les aider à appréhender les gaspillages et perte de temps. Dans un deuxième temps, les étudiants sont amenés à réfléchir aux différentes méthodes du Lean puis les mettent en application (phase de débriefing et amélioration). Les rôles correspondent à différents opérateurs d'une chaîne de production (presse, assemblage, contrôle qualité...). De manière à simuler la production de pièces, les élèves travaillent avec des boîtes en plastiques (pour représenter les supports de stockage) et des blocs de LEGO (pour représenter les pièces), qu'ils s'échangent et qu'ils assemblent en suivant un processus de production fourni. Notre travail de conception a consisté à remplacer l'utilisation des LEGO par des techniques de RM. Le scénario du jeu ainsi que les objectifs pédagogiques sont restés inchangés. Ainsi la version MRLG de la formation utilise différents artefacts : 4 tables interactives (3 ont été conçues spécifiquement dans le cadre du projet, la dernière est une table *Pixel Sense*), une tablette et un *smartphone*. En complément, des objets ont été utilisés comme interfaces tangibles de manière à accroître le sentiment d'immersion des apprenants dans l'activité. Par exemple, un pistolet à colle a été adapté de manière à pouvoir poser des points de colle sur des pièces virtuelles qui sont manipulées sur une table interactive représentant le poste d'assemblage.

Les deux situations ont ensuite été évaluées en utilisant une méthode expérimentale. 14 participants (étudiants d'école d'ingénieurs) ont été soumis à deux conditions de formation : 7 pour la situation LEGO et 7 pour la situation *Lea(r)nIT*. Les pré-tests et post-tests sur l'état des connaissances ont montré que l'utilisation de la RM impactait positivement l'apprentissage, en particulier concernant la compréhension des concepts théoriques. Les observations complémentaires montrent que ces résultats s'expliquent principalement par une plus grande motivation, une meilleure immersion et une meilleure expérience utilisateur. De plus, nous pensons que le fait de réaliser des activités plus réalistes aide les élèves à mieux se projeter dans la simulation et ainsi à comprendre de manière plus fine les dysfonctionnements qui justifient l'emploi de telle ou telle méthode ainsi que les conséquences que cela peut avoir sur la production. Les concepts théoriques de la formation sont ainsi compris avec plus de

sens. Néanmoins, nous n'avons pas identifié de différences significatives sur les apprentissages concernant les concepts pratiques. Nous pensons que ce résultat est lié à l'organisation de la formation qui vise à former les étudiants à découvrir la méthode et avoir une vision globale de l'analyse de la situation et des améliorations possibles que l'on peut faire. Nous pensons que nous aurions pu démontrer l'avantage de l'utilisation de la RM sur la compréhension fine d'aspects pratiques en modifiant le scénario pédagogique lors des phases de débriefing, par exemple en utilisant une table ou des tablettes tactile pour définir collaborativement les améliorations possibles et en voir les effets à plus ou moins long terme. Mais ce choix aurait nécessité de repenser le scénario pédagogique dans sa globalité de manière à garder l'étape de simulation de la chaîne de production intéressante et conserver la découverte graduelle des améliorations.

Nos résultats vont dans le même sens que ceux de Cuendet *et al.* (2012) qui montrent que l'utilisation d'interfaces tangibles tend à modifier les comportements des apprenants, les encourage à manipuler plus mais aussi parfois à réfléchir moins, ce qui peut dans ce cas avoir un impact négatif sur les apprentissages. La réalité mixte en formation ne doit pas être juste considérée pour l'assistance qu'elle fournit pour la réalisation de tâches manuelles. Elle doit être aussi vue comme un moyen d'encourager une réflexion plus profonde chez les élèves. Dans cette perspective, le rôle des enseignants reste fondamental pour les aider à exploiter ces nouvelles expériences vécues, prendre du recul sur leurs activités, faire le lien avec les concepts présentés et ainsi mieux apprendre. Ce rôle peut se manifester aussi dans la mise en œuvre du dispositif par le choix, en cohérence avec le scénario général, des activités à réaliser selon les réactions et propositions des élèves. Cette possibilité d'adaptation nous semble particulièrement utile pour favoriser l'appropriation de ces dispositifs par les enseignants. Elle constitue une de nos prochaines perspectives de recherche.

Remerciements

Cette recherche a été réalisée dans le cadre du projet SEGAREM (*SERious Games et REalité Mixte*). Les auteurs tiennent à remercier à la fois la DGCIS (Direction Générale de la Compétitivité, de l'Industrie et des Services) qui a accepté de le financer, et les partenaires industriels, Symetrix et Total Immersion, pour leur collaboration. Les auteurs tiennent aussi à

exprimer leur gratitude aux étudiants de l'INSA de Lyon et à leur enseignante Lorraine Trilling, pour avoir accepté de participer à l'expérimentation.

BIBLIOGRAPHIE

- ABT C. C. (1987). *Serious games*. University Press of America.
- ANASTASSOVA M., BURKHARDT J.-M. (2008). Automotive technicians' training as a community-of-practice: implications for the design of an augmented reality teaching aid. *Applied ergonomics*, 40(4), 713-721.
- CUENDET S., JERMANN P., DILLENBOURG P. (2012). Tangible interfaces: when physical-virtual coupling may be detrimental to learning. In *Proceedings of the 26th Annual BCS Interaction Specialist Group Conference on People and Computers*, Swinton, UK, UK: British Computer Society, p. 49-58.
- CIPE (2013), Centre International de la Pédagogie d'Entreprise, <http://www.cipe.fr/jeux-et-seminaires.html>
- CRAWFORD C. (1982). *The art of computer game design*. Osborne/McGraw-Hill.
- DAVID B., YIN, C., CHALON R. (2009). Contextual Mobile Learning Strongly Related to Industrial Activities: Principles and Case Study. *International Journal of Advanced Corporate Learning*, Vol. 2 (3), 12-20.
- DELOMIER F., DAVID B., CHALON R. (2012). Conception et mise en œuvre de Learning Games Collaboratifs Contextualisés. In SYSCO, *Première conférence franco-phone sur les systèmes Collaboratifs*, 28-30 sept. 2012.
- De FREITAS S., NEUMANN, T. (2009). The use of 'exploratory learning' for supporting immersive learning in virtual environments. *Computers and Education Journal*, 52(2), 343-352.
- GARRIS R., AHLERS R., DRISKELL J. (2002). Games, motivation, and learning: A research and practice model. *Simulation & Gaming*, 33(4), 441-467.
- HERRINGTON J., OLIVER R. (2000). An instructional design framework for authentic learning environments. *Educational Technology Research and Development*, Vol. 48 (3), 23-48.
- JOAB M., GOUARDÈRES G. (dir.) (2000). Simulation et formation professionnelle dans l'industrie. *Sciences et Techniques Éducatives (STE) numéro spécial*, Hermès-Lavoisier, 232 p.
- JOURDE F., LAURILLAU Y., NIGAY L. (2010). COMM notation for specifying collaborative and multimodal interactive systems. *Proceedings of the 2nd ACM SIGCHI symposium on Engineering interactive computing systems*, p.125-134.
- KRIZ W.C. (2010). A Systemic-Constructivist Approach to the facilitation and Debriefing of Simulations and Games. *Simulation and Gaming: An International Journal*, 41, 663-680.
- LAVE J., WENGER E. (1991). *Situated Learning. Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge University Press.
- MARFISI-SCHOTTMAN I., GEORGE S., TARPIN-BERNARD F. (2010). Tools and Methods for Efficiently Designing Serious Games. *Proceedings of 4th European Conference on Games Based Learning*, Copenhagen, Denmark, p. 226-234.

**Sébastien GEORGE, Christine MICHEL,
Audrey SERNA, Luca BISOGNIN**

MARIAIS C., MICHAU F., PERNIN J.-P., MANDRAN N. (2011). Supporting Learning Role-Play Games Design: A Methodology and Visual Formalism for Scenarios Description. *Proceedings of the 5th European Conference on Games Based Learning*, Athens, Greece, p. 378-387.

MILGRAM P., KISHINO F. (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE Transactions on Information and Systems*, E77-D(12), 1321-1329.

ORLIAC C., GEORGE S., MICHEL C., PRÉVOT P. (2011). Can we use Existing Pedagogical Specifications to Design Mixed Reality Learning Games? *Proceedings of the 5th European Conference on Games Based Learning*, Athens, Greece, p. 440-448.

ORLIAC C., MICHEL C., GEORGE S. (2012). An Authoring Tool to Assist the Design of Mixed Reality Learning Games. *7th European Conference of Technology Enhanced Learning*, Saarbrücken, Germany, September 2012, p. 441-446

PRINCE M. (2004) Does Active Learning Work? A Review of the Research. *Journal of Engineering Education*, Vol. 93, n° 3, 223-231.

STEDMON A.W., STONE R.J. (2001). Re-viewing reality: human factors of synthetic training environments. *International Journal of Human-Computer Studies*, 55(4), 675-698.

SUCHMAN L. (1987). *Plans and situated actions : the problem of human-machine communication*, Cambridge University Press, New York, 1987.

SQUIRE K., JENKINS H. (2003). Harnessing the power of games in education. *Insight*, vol. 3, n° 1, 5-33.



Architecture et modèles génériques pour la génération adaptative des scénarios de jeux sérieux.

Application : Jeu d'évaluation et de rééducation cognitives

► **Karim SEHABA** (LIRIS, Lyon 2),
Aarij Mahmood HUSSAAN (IQRA University, Pakistan)

■ **RÉSUMÉ** • Notre travail de recherche porte sur les jeux sérieux adaptatifs. Précisément, il vise le développement d'une plate-forme générique et évolutive permettant la génération de scénarios adaptés aux caractéristiques et besoins des utilisateurs. Pour cela, nous avons proposé une architecture permettant d'organiser les connaissances du domaine en trois couches : concepts du domaine, ressources pédagogiques et ressources du jeu. Les traces d'interaction sont utilisées pour faire évoluer le profil de l'utilisateur à partir de ses performances. L'architecture ainsi que ses modèles associés ont été développés dans la plate-forme GOALS (*Generator Of Adaptive Learning Scenarios*). Afin de valider nos contributions, nous avons évalué GOALS dans plusieurs expérimentations dans le cadre du projet CLES (*Cognitive Linguistic Elements Stimulations*). Ce projet, en partenariat avec plusieurs équipes spécialisées dans les jeux, l'ergonomie des IHM et les mécanismes cognitifs, porte sur le développement d'un jeu sérieux pour l'évaluation et la rééducation cognitives.

■ **MOTS CLÉS** • *Serious game*, scénario, générateur adaptatif, trace, situation de handicap.

■ **ABSTRACT** • *Our research work focuses on adaptive serious games. More precisely, our work aims at the development of a generic and evolutive platform, which allows the generation of pedagogical scenarios adapted to the characteristics and needs of users. For that purpose, we have proposed an architecture that organizes the domain knowledge in three layers: domain concepts, pedagogical resources and game resources. The interaction traces are used in order to update the learner profile. The architecture and its associated models were developed into the platform GOALS (Generator of Adaptive Learning Scenarios). To validate our contributions, we have evaluated GOALS in various experimentations in the context of project CLES (Cognitive Linguistic Elements Stimulations). This project, in partnership with many teams specializing in video games, ergonomics of HCI and cognitive mechanisms, focuses on the development of a serious game for the cognitive stimulation.*

■ **KEYWORDS** • *Serious games, scenario, adaptive generator, trace, handicap*

1. Introduction

Un jeu sérieux est défini comme étant un défi intellectuel lancé sur un dispositif numérique selon des règles spécifiques. Selon Zyda (2005), tout jeu vidéo conçu avec un objectif autre que le simple divertissement peut être considéré comme un jeu sérieux. Les jeux sérieux ont été utilisés dans plusieurs domaines tels que la santé (Green *et al.*, 2010), la sécurité, le recrutement (Susi, 2007), etc.

Nous nous intéressons dans un cet article à un type particulier de jeux sérieux : *les jeux d'apprentissage (learning game)*. Il s'agit des jeux qui utilisent le divertissement comme valeur ajoutée pour favoriser l'apprentissage. Ainsi, ce type de jeux rend l'apprentissage plus attractif et amusant à travers des défis ludiques qui suscitent la motivation et l'engagement des apprenants. Dans ce cadre, notre travail porte sur la génération automatique de scénarios pédagogiques dans les jeux d'apprentissage. La notion de scénario pédagogique a plusieurs acceptions (Peter & Vantroys, 2005 ; Schneider *et al.*, 2003 ; Pernin & Lejeune, 2006). Par scénario, nous entendons une suite d'activités pédagogiques, intégrées dans une activité ludique, permettant à l'apprenant d'atteindre un ou plusieurs objectifs d'apprentissage. Dans la majorité des jeux d'apprentissage actuels, le scénario de jeu est identique quelque soit l'apprenant, ses spécificités et ses objectifs pédagogiques. Ces jeux souffrent de nombreux problèmes car ils ne s'adaptent pas aux profils et besoins de leurs utilisateurs.

L'objectif général de notre recherche est de définir des modèles de représentation et de raisonnement permettant la génération adaptative de scénario pédagogique dans le cadre des jeux d'apprentissage. Il s'agit de faciliter l'intégration des scénarios dans les jeux vidéo. Les scénarios générés doivent tenir compte du profil de l'utilisateur, ses objectifs d'apprentissage ainsi que ses traces d'interaction. Afin de réaliser cet objectif, nous avons retenu deux propriétés : *généricité* et *évolutivité*.

Par *généricité*, nous entendons la capacité du générateur à être indépendant du domaine d'application, donc en mesure d'être utilisé dans plusieurs domaines et plusieurs jeux sérieux. En effet, les jeux sérieux dont les aspects ludiques sont fortement couplés aux éléments pédagogiques présentent plusieurs inconvénients. Ces approches ne supportent pas la réutilisation d'un même jeu dans plusieurs domaines d'apprentissage et *vice-versa*. Également, tout changement dans les connaissances du domaine d'apprentissage implique des modifications des éléments du jeu, ce qui peut être très contraignant pour les concepteurs. Pour répondre

à ces limites, nous proposons une architecture générique permettant d'organiser les connaissances du domaine en trois couches : concepts du domaine, ressources pédagogiques et ressources du jeu. Cette organisation permet, d'une part, de faire évoluer les éléments d'une couche donnée sans remettre en cause les éléments des autres couches, d'autre part de mettre en relation les mêmes connaissances du domaine avec différents jeux.

L'évolutivité est la capacité du générateur à faire évoluer ses connaissances à partir de ses interactions avec les utilisateurs. Dans la majorité des jeux actuels, les interactions entre le apprenants et le jeu sont prédéfinies par le concepteur durant la phase de conception selon un certain nombre d'hypothèses. Ces jeux ne tiennent pas compte de l'historique de l'utilisateur et de son évolution. Ils souffrent ainsi de nombreux inconvénients, car ils ne s'adaptent pas facilement aux différentes situations rencontrées dans la pratique. En outre, la conception d'un jeu disposant, avant sa mise en œuvre, d'une représentation complète des besoins et spécificités de ses utilisateurs n'est pas chose facile pour le concepteur. Pour combler ces lacunes, notre approche consiste à exploiter les traces d'interaction afin de mettre à jour le profil de l'utilisateur et les connaissances du domaine. D'une manière générale, une trace (Clauzel *et al.*, 2009) est définie comme un historique des actions de l'utilisateur collectées à partir de son interaction avec le système informatique.

Notre travail de recherche s'inscrit dans le cadre du projet CLES (*Cognitive Linguistic Elements Stimulations*) dont l'objectif est de développer un jeu sérieux pour l'évaluation et la rééducation des troubles cognitifs. Il s'agit des troubles de perception, d'attention, de mémoire, de langage oral et écrit, de raisonnement logique, de visuo-spatial et de compétences transversales. Précisément, le projet CLES vise, d'une part, à réaliser pour chaque pathologie une brique logicielle qui soit ciblée sur une lacune bien précise tout en optimisant, à travers des techniques de jeux vidéo, leur ergonomie cognitive. D'autre part, il s'agit de développer un module permettant de générer des *parcours de jeux personnalisés* à chaque patient en l'orientant suivant ses difficultés et ses progrès.

Cet article est organisé comme suit : la section 2 présente un état de l'art sur les générateurs de scénarios dans le cadre des jeux sérieux et des environnements informatiques pour l'apprentissage humain en général. La section 3 décrit le projet CLES dans lequel se situe notre travail. Cette section présente le contexte et l'objectif de ce projet, le principe de fonctionnement du jeu développé et quelques exemples d'exercices, sous

forme de mini-jeux, de stimulation cognitive. Les sections 4 et 5 détaillent l'architecture générale du générateur, ses modèles ainsi que son fonctionnement. La section 6 illustre l'utilisation de ces modèles à travers la modélisation des connaissances du projet CLES. La section 7 s'intéresse aux évaluations de nos contributions. L'objectif de ces évaluations est de valider les modèles de connaissances que nous avons proposés ainsi que d'étudier l'impact des scénarios générés par plate-forme GOALS (*Generator Of Adaptive Learning Scenarios*) sur les apprenants. Pour chacun de ces deux objectifs, un protocole d'évaluation et les résultats d'une expérimentation seront détaillés. Enfin, la section 8 présente une conclusion et quelques perspectives.

2. État de l'art

2.1. Générateur de scénarios dans les jeux

La génération de scénarios dans les jeux sérieux a fait l'objet de plusieurs recherches (Bieliková *et al.*, 2008 ; Bikovska & Merkuryeva, 2007 ; Carron, Marty, France, *et al.*, 2007 ; Moreno-Ger, Burgos, *et al.*, 2007). Carron *et al.* (2008) proposent un environnement d'apprentissage basé sur une représentation graphique des activités éducatives. Il s'agit d'un donjon pédagogique permettant à chaque apprenant de collecter des connaissances relatives à l'activité d'apprentissage. Les traces d'interaction sont utilisées afin de permettre à l'enseignant de contrôler et de réguler le déroulement du scénario. Ce contrôle peut se faire en temps réel par l'enseignant.

Bikovska et Merkuryeva (2007) proposent une méthodologie de formalisation et de génération de scénarios dédiée aux jeux d'entreprise. Le scénario, représenté sous forme d'un arbre, peut être paramétré manuellement ou automatiquement afin de régler son niveau de difficulté. Dans (Hodhod *et al.*, 2009), les auteurs présentent un jeu sérieux dédié à l'enseignement de l'éthique. Ce jeu est destiné aux élèves entre 8 et 11 ans. La génération de scénarios est basée sur une planification STRIPS (*STanford Research Institute Problem Solver*). Le système développé, appelé AEINSⁱ, est capable d'analyser les actions des utilisateurs afin de contrôler et de personnaliser dynamiquement le scénario d'apprentissage.

Moreno-Ger, Sierra, *et al.* (2007) proposent une approche de scénarisation à base de documents. Le principe consiste à décrire le scénario de jeu dans un langage, appelé *e-game*, basé sur une représentation XML. Les auteurs ont ensuite développé le langage *e-adventure* (Moreno-Ger, Burgos, Martínez-Ortiz, *et al.*, 2008 ; Moreno-Ger, Burgos, *et al.*, 2007). Ce dernier

permet une génération dynamique des scénarios à partir des *chemins* pré-définis a priori par un expert du domaine. La génération ici consiste à sélectionner le bon chemin sur la base d'un pré-test auquel les élèves doivent répondre.

Le système SMILEⁱⁱ (Bieliková *et al.*, 2008) permet aux enseignants de créer des scénarios de jeu d'une manière simple et intuitive. Il s'agit d'associer à chaque objectif pédagogique les chemins qui permettent de l'atteindre. Néanmoins, ce système nécessite un important effort de modélisation.

Marne *et al.*, (2013) proposent un modèle permettant d'aider le tuteur à adapter le scénario du jeu à ses besoins spécifiques. Le scénario dans ce modèle est découpé en séquences d'activités définies par des objectifs pédagogiques et ludiques. Ces activités comportent des *états d'entrées* (caractérisés par des prérequis pédagogiques et ludiques) capables de déclencher un mode précis, et des *états de sortie* (caractérisés également par des objectifs pédagogiques et ludiques). Ainsi, ce modèle permet de construire des parcours avec des branchements de précédence plus ou moins complexes. La connaissance des objectifs atteints et des prérequis sur les aspects ludiques et pédagogiques permet de maintenir la cohérence des parcours.

2.2. Générateur de scénarios dans les EIAH

Vassileva et Deters (1998a) proposent un outil de génération de scénarios adaptatifs appelé « *Dynamic Courseware Generator* ». En fonction des objectifs pédagogiques et du profil de l'apprenant, ce générateur, basé sur un planificateur intelligent, identifie l'ensemble des chemins qui relient les concepts maîtrisés par l'apprenant et les concepts cibles. Ensuite, il sélectionne parmi tous les chemins possibles une suite de concepts. Cette dernière est mise en relation avec des ressources pédagogiques.

Le moteur d'adaptation d'AHA! (De Bra & Calvi, 1998 ; De Bra & Ruiter, 2001) permet de guider l'utilisateur dans sa navigation hypertextuelle. Pour cela, à partir du modèle utilisateur, ce système détermine les *fragments* qui devraient être montrés à l'utilisateur. Il s'agit des liens hypertextes et des informations les plus pertinentes pour l'utilisateur.

Pixedⁱⁱⁱ (J. Heraud *et al.*, 2004 ; J. Heraud & Mille, 2000) est basé sur la réutilisation de scénarios. Il s'agit de proposer aux apprenants, consultant un cours en ligne, de réutiliser les parcours d'apprentissage d'autres apprenants. L'utilisation de Pixed peut se faire selon trois modes : linéaire, assisté et libre. Dans le mode linéaire, le système choisit les concepts (ap-

pelés *notions*) à apprendre, les mets dans le bon ordre, puis il les associe aux ressources pédagogiques. Le mode assisté propose à l'apprenant un chemin linéaire où l'apprenant a la possibilité de choisir des concepts proches de ceux du chemin linéaire. Dans le mode libre, l'apprenant peut choisir les concepts qui l'intéressent ainsi que les ressources pédagogiques associées.

Le projet de recherche WINDS (*Web-based Intelligent Design and Tutoring System*) (Kracik & Specht, 2004 ; Specht *et al.*, 2001a) porte sur la construction d'un environnement d'apprentissage intégrant un système tutoriel intelligent, un système de gestion de cours et un ensemble d'outils coopératifs. Dans ce cadre, l'environnement ALE (*Adaptive Learning Environment*) permet de produire des cours personnalisés, basés sur des hypermédias éducatifs adaptatifs, en fonction de l'état courant de l'apprenant, ses préférences et son style d'apprentissage.

ActiveMath (Libbrecht *et al.*, 2001) est un système d'apprentissage en ligne qui génère dynamiquement des cours (de mathématique) interactifs adaptés aux objectifs, préférences, capacités et connaissances de l'élève. Les objets d'apprentissage sont représentés dans un format XML. Pour chaque utilisateur, un contenu approprié est sélectionné à partir d'une base de connaissances selon des règles pédagogiques. Le cours est ensuite présenté à l'utilisateur via un navigateur Web.

Le générateur de scénarios de la plate-forme *Paigos* (Ullrich & Melis, 2010) est basé sur un planificateur HTN. La planification est effectuée en appliquant des méthodes sur des tâches principales pour les décomposer en sous-tâches, puis en appliquant des opérateurs sur des tâches primitives (tâches réalisables par des opérateurs) pour produire des actions.

2.3. Synthèse

Dans le domaine des EIAH, les générateurs de scénarios sont caractérisés par leur capacité à produire des suites d'activités pédagogiques personnalisées à chaque utilisateur. Pour cela, ces générateurs prennent en compte les connaissances du domaine ainsi que le profil de l'utilisateur. Certains de ces générateurs, notamment (De Bra & Calvi, 1998 ; De Bra & Ruiters, 2001; Heraud & Mille, n.d. ; Vassileva & Deters, 1998b), sont génériques, néanmoins leur utilisation pour des jeux d'apprentissage nécessite un effort considérable dans la mesure où ils ne prennent pas en compte les aspects ludiques.

Dans le cadre des jeux d'apprentissage, les approches de génération de scénarios étudiées modélisent les ressources de jeux et leurs relations avec

les ressources pédagogiques, néanmoins certaines de ces approches sont dépendantes du domaine d'application ((Chang & Chou, 2008) ou (Hodhod *et al.*, 2009)) ou nécessitent le contrôle de l'utilisateur humain dans le processus de génération ((Bieliková *et al.*, 2008 ; Carron, Marty, & Heraud, 2007 ; Chang & Chou, 2008). Le contrôle manuel peut être très contraignant dans des jeux en ligne où le nombre d'utilisateurs est généralement très important (tel que c'est le cas dans le projet CLES).

Les approches proposées dans (Hodhod *et al.*, 2009 ; Moreno-Ger, Sierra, *et al.*, 2007) sont capables de générer dynamiquement des scénarios personnalisés. Ces générateurs sont basés sur des systèmes à base de règles (Hodhod *et al.*, 2009) ou des scénarios prédéfinis (Moreno-Ger, Sierra *et al.*, 2007), elles nécessitent donc un effort important de modélisation. Également, la mise à jour des connaissances est difficile.

Le tableau 1 montre une synthèse comparative des différents systèmes que nous avons étudiés par rapport aux critères retenus : (1) Généricité : la capacité du générateur à être indépendant du domaine d'application ; (2) Évolutivité : sa capacité à mettre à jour ses connaissances à partir de ses interactions.

Tableau 1: Synthèse comparative des générateurs existants

Références	Généricité	Évolutivité
Dynamic Courseware Generator (DCG) (Vassileva, 1995)	Oui	Oui
AHA ! (De Bra & Calvi, 1998; De Bra & Ruiters, 2001)	Oui	Non
ACE (Specht & Oppermann, 1998)	Oui	Oui
WINDS (Kravcik & Specht, 2004; Specht <i>et al.</i> , 2001b)	Oui	Oui
ActiveMaths (Libbrecht <i>et al.</i> , 2001)	Oui	Non
(Karampiperis & Sampson, 2005)	Oui	Oui
(Bouzeghoub <i>et al.</i> , 2005; Duitama <i>et al.</i> , 2005)	Oui	Non
PAIGOS (Ullrich & Melis, 2009; Ullrich, 2007)	Oui	Oui
SeLeNe (Keenoy <i>et al.</i> , 2004)	Oui	Non
PIXED (J. Heraud <i>et al.</i> , 2004; J. Heraud & Mille, 2000)	Oui	Non
(Marne <i>et al.</i> , 2013)	Oui	Non

3. Projet CLES

Dans cette section, nous présentons brièvement le projet CLES dans lequel se situe notre travail. Ensuite, nous décrivons le principe du jeu Tom Oconnor développé dans ce projet ainsi que quelques activités éducatives, sous forme de mini-jeux.

3.1. Description du projet

L'évaluation et la rééducation des troubles cognitifs ont fait l'objet de plusieurs travaux de recherche. Ces travaux, généralement basés sur des tests cliniques, portent sur différentes fonctions cognitives telles que la mémoire de travail (Diamond & Goldman-Rakic, 1989), l'attention (Manly *et al.*, 2001), la perception auditive (Mody *et al.*, 1997), etc. Avec l'avènement de l'informatique, se sont développées des solutions numériques de remédiation cognitive et linguistique. Ainsi, les auteurs dans (Garcia-Palacios *et al.*, 2002) utilisent un système de réalité virtuelle pour le traitement des personnes atteintes de claustrophobie. LAGUNTXO (Conde *et al.*, 2009) est un système d'apprentissage à base de règles dont l'objectif est de faciliter l'intégration des personnes en situation de handicap cognitif dans les environnements de travail. *Tutor Informatico* est un système destiné aux personnes souffrant du syndrome de Down. Ce système, basé sur les nouvelles technologies mobiles, permet d'aider ces personnes à surmonter leur handicap et à acquérir davantage d'autonomie. (Sehaba *et al.*, 2005) propose un système à base de jeux ludo-éducatifs pour l'aide à la structuration des enfants autistes.

Ces systèmes ont l'avantage d'être plus flexibles et facilement accessibles. Ils sont également capables d'enregistrer les traces des utilisateurs, ce qui permet aux praticiens de suivre les réalisations et l'évolution de leurs patients (Sehaba, 2005). Cependant, la plupart de ces systèmes ne s'adaptent pas aux spécificités et besoins de chaque utilisateur. Cette adaptation est particulièrement importante dans ce contexte dans la mesure où les personnes en situation de handicap cognitif n'ont pas les mêmes compétences, capacités ou préférences.

Afin de répondre à cette limite, le projet CLES (*Cognitive Linguistic Elements Stimulations*) a été proposé. L'objectif général de ce projet est de développer un jeu sérieux adaptatif permettant l'évaluation et la rééducation de huit fonctions cognitives (Hussaan *et al.*, 2011) : perception, attention, mémoire, langage oral, langage écrit, raisonnement logique, visuo-spatial et compétences transversales. Pour cela, CLES vise, d'une part, à développer pour chacune de ces fonctions plusieurs mini-jeux de stimulation cognitive. D'autre part, à développer un générateur de *scénario adaptatif*. Il s'agit ainsi de personnaliser le scénario de jeux et son niveau de difficulté en fonction des capacités, compétences et historique de chaque personne. En effet, le jeu développé dans le cadre de ce projet est accessible en ligne et le nombre de ses utilisateurs est trop important pour pouvoir envisager une génération manuelle.

3.2. Principe du jeu *Tom Oconnor*

Le jeu sérieux développé dans le cadre de ce projet, appelé *Tom Oconnor et la statuette sacrée*, est un jeu d'aventure accessible en ligne. Le protagoniste de ce jeu est un personnage nommé *Tom* dont la tâche est de chercher une statuette sacrée dissimulée dans un manoir. En fonction des sessions, ce personnage est placé successivement dans plusieurs pièces du manoir. Chaque pièce contient plusieurs objets (chaise, bureau, écran, etc.). Derrière certains de ces objets se cachent des défis sous forme de *mini-jeux*. L'utilisateur doit interagir avec ces objets pour lancer ces mini-jeux. Pour accéder à d'autres pièces et avancer dans le jeu, l'utilisateur doit lancer tous les mini-jeux de la pièce.

3.3. Exemples de mini-jeux

La figure 1 montre l'interface d'un mini-jeu sur la mémoire appelé *disparition grille*. Ce jeu affiche une série d'images que l'utilisateur doit mémoriser. Après un laps de temps, les images disparaissent, l'utilisateur est alors invité à les sélectionner parmi plusieurs propositions. Ce jeu dispose de plusieurs paramètres : le nombre d'images à mémoriser et leur complexité, la durée d'affichage de ces images, le nombre de propositions et le temps de réponse de l'utilisateur.



Figure 1 • Exemple d'un mini-jeu sur la mémoire

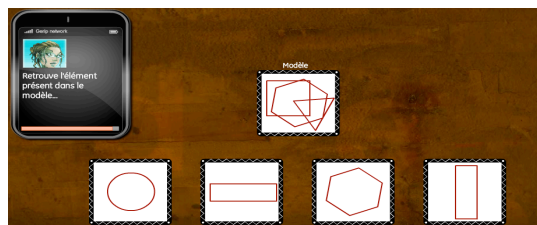


Figure 2 • Exemple d'un mini-jeu sur la perception visuelle

La figure 2 présente une interface du jeu *Objets entremêlés à identifier*. L'objectif de ce jeu est de développer et d'évaluer la perception visuelle

des enfants entre 6 à 12 ans. Pour cela, ce jeu affiche à l'écran un *modèle* contenant plusieurs objets entremêlés et un ensemble d'objets simples. L'apprenant doit identifier, parmi cet ensemble, les objets qui composent le modèle dans un laps de temps bien déterminé. Les paramètres de ce jeu sont le nombre et le type d'objet (chiffres, lettres, formes géométriques, etc.), le nombre de propositions et le temps de réponse. Les paramètres des mini-jeux permettent de régler leurs niveaux de difficulté en fonction des capacités et des besoins de chaque utilisateur.

Pour chacune des huit fonctions cognitives, une douzaine de mini-jeux ont été développés, chaque mini-jeu possède neuf niveaux de difficulté. Le rôle du générateur de parcours est de sélectionner, en fonction du profil de l'utilisateur, ses traces et les objectifs thérapeutiques de la session, les mini-jeux et leurs niveaux de difficulté, puis de les mettre en relations avec les objets des différentes pièces du manoir.

4. Représentation des connaissances du domaine

4.1. Architecture générale

Comme le montre la figure 3, l'architecture du système permet d'organiser les connaissances du domaine en trois couches, à savoir :

- 1) *Concepts du domaine* : il s'agit d'une représentation abstraite modélisant les connaissances du domaine d'apprentissage sous forme de graphe de concepts. Par exemple, dans le cadre du projet CLES, les concepts peuvent être : perception, mémoire, raisonnement logique...
- 2) *Ressources pédagogiques* : il s'agit des ressources qui permettent de véhiculer, de transmettre ou d'appréhender les concepts du domaine. Par exemple : les jeux disparition grille et Objets entremêlés à identifier, présentés dans la section précédente, sont des ressources pédagogiques relatives aux concepts mémoire et perception visuelle respectivement.
- 3) *Ressources du jeu* : elles représentent les objets du jeu avec lesquels l'utilisateur peut interagir. Par exemple, les objets du jeu *Tom Oconnor* derrière lesquels se cachent des défis sont des ressources du jeu

Cette organisation permet de faire évoluer les éléments d'une couche donnée sans remettre en cause les éléments des autres couches. Également, elle permet de mettre en relation les concepts d'un domaine donné avec différentes ressources pédagogiques, de même que les relations entre les ressources pédagogiques et de jeux.

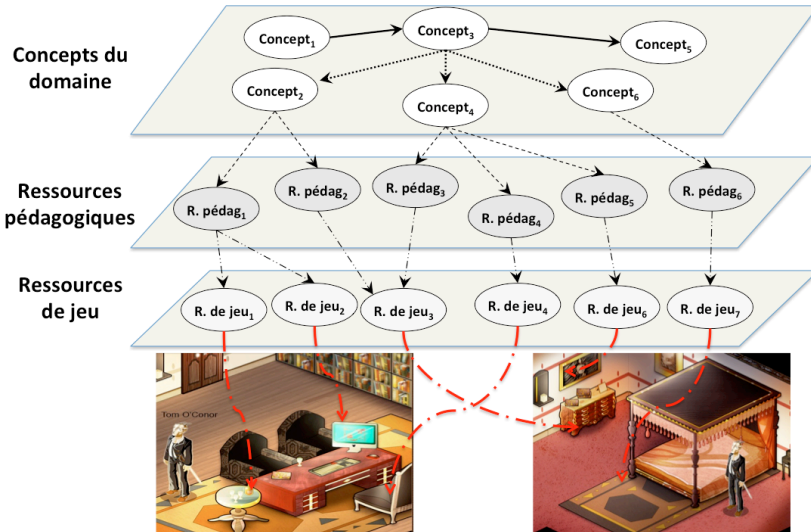


Figure 3 • : Représentation des connaissances

Dans les sous-sections suivantes, nous présentons les modèles que nous proposons pour la modélisation des concepts, ressources pédagogiques et ressources de jeu.

4.2. Modélisation des concepts

Comme son nom l'indique, la première couche contient les concepts du domaine. Ces derniers sont organisés sous forme d'un graphe sans cycle où les nœuds du graphe correspondent aux concepts, et les liens entre les nœuds correspondent aux relations entre concepts. Chaque concept est caractérisé par un identifiant unique et un ensemble de propriétés (nom, description, auteur, etc.) et chaque relation est caractérisée par son concept source, ses concepts cibles, un ensemble de propriétés et une fonction permettant de propager l'information dans le graphe afin de mettre à jour le profil de l'utilisateur. Ce dernier est représenté par un ensemble de propriétés de la forme « attribut, valeur » où chaque *attribut* correspond à un concept du domaine et sa *valeur* correspond à la compétence de l'utilisateur concernant ce concept.

Formellement, le modèle des concepts du domaine (CD) est défini comme suit : $CD = \langle N, L \rangle$ où N et L représentent respectivement l'ensemble des concepts du domaine pédagogique et l'ensemble des relations entre les différents concepts. Pour chaque concept $C \in N$: $C = \langle id, P \rangle$ où id est un identifiant unique du concept C et P est un ensemble de

propriétés décrivant le concept C . Ces propriétés sont sous la forme <attribut, valeur> où *attribut* est le nom de la propriété et *valeur* est la description de la propriété. Par exemple : < auteur, "Martin Michel" >, < date-de-création, "1-09-2013" >, <description, "la perception permet à un individu d'interpréter les signaux de l'environnement perçus par ses sens...">.

De même, pour chaque relation $R \in L : R = \langle C_{From}, T, RC \rangle$ où C_{From} est le concept source de la relation. T est le type de la relation, avec : $T = \langle Nom, Description, F_{Type} \rangle$ où *Nom* est le nom de la relation. *Description* une description textuelle de la relation. F_{Type} est une fonction qui permet de calculer les dépendances entre les concepts cibles C_{To} et leur concept source C_{From} . Cette fonction est utilisée pour mettre à jour le profil de l'utilisateur à partir de ses performances.

$RC = \langle C_{To}, F, Value \rangle$ où C_{To} est le concept cible dans la relation R . F et *Valeur* expriment l'impact de C_{To} sur C_{From} . Elles sont utilisées par F_{Type} pour calculer les dépendances entre les concepts de la relation en question.

Dans le cadre du projet CLES, nous avons créé, à partir des huit fonctions cognitives, plusieurs concepts. Nous avons également créé plusieurs types de relations (Hussaana *et al.*, 2011) à partir de la formalisation d'au-dessus. Pour l'exemple, nous présentons quatre types de relation :

Fait-partie ($x, y_1 \dots y_n$) : indique que les concepts cibles $y_1, y_2, \dots y_n$ sont des sous-concepts du concept x . Par exemple, *Fait-partie* (Perception, perception-auditive, perception-visuelle).

Pré-requis (x, y) : indique que pour apprendre le concept y il est nécessaire d'avoir une connaissance suffisante du concept x . Par exemple, *Pré-requis* (perception visuelle, langage écrit) signifie que le langage écrit nécessite des capacités de perception visuelle.

Type-de (x, y) : signifie que le concept y est un type du concept x . Cette relation peut être considérée comme une spécialisation.

Parallèle (x, y) : indique que les concepts x et y doivent être dans un même scénario. Autrement dit, si le générateur inclut un des deux concepts, il doit forcément inclure l'autre.

4.3. Modélisation des ressources pédagogiques

La deuxième couche contient les ressources pédagogiques. D'une manière générale, une ressource pédagogique est une entité utilisée dans un processus d'enseignement, de formation ou d'apprentissage permettant de véhiculer, de transmettre ou d'appréhender des concepts pédagogiques. Les ressources peuvent être de différentes natures : définition, exemple,

exercice, qcm, etc. Chaque ressource pédagogique est définie par un identifiant unique, un type, des paramètres, une fonction d'évaluation et un ensemble de caractéristiques (nom de la ressource, son auteur, sa description, etc.). Comme le montre la figure 3, chaque ressource pédagogique peut être en relation avec un ou plusieurs concepts du domaine. Cette relation exprime que la ressource en question permet d'appréhender le concept avec lequel elle est liée.

Formellement, une ressource pédagogique (*RP*) est définie comme suit :

RP : $\langle id, Type, Paramètres, Fonction-d'évaluation, Solution, Caractéristiques, Concepts-en-relation \rangle$

- *Id* : un identifiant unique de la ressource pédagogique ;
- *Type* : ce champ spécifie la nature de la ressource pédagogique, qui peut être une *description* (définition, exemple, illustration, etc.), une *démonstration* (preuve, théorème, etc.) ou un *test* (exercice, problème, qcm, etc.) ;
- *Paramètres* : il s'agit des paramètres qui fixent le niveau de difficulté de la ressource pédagogique. La section 3.3 présente les paramètres des mini-jeux « objets entremêlés à identifier » et « identification grille » ;
- *Fonction-d'évaluation* (optionnelle) : elle concerne les ressources pédagogiques de type test. Elle est utilisée pour évaluer la réponse de l'apprenant ;
- *Solution* (optionnelle) : contient la réponse au test des ressources pédagogiques de type test ;
- *Caractéristiques* : Il s'agit des méta-informations concernant la ressource telle son auteur, sa date de création, etc. ;
- *Concepts-en-relation* : contient la liste des concepts en relation avec la ressource pédagogique en question. Pour chacun de ces concepts, il est associé la compétence requise (représentée par une valeur appartenant à l'intervalle $[0,1]$) pour pouvoir accéder à la ressource. Ainsi, cette liste est représentée comme suit : $\langle c_1, compétence-requise_{c_1} \rangle, \langle c_2, compétence-requise_{c_2} \rangle \dots$ En plus, pour chacun de ces concepts, on associe une valeur représentant l'impact de la ressource sur le concept.

Dans le cadre du projet CLES, les mini-jeux du jeu *Tom Oconnor* sont des ressources pédagogiques.

4.4. Modélisation des ressources du jeu

La troisième et dernière couche contient les ressources de jeux. Il s'agit des objets statiques ou munis de comportement interactif ou proactif. Dans notre modèle, nous ne considérons que les ressources du jeu en

relation avec les ressources pédagogiques. Chaque ressource du jeu est définie par un identifiant, des relations avec les ressources pédagogiques et un ensemble de caractéristiques.

Formellement, chaque ressource du jeu (RJ) est définie comme suit :

$$RJ = \langle Id, \text{Caractéristiques}, \text{Relations-Pédagogiques} \rangle$$

Où,

- *Id* : un identifiant unique de la ressource du jeu ;
- *Caractéristiques* : sont des méta-informations concernant la ressource telles que son auteur, sa date de création, son type, etc. ;
- *Relations-Pédagogiques* : contient toutes les ressources pédagogiques en relation avec la ressource du jeu en question.

Dans le cadre du projet CLES, les objets du jeu *Tom Oconnor* derrière lesquels se cachent les mini-jeux sont représentés par des ressources du jeu.

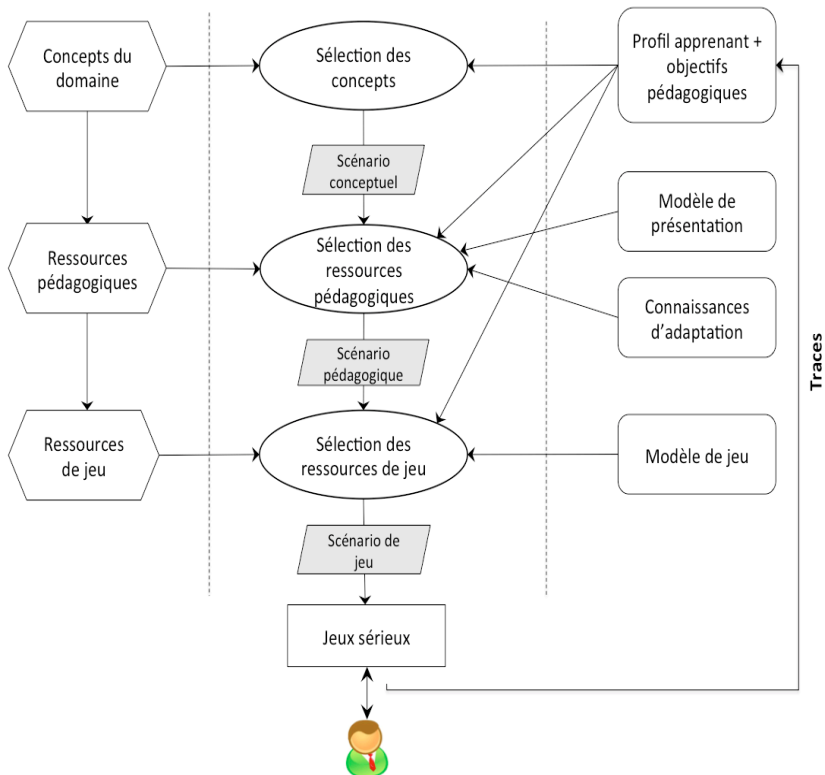


Figure 4 • Principe du générateur de scénarios

5. Principe du générateur de scénarios

Comme le montre la figure 4, la génération de scénario passe par trois étapes successives.

Il s'agit, à partir du profil de l'utilisateur et de ses objectifs pédagogiques, de générer un *scénario conceptuel*. Ce dernier est ensuite transformé en scénario pédagogique. Pour cela, le générateur sélectionne pour chaque concept du scénario conceptuel une ou plusieurs ressources en relation avec celui-ci. Cette sélection tient compte du *modèle de présentation* et des *connaissances d'adaptation*. Le premier permet de structurer les ressources pédagogiques en fonction de leur type. Les connaissances d'adaptation permettent de fixer le niveau de difficulté pour chaque ressource du scénario pédagogique. La troisième et dernière étape consiste à mettre en relation les ressources du scénario pédagogique avec les ressources de jeu en se basant sur le modèle de jeu.

Dans les sous-sections suivantes, nous présentons le principe de fonctionnement de chacune de ces trois étapes ainsi que le mécanisme de mise à jour du profil.

5.1. Génération de scénario conceptuel

Dans un premier temps, l'expert du domaine alimente le système par des connaissances du domaine et des profils utilisateurs (dans certains domaines d'application, le profil peut être défini par l'utilisateur lui-même). Durant chaque session, l'utilisateur sélectionne les objectifs qu'il souhaite atteindre. Il s'agit d'un certain nombre de *concepts cibles* parmi l'ensemble des concepts de la première couche. En fonction de ces objectifs et du profil de l'utilisateur, le générateur crée un scénario conceptuel.

Il s'agit de sélectionner les concepts du domaine, et leurs niveaux respectifs, qui satisfassent la liste des concepts cibles $Concept-cibles = \{<concept-cible_i, niveau-cible_i>\}$. Pour chaque concept cible $concept-cible_i$ de cette liste, le générateur compare le niveau cible ($niveau-cible_i$) avec le niveau de l'utilisateur pour ce même concept. Si le niveau de l'utilisateur est supérieur à celui du niveau requis, le générateur ignore le concept $concept-cible_i$ puis traite le concept suivant $concept-cible_{i+1}$. Dans le cas contraire, il détermine l'ensemble des concepts en relation avec le concept $concept-cible_i$. La sélection de ces concepts est définie en fonction du type de relation qui les lie avec $concept-cible_i$. En effet, nous avons défini pour chaque *type de relation*, une *stratégie de sélection*. Par exemple, si l'utilisateur choisit le concept cible A et que ce dernier est en relation de type *prérequis* avec un autre concept B (*prérequis* (B, A)), alors le générateur va vérifier si

l'utilisateur maîtrise suffisamment le concept B. Si ce n'est pas le cas, il va l'ajouter dans le scénario conceptuel.

Une fois que l'algorithme traite tous les concepts de la liste *Concepts-cibles*, il retourne un scénario conceptuel répondant aux profil et objectifs de l'apprenant. Ce scénario est ensuite envoyé au générateur de scénario pédagogique. Le principe de fonctionnement de dernier est présenté dans la section suivante.

5.2. Génération de scénario pédagogique

Le rôle du module « générateur de scénario pédagogique » est de sélectionner pour chaque concept du scénario conceptuel une ou plusieurs ressources pédagogiques appropriées en tenant compte du *module de présentation*, des *connaissances d'adaptation* et du *profil de l'utilisateur*. Le rôle du module de présentation est d'organiser les ressources pédagogiques en fonction de leurs types. Les connaissances d'adaptation, basées sur un système à base de traces, permettent de fixer le niveau de difficulté de chaque ressource pédagogique. Le profil de l'utilisateur contient les compétences de l'utilisateur pour les différents concepts du domaine ainsi que l'historique de ses interactions stockées dans une base de traces.

Formellement, pour chaque concept c_i du scénario conceptuel, le générateur recherche les ressources pédagogiques avec lesquelles c_i est en relation et dont le *type* correspond au *modèle de présentation*. Si plusieurs ressources y existent, il sélectionne la ressource la moins utilisée par l'utilisateur. Pour cela, il consulte les traces d'interaction de l'utilisateur. Pour chaque ressource pédagogique sélectionnée, l'algorithme fixe les valeurs de ses paramètres à partir des connaissances d'adaptation. Ces dernières sont représentées sous forme de règles de la forme :

si $\{ \text{compétence-concept}_i \text{ OP valeur} \}_{i=1..N}$ alors $\{ \text{param}_j = \text{valeur}_j \}_{j=1..M}$

Où *compétence-concept_i* est la compétence de l'apprenant concernant le *concept_i*, *OP* est un opérateur de comparaison ($<$, \leq , $>$, \geq , $=$, \neq), *N* est la cardinalité de *Concepts-relation* de la ressource (correspond au nombre de concepts en relation avec la ressource pédagogique) et *M* est la cardinalité des *Paramètres* de la ressource (correspond au nombre de paramètres de la ressource pédagogique).

5.3. Génération de scénario de jeu

Le scénario pédagogique est, ensuite, envoyé au module « générateur de scénarios de jeu ». Le rôle de ce module est d'associer à chaque res-

source pédagogique une ou plusieurs ressources du jeu en se basant sur le modèle du jeu sérieux.

Le choix de la ressource du jeu peut prendre en compte les préférences de l'utilisateur et son historique.

Durant l'interaction entre l'utilisateur et le jeu, toutes les actions de l'utilisateur sur les objets du jeu et les ressources pédagogiques sont stockées dans des traces. Ces traces vont permettre au générateur de faire évoluer le profil de l'utilisateur en fonction de ses performances. Dans la section suivante, nous présentons les mécanismes de mise à jour du profil.

5.4. Traces d'interaction et mise à jour des connaissances

En plus des informations générales de l'utilisateur (nom, prénom, date de naissances, organisation, etc.), le profil de l'utilisateur est caractérisé par un ensemble de propriétés de la forme <attribut, valeur> où *attribut* correspond à un concept du domaine et *valeur* au niveau de maîtrise de l'utilisateur. Le profil contient aussi les *traces d'interaction* laissées par l'utilisateur.

D'une manière générale, une trace est définie comme un ensemble d'observés temporellement situés (Clauzel *et al.*, 2011). Les observés représentent les actions de l'utilisateur sur l'environnement informatique. Dans notre contexte, une trace représente l'activité de l'utilisateur sur un scénario de jeu.

Formellement, une trace T est représentée comme suit :

$$T = \langle \text{date-début}, \text{date-fin}, \text{méta-données}, o_1, o_2 \dots o_n \rangle$$

date-début et *date-fin* sont la date et l'heure de début et de fin de la trace respectivement ;

méta-données : le modèle de présentation et les objectifs pédagogiques de la session ;

Chaque action de l'utilisateur sur une ressource du jeu est représentée par un observé dans la trace. Formellement, un observé o_i est caractérisé par les propriétés suivantes :

Ressource du jeu : la ressource du jeu avec laquelle l'utilisateur a interagi ;

Ressource pédagogique : la ressource pédagogique en relation avec la ressource du jeu ;

Concept : le concept avec lequel la ressource pédagogique est en relation ;

Réponse de l'apprenant (optionnelle) : concerne les ressources pédagogiques de type un *test*. Cette propriété contient la réponse de l'utilisateur ;

Temps de réponse (optionnel): c'est la durée entre la présentation de la ressource pédagogique, de type *test*, et la réponse de l'apprenant ;

Évaluation de la réponse utilisateur : Il s'agit d'une fonction qui attribue une valeur ($\in [0,1]$) à la réponse de l'utilisateur.

Dans les sous-sections suivantes, nous présentons le principe de mise à jour du profil et des connaissances du domaine à partir des traces. L'article (Hussaan & Sehaba, 2014) détaille notre approche de mise à jour à partir de trace.

5.4.1. Mise à jour du profil

La mise à jour du profil de l'utilisateur se fait en fonction de ses performances sur les ressources de type *test*. Le processus de mise à jour repose sur trois étapes : (1) évaluation de la réponse de l'utilisateur, (2) mesure de l'impact de la réponse de l'utilisateur sur les concepts en relation avec la ressource pédagogique en questions, puis (3) propagation de l'information dans le réseau des concepts.

Durant la première étape, le système évalue la réponse de l'utilisateur, sur les ressources de type *test*, en prenant en compte le temps de réponse. Ensuite, il s'agit de calculer l'impact de cette réponse sur les concepts auxquels la ressource pédagogique est liée. Pour cela, le système prend en compte l'évaluation de la réponse, calculé dans la première étape, et le niveau de difficulté de la ressource. La troisième étape consiste à propager l'information dans le réseau de concepts à travers les fonctions de dépendance F_{Type} . Rappelons que F_{Type} est une fonction qui permet de calculer les dépendances entre les concepts cibles C_{To} et leur concept source C_{From} .

5.4.2. Mise à jour des connaissances du domaine

La mise à jour des connaissances du domaine consiste à ajouter ou supprimer des concepts ou des relations à partir des traces d'interaction. Pour cela, le principe de notre méthode, détaillée dans (Hussaan & Sehaba, 2014), est d'analyser les éléments observés des traces en utilisant une méthode de classification basée sur trois étapes :

- 1) Préparation des données : les données sont représentées dans une matrice où les lignes correspondent aux ressources pédagogiques, de type *test*, et les colonnes correspondent aux évaluations des réponses de l'utilisateur. Rappelons que la fonction d'évaluation retourne une valeur appartenant à $[0, 1]$.

- 2) Choix d'une fonction de distance: Il s'agit de sélectionner une fonction de similarité permettant de mesurer la proximité des évaluations des réponses utilisateurs. Nous avons utilisé la distance de Manhattan.
- 3) Détermination du nombre de classes : afin de déterminer le nombre de classes à partir des traces. Nous avons utilisé l'algorithme K-Means avec différentes valeurs de K.

Le résultat de la classification peut permettre de créer de nouveaux concepts ou d'en supprimer d'autres. La mise à jour effective des connaissances ne peut se faire que sur validation de l'expert.

6. Illustration : Modélisation des connaissances du projet CLES

Rappelons que le jeu *Tom O'connor* et la statuette sacrée, développé dans le cadre du projet CLES, porte sur l'évaluation et la rééducation des troubles cognitifs. Pour cela, ce jeu propose à l'utilisateur un ensemble de mini-jeux de différents niveaux de difficulté où chaque mini-jeu est ciblé sur une lacune bien précise. Pour lancer les mini-jeux, l'utilisateur doit interagir avec certains objets du jeu.

Dans notre modèle de connaissances, les objets du jeu sont représentés par des ressources du jeu. Les mini-jeux sont représentés par des ressources pédagogiques et les fonctions cognitives sont représentées par des concepts du domaine.

Dans les prochaines sections, nous présentons la modélisation des concepts et des ressources pédagogiques du projet CLES.

6.1. Modélisation des concepts

Le tableau 2 donne une description des fonctions cognitives du projet. Chaque fonction peut avoir plusieurs sous-fonctions. Ainsi, nous avons créé pour chaque fonction ou sous fonction un concept du domaine. Ces concepts ont été ensuite mis en relations selon les types suivants : prérequis, fait-partie, type-de et parallèle. Les sémantiques de ces relations ont été présentées dans la section 4.

La figure 5 montre les concepts de base (correspondant aux huit fonctions cognitives) et les relations, de type *prérequis*, qui existent en eux. On peut distinguer trois niveaux de concepts. Le premier niveau contient les concepts de base, à savoir : perception, attention et visuo-spatial. Le deuxième niveau contient les concepts langage oral et mémoire qui nécessitent des compétences de tous les concepts de base. Le troisième niveau contient le langage écrit et le raisonnement logique.

Tableau 2 • Fonctions cognitives du projet CLES

Fonction	Description	Sous-fonctions
Perception	C'est la capacité d'interprétation des signaux de l'environnement que l'individu perçoit avec ses sens.	visuelle, auditive, schéma corporel.
Attention	C'est la capacité de se concentrer sur quelque chose ou quelqu'un pour recueillir des informations, les traiter puis effectuer une tâche spécifique (Schacter <i>et al.</i> , 2010).	Visuelle (barrage, séquence et complétude), auditive, partagée.
Mémoire	la capacité d'absorber, de stocker et réutiliser des informations (Schacter <i>et al.</i> , 2010).	Visuelle, auditive, verbale, rappel.
Langage oral	C'est un système de symboles oraux utilisés par deux ou plusieurs personnes à des fins de communication.	Réception, expression, compréhension, lexique, phonologique, morpho-syntaxe, dénomination évocation, fluence.
Langage écrit	C'est la capacité à récupérer et organiser des symboles orthographiques de la mémoire et de transcrire cela...	Lecture, orthographe.
Raisonnement logique	C'est la capacité de raisonner à partir des jugements des opérations concrètes de propositions verbales ou non verbales (Schmeichel <i>et al.</i> , 2003).	
Visuo-spatial	C'est la capacité d'explorer le champ visuel, pour représenter l'espace, la coordination œil et la main, imaginez les liens entre les éléments de l'environnement, et de se déplacer dans le temps et dans l'espace.	
Compétences transversale	C'est le jugement, pragmatique, inférence, planification, vitesse de traitement de l'information.	

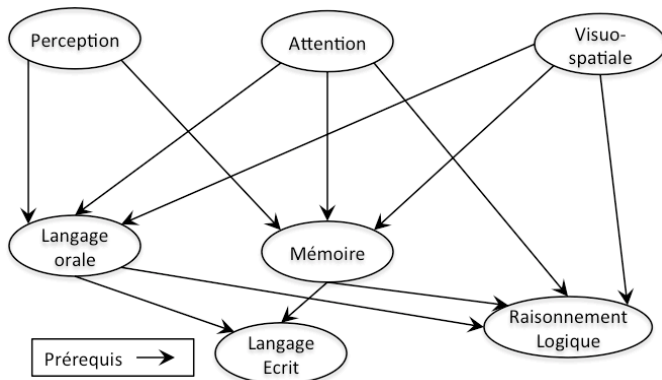


Figure 5 • Les concepts de base du projet CLES

6.2. Modélisation des ressources pédagogiques

Nous avons créé 91 ressources que nous avons mises en relation avec les concepts de la première couche. Les figures 6 et 7 page suivante montrent une partie des concepts *perception et mémoire* ainsi que leurs ressources pédagogiques associées.

Le concept *perception* est en relation, de type *fait-partie*, avec ses trois sous-concepts (visuelle, auditive et schéma corporel). Chacun de ces sous-concepts est en relation avec une ou plusieurs ressources pédagogiques. Par exemple, la *perception visuelle* (représentée par le concept *Visuel* en relation avec le concept *Perception*) est en relation avec les ressources représentant les mini-jeux *complément d'images*, *discrimination* et *objets entremêlés à identifier*. Cette relation exprime le fait que ces mini-jeux permettent d'évaluer et de stimuler la perception visuelle.

Le concept *mémoire* contient plusieurs sous-concepts dont certains possèdent des sous-sous-concepts (par exemple : mémoire→auditive→séquentiel). Toutes les relations entre le concept mémoire et ses sous-concepts sont de type *fait-partie*. Comme la perception, chaque concept de la première couche est appréhendé par une ou plusieurs mini-jeux représentés dans le modèle par des ressources pédagogiques.

7. Évaluations

Afin de valider nos contributions, nous avons développé GOALS. GOALS acronyme de *Generator Of Adaptive Learning Scenarios*, est une plate-forme en ligne permettant de générer des scénarios de jeu adaptés à chaque utilisateur. Pour cela, GOALS permet à l'expert de représenter les connaissances du domaine suivant les modèles que nous avons présentés au-dessus. Les connaissances dans GOALS sont organisées sous forme de *projet*. Un projet, relatif à un domaine d'apprentissage donné, contient les connaissances du domaine (modélisées en trois couches : concepts, ressources pédagogiques, ressources du jeu), un ensemble d'apprenants caractérisés par des profils, des modèles de présentation et des connaissances d'adaptation.

L'objectif des évaluations est, d'une part, de valider les modèles de notre générateur de scénarios, d'autre part, d'étudier l'impact des scénarios générés par GOALS sur les apprenants. Nous avons ainsi défini deux protocoles d'évaluation que nous avons mis en œuvre dans le cadre de deux expérimentations sur le terrain.

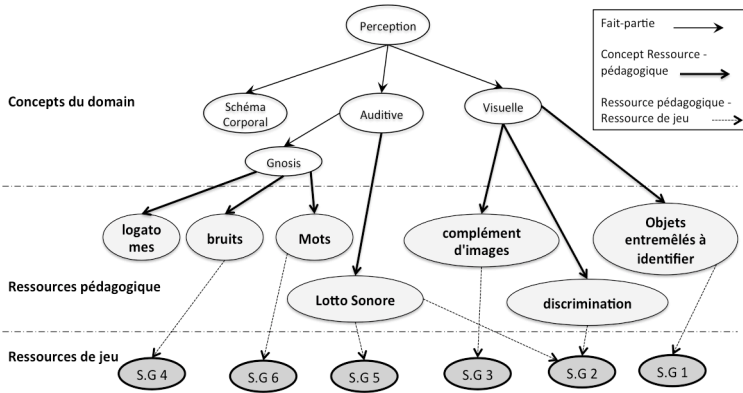


Figure 6 • Modélisation du concept « perception »

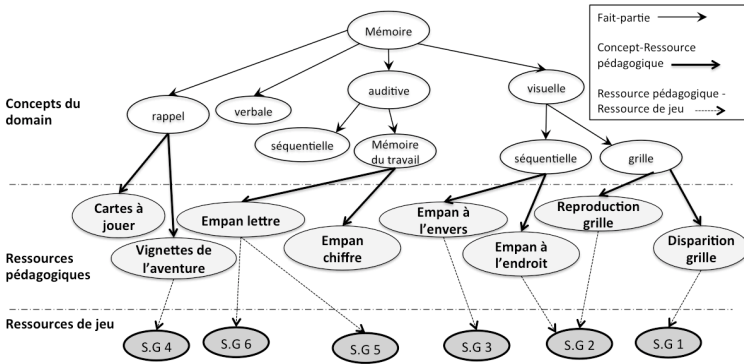


Figure 7 • Modélisation du concept « mémoire »

7.1. Validation du générateur

7.1.1. Protocole d'évaluation

L'objectif de cette première évaluation est de déterminer si :

- le générateur de scénarios fonctionne correctement. Il s'agit de valider les stratégies de sélection que nous avons définies pour les différents types de relation.
- les connaissances que nous avons introduites dans le système sont correctes.

Pour cela, notre protocole d'évaluation est basé sur une méthode comparative qui consiste à comparer, pour les mêmes profils et objectifs pédagogiques, les scénarios créés manuellement par l'expert avec les scénarios générés par GOALS. Cette évaluation a été menée avec un expert orthophoniste, partenaire du projet CLES.

Nous avons limité notre étude à la comparaison des scénarios conceptuels et pédagogiques. Les scénarios du jeu sérieux n'ont pas été considérés, car dans le jeu *Tom Oconnor* l'association entre les ressources pédagogiques et les objets du jeu est faite d'une manière arbitraire.

La figure 8 montre les différentes étapes du protocole d'évaluation. Dans un premier temps, (1) l'expert définit des profils types et fixe pour chacun de ces profils un certain nombre d'objectifs éducatifs. Ensuite, pour chacun de ces cas, l'expert crée manuellement un scénario (conceptuel et pédagogique). Ce dernier est ensuite comparé, par l'expert, avec le scénario généré par GOALS. Durant cette étape de comparaison (2), l'expert est filmé et est invité à verbaliser ses pensées.

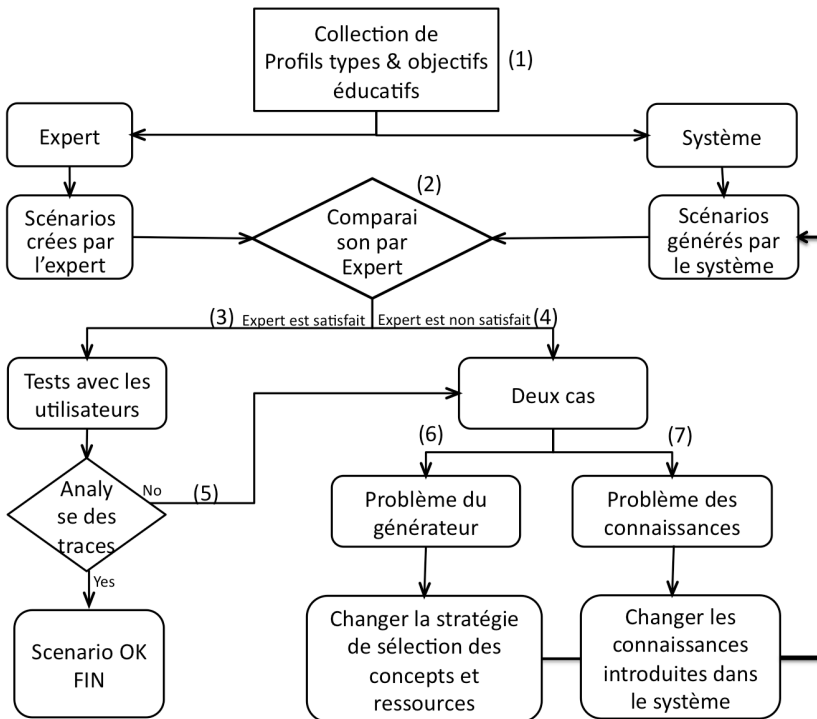


Figure 8 • Expérimentation 1 : Protocole d'évaluation

À l'issue de cette comparaison, deux cas se présentent : soit l'expert estime que les scénarios sont similaires, soit il les juge différents. Dans le premier cas (3), le protocole prévoit une évaluation avec des utilisateurs sur le terrain. L'intérêt de cette évaluation est de déterminer, à partir de

l'analyse des traces d'interaction, si les scénarios générés par le système sont adaptés aux profils des utilisateurs.

Dans le cas où l'expert juge les scénarios différents, on modifie les stratégies de sélection des concepts et/ou les connaissances du domaine, puis on réitère le protocole jusqu'à ce que les scénarios soient similaires.

7.1.2. Expérimentation et résultats

Avec l'aide de l'expert, nous avons défini les connaissances du projet CLES. Pour la couche concepts du domaine, nous avons créé 40 concepts et 44 relations. Pour la couche ressources pédagogiques, 91 mini-jeux ont été développés.

Ensuite, nous avons créé douze profils (tableau 3) :

Tableau 3 • Expérimentation 1 : Profils des participants

Age\profil	Sans déficience	Déficience de la perception	Déficience de la mémoire	Déficience du langage écrit
8 ans	Profil 1	Profil 2	Profil 3	Profil 4
12 ans	Profil 5	Profil 6	Profil 7	Profil 8
14 ans	Profil 9	Profil 10	Profil 11	Profil 12

Pour chacun de ces profils, l'expert a défini les valeurs des différents concepts et a fixé certains objectifs thérapeutiques. Ensuite, nous avons introduit les connaissances et les profils dans GOALS, puis généré pour chaque cas (profil + objectif) un scénario. En parallèle, l'expert a créé manuellement pour chacun de ces cas un scénario. Par la suite, nous avons demandé à l'expert de comparer les deux types de scénarios (expert/ système).

Le tableau 4 montre deux exemples : le premier concerne des scénarios, GOALS et expert, destinés à un enfant âgé de 8 ans présentant une déficience de perception. Les scénarios du deuxième exemple concernent un enfant de 14 ans ayant des troubles de la mémoire. Dans le premier exemple, l'expert a constaté que les deux scénarios (GOALS et experts) sont similaires. En effet, soit les mini-jeux sélectionnés sont identiques (par exemple, *Bruit* et *Logatome*), soit ils portent sur la même fonction cognitive (par exemple, *Objets entremêlés*, *Compléments d'images* et *Discrimination* qui concernent la perception visuelle). En outre, les niveaux de difficulté des mini-jeux, GOALS et expert, sont identiques.

Tableau 4 • Exemples de comparaison de scénarios

Exemple 1		Exemple 2	
Profil Âge de l'enfant : 8 ans Déficience de perception Objectif d'apprentissage : Perception		Profil Âge de l'enfant : 14 ans Déficience de mémoire Objectif d'apprentissage : mémoire	
GOALS	Expert	GOALS	Expert
Mini-jeu (niveau)	Mini-jeu (niveau)	Mini-jeu (niveau)	Mini-jeu (niveau)
Objets entremêlés (4)	Complément d'images (4)	Identification Grille (7)	Reproduction grille (5)
Complément d'images (4)	Discrimination (4)	Disparition (7)	Identification (5)
Bruit (6)	Bruit (6)	Mémoire verbale Support Visuel (8)	Mémoire verbale - Visuel auditive (5)
Logatome (6)	Logatome (6)	Empan Reproduction - A l'endroit (8)	Mémoire verbale - Support visuel (5)

Dans le deuxième exemple, les mini-jeux des deux scénarios sont similaires, néanmoins les niveaux de difficulté sont différents.

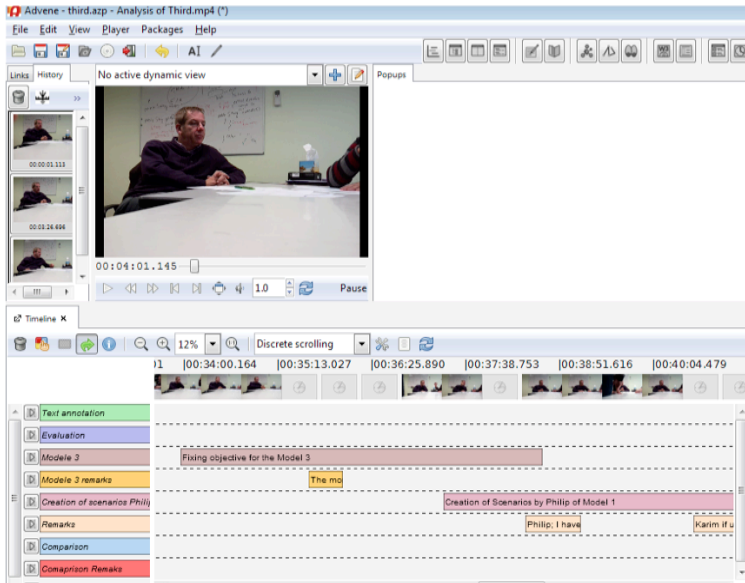


Figure 9 • Interface d'Advene

Durant toute l'expérimentation, l'expert a été filmé afin d'analyser ses réalisations a posteriori. Ainsi, nous avons analysé environ 2 heures de

vidéo en utilisant Advene^{iv} (figure 9). Cette analyse nous a permis de détecter quelques erreurs concernant les connaissances et le générateur. Nous avons ainsi ajouté un nouveau concept, 5 relations entre concepts et un nouveau type de relation. Concernant le fonctionnement du générateur, et comme le montrait l'exemple 2 du tableau 4, les niveaux de difficulté de certains mini-jeux issus du générateur GOALS ne correspondaient pas aux niveaux des mini-jeux fixés par l'expert. L'origine de cette erreur venait du fait que l'algorithme adopté par le générateur ne prenait en compte que le profil de l'utilisateur alors que l'expert prenait en compte l'écart entre le profil et les objectifs de la session. Cette erreur a été corrigée.

7.2. Impact des scénarios sur les apprenants

7.2.1. Protocole d'évaluation

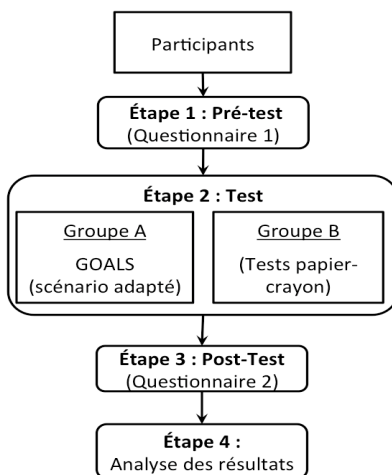


Figure 10 • Expérimentation 2 : Protocole d'évaluation

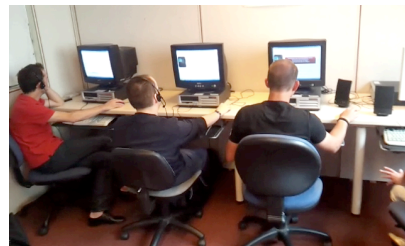


Figure 11 • Déroulement de l'expérimentation 2

Afin d'étudier l'impact des scénarios GOALS sur les apprenants, nous avons défini un protocole (figure 10) basé sur deux groupes d'apprenants (A et B) et quatre étapes : pré-test, test, post-test et analyse de résultats.

Durant la première étape, un même questionnaire est soumis à tous les apprenants (groupes A et B). Ce pré-test permet de connaître le niveau des apprenants. Durant la deuxième étape, les apprenants du groupe A utilisent des scénarios générés par GOALS et les apprenants du groupe B utilisent des activités d'apprentissage classiques. La troisième étape consiste à

soumettre un deuxième questionnaire à tous les apprenants (groupes A et B). La quatrième étape consiste à comparer les résultats des questionnaires 1 et 2 afin d'étudier la progression des apprenants des deux groupes. Naturellement, les deux questionnaires, des étapes une et trois, et le contenu des activités d'apprentissage de l'étape deux doivent être cohérents avec le domaine d'apprentissage (stimulation cognitive dans notre contexte).

Durant toute l'expérimentation, les apprenants ont été filmés afin d'analyser leurs réalisations *a posteriori*.

7.2.2. Expérimentation et résultats

Nous avons mené une expérimentation avec huit participants, en situations de handicap, membres de l'association Handica Réussir^v. Avec l'aide des responsables de cette association, nous avons organisés les participants en deux groupes relativement équivalents en terme de compétences et capacités. Le tableau 5 montre un aperçu des profils de ces participants.

Tableau 5 • Expérimentation 2 : Profils des participants

Participants	Age	Sexe	Situation de handicap	
Participant 1	30	M	Dysphasie	Groupe A
Participant 2	26	M	Epilepsie	
Participant 3	21	F	Syndrome Asperger	
Participant 4	21	M	Physique	
Participant 5	21	F	Multi-dys	Groupe B
Participant 6	16	M	Troubles attentionnels	
Participant 7	17	M	Syndrome Asperger	
Participant 8	18	M	Dyspraxie	

Cette expérimentation a été focalisée sur trois fonctions cognitives : perception, mémoire et raisonnement logique. Pour chacune de ces fonctions, nous avons préparé les questionnaires des trois étapes : pré-test, test et post-test. Nous avons également introduit dans GOALS les connaissances du projet CLES et les profils des apprenants avec l'aide d'un expert.

Durant l'étape de pré-test, les apprenants des deux groupes ont répondu au même questionnaire. Durant l'étape de test, les participants du groupe A ont utilisé les scénarios adaptatifs générés par GOALS et les participants du groupe B ont utilisé des activités d'apprentissage papier-crayons. Dans ce dernier cas, les mêmes scénarios ont été fournis aux participants du groupe B. Naturellement, les exercices papier-crayons sont

de même niveau des mini-jeux et portent sur les mêmes fonctions cognitives. La seule différence est qu'elles ne sont pas paramétrables/adaptables. La figure 12 donne un exemple d'un exercice sur la perception. Durant l'étape de post-test, les participants des deux groupes ont répondu aux mêmes questionnaires.

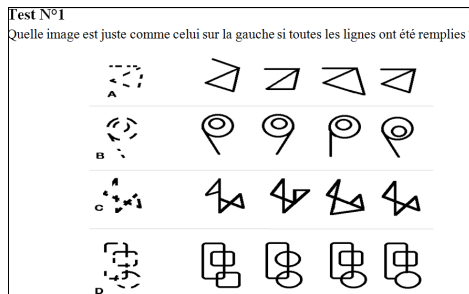


Figure 12 • Exemple d'un exercice sur la perception

Le tableau 6 montre les résultats des questionnaires pré et post-tests sur la perception. Dans l'ensemble, ces résultats montrent que la progression du groupe A est plus importante que celle du groupe B. Néanmoins, il est prématuré d'affirmer que cet écart s'explique par les seuls jeux. Il faudrait plusieurs d'autres expérimentations, dans la durée, pour démontrer cela.

Tableau 6 • Expérimentation 2 : résultats de l'évaluation

Perception							
Gr	Participants	Pre-test	Moyenne	Ecart-type	Post-Test	Moyenne	SD
Group A	P1	4	6,25	2,63	10	8,875	1,03
	P2	5			7,5		
	P3	6			9		
	P4	10			9		
Group B	P5	7	8	1,41	10	8,5	1,22
	P6	7			7,5		
	P7	8			7,5		
	P8	10			9		

En plus des deux expérimentations, la dernière version de GOALS, antérieure à ces expérimentations, a été testé par douze orthophonistes praticiens. Les retours que nous avons obtenu, suite à ces tests, sont très positifs dans l'ensemble, en particulier sur le principe de construction de connaissances (domaine, profils...) et sur la génération de scénarios. Néanmoins, les orthophonistes ont trouvé une certaine difficulté à mani-

puler l'éditeur de connaissances lorsque ces dernières sont assez denses (voir l'exemple de la figure 13-A).

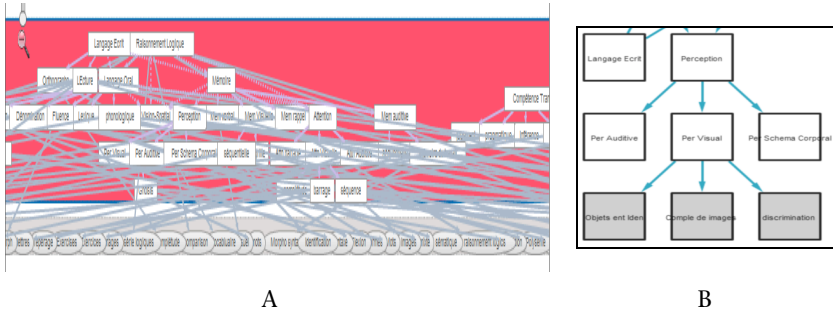


Figure 13 • Exemple d'un exercice sur la perception

Pour remédier à ce problème, nous avons proposé une visualisation interactive multi-échelle. Le principe consiste à visualiser que les concepts de haut niveau (les 12 concepts de base du projet CLES par exemple). Si l'utilisateur veut visualiser les sous-concepts d'un concept donnée, il doit clic dessous (figure 13-B).

8. Conclusion et perspectives

Ce travail de recherche s'inscrit dans le cadre du projet CLES dont l'objectif est de développer un jeu sérieux adaptatif pour l'évaluation et la rééducation des troubles cognitifs. Dans cet article, nous avons présenté un système permettant de personnaliser le parcours de jeux à chaque patient suivant ses capacités et ses compétences. L'architecture de ce système organise les connaissances en trois couches : concepts du domaine, ressources pédagogiques et ressources de jeux. Cette architecture permet au système d'être utilisé dans différents domaines d'application et jeux sérieux.

Les traces sont utilisées pour mettre à jour le profil de l'utilisateur. Le profil est défini par un ensemble de propriétés de la forme attribut valeur où chaque attribut correspond à un concept du domaine et sa valeur correspond à la compétence de l'apprenant concernant ce concept. Notre approche de mise à jour consiste à propager l'information dans le graphe de concepts à partir des performances de l'apprenant.

Afin de valider nos modèles, nous avons proposé un protocole d'évaluation qui permet de comparer, pour les mêmes cas, les scénarios générés par le système avec les scénarios créés par l'expert du domaine. Ce protocole a été mis en œuvre avec un expert orthophoniste dans une

expérimentation qui nous a permis de valider les connaissances du domaine du projet CLES et le fonctionnement du générateur. Les difficultés que nous avons rencontrées portaient sur la détermination de l'origine des erreurs lorsque l'expert trouvait les deux types de scénarios (expert/système) différents : s'agit-il d'un problème au niveau des connaissances du domaine, de la stratégie adoptée par le générateur ou les deux à la fois. Pour contourner cette difficulté, nous avons étudié les trois possibilités à chaque fois que la question était posée. Nous avons également mené une deuxième expérimentation afin d'étudier l'impact des scénarios GOALS sur l'apprentissage des apprenants. Les premiers résultats sont positifs. Il est néanmoins prématuré de tirer des conclusions définitives. Nous souhaitons mener d'autres expérimentations avec un grand nombre d'utilisateurs, dans d'autres contextes, afin de confirmer ces résultats.

-
- 1 Adaptive Educational Interactive Narrative System
 - 2 *Smart Multi-purpose Interactive Learning Environment*
 - 3 Project Integrating eXperience in Distance Learning
 - 4 Advene (<http://liris.cnrs.fr/advene/>) est un outil d'analyse video a base d'annotations.
 - 5 <http://www.handicareussir.com>

BIBLIOGRAPHIE

BIELIKOVÁ, M., DIVÉKY, M., JURNEČKA, P., KAJAN, R., & OMELINA, L. (2008). Automatic generation of adaptive, educational and multimedia computer games. *Signal, Image and Video Processing*, Vol. 2 n° 4, 371–384. Disponible sur internet : <http://www.springerlink.com/index/YT74146082529122.pdf>

BIKOVSKA, J., & MERKURYEVA, G. (2007). Scenario-based planning and management of simulation game: a review. In *21st European Conference on Modelling and Simulation* (Vol. 4). Disponible sur internet : http://www.scs-europe.net/conf/ecms2007/ecms2007-cd/ecms2007/ecms2007.pdf/lt_0154.pdf

BOUZEGHOUB, A., CARPENTIER, C., DEFUDE, B., & DUITAMA, F. (2005). A model of reusable educational components for the generation of adaptive courses. In *Proc. First International Workshop on Semantic Web for Web-Based Learning in conjunction with CAISE* (Vol. 3). Citeseer. Disponible sur internet : <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.102.1589&rep=rep1&type=pdf>

CARRON, T., MARTY, J.-C., FRANCE, L., & HERAUD, J.-M. (2007). Matching the Performed Activity on an Educational Platform with a Recommended Pedagogical Scenario: A Multi-Source Approach. *Journal Of Interactive Learning Research*, Vol. 18, 267–283.

CARRON, T., MARTY, J.-C., & HERAUD, J.-M. (2007). Teaching with game-based learning management systems: Exploring a pedagogical dungeon. *Simulation & Gaming*, Vol. 39 n° 3, 353–378. doi:10.1177/1046878108319580

CARRON, T., MARTY, J.-C., & HERAUD, J.-M. (2008). Teaching with Game Based Learning Management Systems: Exploring and observing a pedagogical. *Simulation & Gaming*, Vol. 39 n° 3, 353–378. doi:<http://dx.doi.org/10.1177/1046878108319580>

CHANG, W.-C., & CHOU, Y.-M. (2008). Introductory C Programming Language Learning with Game-Based Digital Learning. *Advances in Web Based Learning-ICWL 2008*, p. 221-231. Disponible sur internet : <http://www.springerlink.com/index/54324ml517612176.pdf>

CLAUZEL, D., SEHABA, K., & PRIÉ, Y. (2009). Modelling and visualising traces for reflexivity in synchronous collaborative systems. In *International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems (INCoS 2009)* (p. 16–23).

CLAUZEL, D., SEHABA, K., & PRIÉ, Y. (2011). Enhancing synchronous collaboration by using interactive visualisation of modelled traces. *Simulation Modelling Practice and Theory*, Vol. 19 n° 1, 84–97. doi:10.1016/j.simpat.2010.06.021

CONDE, A., DE IPIÑA, K., LARRAÑAGA, M., GARAY-VITORIA, N., IRIGOYEN, E., EZEIZA, A., & RUBIO, J. (2009). LAGUNTXO: a rule-based intelligent tutoring system oriented to people with intellectual disabilities. *Visioning and Engineering the Knowledge Society. A Web Science Perspective*, p. 186-195. Disponible sur internet : <http://www.springerlink.com/index/R54G5881K1276855.pdf>

DE BRA, P., & CALVI, L. (1998). AHA! An open adaptive hypermedia architecture. *New Review of Hypermedia and Multimedia*, 1-18. Disponible sur internet : <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13614569808914698>

DE BRA, P., & RUITER, J. (2001). AHA! Adaptive hypermedia for all. In *proceedings of WebNet*. Disponible sur internet : http://pdf.aminer.org/000/656/494/aha_adaptive_hypermedia_for_all.pdf

DIAMOND, A., & GOLDMAN-RAKIC, P. S. (1989). Comparison of human infants and rhesus monkeys on Piaget's AB task: Evidence for dependence on dorsolateral prefrontal cortex. *Experimental Brain Research*, Vol. 74 n° 1, 24-40. Disponible sur internet : <http://www.springerlink.com/index/R1W035487M75357R.pdf>

DUITAMA, F., DEFUDE, B., BOUZEGHOUB, A., & CARPENTIER, C. (2005). A framework for the generation of adaptive courses based on semantic metadata. *Multimedia Tools and Applications*, Vol. 25 n° 3, 377–390. Disponible sur internet : <http://www.springerlink.com/index/T1U98Q05N271751P.pdf>

GARCIA-PALACIOS, A., HOFFMAN, H., CARLIN, A., FURNESS, T. a, & BOTELLA, C. (2002). Virtual reality in the treatment of spider phobia: a controlled study. *Behaviour Research and Therapy*, Vol. 40 n° 9, 983-93. Disponible sur internet : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12296495>

GREEN, C. S., LI, R., & BAVELIER, D. (2010). Perceptual Learning During Action Video Game Playing. *Topics in Cognitive Science*, Vol. 2 n° 2, 202–216. doi:10.1111/j.1756-8765.2009.01054.x

HERAUD, J., FRANCE, L., & MILLE, A. (2004). Pixed: An ITS that guides students with the help of learners' interaction logs. In *7th International Conference on Intelligent Tutoring Systems* (p. 57-64).

HERAUD, J., & MILLE, A. (2000). Pixed: vers le partage et la réutilisation d'expériences pour assister l'apprentissage. *Proceedings of International Symposium*

TICE . Disponible sur internet :

<http://liris.cnrs.fr/~amille/publications/Tice2000.zip>

HERAUD, J.-M., & MILLE, A. (2002.). *Pixed : Projet d'Intégration de l'eXpérience en Enseignement à Distance*, p. 120.

HODHOD, R., KUDENKO, D., & CAIRNS, P. (2009). Serious Games to Teach Ethics. In *proceedings of AISB* (Vol. 9, p. 6-9). Disponible sur internet : <http://www.cs.york.ac.uk/gidy/articles/AISB2009Hodhod.pdf>

HUSSAAN, A. M., SEHABA, K., & MILLE, A. (2011). Helping children with cognitive disabilities through serious games: project CLES. In *The proceedings of the 13th ...* (p. 2-3). Disponible sur internet : <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2049592>

KARAMPIPERIS, P., & SAMPSON, D. (2005). Adaptive learning resources sequencing in educational hypermedia systems. *Educational Technology & Society*, Vol. 8 n° 4, 128-147. Disponible sur internet : <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.98.5688&rep=rep1&type=pdf>

KEENOY, K., LEVENE, M., & PETERSON, D. (2004). Personalisation and Trails in Self e-Learning Networks, project: SeLeNe-Self E-Learning Networks. *Deliverable*, p. 1-51. Disponible sur internet : <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Personalisation+and+Trails+in+Self-e-learning+Networks+The+SeLeNe+Project#2>

KRAVCIK, M., & SPECHT, M. (2004). Flexible navigation support in the winds learning environment for architecture and design In *Third International Adaptive Hypermedia and Adaptive Webbased Systems Conference*, (Vol. 3137, p. 156-165). Disponible sur internet : <http://www.springerlink.com/index/lx00bp1ebfn5bwp0.pdf>

LIBBRECHT, P., MELIS, E., & ULLRICH, C. (2001). Generating personalized documents using a presentation planner. In *ED-MEDIA 2001-World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications, 2001*. MEDIA. Disponible sur internet : <http://www.carstenullrich.net/pubs/edmedia01.pdf>

MANLY, T., ANDERSON, V., & NIMMO-SMITH, I. (2001). The differential assessment of children's attention: The Test of Everyday Attention for Children (TEA-Ch), normative sample and ADHD performance. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, Vol. 42 n° 8, 1065-1081. doi:10.1111/1469-7610.00806

MARNE, B., CARRON, T., & MARC-LABAT, J. (2013). MoPPLiq: A Model For Pedagogical Adaptation of Serious Gams Scenarios. In *ICALT 2013* (p. 291-293).

MODY, M., STUDDERT-KENNEDY, M., & BRADY, S. (1997). Speech perception deficits in poor readers: auditory processing or phonological coding? *Journal of Experimental Child Psychology*, Vol. 64 n° 2, 199-231. doi:10.1006/jecp.1996.2343

MORENO-GER, P., BURGOS, D., MARTINEZORTIZ, I., SIERRA, J. L., & FERNANDEZ-MANJON, B. (2008). Educational game design for online education. *Computers in Human Behavior*, Vol. 24 n° 6, 2530-2540. doi:10.1016/j.chb.2008.03.012

MORENO-GER, P., BURGOS, D., MARTÍNEZ-ORTIZ, I., SIERRA, J. L., & FERNANDEZ-MANJON, B. (2008). Educational game design for online education. *Computers in Human Behavior*, Vol. 24 n° 6, 2530-2540. doi:10.1016/j.chb.2008.03.012

MORENO-GER, P., BURGOS, D., & SIERRA, J. L. (2007). A game-based adaptive unit of learning with ims learning design and. In *Second European Conference on Technology Enhanced Learning, EC-TEL 2007* (p. 247-261). doi:10.1007/978-3-540-75195-3_18

MORENO-GER, P., SIERRA, J. L., MARTINEZORTIZ, I., & FERNANDEZ-MANJON, B. (2007). A documental approach to adventure game development. *Science of Computer Programming*, Vol. 67 n° 1, 3-31.
doi:10.1016/j.scico.2006.07.003

PERNIN, J.-P., & LEJEUNE, A. (2006). MODELES POUR LA REUTILISATION DE SCENARIOS D'APPRENTISSAGE. In *actes du colloque TICE*.

PETER, Y., & VANTROYS, T. (2005). Platform support for pedagogical scenarios *Journal of Educational Technology and Society*, Vol. 8 n° 3, 122. Disponible sur internet : <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.78.3981&rep=rep1&type=pdf>

SCHACTER, D. L., GILBERT, D. T., & WEGNER, D. M. (2010). *Psychology*, 800. Worth Publishers.

SCHMEICHEL, B. J., VOHS, K. D., & BAUMEISTER, R. F. (2003). Intellectual performance and ego depletion: Role of the self in logical reasoning and other information processing. *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 85 n° 1, 33-46. doi:10.1037/0022-3514.85.1.33

SCHNEIDER, D. K., PARASKEVI SYNTETA, FRÉTÉ, C., GIRARDIN, F., & MORAND, S. (2003). Conception and implementation of rich pedagogical scenarios through collaborative portal sites: clear focus and fuzzy edges. In *International Conference on Open and Online Learning* (p. 1–40). Citeseer. Disponible sur internet : <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.88.6169&rep=rep1&type=pdf>

SEHABA, K. (2005). Exécution adaptative par observation et analyse de comportements Application à des logiciels interactifs pour des enfants autistes. Université de La Rochelle. Disponible sur internet : http://liris.cnrs.fr/~ksehaba/THESE_Sehaba.pdf

SEHABA, K., ESTRAILLIER, P., & LAMBERT, D. (2005). Interactive educational games for autistic children with agent-based system. *4th International Conference on Entertainment Computing (ICEC'05)*, p. 422–432. Disponible sur internet : <http://www.springerlink.com/index/5076QTRQCW0PF6YW.pdf>

SPECHT, M., KRAVCIK, M., PESIN, L., & KLEMKE, R. (2001a). Authoring adaptive educational hypermedia. In *WINDS Proceedings of ABIS2001, Dortmund, Germany*, Vol. 3 n° 3, p. 1-8. doi:10.1504/IJLT.2007.015443

SPECHT, M., KRAVCIK, M., PESIN, L., & KLEMKE, R. (2001b). Authoring adaptive educational hypermedia. In *WINDS Proceedings of ABIS2001, Dortmund, Germany*, p. 1-8. Disponible sur internet : <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.92.7967&rep=rep1&type=pdf>

SPECHT, M., & OPPERMANN, R. (1998). ACE-adaptive courseware environment. *New Review of Hypermedia and Multimedia*, Vol. 4, n° 1, 141-161. Disponible sur internet : <http://www.informaworld.com/index/776268563.pdf>

SUSI, T. (2007). *Serious games—An overview ... Report HS-IKI-TR-07-001*. Citeseer. Disponible sur internet : <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.105.7828&rep=rep1&type=pdf>

ULLRICH, C. (2007). *Course Generation as a Hierarchical Task Network Planning Problem*.

ULLRICH, C., & MELIS, E. (2009). Pedagogically founded courseware generation based on HTN-planning. *Expert Systems with Applications*, Vol. 36 n° 5, 9319-9332. doi:10.1016/j.eswa.2008.12.043

ULLRICH, C., & MELIS, E. (2010). Complex Course Generation Adapted to Pedagogical Scenarios and its Evaluation. *Educational Technology & Society*, Vol. 13,

n° 2, 102-115. Disponible sur internet : <http://www-ags.dfki.uni-sb.de/~melis/Pub/CG-EducTechnologyAndSociety2009.pdf>

VASSILEVA, J. (1995). Dynamic courseware generation: at the cross point of CAL, ITS and authoring. In *Proceedings of ICCE* (Vol. 95, p. 290-297). Disponible sur internet : <http://julita.usask.ca/Texte/ICCE95.pdf>

VASSILEVA, J., & DETERS, R. (1998a). Dynamic courseware generation on the WWW. *British Journal of Educational Technology*, Vol. 29, n° 1, 5-14. Disponible sur internet : <http://www3.interscience.wiley.com/journal/119103357/abstract>

VASSILEVA, J., & DETERS, R. (1998b). Dynamic courseware generation on the WWW. *British Journal of Educational Technology*, Vol. 29, n° 1, 5-14. Disponible sur internet : <http://julita.usask.ca/Texte/BJET-print.pdf>

ZYDA, M. (2005). From visual simulation to virtual reality to games. *Computer*, Vol. 38 n° 9, 25-32. doi:<http://dx.doi.org/10.1109/MC.2005.297>

Tribune



La pédagogie inversée : recherche sur la pratique de la classe inversée au lycée

► **Vincent FAILLET** (Lycée Dorian, Paris)

■ **RÉSUMÉ** • Cette rubrique présente une étude sur la pédagogie inversée au lycée en cours de sciences physiques et chimiques. Cette étude montre que les élèves de bon niveau en sciences dans le système de classe traditionnelle sont globalement moins performants en classe inversée alors que les élèves de niveau plus faible dans la classe traditionnelle sont plus performants dans le système de classe inversée. Cette inversion de la performance est à rapprocher avec une adaptation des élèves de bon niveau au système traditionnel et une tendance à travailler plus pour les élèves de moins bon niveau lorsqu'ils sont dans un système de classe inversée.

■ **MOTS-CLÉS** • Classe inversée, pédagogie inversée, performance, lycée, sciences physiques et chimiques.

■ **ABSTRACT** • *This paper presents a study on the inverted teaching method of physics and chemistry courses at the high school level. This study shows that students achieving high grades in the traditional classroom setting are globally less successful in the flipped classroom setting, while the lower-achieving students in the traditional classroom demonstrate a better performance in the flipped classroom. This inversion of student performance is surely explained by the adaptation the high-achieving students have made to the traditional system, and the tendency of the lower-achieving students to work harder in the flipped classroom setting.*

■ **KEYWORDS** • *Flipped classroom, inverted teaching method, high- and low-achieving, performance, high school, physics and chemistry.*

1. Contexte, objet de recherche

Le modèle transmissif est dans nos institutions éducatives le modèle pédagogique le plus répandu, il est le modèle de référence pour de nombreux enseignants principalement dans le secondaire (Beauvais, 2003). Un modèle traditionnel dans lequel « *pour apprendre, l'élève doit être attentif, écouter, suivre, imiter, répéter et appliquer* » (Gagnebin et al., 1997, p. 36). Cette pédagogie traditionnelle transmissive « *est réglée selon deux phases successives : une phase d'acquisition (la leçon), une phase d'utilisation des connaissances (l'exercice d'application)* » (Champagnol, 1974, p. 21). On pourrait ajouter que la première phase – dite d'acquisition – se déroule en classe, la seconde – dite d'application – se déroule, quant à elle, en grande partie hors du temps scolaire. Ce sont ces deux phases successives que la « classe inversée » propose d'invertir.

La classe inversée – *flipped classroom* selon sa désignation anglo-saxonne – est une approche éducative apparue aux États-Unis à la fin des années 1990, pour laquelle la leçon est librement accessible sous format numérique (très souvent vidéogramme en ligne mais aussi diaporama, site web, etc.) ou sous format littéral (livre de classe, photocopié, etc.), à charge aux élèves de la travailler – phase d'acquisition – en amont, hors de la classe. Le temps de présence en classe, est mis à profit, quant à lui, pour des exercices applicatifs et des phases dialoguées explicatives d'une part entre élèves et d'autre part, entre élèves et professeur.

Bien que la formalisation de la classe inversée soit relativement récente, un certain nombre de travaux ont étudié cette approche pédagogique.

Ainsi, Bissonnette et Clermont ont réalisé une revue systématique des recherches portant sur la pratique de la classe inversée en rapport avec ses effets sur le rendement des élèves (Bissonnette et Clermont, 2013). Ces auteurs ont répertorié et sélectionné les articles publiés entre 2005 et 2013. Pour satisfaire aux critères de sélection, les articles devaient, outre répondre strictement au sujet, être fondés suivant un devis expérimental ou quasi-expérimental (avec un groupe témoin) et être publiés dans une revue à comité de lecture. Il s'avère que sur les deux cent cinquante-sept articles repérés, aucun n'a pu être retenu.

Les auteurs de conclure que « les données probantes associées à la classe inversée sont nettement insuffisantes pour en recommander l'utilisation, particulièrement dans les classes des écoles primaires et secondaires pour lesquelles nous ne disposons actuellement d'aucun résul-

tat de recherche sur la classe inversée » (Bissonnette et Clermont, *op. cit.*, p. 26).

Les recommandations prudentes de la revue de recherche de Bissonnette et Clermont sont relativement détonantes avec la ferveur du climat médiatisé – ou buzz – entourant la classe inversée (Bishop et Verleger, 2013).

La présente recherche s'inscrit dans la continuité des conclusions de Bissonnette et Clermont et tâchera d'apporter un éclairage expérimental sur une pratique de classe inversée dans le secondaire, en lycée. Il s'agira notamment d'estimer les effets de l'apprentissage inversé sur le rendement des élèves.

2. Méthodologie de recherche

Notre étude concerne deux classes de première scientifique ($n_1=28$ et $n_2=30$) qui ont été suivies sur une année scolaire dans un lycée parisien. Pour ces deux classes, le cours de sciences physiques et chimiques¹ a été conduit soit en enseignement traditionnel (leçon en classe et exercices d'application hors du temps scolaire) soit en enseignement inversé (leçon hors du temps scolaire et exercices d'application en classe). Ainsi, sur un total de quinze chapitres traités dans le programme, huit ont été abordés dans le cadre d'un enseignement traditionnel et sept dans le cadre d'un enseignement inversé.

Deux enseignants de sciences physiques et chimiques ont travaillé de concert sur l'élaboration des séquences pédagogiques ; ils ont suivi une programmation commune pour chacune de leur classe. Pour les sept chapitres traités en classe inversée, la leçon était distribuée aux élèves sous format littéral (feuillet polycopiés), parfois des ressources numériques (sites internet, animations et vidéogrammes en ligne) pouvaient être proposées en fonction des sujets abordés afin de compléter la leçon. À l'issue de cette phase d'acquisition hors du temps scolaire, le cours² inscrit à l'emploi du temps des élèves était consacré à la résolution d'exercices d'application dans l'esprit de l'instruction par les pairs ou *peer instruction* de Mazur (Mazur, 1997). Ainsi, des exercices sous format de questions à choix multiples étaient vidéo-projetés et les élèves répondaient anonymement avec un boîtier de vote. Les résultats du vote étaient affichés (sans indication de la réponse correcte) et s'en suivait une discussion en groupe entre proposant et opposant avant que l'enseignant ne corrige l'exercice.

Chaque cours commençait par un rapide contrôle – comme cela est souvent d’usage en classe inversée – qui permettait à l’enseignant d’apprécier, *a posteriori*, le niveau de connaissance effectif des élèves sur la leçon distribuée. L’enseignant pouvait ainsi mettre en relation d’éventuelles difficultés rencontrées en classe avec un défaut d’apprentissage de la leçon. Ce contrôle était noté et la note prise en compte dans la moyenne générale avec un faible coefficient (0,15).

Tout au long de l’année scolaire, pour chaque évaluation (sur une échelle de 20), chaque point de note a été identifié suivant qu’il évaluait une notion acquise dans le cadre d’un enseignement traditionnel ou dans le cadre d’un enseignement inversé. Ainsi, nous avons pu, pour chaque élève, calculer une moyenne annuelle sur 20 points relative à un enseignement traditionnel – que nous appellerons ici « moyenne académique », et calculer une moyenne annuelle, toujours sur 20 points, relative à un enseignement inversé – que nous appellerons « moyenne classe inversée ». De plus, nous avons, pour chaque élève, calculé un indice de performance en classe inversée (Pi) qui est la différence algébrique entre la moyenne classe inversée et la moyenne académique. Plus l’indice de performance est élevé, plus l’impact de la classe inversée sur la moyenne est bénéfique.

Les élèves étaient notés par leur enseignant dans le cadre des évaluations du contrôle continu (évaluations normatives en fin de séquence) ou par un autre enseignant pour ce qui concerne les deux devoirs communs anonymes. Au total, pour chaque élève, dix-sept notes ont été prises en compte pour le calcul des moyennes annuelles de la classe 1 ($n_1 = 28$) et vingt-deux pour celles de la classe 2 ($n_2 = 30$), l’enseignant de cette classe ayant un rythme d’évaluation plus soutenu que celui de la classe 1. Les élèves de la classe 1 ont eu neuf notes évaluant les acquisitions faites en classe inversée et huit notes évaluant celles faites en classe traditionnelle. Les élèves de la classe 2 ont eu, quant à eux, treize notes portant sur la partie classe inversée et neuf sur la partie traditionnelle.

Sur l’année, les contrôles proposés ont permis d’évaluer les cinq premiers niveaux d’objectifs pédagogiques (connaissance, compréhension, application, analyse et synthèse) de la taxonomie de Bloom qui en comporte six (Bloom, 1956).

Nous avons choisi une approche expérimentale de type « essai croisé » : une même cohorte suivie dans deux situations expérimentales différentes : classe traditionnelle ou classe inversée. Dans cette approche méthodologique, chaque élève est son propre témoin ; la variabilité inter-

élèves est supprimée au profit d'une variabilité intra-élève que nous cherchons précisément à explorer. Cet essai croisé permet d'obtenir des données individualisées pour chaque élève. Ces données seront donc un complément utile et éclairant lors de la phase d'entretien individuel. En effet, outre les données quantitatives des moyennes des élèves, nous avons procédé à l'administration d'un questionnaire en fin d'expérimentation ainsi qu'à une série de courts entretiens individuels semi directifs avec des élèves. Entretiens au cours desquels, il était demandé en préambule aux élèves de s'exprimer sur la classe inversée et sur les éventuels apports qu'ils auraient pu constater les concernant, sans plus autre précision.

3. Résultats

Les figures 1a et 1b comparent, pour chaque élève, de chaque classe, les moyennes académiques en classe normale aux moyennes obtenues en classe inversée.

Si, à l'échelle de cette classe 1, nous avons pu constater que l'enseignement inversé n'a pas d'incidence sur la moyenne générale, il convient cependant de noter que dix-sept élèves sur les vingt-huit composant la classe 1 ont une moyenne générale en sciences physiques et chimiques inférieure lorsqu'il s'agit de suivre un enseignement en classe inversée.

À l'échelle de la classe 2, l'enseignement inversé se traduit par un impact positif sur la moyenne générale. On notera toutefois que onze élèves sur les trente constituant la classe 2 ont une moyenne générale en sciences physiques et chimiques supérieure lorsque l'enseignement est traditionnel.

Les figures 2a et 2b reportent les indices de performance en classe inversée pour chaque élève de chaque classe.

Pour comparer plus aisément la répartition de ces indices de performance en fonction des résultats des élèves nous avons attribué à chaque élève un niveau selon sa moyenne académique *i.e.* sa moyenne en enseignement traditionnel dans la discipline concernée par l'étude. Quatre niveaux A+, B, C et D ont été retenus, les correspondances moyenne académique/niveau sont indiqués dans les figures 2a et 2b.

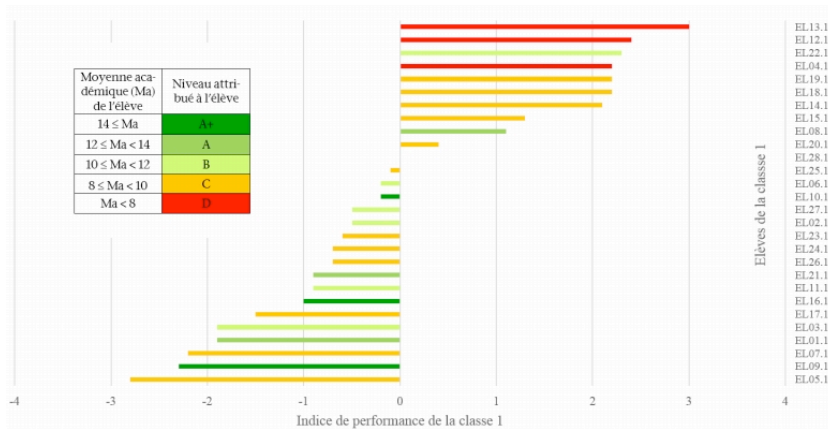


Figure 2a • Ventilation du niveau des élèves en fonction de l'indice de performance pour la classe 1

On remarque que ce sont les élèves de niveau faible (C et D) qui sont majoritairement performants en classe inversée (indice de performance positif).

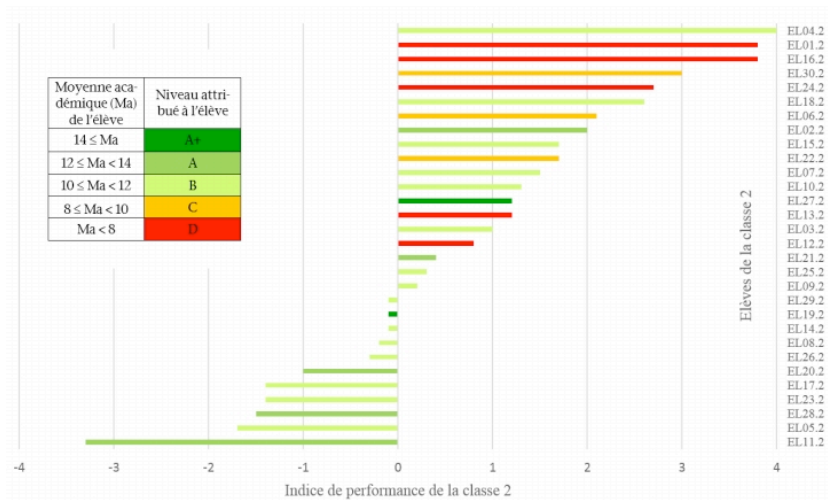


Figure 2b • Ventilation du niveau des élèves en fonction de l'indice de performance pour la classe 2

On remarque que ce sont les élèves de niveau faible (C et D) qui sont majoritairement performants en classe inversée (indice de performance positif).

Tous les élèves qui sont moins performants (indice de performance négatif) se révèlent être de bon niveau académique (A+, A voire B).

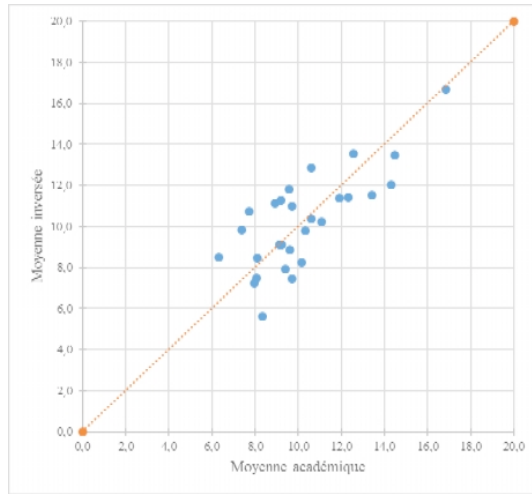


Figure 1a • Moyennes académiques (en abscisse) vs moyennes en classe inversée (en ordonnée) pour chaque élève de la classe 1

La bissectrice rouge représente l'égalité des moyennes académiques et inversées. Les points situés à droite de cette bissectrice référencent les élèves pour lesquels les résultats obtenus sont meilleurs en classe traditionnelle.

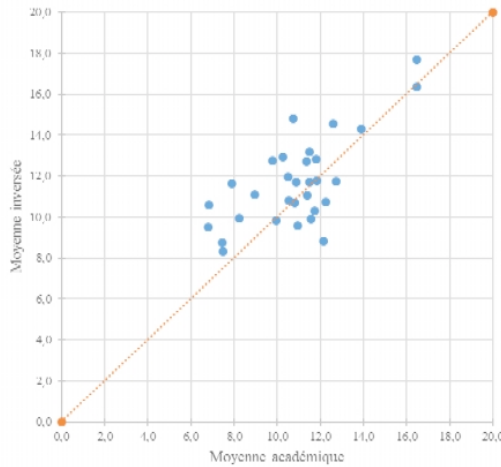


Figure 1b • Moyennes académiques (en abscisse) vs moyennes en classe inversée (en ordonnée) pour chaque élève de la classe 2

La bissectrice rouge représente l'égalité des moyennes académiques et inversées. Les points situés à droite de cette bissectrice référencent les élèves pour lesquels les résultats obtenus sont meilleurs en classe traditionnelle. L'impact de l'enseignement inversé est globalement positif pour la moyenne générale de cette classe.

Ces figures sont diagrammes en bâtons horizontaux présentés en croissance de l'indice de performance, c'est-à-dire que figure en haut, l'élève pour lequel la pratique de la classe inversée apporte un gain substantiel dans la moyenne.

Une première analyse de la figure 2a relative à la classe 1 nous indique que les élèves de niveau D (moyenne académique inférieure à 8) font partie des plus performants en classe inversée avec jusqu'à 3 points de moyenne gagnés par rapport à sa moyenne académique pour le premier. À l'inverse, les élèves de niveau A+, A et B sont les moins performants en classe inversée, ils occupent le bas de la figure.

Les données issues de la classe 2 (figure 2b) confirment ce qui a été observé pour la classe 1. Tous les élèves de niveau C et D ont un indice de performance positif et la majorité des élèves de niveau A+, A et B occupent la fin du classement. Ainsi, la classe inversée semble d'autant plus profitable à l'élève que son niveau académique est faible.

Sur les cinquante-quatre élèves ayant répondu au questionnaire administré en fin d'année, une majorité d'entre eux préfère la classe en mode inversée (22 élèves). Cela étant, on remarquera également qu'ils sont très nombreux à ne pas afficher de préférence (19 élèves). Il n'y a donc pas de plébiscite de la classe inversée. Nous n'avons pas mis en évidence de rapport entre cette ventilation des choix et le niveau académique des élèves ou leur indice de performance.

Il convient ici de mettre en avant que le faible effectif de l'étude impose un nécessaire recul sur les résultats chiffrés. Il faut comprendre ces chiffres comme des tendances qui apporteront un éclairage sur l'analyse qualitative des entretiens et qui vont suivre dans la discussion.

4. Discussion des résultats

4.1. L'inversion de la performance

Nous avons mis en exergue une tendance pour les élèves de bon niveau en classe traditionnelle à être généralement moins performants en classe inversée et une tendance pour les élèves de faible niveau en classe traditionnelle à être plus performants en classe inversée. Il convient dès lors de s'interroger sur les raisons susceptibles d'expliquer cette inversion de la performance. Pour ce faire, les entretiens avec les élèves peuvent apporter des éléments de réponse.

4.2. La place de la leçon et l'adaptation au système

Les données qui suivent sont issues la partie qualitative de l'étude, essentiellement des entretiens.

L'élève performant, dans le système traditionnel, est un élève adapté aux modalités de la pédagogie transmissive. Nous avons vu qu'il devait écouter, être attentif et suivre. On pourrait rajouter qu'il sait interagir avec le professeur lors de la prise de note comme le souligne un élève (EL11.2, niveau A, P_i : -3,3)³ : « *la classe normale / on peut directement demander au prof / les explications* ». Cette valeur ajoutée du face à face pédagogique au moment de la leçon est également soulignée par une brillante élève (EL27.2, niveau A+, P_i : +1,2) : « *je préfère le cours normal / c'est plus pratique pour moi / je préfère comprendre en classe alors que quand on est chez nous on comprend pas forcément tout / d'un coup / on peut pas poser de questions* ». Cette élève de préciser : « *en fait j'écoute beaucoup en cours / et en règle générale je comprends bien donc après quand je rentre chez moi / j'ai moins de travail* ».

L'attention lors de la leçon est évoquée par cet autre élève (EL21.1, niveau A, P_i : -0,9) : « *je pense que déjà je suis plus attentif en classe je retiens mieux quand c'est le professeur qui va parler je vais plus suivre / que tout seul chez moi à réapprendre* ». Le terme de « réapprendre » est surprenant car la leçon distribuée est nouvelle, il est signifiant cependant car il révèle un sentiment de travail supplémentaire pour cet élève qui déclare en parlant de la classe inversée que « *ça demande peut-être un peu plus de travail / à préparer* » et qui se décrit spontanément comme étant « *un peu flemmard* » et qui « *apprend moins à la maison* ».

Il semblerait – et cela pourrait paraître paradoxal – que nombre d'élèves de bon niveau peinent à travailler leurs leçons à la maison dans les conditions de la classe inversée (EL05.2, niveau B, P_i : -1,7) : « *quand / je travaille / chez moi j'ai moins de / facilités surtout / (...) du coup il y a pas d'explication d'un professeur / et j'ai moins / j'ai plus de réticences / je me mets moins au boulot tout de suite / alors que quand il y a / quand je le fais en classe / je comprends / et j'arrive à assimiler un minimum du coup les exercices qu'on me donne à faire / j'ai pas forcément besoin de relire le cours je sais déjà les faire / après ce que j'ai vu / du coup je trouve ça beaucoup plus facile* ».

Facile. Il est facile pour un élève adapté au modèle transmissif de s'y épanouir et d'y performer, adaptation d'autant plus aisée que l'environnement de classe est relativement fixiste comme le souligne ce même élève : « *depuis le collège c'était comme ça / le cours à l'école / enfin en cours / on revoyait bien on posait des questions au professeur si on avait des*

problèmes de compréhension / si jamais il y avait quelque chose / enfin / une formule ou quelque chose qu'on comprenait pas qu'on voulait approfondir » (EL05.2, niveau B, P_i : -1,7).

Ainsi, positionner la phase d'acquisition hors du temps scolaire peut dérouter⁴ les élèves que le système transmissif a valorisés et sélectionnés tout au long de leur scolarité pour leur qualité d'écoute, de prise de note et d'interaction avec l'enseignant au moment de la leçon. C'est un élément à prendre en compte dans la compréhension de la moindre performance révélée de ces « bons » élèves.

4.3. Le travail à la maison

La question du travail à la maison vient d'être ébauchée par ces élèves de bon niveau qui nous expliquent que leur qualité d'écoute et d'interaction en classe peut les dispenser d'un travail soutenu hors du temps scolaire. Un autre excellent élève (EL09.1, niveau A+, P_i : -2,3) commente sa moindre performance en classe inversée en ces termes : « *je travaille moins quand c'est en inversé / parce que chez moi j'ai pas forcément envie de travailler* ». Ce commentaire apporte un éclairage nouveau en introduisant une absence de désir, de volonté à travailler à la maison. La classe inversée « *demande beaucoup de travail* » pour cette élève (EL03.1, niveau B, P_i : -1,9) de bon niveau qui, si elle reconnaît l'intérêt de la méthode, admet cependant avec lucidité : « *ça m'a pas aidé (...) / parce que je travaillais pas assez / les cours / donc du coup je les comprenais pas / alors qu'en classe t'es obligé de travailler (...) / parce que le prof il te l'impose / alors qu'en cours inversé c'est toi qui le décides si tu le veux ou si tu le veux pas / donc il suffisait qu'une semaine on voulait pas le faire et on comprenait pas le cours donc on avait une mauvaise note* ». Ainsi, nous percevons que la faculté, pour un « bon » élève, de suivre efficacement une leçon en classe ne persiste pas forcément lorsqu'il s'agit de faire ce travail à la maison avec une leçon photocopiée.

Pour autant, la leçon distribuée est de nature à ouvrir de nouveaux horizons à d'autres élèves moins performants dans le système traditionnel, comme nous le laisse comprendre cet élève, faible au demeurant (EL13.2, niveau D, P_i : +1,2) : « *le fait d'avoir la leçon / ça me donne l'envie de la regarder / alors que quand j'écris j'ai une écriture pas très jolie donc ça me donne moins envie de la lire / ça me pousse vraiment à plus travailler* ». Ce cas contraste fortement avec les autres. Cet élève nous décrit un certain désir de travailler inhérent aux modalités de la classe inversée, un désir presque pulsionnel dans l'acception étymologique et freudienne du terme. Une pulsion dont on imagine qu'elle peut redéfinir, pour cet élève faible en

sciences physiques et chimiques, les contours de son rapport au savoir. Et du reste certains élèves faibles semblent s'inscrire dans une heureuse dynamique avec la classe inversée. Comme cet élève (EL19.1, niveau C, P_i : +2,2) qui déclare à propos de la classe inversée : « *j'apprends plus / parce que on est obligé de compléter⁵ alors que / quand on remplit un cours en classe / enfin / j'ai pas forcément l'habitude de regarder les cours à la maison* ».

Un élève qui, s'il n'a pas la culture de revoir la leçon à la maison à l'instar de ses pairs de bon niveau, se meut dans un nouvel élan – et ce presque malgré lui – avec une notion d'obligation de travailler. Une vision partagée par cet autre élève très faible (EL16.2, niveau D, P_i : +3,8) qui performe en classe inversée : « *(la classe inversée) c'est bien car on va dire on écrit pas trop / on a déjà le cours (...) / on a pas besoin en gros d'écrire / on réfléchit juste sur le sujet (...) / en fait / normalement / quand j'écris mon cours en fait / je réfléchis pas trop à retourner dans le cahier alors qu'en inversé t'es un peu obligé parce que t'a rien écrit du cours et tu dois l'apprendre par cœur* ». Un autre élève au niveau académique très faible (EL24.2, niveau D, P_i : +2,7) : « *moi je trouve personnellement qu'il y a / pas trop de différences / mais / en inversé ça / ça nous oblige à travailler / parce qu'on sait qu'en cours on va pas le faire / et qu'on doit le faire à la maison* ». Devoir et obligation tels sont les maître-mots assez prégnants et récurrents dans certains entretiens d'élèves. Ces élèves paraissent, par leur attitude, accepter les termes du contrat de transfert de responsabilité d'accès au savoir énoncé par l'enseignant.

Cette mise au travail est également très liée avec le contrôle de connaissances proposé en début de cours inversé. Un contrôle qui semble particulièrement important pour les élèves de faible niveau : « *(la classe inversée) ça me force plus à travailler (...) / quand c'est en cours / après quand je rentre chez moi je regarde pas trop le cours alors que quand c'est en inversé je travaille plus et si c'était inversé on faisait une petite interro* » (EL14.1, niveau C, P_i : +2,1). Une idée reprise par cet autre élève (EL22.2, niveau C, P_i : +1,7) : « *c'est automatique quand il y a un contrôle après ben ça donne envie d'apprendre le cours et d'avoir / une note facile / et après ça / et après au gros contrôle c'est / comme on a retenu le cours ben on sait des choses* » alors que « *ça donne pas envie d'apprendre quand on fait un truc normal⁶* ». Cet élève nous dépeint la facilité – « *note facile* » – et l'aspect mécanique inconscient d'un schéma action/réaction – « *c'est automatique* » – à court terme pour des élèves qui paraissent avoir du mal à se projeter dans le temps.

Un élève de bon niveau (EL04.2, niveau B, P_i : +4,0) qui performe malgré tout en classe inversée se montre plus précis sur les us et coutumes du

groupe classe : « *la classe inversée (...) / ça fait apprendre l'élève / quand on est pas en séquence inversée / on a pas l'obligation d'apprendre le cours alors qu'en séquence inversée on l'a / car il y aura interro on le sait tous* », alors que sans ce contrôle de début de cours « *on attendrait le contrôle comme d'habitude et on réviserait / pour certains / la veille / tout le cours* ». Une autre élève (EL30.2, niveau C, P_i : +3,0) : « *je trouve que / c'est meilleur parce que / j'apprends mieux les cours / chez moi (...) / parce que (...) / j'essaie de les apprendre par cœur* » alors que lorsque la classe est non-inversée « *j'apprends moins / parce que je pense pas à / parce que je sais qu'il n'y aura pas de contrôle* ». Ce fameux contrôle est important pour cette élève qui analyse sa bonne performance en classe inversée ainsi : « *j'apprends deux fois mieux parce que je les apprend en deux fois* ». Ce faisant, cette élève nous apporte les clefs de cette étude.

5. Conclusion

Il ressort de notre étude que – paradoxalement et pour les deux classes observées – l'apprentissage au quotidien de la leçon à la maison, ne fait pas partie des habitudes des élèves dans le cadre de la classe traditionnelle. Les élèves de bon niveau n'en éprouvent pas le besoin du fait certainement de la qualité de leur attention en classe, ils n'en ressentent pas l'envie non plus. De même, les élèves de niveau plus faible, n'ont guère l'envie de revoir la leçon régulièrement ou n'y pensent même pas. Dans le cadre de la classe inversée, les élèves de bon niveau ne semblent pas modifier leur comportement : ils ne compensent pas l'absence de leçon magistrale par un travail à la maison et ce, contrairement aux élèves de plus faible niveau. Ces derniers, se sentent obligés d'apprendre la leçon et souvent par cœur. Un de ces élèves (EL16.2, niveau D, P_i : +3,8) nous éclaire sur la valeur de la leçon sous format littéral : « *les professeurs nous expliquent directement le cours / ce qu'il y a à comprendre* ». Un peu comme si cette leçon distribuée était un prêt-à-penser photocopié, une « substantifique moelle » dont l'appropriation par un jeu d'action/réaction presque skinnerien était susceptible d'apporter une récompense, la fameuse « note facile ». Cela étant, la majorité des élèves travaillent les leçons pour l'évaluation normative en fin de séquence – et souvent au dernier moment.

En somme, le rapport de force cognitif entre élèves s'inverse suivant le cadre pédagogique. Ce rapport est à deux contre un en faveur des élèves de bon niveau académique dans le cadre de la classe traditionnelle. Deux temps d'apprentissage pour les élèves de niveau élevé (écoute performante en classe et révision avant l'évaluation) contre un seul pour ceux de ni-

veau plus faible (révision avant l'évaluation). Mais ce rapport passe à deux contre un, cette fois à l'avantage des élèves de faible niveau académique, lorsqu'il s'agit de la classe inversée. Deux temps d'apprentissage pour les élèves de niveau plus faible (apprentissage par cœur avant la séance de classe et révision avant l'évaluation) contre un seul pour ceux de niveau élevé (révision avant l'évaluation). C'est ce rapport de force cognitif inversé qui explique vraisemblablement les variations constatées de l'indice de performance des élèves.

Nous pensons que cette étude – au travers des questionnaires administrés et des entretiens avec les élèves – permettrait d'apprécier les vertus supposées des phases dialoguées entre pairs que nous considérons – et persistons à considérer – comme étant la pièce maîtresse de la classe inversée. Force est de constater que cela n'a pas été le cas. Si certains élèves reconnaissent que le cours inversé est plus animé, seulement deux d'entre eux ont abordé cet aspect de dialogue en classe en indiquant préférer « *le cours inversé car on interagissait tous ensemble* » (EL25.2, niveau B, P_i : +0,3) ou trouvant que « *les boîtiers de vote sont bien et il est intéressant de comparer les réponses des camarades* » (EL05.2, niveau B, P_i : -1,7). Ce sont les élèves qui, au final, ont orienté la teneur et la coloration de ce travail dans sa composante d'accès aux savoirs, plutôt que dans sa composante d'utilisation pratique de ces savoirs au travers du dialogue argumenté par exemple. Cela ne signifie nullement que la discussion entre pairs est sans effet mais plutôt que cet effet, s'il existe, est moins prégnant au regard des élèves qu'il ne le serait à celui du chercheur, or c'est au travers du regard des élèves que notre étude s'est fondée.

Il pourrait cependant être intéressant d'élucider la ou les raisons qui ont conduit les élèves à taire, lors des entretiens, la pratique dialoguée entre pairs, il pourrait être également judicieux de chercher un lien éventuel entre la qualité de la prise de note des élèves et le statut de la leçon photocopiée. De même, une étude sur un plus long terme permettrait d'apprécier la capacité d'adaptation des élèves de bon niveau car si l'élève la plus brillante de la classe 2 (EL27.2, niveau A+, P_i : +1,2) déclare s'être rapidement adaptée en changeant son organisation, qu'en serait-il des autres si les nouvelles conditions de la classe inversée devaient persister ?

La classe inversée telle que nous l'avons suivie au cours d'une année scolaire révèle une inversion de la performance des élèves par rapport à la classe traditionnelle. Il convient toutefois d'avoir à l'esprit que l'inversion de la performance ne signe en rien l'inversion du niveau de l'élève. Un

élève peut être moins performant en classe inversée mais rester d'un niveau convenable.

A la lumière de nos travaux, nous pensons que la classe inversée, dans les conditions de cette étude, est un outil de remédiation performant pour redonner ponctuellement de l'allant à certains élèves du lycée dépassés par un système trop souvent transmissif et pas assez permissif. Cela étant, nous ne saurions recommander, en l'état, un usage extensif de cette méthode qui n'est pas une panacée éducative. Du reste faut-il en rechercher ? La sagesse recommandant au pédagogue de ne pas s'enfermer dans un seul et unique modèle...

-
- 1 Classiquement, dans le modèle transmissif qui prévaut au lycée, le déroulement des activités en sciences physiques et chimiques s'inscrit dans la temporalité suivante : leçon – TP (travaux pratiques)/TD (travaux dirigés) – évaluation normative en fin de séquence (d'après Beauvais, 2003, modifié), les exercices étant essentiellement prévus hors du temps scolaire. Lors de l'inversion de la classe la position, la finalité et les moyens des TP/TD n'ont pas été modifiés.
 - 2 Nous emploierons le terme de cours pour faire référence à la séance de classe.
 - 3 Nous indiquerons pour chaque retranscription d'entretien, le numéro de l'élève concerné, son niveau et son indice de performance (P_i) en classe inversée.
 - 4 Un phénomène déjà observé par Strayer (Strayer, 2007).
 - 5 Les leçons photocopées distribuées par les enseignants en classe inversée pouvaient comporter des zones vierges à compléter après une recherche documentaire.
 - 6 « Truc normal » : comprendre évaluation normative en fin de séquence, ce que cet élève appelle également « gros contrôle ».

BIBLIOGRAPHIE

BEAUVAIS M. (2003). *Savoirs-enseignés. Question(s) de légitimité(s)*. Paris : L'Harmattan. 264 p.

BISHOP J. L., VERLEGER, M. A. (2013). The flipped classroom: A survey of the research. Communication présentée à l'American Society for Engineering Education, Atlanta, GA.

BISSONNETTE S., CLERMONT G. (2013). Faire classe à l'endroit ou à l'envers, *Formation et profession*, 2013, pp. 32-40.

BLOOM B. et coll. (1956). *Taxonomy of educational objectives*. Handbook I : Cognitive Domain. New York, McKay.

CHAMPAGNOL R. (1974). *Aperçu sur la pédagogie de l'apprentissage par résolution de problèmes*. In: Revue française de pédagogie. Volume 28, pp. 21-27.

GAGNEBIN A., GUIGNARD N., JAQUET F. (1997). *Apprentissage et enseignement des mathématiques*. Commentaires didactiques sur les moyens d'enseignement pour les degrés 1 à 4 de l'école primaire, Corome.

MAZUR E. (1997). *Peer Instruction: A User's Manual Series in Educational Innovation*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.

STRAYER J. F. (2007). *The effect of the classroom flip on the learning environment: A comparison of learning activity in a traditional classroom and a flip classroom that used an intelligent tutoring system*. Ohio State University.



Comités

Rédacteur en chef

Éric BRUILLARD • STEF ENS Cachan / IFé

Comité de rédaction

George-Louis BARON • EDA, université René-Descartes-Paris 5

Monique BARON • LIP6, univ. Pierre-et-Marie-Curie-Paris 6

Josianne BASQUE • LICEF, Télé-université, université du Québec,
Montréal, Canada

Marie-Laure BETBEDER • LIFC, université de Franche-Comté, Besançon

Amel BOUZEGHOUB • Telecom SudParis

Pierre-André CARON • CIREL, université Lille 1

Christophe DESPRES • LIUM, université du Maine, Le Mans

Sébastien GEORGE • LIUM, université du Maine, Laval

Monique GRANDBASTIEN • LORIA, université Henri-Poincaré-Nancy 1

Richard HOTTE • LICEF, Télé-université, univ. du Québec,
Montréal, Canada

Pierre JACOBONI • LIUM, université du Maine, Le Mans

Jean-Marc LABAT • LIP6, université Pierre-et-Marie-Curie-Paris 6

Élise LAVOUÉ • MAGELLAN/LIRIS, université Jean Moulin Lyon 3

Françoise LE CALVEZ • LIP6, univ. Pierre-et-Marie-Curie-Paris 6

Vanda LUENGO • LIG, université Joseph Fourier, Grenoble

Agathe MERCERON • université de Berlin, Allemagne

Jean-Luc RINAUDO • CIVIIC, université Rouen

Emmanuel SANDER • Paragraphe, université Paris 8

Jacques WALLET • CIVIIC, université de Rouen

Comité de parrainage scientifique

Nicolas BALACHEFF • CNRS, Laboratoire d'Informatique de Grenoble

Stefano CERRI • LIRMM & université Montpellier 2

Christian DEPOVER • université de Mons-Hainaut, Belgique

Alain DERYCKE • TRIGONE, université de Lille 1

Pierre DILLENBOURG • école polytechnique fédérale de Lausanne, Suisse

Erik DUVAL • université de Louvain, Belgique

Claude FRASSON • université de Montréal, Canada

Catherine GARBAY • CNRS, laboratoire d'Informatique de Grenoble

Guy GOUARDERES • ISIHM, univ. de Pau-et-des-Pays-de-l'Adour

Comités

Ulrich HOPPE • université de Duisbourg, Allemagne
Patrick MENDELSON • LES, ESPE de l'académie de Grenoble
Gilbert PAQUETTE • LICEF, Télé-université, univ. du Québec,
Montréal, Canada
Jacques PERRIAULT • université Paris 10, Nanterre
Jeanine ROGALSKI • laboratoire « Cognition et activités finalisées »,
université de Vincennes-Saint-Denis-Paris 8
Maria Felisa VERDEJO • univ. nacional de educaciòn a distancia, Espagne

Comité de lecture

Michel ARNAUD • université Nanterre-Paris 10
Mireille BETRANCOURT • TECFA, université de Genève, Suisse
Bernard BLANDIN • CREF, Université Paris 10 et CESI
Ullrich CARSTEN • Shanghai Jiao Tong University, China
Michel CHAMBREUIL • LRL, université Blaise-Pascal-Clermont-Ferrand 2
Thierry CHANIER • LRL, université Blaise-Pascal-Clermont-Ferrand 2
Alain CHAPTAL • LabSic, université Paris 13
Ghislaine CHARTRON • CNAM, Paris
Christophe CHOQUET • LIUM, université du Maine, Laval
Michel CRAMPES • EMA, Alès
Jacques CRINON • ESPE de l'académie de Créteil et
université de Vincennes-Saint-Denis-Paris 8
Bruno DE LIÈVRE • université de Mons, Belgique
Érica DE VRIES • LSE, université Pierre-Mendes-France-Grenoble 2
Élisabeth DELOZANNE • LIP6, univ. Pierre-et-Marie-Curie-Paris 6
Brigitte DENIS • université de Liège, Belgique
Michel DESMARAIS • école polytechnique de Montréal
Cyrille DESMOULINS • LIG, université Joseph-Fourier-Grenoble 1
Philippe DESSUS • ESPE de l'académie de Grenoble &
LSE, université Pierre-Mendes-France-Grenoble 2
Christine DEVELLOTTE • IFé, ENS Lyon
Angélique DIMITRACOPOULOU • LTEE, université d'Egée, Grèce
Aude DUFRESNE • ESI, université de Montréal, Canada
Serge GARLATTI • Telecom Bretagne, Brest
France HENRI • LICEF, Télé-université, univ. du Québec,
Montréal, Canada
Danièle HÉRIN-AIMÉ • LIRMM, université Montpellier 2
Pierre JARRAUD • Télé6, université Pierre-et-Marie-Curie-Paris 6
Michelle JOAB • ERES & LIRMM, université Montpellier 2
Vassilis KOMIS • université de Patras, Grèce
Colette LABORDE • LIG, ESPE de l'académie de Grenoble
Thérèse LAFFERRIÈRE • TACT, université Laval, Québec
Paul LIBBRECHT • CELT, Sarrebruck, Allemagne

Cabral LIMA • univ. de Rio, Brésil
Dominique LENNE • Heudiasyc, université de Technologie de Compiègne
Pascal LEROUX • CREN, université de Nantes
Daniel LUZZATI • LIUM, université du Maine, Le Mans
Olga MARINO • LICEF, Télé-université, univ. du Québec,
Montréal, Canada
Pascal MARQUET • LSE, université Louis-Pasteur-Strasbourg 1
Jean-Charles MARTY • LIRIS, Université de Savoie
André MAYERS • université de Sherbrooke, Canada
Gaëlle MOLINARI • filière de psychologie, FFUD (FS-CH), Suisse
Roger NKAMBOU • GDAC, université du Québec à Montréal, Canada
Daniel PERAYA • TECFA, université de Genève, Suisse
Yvan PETER • LIFL, université Lille 1, Villeneuve d'Ascq
Luc-Olivier POCHON • IRDP et université de Neuchâtel, Suisse
Dominique PY • LIUM, université du Maine, Le Mans
Céline QUÉNU-JOIRON • MIS, université de Picardie Jules Verne, Amiens
Matthieu QUIGNARD • ICAR, Lyon
Pierre RABARDEL • université de Vincennes-Saint-Denis-Paris 8
Christophe REFFAY • ELLIAD, université de Franche-Comté
Pierre TCHOUNIKINE • IMAG, université de Grenoble
André TRICOT • CERFI, ESPE de Midi-Pyrénées &
univ. Le-Mirail-Toulouse 2
Nicolas VAN LABEKE • Learning Sciences Research Institute,
University of Nottingham, UK
Jean VANDERDONCKT • ISYS, université catholique de Louvain, Belgique
Maïa WENTLAND • université de Lausanne, Suisse
Kalina YACEF • université de Sydney, Australie

