



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 habileté) 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.

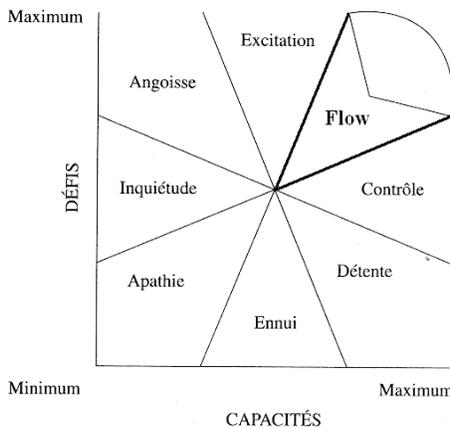


Figure 1 • Exigences de la tâche et compétences élevées (Csikszentmihalyi, 1990)

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).

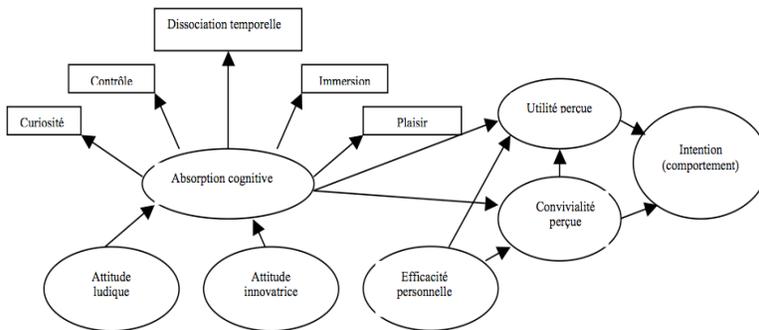


Figure 2 • Le modèle de l'absorption cognitive d'après Agarwal et Karahanna (2000, p. 683)

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).

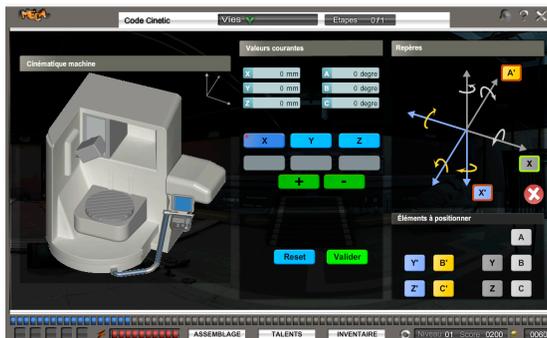


Figure 3 • Mecagenius® : un jeu sérieux en génie mécanique pour découvrir, apprendre, fabriquer (<http://mecagenius.univ-jfc.fr/>)

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-Escot, 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 & Valleurand, 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 ($r = .69^*$ vs $r = .61^*$), ainsi qu'à leur sentiment d'efficacité personnelle dans les études en génie mécanique ($r = .40^*$ vs $r = .31^*$).

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 prédicteur 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.