

Personnalisation de l'apprentissage : comparaison des besoins et approches à travers l'étude de quelques dispositifs

Marie LEFEVRE (LIRIS, Lyon), Julien BROISIN (IRIT, Toulouse), Valentin BUTOIANU (IRIT, Toulouse), Philippe DAUBIAS (IFé, Lyon), Lucie DAUBIGNEY (Supélec, Metz et LORIA, Nancy), Françoise GREFFIER (ELLIADD, Besançon), Nathalie GUIN (LIRIS, Lyon), Stéphanie JEAN-DAUBIAS (LIRIS, Lyon), Réjane MONOD-ANSALDI (IFé, Lyon), Hélène TERRAT (PCH et LIRIS, Lyon)

■ **RÉSUMÉ** : La personnalisation de l'apprentissage est au cœur des recherches actuelles en EIAH (Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain). Les approches pour développer des EIAH permettant une personnalisation de l'apprentissage varient tant d'un point de vue didactique qu'informatique. Dans cet article, nous présentons les résultats d'une étude menée sur plusieurs dispositifs de formation. Cette étude avait pour buts d'une part d'identifier les besoins actuels en terme de personnalisation de l'apprentissage et d'autre part de comparer des approches permettant cette personnalisation. Elle nous a permis de déterminer des verrous informatiques à dépasser pour permettre une personnalisation de l'apprentissage, et de mettre en avant les avantages et les inconvénients des solutions étudiées.

■ **MOTS CLÉS** : Personnalisation de l'apprentissage, besoins, approches génériques.

■ **ABSTRACT** : Personalization of learning is the core of current research about ILEs (Interactive Learning Environments). Approaches for developing ILEs enabling to personalize learning vary both from a didactic point of view and from a computer science point of view. In this paper, we present results of a study conducted on several training devices. This study was designed firstly to identify current needs in terms of personalization of learning and secondly to compare approaches enabling this personalization. It led us to identify obstacles to overcome for enabling personalization of learning, and to highlight benefits and disadvantages of the solutions studied.

■ **KEYWORDS** : Personalization of learning, needs, generic approaches.

- 1. Introduction
- 2. Contexte de l'étude
- 3. Étude d'EIAH présentant des besoins de personnalisation
- 4. Étude d'approches permettant une personnalisation automatisée
- 5. Quelles approches permettent de couvrir quels besoins des EIAH étudiés ?
- 6. Discussion
- 7. Conclusion
- BIBLIOGRAPHIE

1. Introduction

Dans le domaine des EIAH (Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain), la personnalisation de l'apprentissage englobe deux facettes (Marty et Mille, 2009). La première consiste à adapter les ressources pédagogiques au contexte d'enseignement. Ce contexte rassemble le niveau et le contenu de la formation pour laquelle on souhaite adapter les ressources, mais également les besoins et les habitudes pédagogiques des enseignants. Dans ce cas, on parle de configuration des ressources (des logiciels pédagogiques). La seconde facette concerne l'adaptation à un apprenant ou un groupe

d'apprenants présentant une même caractéristique. Dans ce cas, on parle de personnalisation des ressources pédagogiques.

L'adaptation à l'apprenant peut se faire dans le cadre d'un apprentissage individualisé ou d'un apprentissage personnalisé (Verpoorten et al., 2009). Dans un apprentissage individualisé, les ressources pédagogiques sont adaptées aux buts et besoins de chaque apprenant, en fonction de ses caractéristiques. Dans un apprentissage personnalisé, c'est l'apprenant qui choisit les ressources qui lui semblent pertinentes après avoir mené une activité réflexive sur lui-même et sur son apprentissage. Dans la suite de cet article, nous parlerons de personnalisation de l'apprentissage pour décrire des situations qui peuvent relever soit de l'apprentissage individualisé soit de l'apprentissage personnalisé. Afin de permettre cette adaptation à l'apprenant, de nombreuses techniques d'intelligence artificielle ont été exploitées (Markowska-Kaczmar et al., 2010). Ces différentes techniques permettent, d'une part, de mieux identifier les caractéristiques et les besoins des apprenants, afin, d'autre part, d'améliorer la personnalisation proposée ou les outils permettant aux apprenants de mener une activité réflexive sur leur apprentissage.

Dans cet article, nous abordons le thème de la personnalisation de l'apprentissage, sans nous focaliser sur un domaine disciplinaire ou un niveau d'enseignement précis. Nous présentons une étude qui identifie les besoins en matière de personnalisation de sept EIAH. Cette étude recense également différentes propositions pour la personnalisation mises en œuvre à la fois dans ces EIAH et dans quatre approches génériques offrant des outils pour la personnalisation de l'apprentissage. Ensuite, nous étudions comment ces différentes propositions peuvent être utilisées, étendues (voire généralisées) pour répondre aux besoins identifiés. Nous comparons les méthodes utilisées afin de repérer les approches similaires et d'identifier les avantages et les inconvénients de chacune. Nous mettons ensuite en évidence les verrous informatiques qui limitent la conception d'EIAH personnalisables ou d'approches permettant une personnalisation. Pour chacun de ces verrous, nous indiquons les solutions proposées pour les systèmes étudiés, leurs avantages et inconvénients. Nous abordons ensuite la question de la personnalisation d'un point de vue didactique avant de discuter de la prise en main par des enseignants et de l'évaluation des solutions proposées.

2. Contexte de l'étude

L'étude comparative présentée dans cet article a été réalisée lors de l'atelier "Personnalisation de l'apprentissage : quelles approches pour quels besoins ?" qui s'est déroulé lors de la conférence EIAH 2011 (Lefevre et al., 2011c). Cet atelier avait pour but de faire un état des lieux, d'une part, des besoins en termes de personnalisation de l'apprentissage, autant auprès des enseignants que de chercheurs travaillant sur ce thème, et d'autre part, des approches existantes permettant de mettre en œuvre une personnalisation. Les logiciels et approches concernés par cette étude sont donc issus d'un appel à participation, et relatent des travaux proposés autant par des enseignants que par des équipes de recherche en EIAH.

La présence d'enseignants du premier et second degré a permis d'intégrer à l'étude des logiciels pour lesquels l'enseignant intervient directement lors de la personnalisation. Dans les workshops récents sur la personnalisation (Perez-Marin et al., 2011), les systèmes proposés ont principalement comme objectif la recommandation de ressources pédagogiques, mais la place de l'enseignant comme acteur effectif de la personnalisation n'est que peu traitée. L'originalité de l'étude que nous avons menée met donc en lumière des résultats et des perspectives de recherche où les enseignants ont une place primordiale.

3. Étude d'EIAH présentant des besoins de personnalisation

Dans la première partie de cette section, nous présentons les sept EIAH que nous avons étudiés afin d'identifier leurs besoins de personnalisation. Ces EIAH sont principalement destinés à des élèves du premier et second degré mais portent sur des disciplines variées. Pour certains de ces EIAH, le besoin de personnalisation est défini sans qu'une solution n'ait encore été mise en œuvre ; pour d'autres, des solutions ont déjà été mises en œuvre mais restent perfectibles. Dans la seconde partie de cette section,

nous faisons une comparaison de ces EIAH avant d'analyser les résultats de cette comparaison.

3.1. Présentation des EIAH étudiés

Le logiciel **Pictop** (Terrat et Sagot, 2011) est utilisé dans le cadre scolaire pour accompagner l'apprentissage de la lecture et de la production d'écrits, en particulier avec des élèves handicapés sur le plan moteur. Ce logiciel est ouvert dans ses contenus, et son interface est fortement paramétrable. Pictop permet la manipulation par l'élève, à l'aide de la souris ou d'un contacteur associé à un balayage, d'étiquettes textuelles préalablement entrées par son enseignant. Tout ce qui est manipulé par l'élève peut être vocalisé (c'est-à-dire lu par une voix de synthèse). Ces étiquettes peuvent être combinées pour composer des textes. Elles peuvent également compléter des exercices à trous. Le logiciel peut en outre opérer sur un texte en soulignant, barrant, coloriant des éléments afin de travailler la syntaxe (et/ou faciliter sa lecture par coloriage des syllabes et lettres muettes). En plus d'offrir une ergonomie cognitive adaptée, de par ses nombreuses possibilités de paramétrage, il assure un apprentissage sur mesure en donnant, en plus de l'habituelle souris, la possibilité de travailler par balayage, avec tout type de contacteurs, dans un environnement de travail spécifique à l'élève (taille, police, couleurs, vocalisation, temporisation de la vitesse d'écriture et de vocalisation, simplification des commandes...). Ce paramétrage effectué manuellement pour chaque profil d'enfant peut être enregistré et rappelé automatiquement pour tous les exercices proposés. Grâce à l'enregistrement systématique de l'historique de l'activité de l'enfant, et à la possibilité de visionner l'exercice réalisé en différé, l'enseignant peut revenir avec l'élève sur chacune des étapes de l'activité, questionner l'élève sur ses stratégies, discuter avec lui de ses erreurs et développer ainsi une véritable aide métacognitive.

Réaction est un logiciel destiné à l'enseignement secondaire des sciences de la vie et de la Terre (SVT) qui permet de mesurer des temps de réaction à un stimulus visuel : apparition d'une image, reconnaissance de deux images identiques, reconnaissance d'une image mémorisée. Réaction permet de collecter rapidement des données réelles en faisant faire les tests par les élèves, données qui peuvent également être utilisées pour l'enseignement des statistiques, dans un contexte pluridisciplinaire. Les besoins de personnalisation concernent la nature et l'enchaînement des tests, l'ergonomie de la visualisation des images, les caractéristiques du protocole d'acquisition des mesures, les modalités de sauvegarde des données par le logiciel, le mode d'affichage des résultats et leur traitement (Monod-Ansaldi et al., 2011b). Ils correspondent en général à l'adaptation par l'enseignant du logiciel à une situation d'apprentissage particulière pour l'ensemble de sa classe, mais peuvent également être laissés à charge de l'élève notamment pour la création de protocoles lors de démarches d'investigation. Dans la version courante du logiciel, une configuration est réalisable par l'intermédiaire du module d'administration : une configuration « par défaut » permet d'enregistrer localement les données, des configurations particulières pouvant être associées à des séries de données stockées en ligne. Cependant, ce module ne permet notamment pas de configurer l'ergonomie des images. Son accès et son utilisation sont devenus difficiles depuis que le logiciel permet l'enregistrement en ligne des données. La plupart des enseignants ayant testé les dernières versions du logiciel ont ainsi « passé commande » au concepteur qui leur a créé une table d'enregistrement sur mesure, ou est intervenu directement dans le code pour réaliser les adaptations demandées. Un module de paramétrage plus accessible doit donc être défini et développé dans le logiciel ou conçu à l'extérieur de celui-ci, en externalisant les éléments nécessaires.

Le logiciel **EduAnatomist** permet la visualisation et la manipulation d'Images du cerveau obtenues par Résonance Magnétique (IRM cérébrales), regroupées dans la banque d'images NeuroPeda (NeuroPeda, 2007). Il s'appuie sur Anatomist, un logiciel issu de la recherche (Anatomist, 2000), développé par le Commissariat à l'Energie Atomique, en proposant une interface simplifiée à destination du secondaire (lycéens, voire collégiens). Les IRM disponibles sont des images volumiques (3D), présentant l'anatomie ou le fonctionnement cérébral, que le logiciel rend accessibles par l'intermédiaire de trois vues planes (2D). EduAnatomist permet à la fois une exploration du volume cérébral et un travail sur les paramètres du modèle statistique représentant l'activité cérébrale. Le logiciel doit pouvoir être configuré pour adapter ses fonctionnalités à la fois au public visé (niveau des élèves) et aux objectifs pédagogiques de l'enseignant (Monod-Ansaldi et al., 2011a). Il faut pouvoir choisir la position de l'image à l'ouverture, les bornes statistiques par défaut et leur possibilité de réglage, le niveau d'aide ou de guidage, et les modalités de visualisation des informations associées aux images présentes dans NeuroPeda. Avec la

version actuelle d'EduAnatomist, personnaliser se limite à changer les bornes par défaut en modifiant le code source du logiciel, ce qui n'est pas envisageable pour les enseignants utilisateurs. Pour une version 2 du logiciel, il faudra extraire dans un fichier de configuration externe les réglages des bornes et ajouter au logiciel une nouvelle fenêtre de paramétrage destinée aux enseignants (Daubias et al., 2011). Le stockage de la configuration dans un fichier autorisera son déploiement dans une salle informatique d'établissement scolaire, rendra possible la constitution de « bases » de fichiers de configuration correspondants à différentes situations et rendrait envisageable la personnalisation automatique de l'activité par un outil externe. D'un point de vue didactique, l'écran de paramétrage aura également le mérite de rendre explicite les différentes variables de la situation d'apprentissage envisagée.

Le projet **Fossiléo** vise à réaliser deux modules logiciels pour l'enseignement des SVT. Plus précisément, il s'agit avec le module Fossiléo-Élève de faire aborder la géologie aux élèves du secondaire (fin de collège et début de lycée) en plaçant les élèves dans une situation de reconstitution d'un paysage ancien à partir de données (fossiles) issues du terrain. Le module Fossiléo-Prof permettra à l'enseignant de préparer les données nécessaires pour le module élève et de personnaliser à la fois les données et l'activité, c'est-à-dire le cheminement à effectuer dans le logiciel. L'enseignant utilisateur de Fossiléo-Prof souhaitera vraisemblablement regrouper les données dont il dispose sur les fossiles d'une carrière, mais toutes ces données ne seront sans doute pas pertinentes pour chaque séance de TP donnée. Il faudra pouvoir décrire les données soit en les destinant à un niveau particulier, soit prévoir plusieurs niveaux de complexité dans les descriptions. Par ailleurs, plusieurs clés de détermination de difficultés variables pourront coexister pour une même carrière. La configuration à un contexte particulier, voire la personnalisation des données (Didier et al., 2011) consistera à faire varier la difficulté dans la reconnaissance des espèces au travers de la complexité de la clé de détermination : nombre d'espèces présentes, discriminabilité des espèces, termes utilisés pour les identifier, présence d'espèces pièges. À l'état actuel d'avancement du projet, il est évident que l'enseignant doit pouvoir adapter l'activité, mais il est possible qu'il soit également pertinent que l'élève utilisateur de Fossiléo-Élève puisse agir sur le niveau de difficulté de son activité.

TRI est un logiciel de sensibilisation au tri sélectif et au recyclage destiné à de jeunes enfants ne sachant pas forcément lire (Jean-Daubias, 2011b). Il est constitué de plusieurs activités : deux cours et cinq exercices qui comportent plusieurs niveaux, ainsi qu'une aide. Le travail de l'enfant est par ailleurs enregistré dans un fichier de profil individuel. Afin de s'adapter aux spécificités locales du tri sélectif (nombre de poubelles différentes, couleurs des poubelles, déchets acceptés par poubelles), le logiciel est configurable. Cette configuration doit être effectuée manuellement par un expert. Afin de répondre aux besoins des enseignants en s'adaptant à des niveaux différents et à des connaissances différentes, les activités de TRI sont personnalisables : l'enseignant peut choisir de faire travailler chaque élève sur une séquence différente qu'il définit lui-même. Il est possible de spécifier les activités concernées (cours ou exercices), leur niveau et leur ordre d'apparition. La personnalisation est toutefois manuelle dans TRI : l'enseignant doit spécifier dans le fichier de séquence quelles activités faire faire à quel apprenant. De plus, s'il souhaite prendre en compte les résultats précédents des élèves, il doit étudier les profils un par un et adapter la séquence suivante manuellement en fonction de ses observations. Pour proposer une personnalisation utilisable largement et facilement par les enseignants, il est donc nécessaire d'envisager une automatisation du processus.

Tables au trésor est un logiciel d'entraînement aux tables mathématiques s'adressant à des élèves de primaire (Jean-Daubias, 2011a). Il propose quatre types d'exercices (calcul, calcul à trou, trouver l'opération intruse, trouver toutes les opérations conduisant à un même résultat) qui permettent aux apprenants de s'exercer aux additions, soustractions, multiplications et divisions. Le travail de l'élève est enregistré dans un fichier de profil individuel. Afin de permettre l'adaptation du logiciel au rythme de travail de la classe et aux spécificités de chaque apprenant, Tables au trésor comporte une interface, destinée à l'enseignant, de personnalisation des séquences d'activités. Cette interface permet de spécifier précisément la séquence en contraignant les exercices qui la composent : type d'exercices, opération concernée, intervalle des tables à utiliser, valeurs requises ou interdites, mais aussi type de rétroaction proposée et des options qui permettent de s'adapter aux habitudes pédagogiques de l'enseignant (tables dans l'ordre, plus grand opérande à gauche...). Si elle est puissante, cette personnalisation est lourde à mettre en œuvre : l'enseignant doit spécifier à travers l'interface dédiée quelle séquence d'activités faire

faire à quel apprenant. Si ce travail de personnalisation est possible pour adapter le logiciel aux habitudes pédagogiques de l'enseignant, il n'est pas réaliste d'envisager une personnalisation individuelle sans automatisation du processus.

Le logiciel **AMBRE-add** a pour objectif de faire acquérir aux élèves de l'école primaire une méthode pour la résolution des problèmes additifs. Grâce au module AMBRE-enseignant (Duclosson et al., 2005), un enseignant peut paramétrer cet EIAH en l'adaptant aux spécificités, aux difficultés, et au niveau de chacun de ses élèves. Il peut pour cela paramétrer les fonctionnalités d'AMBRE-add, le logiciel destiné aux élèves, choisir les problèmes que l'élève aura à résoudre, ou générer automatiquement de nouveaux problèmes correspondant à ses objectifs pédagogiques. L'enseignant peut ainsi personnaliser l'EIAH pour chacun de ses élèves. Afin de faciliter cette lourde tâche, un module d'élaboration de profils d'élèves a été développé pour automatiser la personnalisation de l'EIAH à partir des profils (Guin et al., 2011). Ce module analyse les traces de l'activité de l'élève pour en déduire des informations sur ses compétences, relativement à différents critères (par exemple le taux de réussite pour une étape de résolution en fonction de la classe du problème) et sur son comportement dans l'utilisation des fonctionnalités du logiciel (stratégies essai-erreur, utilisation de l'aide ou des outils de calcul). En combinant les informations contenues dans le profil de l'élève calculées par le système et les possibilités d'AMBRE-enseignant, l'enseignant peut mettre en place des stratégies de personnalisation, comme par exemple adapter la grandeur des nombres aux difficultés de calcul, choisir une formulation simple des énoncés des problèmes pour des difficultés en lecture, choisir une classe de problèmes difficiles pour un élève maîtrisant déjà les classes faciles, ou limiter l'accès au diagnostic pour un élève qui y a recours trop systématiquement (stratégies essai-erreur). Cependant, la tâche de personnalisation reste très lourde car le fait de devoir traiter individuellement chaque apprenant rend la tâche difficilement réalisable. Il faudrait que l'enseignant ait la possibilité d'explicitier sa stratégie de personnalisation, et que celle-ci soit mise en œuvre automatiquement par un système informatique à partir des données du profil de l'apprenant.

3.2. Synthèse des besoins de personnalisation des EIAH étudiés

Nous avons étudié l'ensemble des EIAH présentés ci-dessus selon différents aspects : quels sont les besoins de personnalisation ? De quelles informations dispose-t-on sur l'apprenant ? Quelles sont les méthodes mises en œuvre pour répondre aux besoins de personnalisation ? Que nécessitent ces méthodes ? Quels sont leurs avantages et leurs inconvénients, et quels sont les besoins non pourvus ?

La figure 1 résume l'ensemble des réponses à ces questions pour les EIAH étudiés.

Figure 1 • Étude comparative de différents EIAH ayant des besoins de personnalisation

Logiciel	Pictop	Réaction	EduAnatomist	Fossilto	TRI	Tables au trésor	AMBRE-add
Domaine du logiciel	maîtrise de la langue : lecture, rédaction exercices sur du texte	biologie, mathématiques	neuroimagerie	géologie	tri et recyclage	tables mathématiques	résolution de problèmes mathématiques
Public	primaire, enfants en situation de handicap	secondaire (voire supérieur)	secondaire (voire supérieur, formation continue)	secondaire (3ème et 2nde)	maternelle (voire primaire)	primaire	primaire
Informations enregistrées par le logiciel dans des fichiers	traces (réjouables), productions	traces et indicateurs calculés à partir des traces	productions (copies d'écran manuelles)	en projet : productions des élèves, profils	profil	profil	traces et profil calculé à partir des traces
Besoin de personnalisation à couvrir	contenu des exercices, fonctionnalités	conditions de l'acquisition des mesures, interface, type de sortie des résultats, modalité de sauvegarde des données	paramètres liés aux objets manipulés : interface, images choisies, aide, guidage, feedback	choix du cheminement en fonction du niveau, complexité des éléments, objets étudiés	séquences d'activités, fonctionnalités	séquences d'exercices	nature des problèmes, données, séquence de problèmes, fonctionnalités, interface
Moyens permettant la personnalisation	choix du contenu et des paramètres via l'interface enseignant	2 écrans de configuration (peu utilisables), ou demande directe au concepteur	pour l'instant : modification d'un fichier - en projet : écran de configuration	en projet : interface de configuration dans le module enseignant	modification manuelle des fichiers de configuration	interface enseignant	interface enseignant, utilisation des profils
Nécessite d'avoir...	informations très fines sur l'apprenant déduites par l'enseignant à partir de l'analyse des traces	intention pédagogique	en projet : configuration type à proposer à l'enseignant	images et leurs métadonnées	profils issus du logiciel	connaissances des enseignants sur leurs pratiques	profils issus du logiciel, intention pédagogique
Permet d'agir sur...	contenu des exercices, fonctionnalités	conditions de l'acquisition de mesures, interface, type de sortie des résultats, modalité de sauvegarde des données	en projet : paramètres liés aux objets manipulés : interface, images choisies, aide, guidage, feedback	en projet : choix du cheminement en fonction du niveau, complexité des éléments, objets étudiés	séquences d'exercices	option, temps, aide, feedback	nature des problèmes, données, séquence de problèmes, fonctionnalités, interface
Qui personnalise ?	enseignant	actuellement : concepteur en projet : enseignant ou élèves	actuellement : ingénieur en projet : enseignant	en projet : enseignant	enseignant	enseignant	enseignant
Pour qui est faite la personnalisation ?	élève	groupe d'élèves	groupe d'élèves	classe	élève ou groupe d'élèves	élève	élève ou groupe d'élèves
Facilité de mise en œuvre de la personnalisation	simple car exercices simples 3 min de configuration pour 5 min d'exercice	interface très complexe	actuellement impossible, paramétrage prévu assez simple	nécessité de paramétrage par des enseignants experts avant utilisation courante par des enseignants	nécessité de modifier manuellement un fichier	interface complexe	complexe car traitement manuel des profils avant utilisation de l'interface de configuration
Avantages	personnalisation très fine	intégrable à un scénario pédagogique plus complexe	adapté à différents groupes, configuration type à proposer, intégrable à un scénario pédagogique plus complexe	personnalisation d'une séquence complète	adaptation et personnalisation fine	personnalisation fine	personnalisation très fine, en fonction des résultats de l'élève et de ses autres capacités
Inconvénients	analyse manuelle des traces, préparation élève par élève	actuellement pas de personnalisation directement par des enseignants	moyens de personnalisation pas encore développés	logiciel non développé et demandera beaucoup d'informations (images, connaissances)	configuration manuelle	interface complexe	personnalisation longue et complexe
Besoin non pourvus par le logiciel	automatisation	configuration par enseignant et élèves, externaliser les paramètres	configuration de l'interface et du feedback, configurations types	les besoins seront pourvus une fois le logiciel développé	personnalisation des niveaux de difficultés, aide, ... automatisée	automatisation en s'appuyant sur les profils	automatisation de l'application de l'intention pédagogique de l'enseignant à partir des profils

Nous avons ainsi constaté que pour ces EIAH abordant pourtant des domaines disciplinaires très variés et destinés à des publics différents, les besoins de personnalisation portent toujours sur :

- le contenu des activités proposées à l'apprenant, qui peut différer de par les données elles-mêmes (valeurs ou sujet traité) mais aussi de par le niveau de difficulté,

- l'interface du logiciel, ses fonctionnalités (dont l'aide et le feedback), la présentation de certaines données,
- la séquence d'activités.

Pour répondre à ces besoins de personnalisation, les EIAH étudiés disposent d'informations sur l'apprenant qui sont soit des traces de l'activité de l'élève avec le logiciel, soit un profil de l'apprenant. Ces informations peuvent être utilisées par l'enseignant au moment de personnaliser l'EIAH. On constate en effet que pour l'ensemble des logiciels, c'est l'enseignant qui personnalise, en fonction des informations dont il dispose sur ses élèves, et selon son intention pédagogique. Toutefois, certains envisagent également de permettre à l'élève lui-même d'adapter l'environnement à ses besoins, que ce soit consciemment ou sans le savoir, en provoquant une adaptation automatique du système par son activité propre.

Pour effectuer cette personnalisation, l'enseignant dispose selon les EIAH de différents moyens :

- demander au concepteur ou à l'administrateur de modifier l'EIAH,
- modifier lui-même des fichiers de configuration,
- utiliser une interface de configuration destinée à l'enseignant.

Lorsque l'on parle de personnalisation, on sous-entend souvent une adaptation du logiciel à chaque utilisateur. Dans plusieurs EIAH étudiés ici, l'adaptation se limite pourtant à configurer le logiciel pour un groupe d'élèves (souvent la classe entière), ou même pour un niveau d'enseignement (par exemple classe de troisième ou de seconde). Cette limitation est sans doute liée aux pratiques des enseignants et au contexte d'utilisation de ces EIAH. Un enseignant travaillant avec un effectif réduit d'élèves ou une équipe de recherche pourra tester dans de meilleures conditions un EIAH, et aller jusqu'à sa personnalisation, plus facilement qu'un enseignant ayant à gérer de nombreuses classes. La personnalisation n'apparaît pas comme un besoin premier des enseignants, mais il faut concéder que si l'on ne sait pas qu'une fonctionnalité existe, on ne ressent pas le besoin d'en disposer. Il a été observé ([Monod-Ansaldi et al., 2011b](#)) qu'en faisant travailler sur un même logiciel, des enseignants dans un cadre pluridisciplinaire, des besoins de personnalisation émergeaient, alors qu'ils n'étaient pas formulés à l'origine.

Dans les tous les cas, un enseignant qui souhaite personnaliser utilise des informations sur le ou les utilisateurs de l'EIAH. Ces informations peuvent être explicites, contenues dans un profil (informatisé ou non, individuel ou du groupe), ou être implicites, issues de la connaissance que l'enseignant a de ses élèves. L'enseignant peut également prendre en compte ses intentions pédagogiques ainsi que le contexte d'enseignement (par exemple, le programme à enseigner ou le temps disponible pour l'activité). Ces trois sources d'informations rendent la tâche de personnalisation particulièrement complexe pour les enseignants.

On constate d'ailleurs que les besoins de personnalisation non couverts par les logiciels étudiés expriment systématiquement une attente en termes d'assistance à l'enseignant, et en particulier d'automatisation d'une partie du travail lorsqu'il s'agit d'adapter l'EIAH à chaque apprenant. En effet, les méthodes utilisées dans ces logiciels sont presque toujours des méthodes ad-hoc qui demandent à l'enseignant un investissement très lourd. Les concepteurs de ces EIAH aimeraient pouvoir utiliser des méthodes plus génériques, à la fois pour diminuer le coût de la mise en œuvre des techniques de personnalisation, mais aussi pour envisager une automatisation qui permettrait d'alléger le travail de l'enseignant en lui donnant la possibilité de recourir davantage à la personnalisation. Ces méthodes génériques font l'objet de la partie suivante de cet article.

4. Étude d'approches permettant une personnalisation automatisée

Dans cette section, nous présentons les quatre approches relatives à la personnalisation de l'apprentissage que nous avons étudiées. Les deux premières sont des systèmes de recommandation de ressources

numériques qui peuvent être appliqués à la proposition de ressources pédagogiques. Les deux dernières proposent d'adapter les séquences de travail ou le parcours que devrait suivre un apprenant dans un cursus pédagogique. Nous identifions ensuite quelles sont les données nécessaires pour mettre en œuvre ces approches avant de présenter une comparaison des différentes approches.

4.1. Présentation des approches étudiées

La première approche, notée **A1** dans la suite de l'article, concerne un système d'apprentissage actif et sémantique (Szilagyi et al., 2011). Adossé à une modélisation du profil des apprenants, ce système utilise les technologies liées au Web sémantique (Szilagyi et al., 2010), pour proposer des parcours personnalisés sur mesure et en temps voulu. L'opérabilité du système s'appuie sur la définition au préalable d'objectifs d'apprentissage balisés dans le temps. Prenons par exemple un groupe d'étudiants inscrits dans un module à l'université, pour lesquels les objectifs sont présentés via un parcours pédagogique. La référence est ce parcours, car c'est principalement à partir de la réalisation des activités pédagogiques balisées de ce parcours que le système détermine les acquis et les lacunes de chacun en rapport avec les objectifs fixés. En effet, le point d'articulation pour sélectionner les ressources pédagogiques sur mesure repose en priorité sur le rapprochement des lacunes et des acquis. C'est pourquoi une ontologie est prévue dans le système pour les questionnaires de test des connaissances. Cette ontologie modélise le concept de Quiz (Balog-Crisan et al., 2009). Un quiz est considéré comme composé de plusieurs « question/réponse ». L'ontologie Quiz modélise le concept de « question/réponse » en plusieurs catégories selon le type de réponse associé : réponse booléenne, numérique, à choix multiples, etc. Chaque « question/réponse » fait référence à une ou plusieurs compétences identifiées dans une autre ontologie du système (*competency ontology*).

La personnalisation de l'apprentissage, adossée ainsi sur l'évaluation des connaissances, consiste à fournir à l'apprenant des compléments pédagogiques sélectionnés sur les réseaux numériques, au moment où l'apprenant en a besoin (« en temps voulu ») pour combler une lacune ou pour avancer plus vite. La sélection des ressources pédagogiques est active : elle tient compte des ressources pédagogiques enregistrées dans une base de données locale ou publiées tous les jours sur le Web. C'est pourquoi on peut dire que le système est ouvert.

Comment le système réalise-t-il un apprentissage dit sur mesure et pertinent ? Le profil de l'apprenant comprend ses préférences (style d'apprentissage), son niveau, ses acquis et ses lacunes. Ce profil est modélisé par des ontologies (ex : ontologie des préférences). De cette manière, le profil de chaque apprenant est décrit par des annotations conformes aux ontologies. C'est par ces profils que le système « connaît », à un temps donné, les besoins de l'apprenant à satisfaire pour favoriser la réussite de son apprentissage. Le système est ensuite capable de rapprocher les annotations sémantiques décrivant le profil de l'apprenant avec les métadonnées des ressources pédagogiques publiées sur les réseaux, pour sélectionner les ressources qui répondent le mieux aux besoins de l'apprenant. Les métadonnées prises en compte dans le système, pour décrire les ressources pédagogiques, sont celles du schéma de description LOM (Learning Object Metadata) (IEEE, 2002). On dispose par exemple d'une description des prérequis et des acquis de la ressource pédagogique, que l'on peut rapprocher des lacunes et acquis de l'apprenant.

L'ontologie des préférences s'appuie sur le modèle proposé par (Felder et Silverman, 1988) qui décline les façons d'apprendre de l'apprenant en quatre axes : la perception des apprenants (sensoriel/intuitif), le format préféré de l'apprenant (visuel/verbal), la participation de l'apprenant (actif/réflexif) et la présentation du contenu (séquentiel/global).

Les informations relatives au profil de l'apprenant évoluent au fur et à mesure du déroulement de l'apprentissage, par l'exploitation de traces laissées par l'apprenant sur les réseaux. On comprend bien (et on espère bien) que les acquis et les lacunes de l'apprenant vont évoluer au fur et à mesure du déroulement de la formation. Le système permet aussi d'affiner les préférences de l'apprenant. Les ressources pédagogiques utilisées par les apprenants peuvent être annotées par ces derniers suivant une ontologie interne au système appelée « ontologie d'appréciation ». On a alors la possibilité de retrouver les ressources pédagogiques bien « notées » par un apprenant afin de voir quelles sont leurs caractéristiques communes. On pourra aussi rapprocher les préférences des apprenants qui apprécient les mêmes ressources pédagogiques. On peut dire que ce système est évolutif car les informations liées au

profil de l'apprenant évoluent au fur et à mesure des résultats et des interactions par l'apprenant avec le système.

Les systèmes de collecte et de réutilisation de données, également appelés Systèmes à Base de Traces (SBT) (Settoui et al., 2006), représentent une alternative aux techniques et outils du Web sémantique. Les SBT sont le plus souvent intégrés au sein des systèmes d'apprentissage, et restreignent ainsi le nombre et la nature des traces recueillies puisqu'elles sont limitées à celles issues des interactions des utilisateurs avec l'EIAH hôte. En conséquence, les outils de personnalisation doivent également être renfermés dans l'environnement d'apprentissage, et les données dont ils disposent sont restreintes aux traces produites par cet EIAH. Or, le nombre et la nature des outils utilisés dans le cadre de l'apprentissage étant en constante augmentation, les SBT doivent être capables de fédérer ces différents outils et proposer des solutions unificatrices fondées sur les interactions des utilisateurs avec des systèmes hétérogènes. La seconde approche étudiée (Butoianu et al., 2011), notée **A2**, propose un SBT indépendant des plateformes (Butoianu et al., 2010), c'est-à-dire un système externe capable d'intégrer des données d'observation issues de tout type d'activités réalisées par n'importe quel utilisateur (aussi bien les apprenants, enseignants et tuteurs que les personnels administratifs ou les administrateurs informatiques) sur des systèmes de natures hétérogènes (plateformes d'apprentissage, viviers de connaissances, systèmes de gestion de contenus, etc.). Ce cadre de travail repose sur trois entités : un modèle extensible décrivant les traces, une base de données implémentant ce modèle, et un ensemble de services Web capables d'interagir avec la base de données.

Deux de ces services sont fondamentaux pour le partage et la réutilisation des traces : le premier, fondé sur la spécification Simple Publishing Interface (SPI) (Ternier et al., 2008), est responsable de l'indexation d'une nouvelle trace dans la base de données, alors que le second respecte le standard Simple Query Interface (SQI) (Simon et al., 2005) pour retrouver les données d'observation. Le service SQI offre ainsi l'opportunité à diverses applications de proposer des fonctions de personnalisation à partir de la formulation de requêtes pertinentes. À titre d'exemple, un service de recommandation personnalisé de ressources d'apprentissage a été conçu en exploitant à la fois les préférences de l'utilisateur en termes de langue et format de fichiers, mais également la ressource pédagogique la plus récemment consultée par l'utilisateur. Une application cliente de ce service a été intégrée dans l'outil de recherche d'objets pédagogiques ARIADNE Finder (Broisin et al., 2010) : lorsqu'un utilisateur consulte un objet pédagogique, le Finder invoque le service de recommandation qui recherche, dans la base de traces, les ressources dont le titre ou la description contient au moins un mot clé présent dans le titre de l'objet pédagogique consulté par l'utilisateur, et dont la langue et le format de fichier correspondent aux préférences de l'usager ; les résultats sont finalement retournés au Finder qui les expose à l'utilisateur à travers l'IHM. Dans la mesure où les ressources recommandées sont stockées dans la base de traces et qu'elles ont été générées suite à l'interaction des utilisateurs avec les EIAH intégrés dans ce cadre de travail (par exemple ARIADNE Finder ou la plateforme d'apprentissage MOODLE), elles comprennent aussi bien des cours entiers ou des objets pédagogiques caractérisés par une plus faible granularité, que des messages postés dans des forums de discussion.

Dans la troisième approche, on considère que l'enseignant conçoit ou réutilise des activités (leçons, exercices en relation avec les leçons, etc.) qu'il va organiser dans le but de faire progresser ses élèves. L'approche présentée ici ne s'intéresse qu'à la prise de décision concernant l'enchaînement des activités à proposer au moment le plus opportun afin que les connaissances de l'élève « augmentent ». La séquence choisie, c'est-à-dire l'ensemble des activités proposées dans un ordre fixé par l'enseignant, pourra éventuellement être adaptée à chaque élève mais cela peut devenir très coûteux en temps pour l'enseignant. L'approche de (Daubigney et al., 2011), notée **A3**, se propose d'automatiser la prise de décision sur la séquence d'activités à proposer (décisions séquentielles) pour faire progresser les élèves. Cette approche permet de trouver pour chaque élève la séquence qui pourra statistiquement le faire progresser le mieux. En effet, celle-ci n'est pas forcément la même pour tous (en fonction de la fatigue, du niveau initial, des affinités de chacun avec les tâches proposées, etc.). L'enseignement est envisagé ici comme un problème de prise de décision séquentielle dans le but de maximiser un critère : la progression de l'élève.

Ce problème peut être résolu par une méthode d'apprentissage automatique basée sur les interactions entre l'élève et l'enseignant : l'apprentissage par renforcement (Sutton et Barto, 1998). Chaque élève est

placé devant un ordinateur dont le rôle est de trouver la stratégie qui, en utilisant les activités les unes à la suite des autres, va faire progresser au mieux l'élève. Pour apprendre la meilleure stratégie, l'ordinateur dispose d'exemples. Un exemple est une activité proposée par l'ordinateur dont l'impact sur l'élève a été quantifié grâce à une « récompense ». Cette récompense est définie de façon à quantifier la qualité du choix de l'activité à un moment donné, ce qui permet à l'ordinateur d'avoir un retour sur l'utilité de l'activité à ce moment précis. Choisir la récompense est une étape importante de cette approche : elle ne doit pas être trop explicite de façon à ne pas trop guider l'apprentissage de l'ordinateur mais doit être néanmoins suffisamment informative.

Les exemples utilisés pour l'apprentissage de l'ordinateur peuvent provenir, entre autres, d'une séquence définie manuellement pour un élève de niveau moyen. Le rôle de l'ordinateur va être de trouver la séquence qui permette d'obtenir la plus grande somme des récompenses, somme constituée par les récompenses obtenues après chaque activité. En fonction de la récompense associée à chaque exemple, le comportement de l'ordinateur va être renforcé ou bien atténué. Une fois la stratégie apprise par l'ordinateur, elle peut être utilisée avec l'élève.

Ainsi, l'approche A3, fondée sur l'apprentissage par renforcement, permettra de proposer une séquence d'activités, propre à chaque élève, déterminée par un critère (la récompense). Les activités sont choisies parmi un ensemble d'activités mises à disposition au préalable par l'enseignant. La séquence est apprise par la machine à partir d'exemples.

Dans la dernière approche, notée **A4**, le logiciel *Adapte* fournit à chaque apprenant des activités pédagogiques adaptées à son profil et aux intentions pédagogiques de son enseignant ([Lefevre et al., 2011a](#)). Les activités proposées sont de deux types : soit des activités sur support papier ayant différentes formes (QCM, exercices sur des textes, sur des illustrations...) et portant sur diverses disciplines ([Lefevre et al., 2009a](#)) ; soit des activités incluses dans des logiciels pédagogiques. Dans ce dernier cas, l'activité englobe son contenu, mais aussi l'environnement logiciel support de l'activité (l'interface, les fonctionnalités, les rétroactions et l'ordre des activités) ([Lefevre et al., 2009b](#)). Pour pouvoir proposer ces activités personnalisées, le logiciel *Adapte* s'appuie sur le modèle PERSUA2 ([Lefevre et al., 2011b](#)). La mise en œuvre de ce modèle permet à chaque enseignant de définir son propre modèle de personnalisation.

En utilisant le logiciel *Adapte*, un enseignant va dans un premier temps définir sa stratégie pédagogique en explicitant la façon dont il souhaite que les activités soient affectées aux apprenants. Pour cela, l'enseignant restreint le profil des apprenants en choisissant un ou plusieurs éléments et définit des contraintes sur les valeurs de ces éléments afin de préciser les caractéristiques recherchées. Il va, par exemple, indiquer qu'il veut faire travailler les apprenants qui ne maîtrisent pas la conjugaison des verbes du premier groupe au présent de l'indicatif. Ensuite, il définit les contraintes permettant de générer une activité ou de la choisir dans les bases d'activités des logiciels pédagogiques dont il dispose. Ces contraintes sur le profil des apprenants et ces contraintes sur la création d'activités sont associées et hiérarchisées pour refléter les priorités pédagogiques de l'enseignant. L'enseignant peut par exemple décider de faire travailler en priorité les mathématiques, puis la conjugaison et enfin l'orthographe. Une fois que l'enseignant a défini sa stratégie pédagogique, il précise le contexte dans lequel la séance de travail va se dérouler. Pour cela, il indique au système les apprenants pour lesquels il souhaite des séquences de travail, puis il peut préciser des contraintes sur le temps, le nombre d'exercices, les supports à utiliser (papier et/ou logiciel), etc. La souplesse du modèle PERSUA2 permet aux enseignants d'associer à une stratégie pédagogique autant de contextes d'utilisation qu'ils le souhaitent, et inversement.

À partir de la stratégie pédagogique et du contexte d'utilisation de l'enseignant d'une part, et des profils des apprenants d'autre part, *Adapte* propose pour chaque apprenant une séquence de travail. L'enseignant peut valider, modifier ou supprimer les séquences proposées. La modification d'une séquence peut se faire en ajoutant ou supprimant une activité donnée, en demandant un autre énoncé pour une activité, ainsi qu'en changeant l'ordre des activités, soit manuellement, soit à l'aide de fonctions de tri. Une fois les séquences validées, *Adapte* fournit, pour les activités sur support papier, une feuille d'exercices pour chaque apprenant et la correction des activités pour l'enseignant. Pour les logiciels pédagogiques, quand cela est possible, les fichiers de configuration sont modifiés, ou à défaut une feuille d'instructions

indiquant la configuration à effectuer sur l'interface du logiciel est produite.

Avec cette approche, chaque enseignant peut obtenir des activités personnalisées, sur différents supports, respectant à la fois ses propres choix pédagogiques et les profils de chacun de ses élèves.

4.2. Données nécessaires pour mettre en œuvre ces approches

Pour pouvoir mettre en œuvre les approches étudiées et présentées dans la section précédente, trois catégories d'informations sont nécessaires :

- des informations sur l'apprenant,
- des informations sur les activités pédagogiques ou les parcours pédagogiques,
- et enfin, des informations sur la façon de personnaliser.

Chacune des approches nécessite d'avoir des informations sur l'apprenant : données brutes, données calculées ou informations interprétées. Les données brutes sont les traces laissées par les apprenants lors de leur utilisation des ressources pédagogiques (traces de navigation ou réponses et productions des apprenants). Les données calculées portent par exemple sur le taux de bonnes réponses fournies par l'apprenant ou le nombre de cours suivis. Ces calculs sont faits par les systèmes eux-mêmes. Les informations interprétées portent sur les préférences, les connaissances, les compétences et/ou le comportement des apprenants. Elles sont contenues dans des profils qui peuvent être définis librement par les enseignants, issus de logiciels pédagogiques ou définis par les systèmes en respectant des modèles comme celui décrit dans ([Felder et Silverman, 1988](#)). À chaque fois, les informations peuvent être mises à jour et enrichies en fonction des évolutions de l'apprenant.

De la même manière, chacune des approches nécessite d'avoir des informations sur les activités ou les parcours pédagogiques à personnaliser. Ces informations peuvent être la simple description des choix possibles dans un parcours d'apprentissage, comme dans l'approche A3, ou des informations plus riches contenues dans des métadonnées, comme dans l'approche A1, qui reprend entre autres les métadonnées du LOM pour disposer d'informations sur les ressources pédagogiques à conseiller. Ces métadonnées sont fournies par les créateurs des ressources pédagogiques lors de leur mise à disposition sur le Web. Bien que ces métadonnées respectent toutes le LOM, elles ne sont pas nécessairement homogènes car produites par différents auteurs, ce qui introduit une importante source de variabilité dans les descriptions. Les informations peuvent aussi être des descriptions plus précises des ressources. Ainsi l'approche A4 a besoin de modèles décrivant les ressources à personnaliser (activités papier ou logiciels pédagogiques). Cette description des ressources est faite par un expert (souvent le concepteur de la ressource) en utilisant les méta-modèles de l'approche GEPPETO ([Lefevre, 2010](#)). Les choix concernant la façon d'adapter une ressource sont faits par les enseignants qui contraignent les modèles définis par les experts. De même, l'approche A2 utilise une modélisation orientée objet pour offrir une vue globale des informations modélisées et faciliter leur extension. Les modèles de traces définissent un ensemble de classes génériques caractérisant les entités de base d'un environnement d'apprentissage en ligne (système, ressource, utilisateur, activité), et qui peuvent être étendues pour représenter des traces plus spécifiques (objets pédagogiques, plateformes d'apprentissage, consultation d'un objet pédagogique à partir d'une plateforme, etc.). Les classes de base sont disponibles, et c'est à l'enseignant ou au concepteur de l'EIAH de les étendre pour tracer les informations spécifiques à leurs besoins.

Enfin, chacune des approches utilise son propre mécanisme, fondé sur ses propres modèles, pour choisir comment personnaliser l'apprentissage. Les deux approches conseillant des ressources n'utilisent pas de modèle de personnalisation à proprement parler mais des algorithmes permettant de filtrer les ressources pour répondre à une requête donnée. L'approche A1 utilise les technologies du Web sémantique (OWL, RDF et SPARQL) et un moteur sémantique. Les informations sur les apprenants et les ressources sont contenues dans des ontologies qui sont ensuite utilisées par le moteur sémantique pour répondre à la requête. L'approche A2 utilise un système à base de traces et repose sur l'architecture Web-Based Enterprise Management ([WBEM, 1999](#)) pour supporter le méta-modèle CIM. Les deux approches adaptant le parcours de l'apprenant ont des mécanismes différents. L'approche A3 utilise les processus décisionnels de Markov et l'apprentissage par renforcement pour ordonnancer les activités que l'apprenant devra suivre. C'est donc le système qui fait les choix de personnalisation après avoir été

initialisé. L'approche A4 met en œuvre les choix pédagogiques que chaque enseignant peut définir en utilisant le modèle PERSUA2.

Pour pouvoir être mises en œuvre, les quatre approches étudiées reposent donc sur différents modèles informatiques, plus ou moins explicites, qui sont soit fournis par les concepteurs des systèmes mettant en œuvre les approches, soit déduits suite aux activités des apprenants, soit fournis par les enseignants souhaitant obtenir une personnalisation. Il est à noter qu'à chaque fois, il est nécessaire d'avoir des informations d'une part sur les apprenants pour pouvoir fournir des résultats qui leur correspondent et d'autre part sur les ressources à conseiller ou à adapter. Ensuite, le mécanisme d'adaptation est contenu dans le système de personnalisation, avec éventuellement une possibilité de « paramétrage » par l'enseignant.

Ainsi, l'approche de personnalisation mise en œuvre dans le système de recommandation CoMoLE ([Martin et Carro, 2009](#)) repose également sur ces trois modèles : un modèle de l'utilisateur ou du groupe (qui inclut des traces d'activités de l'apprenant), un modèle des activités, et un modèle d'adaptation (sous forme de règles d'adaptation et de critères de recommandation). En utilisant un outil auteur associé, l'enseignant peut expliciter des informations qui permettront de définir ces trois modèles, en particulier les activités, leurs types, leur pertinence en fonction du contexte d'apprentissage, les outils associés et les pré-requis.

Les modèles informatiques de personnalisation reposent sur des modèles d'apprentissage, c'est-à-dire sur les représentations que se font leurs auteurs de ce qu'est apprendre et de comment on peut mesurer l'apprentissage. En effet, non seulement les activités proposées aux élèves, mais aussi la personnalisation des activités seront différentes si l'apprentissage est vu comme un phénomène cumulatif, dans lequel l'apprenant ajoute des connaissances nouvelles aux connaissances précédentes, indépendamment de celles-ci, ou comme un phénomène constructif, dans lequel chaque nouvelle connaissance remet en cause les précédentes et oblige l'apprenant à adapter ses conceptions. De même, les stratégies informatiques seront différentes, si l'étudiant est considéré comme responsable de ses apprentissages et amené à faire des choix, ou si c'est le système lui-même (en appliquant les consignes de l'enseignant) qui en assume la responsabilité et exerce les choix pour l'apprenant. Les mécanismes informatiques construits pour récolter les informations qui caractérisent l'apprenant d'une part et les ressources ou activités d'autres part, et les relient dans un procédé de personnalisation constituent une transposition informatique d'un modèle d'apprentissage : transposition explicite si ce modèle est conscient et assumé par les concepteurs, ou implicite si ce modèle n'a pas été formalisé *a priori*, et qu'il est généré par l'application informatique qui l'incarne. Afin de tendre vers une explicitation de ces modèles, une solution est de guider les concepteurs lorsqu'ils définissent les scénarios d'apprentissage de leur logiciel pour rendre ces scénarios compatibles avec des théories d'apprentissage connues. Ainsi, l'outil auteur SMARTIES ([Hayashi et al., 2009](#)) supporte la conception de scénarios d'apprentissage et d'enseignement basés sur de multiples théories d'apprentissage. Les concepteurs utilisant cet outil peuvent ainsi définir les modèles qu'ils souhaitent exploiter en les liant à des théories d'apprentissage, les rendant ainsi exploitables par des agents logiciels. Cette définition guidée permet aux concepteurs de prendre conscience des choix qu'ils mettent en œuvre en matière d'apprentissage au sein des EIAH.

4.3. Synthèse des approches étudiées

Nous avons étudié l'ensemble des approches présentées dans la section 3.1 selon différents aspects : quels sont les disciplines et niveaux d'enseignements pris en compte ? Quels besoins de personnalisation sont pris en compte ? Quelles sont les méthodes mises en œuvre pour répondre aux besoins de personnalisation ? Que nécessitent ces méthodes ? Qui personnalise et pour qui ? Quels sont les avantages et inconvénients respectifs de chaque approche ?

La figure 2 résume l'ensemble des réponses à ces questions pour les approches étudiées.

Approche (Identifiant)	Web sémantique (A1)	Système à base de traces (A2)	Apprentissage par renforcement (A3)	Adapte (A4)
Domaine d'application de l'approche	tous	tous	langues mais peu être étendu à tous les apprentissages quantifiables	tous
Public	tous	tous	tous	tous
Besoin de personnalisation pris en compte	compléments pédagogiques liés à un parcours pédagogique pour combler des lacunes ou avancer plus vite	proposition d'objets pédagogiques en fonction de la langue et du format de fichier préférés	ordonnement d'activités (exercices et évaluation), généralisable à l'ordonnement de tout type de supports d'apprentissage	adaptation des activités papier-crayon ou logicielles, de leur ordonnancement, des fonctionnalités et de l'interface des logiciels
Types de sortie	ressources pédagogiques sur mesure	listes des ressources recommandées	la meilleure séquence pour l'élève, dans un affichage graphique	feuille d'activités papier ou configuration de logiciels
Méthodes permettant la personnalisation	comparaison d'annotations sémantiques avec les ontologies décrivant les utilisateurs	analyse de traces pour proposer une recommandation	apprentissage par renforcement, Markov	application du modèle de personnalisation de l'enseignant en fonction des profils d'apprenants
Nécessite d'avoir...	les lacunes et le style d'apprentissage de chaque apprenant, des ressources pédagogiques annotées	les préférences de l'utilisateur, des traces d'utilisation de différents environnements par différents utilisateurs	une représentation de l'environnement, un mode d'évaluation et une fonction de récompense associée	des profils d'apprenant, le modèle de personnalisation de chaque enseignant, la description de chaque logiciel à personnaliser
Permet d'agir sur...	la sélection de ressources pédagogiques numériques	une sélection de ressources numériques	l'ordre des activités	les activités et leur ordonnancement, les fonctionnalités et l'interface des logiciels
Qui personnalise ?	système	système	système	système en appliquant le modèle de chaque enseignant
Pour qui est faite la personnalisation ?	utilisateur (enseignant ou apprenant)	utilisateur recherchant des ressources	apprenant à partir de ses traces	apprenant, groupe d'apprenants
Facilité d'utilisation de la méthode de personnalisation	personnalisation automatique, après annotation des ressources numériques	automatique, sans intervention de l'utilisateur	personnalisation automatique, après initialisation / modélisation de l'environnement	initialisation par les experts, définition du modèle de personnalisation complexe pour les enseignants la première fois
Avantages	souplesse de prise en main du système, apprentissage à la demande (toutes disciplines, tous niveaux), système évolutif (affinage du profil de l'apprenant et enrichissement des annotations des ressources pédagogiques)	modèle de préférence extensible, transparent pour l'utilisateur, s'améliore avec le temps	pas d'a priori sur l'apprenant, la séquence peut être recalculée à la fin de chaque activité	pas limité à un niveau ou domaine d'apprentissage, personnalisation en fonction des habitudes pédagogiques de chaque enseignant
Inconvénients	rareté des ressources pédagogiques annotées pour effectuer une sélection efficace, non standardisation des ontologies, détermination des préférences de l'apprenant compliquée	nécessité de compléter les modèles pour prendre en compte d'autres d'informations sur l'apprenant, temps de réaction augmente avec le nombre de traces, pas de critère de filtre si réponses trop nombreuses	limité aux apprentissages par séquence, nécessité d'initialisation, définition de la fonction de récompense compliquée, attention à la surspécialisation	phase d'initialisation longue, définition du modèle de personnalisation complexe la première fois mais réutilisation possible, nécessite une aide intelligente pour améliorer l'utilisabilité

Figure 2 • Étude comparative de quatre approches permettant une personnalisation de l'apprentissage

Nous avons ainsi constaté que l'ensemble des approches étudiées ne se limite pas à un domaine disciplinaire ou à un niveau d'enseignement précis, mais qu'elles tentent de personnaliser les ressources d'enseignement indépendamment de ces deux caractéristiques. La personnalisation peut prendre deux formes différentes en fonction des approches :

- la recommandation de ressources numériques selon les besoins des utilisateurs,
- l'adaptation du parcours de chaque apprenant dans un cursus pédagogique, voire une adaptation du contenu de ce cursus. Le contenu peut être adapté en personnalisant les activités, mais aussi l'environnement proposant ces activités (fonctionnalités, interface...).

Les acteurs intervenant lors de la personnalisation varient en fonction des deux types d'approches. Dans les systèmes de recommandation, c'est l'utilisateur du système qui demande une personnalisation et qui l'obtient directement. Cet utilisateur peut être un apprenant travaillant en autonomie mais également un enseignant souhaitant préparer ses cours. Dans le cas des systèmes proposant une adaptation du parcours (et de son contenu), c'est l'enseignant ou le module pédagogique d'un EIAH qui demande la personnalisation et les résultats du système sont ensuite utilisés pour proposer des cursus adaptés aux apprenants.

Nous avons également constaté que toutes les approches étudiées proposent des solutions pour l'apprenant de manière automatique, mais qu'elles nécessitent toutes une initialisation du système : description ou modélisation des ressources pédagogiques, modélisation des apprenants, et modélisation du modèle de personnalisation (sous forme de paramétrage des algorithmes, ou sous forme d'un modèle au sens strict du terme). Cette phase d'initialisation est une limite de ces approches : l'initialisation peut s'avérer complexe, comme dans l'approche A3 qui nécessite de définir une fonction de récompense efficace, ou s'avérer longue, comme dans les approches A1, A2 et A4 qui nécessitent de décrire ou de modéliser les ressources pédagogiques pour avoir les informations nécessaires à l'exécution des algorithmes de personnalisation.

En revanche, une fois initialisées, toutes ces approches ont l'intérêt majeur de proposer, automatiquement et rapidement, une solution de personnalisation à l'enseignant, ou à l'apprenant voulant travailler en autonomie. Cette personnalisation peut être recalculée à chaque évolution de l'apprenant dans son cursus pédagogique. Dans le cas de l'approche A4, la personnalisation peut en plus prendre en compte les habitudes et besoins pédagogiques de chaque enseignant.

5. Quelles approches permettent de couvrir quels besoins des EIAH étudiés ?

Suite à l'étude de différents EIAH présentant des besoins de personnalisation (cf. section 3), puis à l'étude d'approches permettant une personnalisation de l'apprentissage (cf. section 4), nous avons étudié la possibilité d'utiliser ces approches pour répondre aux besoins de personnalisation identifiés. Cette utilisation est envisagée de deux manières : soit les approches viennent en complément des logiciels, soit elles y sont directement combinées.

Dans le premier cas, les approches A1 et A2 pourraient être utilisées avec certains EIAH ayant des compléments pédagogiques en ligne (par exemple sur le site ACCES ([ACCES, 2005](#)) pour les logiciels EduAnatomist et Réaction) ou des banques de données associées (par exemple NeuroPeda, la banque d'images IRM décrites en LOMfr associées à EduAnatomist). Il serait alors possible que ces approches se greffent sur des parcours de formation pour proposer des compléments pédagogiques aux apprenants en tenant compte de leur niveau, de leurs compétences en fonction de celles déjà repérées chez l'apprenant ou en fonction de leur activité avec l'EIAH. Les approches A1 et A2 peuvent répondre à ce besoin sous certaines conditions. Elles peuvent en effet être utilisées pour recommander les activités pédagogiques des EIAH seulement si celles-ci sont d'une part mises à disposition sur le Web ou dans des bases de données, et sont d'autre part soit annotées selon l'ontologie (au format RDF ou compatible) utilisée dans

l'approche A1, soit tracées selon le modèle de l'approche A2.

D'autre part, il apparaît que certaines approches peuvent être combinées à certains logiciels. L'approche A3 qui utilise l'apprentissage par renforcement pour adapter le parcours des apprenants peut ainsi être appliquée aux logiciels TRI et Tables au trésor pour choisir le type d'activité que l'apprenant devra effectuer une fois l'activité en cours terminée. Ces deux EIAH ont un besoin d'automatisation du processus de personnalisation mais dans le cas du logiciel TRI, le nombre assez faible d'activités restreint les différents ordonnancements possibles. Appliquer l'approche A3 pour ce logiciel nécessite donc de passer par une phase d'initialisation longue qui ne débouche que sur un nombre restreint de configurations possibles en sortie.

De même, l'approche A4 mettant en œuvre le modèle de personnalisation de chaque enseignant peut elle aussi être utilisée pour répondre aux besoins des logiciels TRI, Tables au trésor, mais aussi AMBRE-add, et ainsi personnaliser les séquences d'activités, voire les activités, les fonctionnalités et l'interface des logiciels. Cette approche pourrait aussi être appliquée aux logiciels Fossiléo, Réaction et EduAnatomist pour personnaliser l'environnement des logiciels à des groupes d'élèves. Actuellement, Adapte ne peut proposer pour ces derniers qu'une description de comment les configurer, sous forme d'une liste d'instructions que les enseignants pourront suivre pour configurer eux-mêmes les logiciels. Toutefois, pour chacun des logiciels, un travail d'identification des paramètres permettant leur configuration a été entrepris afin de les sortir du code source. Une fois ces fichiers de configuration disponibles, Adapte pourra être utilisé pleinement afin de configurer directement les logiciels et ainsi alléger le travail des enseignants. Enfin, cette approche pourrait être appliquée au logiciel Pictop pour adapter les paramètres de configuration mais n'apporterait pas de plus-value puisque le logiciel possède déjà une interface permettant de faire simplement cette configuration.

L'étude que nous avons menée nous a donc permis de constater que pour chacun des logiciels présentés dans la section 3.1, l'une des approches présentées dans la section 4.1 permet de répondre aux besoins de personnalisation identifiés. Nous pensons néanmoins qu'il pourrait être intéressant pour un enseignant de pouvoir combiner ces approches. Il pourrait ainsi proposer à chacun de ses apprenants, dans le cadre d'un apprentissage dit personnalisé, des parcours personnalisés au sein d'EIAH ou au sein d'un cursus pédagogique composé de cours, d'activités papier et d'activités logicielles, mais également, dans le cadre d'un apprentissage dit individualisé, leur fournir des compléments de cours numériques (site Web, logiciels...) répondant à leurs besoins individuels (approfondissement, révision, etc.).

6. Discussion

Dans cette section, nous mettons en évidence les verrous informatiques qui ont été identifiés pour pouvoir proposer des EIAH personnalisables ou des approches permettant une personnalisation. Pour chacun de ces verrous, nous indiquons les solutions proposées pour les systèmes étudiés, leurs avantages et inconvénients. Nous présentons ensuite les intérêts de la personnalisation de l'apprentissage du point de vue de l'apprenant et de l'enseignant avant de discuter de la prise en main et de l'évaluation par des enseignants des solutions proposées.

6.1. Verrous scientifiques pour les informaticiens

La personnalisation de l'apprentissage a été abordée de différentes manières dans les logiciels et approches que nous avons présentés, mais à chaque fois, des verrous informatiques ont été rencontrés.

6.1.1. Caractérisation de l'apprenant

Le premier d'entre eux concerne l'adaptation à l'apprenant. Pour pouvoir personnaliser l'apprentissage en fonction de chaque apprenant, il est nécessaire d'avoir des informations concernant les modes de fonctionnement, les acquis et lacunes de l'apprenant.

Une première solution est d'utiliser les réponses de l'apprenant lors de l'utilisation d'un EIAH pour construire son profil. Les logiciels Tri et Tables au trésor, ainsi que le système actif et sémantique d'apprentissage (A1) et l'approche utilisant l'apprentissage par renforcement (A3) produisent ainsi des profils d'apprenants qu'ils mettent à jour après chaque activité réalisée par l'apprenant. L'inconvénient de

ces profils est qu'ils sont simplistes (basés par exemple sur des QCM) et ne portent que sur les réponses ou les actions de l'apprenant.

Une seconde solution est d'utiliser les traces laissées par l'apprenant lors de son interaction avec le système, pour déduire des informations le concernant. Ainsi, le logiciel AMBRE-add dispose d'un module qui construit un profil de l'apprenant en calculant des indicateurs à partir de requêtes sur les traces. Cette construction du profil à partir des traces permet d'obtenir des profils plus riches puisqu'une analyse plus poussée de l'activité peut être faite. Les indicateurs retenus doivent donc être significatifs pour permettre de caractériser l'élève et son niveau d'apprentissage. Un biais peut toutefois être introduit si les modalités de calcul de ces indicateurs sont liées au modèle d'apprentissage des concepteurs. Dans le cas du logiciel AMBRE-add, le problème encore non résolu est de permettre à un enseignant non informaticien de formuler les requêtes de calcul d'indicateurs pour lui permettre d'obtenir de nouvelles informations sur l'apprenant et d'adapter la personnalisation à ses propres modèles d'apprentissage.

Une troisième solution est de permettre à l'enseignant de déduire lui-même des informations sur les apprenants. Cela peut se faire en rejouant à l'enseignant l'activité de l'apprenant, comme avec le logiciel Pictop, ou par d'autres moyens indirects (copies d'écran prises lors de l'activité, voire enregistrements audio ou vidéo de la séance) donnant à l'enseignant des données interprétables *a posteriori* sur l'activité de l'apprenant. L'inconvénient majeur de cette approche est le temps que nécessite cette déduction d'informations. Dans le cas de Pictop, qui est utilisé dans des classes ne contenant que très peu d'élèves, cela reste concevable, mais le passage à l'échelle d'une classe de trente élèves ou d'une promotion de cent étudiants ne l'est pas, car il nécessiterait un investissement en temps trop important pour l'enseignant.

Enfin, les informations sur l'apprenant peuvent provenir de profils existants : ceux que les enseignants construisent à l'issue de leur activité en classe (notamment à partir des résultats des élèves) ou ceux déduits des évaluations obligatoires lors de la scolarité des élèves (comme les évaluations nationales). Ainsi le logiciel Adapte utilise des profils existants issus de sources diverses. Cette utilisation de profils d'apprenant extérieurs au logiciel nécessite d'une part de connaître le formalisme dans lequel est décrit le profil, et d'autre part d'harmoniser les profils pour qu'ils soient décrits dans un même formalisme (Eyssautier-Bavay et al., 2009). Une telle harmonisation pourrait améliorer l'utilisabilité et l'acceptabilité des outils de personnalisation auprès des enseignants.

6.1.2. Sélection et adaptation des ressources

Le second verrou concerne le choix et/ou la constitution de ressources pédagogiques que l'on propose pour personnaliser l'apprentissage. Ces ressources doivent être sélectionnées, créées ou adaptées pour répondre aux besoins des apprenants et/ou aux habitudes pédagogiques des enseignants.

La création ou l'adaptation peuvent se faire en utilisant des générateurs d'exercices. Les logiciels AMBRE-add et Adapte possèdent ainsi des générateurs permettant d'adapter les exercices aux habitudes des enseignants. Même si les générateurs proposés dans ces logiciels se veulent génériques, chaque générateur ne peut créer que des activités d'un certain type. Pour permettre aux enseignants de créer des activités de différentes formes, il faut donc multiplier les générateurs.

L'adaptation peut également se faire à travers une interface de configuration, comme pour les logiciels Tables au trésor, Réaction ou EduAnatomist, ou en modifiant directement les fichiers de configuration des logiciels, comme pour le logiciel TRI. Selon ce principe, le logiciel Adapte permet de modifier les fichiers de configuration d'autres EIAH, ce qui nécessite d'avoir des informations sur les logiciels à configurer. La solution retenue par l'approche A4 a été de proposer un méta-modèle (Lefevre et al. 2009b) permettant à chaque concepteur d'EIAH de décrire le modèle de personnalisation de son EIAH.

La sélection des activités peut se faire de différentes manières. L'approche fondée sur le Web sémantique (A1) cherche à faire correspondre les informations décrivant les besoins de l'apprenant (issues de son profil) avec celles décrivant les ressources sur le Web ou dans des bases de données. L'approche fondée sur le système à base de traces (A2) recherche dans les traces d'utilisation des ressources, les mots-clés contenus dans la requête de l'utilisateur. Pour fonctionner, ces deux approches nécessitent de connaître les ressources et donc d'avoir des informations les caractérisant. L'approche A1 utilise pour cela les

annotations sémantiques du Web 3.0 et les métadonnées du LOM. L'approche A2 exploite elle un modèle extensible décrivant les traces d'utilisation des ressources pédagogiques numériques associé à des services Web. Lorsqu'elles travaillent de façon ouverte avec des ressources en ligne, ces approches dépendent alors des métadonnées pas nécessairement homogènes qui sont associées aux ressources par des fournisseurs de descriptions inconnus, dont on ignore les modèles d'apprentissage et les habitudes. La possibilité d'associer aux métadonnées, des indicateurs renseignés par les utilisateurs du système (comme les appréciations des utilisateurs dans l'approche A1) est alors un gage d'adaptation au contexte tout en résistant à la variabilité introduite par l'ouverture du système.

6.1.3. Assistance à l'enseignant

Le troisième verrou concerne la prise en compte des enseignants. Un premier aspect de ce verrou est le fait de permettre la personnalisation des activités sur différents supports (support papier et sur différents logiciels) sans pour autant imposer aux enseignants de maîtriser une multitude d'outils. Le logiciel *Adapte* propose pour cela des interfaces de paramétrage homogènes permettant de personnaliser des activités sur différents supports. Cette solution nécessite encore une fois d'avoir des informations sur les activités à personnaliser et de pouvoir organiser ces informations de manière homogène. Le logiciel *Adapte* respecte pour cela l'approche *GEPPETO* permettant d'adapter de manière homogène différents types d'activités pédagogiques aux besoins des enseignants.

Un second aspect de ce verrou concerne les principes mis en œuvre pour personnaliser. Les logiciels présentés dans la partie 3 de cet article confient tous à l'enseignant le rôle d'ingénieur pédagogique. Ainsi, c'est l'enseignant qui effectue les choix de personnalisation en affectant manuellement des activités ou en configurant l'EIAH. Les approches présentées dans la partie 4 essaient d'automatiser davantage la sélection et l'agencement de ressources pédagogiques en les ajustant aux besoins (acquis et lacunes) et aux façons d'apprendre de l'apprenant (préférences). Ces approches utilisent des algorithmes permettant, par exemple, d'analyser des traces des activités et des interactions des apprenants, de rapprocher des annotations sémantiques, de définir des séquences d'activités. Le système actif et sémantique d'apprentissage (A1) opère ainsi une analyse de traces, en repérant les ressources pédagogiques sélectionnées pour un apprenant afin d'affiner son profil. Cette analyse permet par exemple d'opérer des recoupements de métadonnées communes aux ressources pédagogiques appréciées par un même apprenant, pour affiner ses préférences. Une ontologie dite « d'appréciation » est prévue à cet effet.

Si les systèmes développés sont prometteurs, une des difficultés majeures pour disposer de dispositifs efficaces et faciles à utiliser, réside dans la définition des données traitées par les algorithmes et dans la formalisation et/ou la récupération de données compréhensibles par les ordinateurs. Les données à définir en amont de l'utilisation des algorithmes peuvent concerner, comme nous venons de le voir, le profil de l'apprenant et les contenus pédagogiques. Elles peuvent aussi concerner la manière d'affecter un contenu pédagogique à un apprenant. Ainsi, *Adapte* utilise le modèle *PERSUA2* pour permettre à chaque enseignant d'indiquer à l'algorithme ses habitudes et besoins en matière d'affectation d'activités aux apprenants. Les données fournies en amont sont parfois complétées par des données collectées au cours de la phase d'apprentissage, données mesurant les acquis et les lacunes de l'apprenant.

6.2. Intérêts de la personnalisation pour l'apprenant et l'enseignant

D'un point de vue pédagogique, personnaliser une séquence d'exercices, un exercice lui-même, les caractéristiques de l'interface présentant l'exercice (style cognitif, niveau d'aide, paramètres par défaut...) ou des ressources offertes à l'apprenant pour compléter un parcours pédagogique devrait permettre d'aider l'élève dans sa progression et d'assister l'enseignant dans sa démarche.

Pour l'apprenant, apprendre en suivant un parcours personnalisé est un atout car cela lui permet de progresser à son rythme et selon ses besoins. Le but visé est non seulement que l'élève apprenne mais aussi de soutenir son intérêt et sa motivation en évitant qu'il ne s'ennuie. Dans le cas d'approches qui s'adaptent automatiquement à l'élève, comme celle qui utilise l'apprentissage par renforcement (A3), le but pour la machine est d'obtenir le meilleur de chaque élève, en fonction des capacités de ce dernier, sans forcément lui faire atteindre un objectif fixé, potentiellement au-delà de ses capacités. Tant que l'élève progresse, la machine complexifie l'apprentissage, mais si l'élève est en difficulté, la machine ne propose pas d'exercices plus difficiles pouvant l'amener à se sentir en échec.

Les concepteurs d'EIAH proposent des environnements d'apprentissage attrayants, par exemple sous la forme de jeu dans le cas de TRI et Tables au trésor. Les pratiques du multimédia et d'Internet font désormais partie de la vie des élèves. Reprendre ces pratiques dans les formations soutient l'intérêt des apprenants pour l'activité pédagogique proposée. Néanmoins, la mise à disposition d'un outil, aussi attrayant soit-il, n'assure pas pour autant son usage. Un élément de réponse donné pour soutenir la motivation de l'apprenant à utiliser les systèmes proposés, et pour en tirer le meilleur profit, est de relayer son utilisation dans le groupe composé des apprenants et de leur(s) formateur(s) (Greffier et al., 2011). Ainsi, une approche comme celle utilisant le Web sémantique (A1) présente l'intérêt d'une réflexion en groupe sur les critères du référentiel commun concernant les ressources pédagogiques. Prendre conscience à plusieurs de ce qui est important pour chacun ou pour tous dans une ressource pédagogique en négociant pour trouver un accord, examiner ensemble des ressources venant de l'extérieur, permet un travail métacognitif pour les apprenants (une réflexion sur comment se déroule l'apprentissage, avec quelles ressources, etc.) et une éducation critique au Web (auteurs des ressources, objectifs poursuivis...). Ainsi, l'apprentissage personnalisé n'est pas obligatoirement synonyme d'apprentissage individuel. Plusieurs dispositifs associent plusieurs apprenants et font intervenir l'enseignant.

Du point de vue de l'enseignant, les méthodes de personnalisation où il intervient ont l'avantage de le conduire à identifier certains paramètres de la situation d'apprentissage en lien avec des objectifs pédagogiques. L'outil de personnalisation peut alors amener l'enseignant à effectuer consciemment des choix qu'il réalisait peut-être jusqu'alors de façon implicite, et ainsi élargir sa palette de modalités d'action sur les situations d'enseignement. Le logiciel Adapte incite par exemple les enseignants à réfléchir à la façon dont ils mettent en œuvre la personnalisation, afin de définir leur modèle de personnalisation. Ils formalisent ainsi leurs stratégies pédagogiques implicites sur leur manière de personnaliser.

Certaines approches proposées peuvent être utilisées pour générer des activités sur différents supports, ce qui permet à l'enseignant de ne pas être dépendant d'une salle équipée pour proposer des activités personnalisées à chaque élève de la classe. Avec Adapte, les exercices automatiquement générés après une phase de configuration par l'enseignant peuvent être imprimés pour une activité papier-crayon. Cela permet de combiner les avantages inhérents à l'utilisation d'EIAH personnalisés à ceux d'activités plus classiques.

6.3. Limites à la personnalisation des EIAH

Bien que les EIAH personnalisés soient une aide pour les enseignants, certaines limites peuvent apparaître. La question de la prise en main et de l'ergonomie doit être abordée tout comme celle de la pertinence des modèles utilisés pour construire l'EIAH ainsi que le problème de l'évaluation de l'efficacité de ces systèmes.

Les EIAH sont parfois difficiles à prendre en main sans formation et/ou par manque de temps. Dans ce contexte, il paraît important de concevoir l'ergonomie de l'interface de personnalisation de façon à l'adapter à l'usage par les enseignants et de prévoir des modalités de partage de pratiques entre enseignants. De ce point de vue, l'existence d'un outil "générique" de personnalisation tel qu'Adapte devrait pouvoir faciliter la prise en main par les enseignants.

Quant à l'efficacité de tels systèmes, elle reste difficilement mesurable. Des mesures directes peuvent être faites mais ne donnent qu'une information partielle. Par exemple, il est possible de mesurer le savoir de l'élève par une évaluation avant et après utilisation du système pour mesurer sa progression. Le temps de préparation passé pour un enseignant peut lui aussi être facilement quantifiable et comparé à celui nécessaire à la préparation d'une activité classique. Des mesures plus indirectes peuvent être réalisées. Par exemple un questionnaire peut être proposé aux utilisateurs après utilisation du système, des observations en classes et des analyses d'usages peuvent aussi être conduites. Cependant, le déploiement en classe est très coûteux car il suppose non seulement un système qui soit suffisamment fiable pour ne pas dénaturer, à cause de bugs, les résultats de l'observation, mais aussi la mise à disposition de moyens humains pour encadrer l'utilisation du système. De plus, pour que l'efficacité soit effectivement mesurée, un très grand nombre d'utilisations doivent être reportées ce qui, pour les raisons énumérées ci-dessus, est difficile à mettre en place. Cette complexité d'une évaluation des EIAH en situation réelle explique que la majorité

des systèmes étudiés n'ont pas été testés avec des enseignants dans leur pratique quotidienne. Néanmoins, des tests ont pu être réalisés à certaines étapes du développement avec des effectifs d'utilisateurs réduits. Dans certains cas, des enseignants ont également été associés de près au processus de conception, pour prendre en compte leurs besoins et leurs expertises tout au long du cycle de développement.

Les besoins de personnalisation présentés dans cet article sont très divers, et les attentes des enseignants concernant les règles de la personnalisation en fonction des objectifs d'apprentissage et des caractéristiques des élèves peuvent aussi être très variées et parfois même contradictoires. Ce n'est pas un problème si ces règles sont clairement explicitées, car l'approche de personnalisation pourra alors être choisie en conséquence. Mais il peut aussi se produire une demande plus floue, de personnalisation par un mécanisme autonome et automatique, qui choisisse ou apprenne la meilleure solution dans chaque cas. Or tout système de personnalisation fonctionne suivant des règles qui incarnent un modèle d'apprentissage sous-jacent. Ce modèle, explicite ou non, comprend à la fois une représentation du savoir ou des compétences à acquérir, les modalités d'évaluation de ce savoir ou de ces compétences, et une représentation de ce que c'est qu'apprendre : est-ce tenter de faire de nombreuses fois ce qu'on ne sait pas faire ? Est-ce ajouter à ses savoirs de nouveaux savoirs indépendants des précédents ? Est-ce modifier sa façon de voir les choses ? C'est pourquoi il paraît important d'analyser les solutions proposées en termes didactiques, *a priori*, en se focalisant sur les modalités de construction du profil de l'apprenant et sur les modalités de choix de personnalisation, et *a posteriori* lors d'expérimentations avec des enseignants et des élèves, pour ajuster leurs fonctionnements.

7. Conclusion

Construire un EIAH personnalisé performant consiste à combiner, d'une part, une partie informatique enregistrant et traitant des informations et, d'autre part, les pratiques des enseignants issues de leurs expériences pédagogiques de personnalisation de l'apprentissage.

Dans cet article, nous avons présenté des EIAH pour lesquels des besoins de personnalisation ont été identifiés, et en partie satisfaits par des méthodes ad-hoc. Ces EIAH sont principalement destinés à des élèves du premier et du second degré. Les besoins de personnalisation pour ces EIAH portent sur les activités pédagogiques, les séquences d'apprentissage, ainsi que l'interface et les fonctionnalités des logiciels. Pour l'ensemble de ces exemples, c'est à l'enseignant d'adapter l'EIAH au contexte d'apprentissage ou à chaque élève. Au delà des solutions envisagées par ces différents EIAH, s'exprime alors le besoin d'assister l'enseignant dans cette tâche très lourde en lui proposant d'utiliser un système informatique automatisant le processus. Notre étude de différentes approches plus génériques proposant des recommandations de ressources pédagogiques ou permettant d'adapter des séquences d'activités dans un parcours pédagogique montre que ces approches répondent aux besoins de personnalisations précédemment identifiés. Nous avons de plus montré qu'elles peuvent être combinées puisqu'elles sont complémentaires. Les méthodes de personnalisation utilisées dans ces approches fonctionnent de manière automatique, mais nécessitent une description ou une modélisation de l'apprenant d'une part, des ressources pédagogiques d'autre part, et un procédé de personnalisation qui décrit comment affecter une activité pédagogique à un apprenant. Nous avons montré en quoi il est nécessaire de solliciter des didacticiens et les enseignants pour qu'ils prennent une part active dans la création de ces modèles, afin de prendre en compte leur expertise.

Ainsi, la principale question posée par l'automatisation du processus de personnalisation de l'apprentissage, fût-elle partielle, relève de l'ingénierie des connaissances ([Charlet et al., 2000](#)). Que ce soit dans le cadre des systèmes à base de traces couplés aux logiciels de personnalisation ou bien dans celui du web sémantique, les mêmes questions se posent. Qu'observer ? Comment prendre en compte le contexte de ce qui est observé ? Comment interpréter ce qui est observé ? Sous quelle forme stocker les observations pour les traiter ensuite ? Les concepteurs des systèmes informatiques peuvent difficilement écarter ces questions qui sont en lien avec des modèles d'apprentissage et avec des questions propres à l'informatique concernant l'analyse de traces.

Enfin, nous avons constaté que tous les EIAH et toutes les approches étudiés font appel soit à des traces, soit à des profils : c'est une condition nécessaire à la mise en place d'une personnalisation. Or, si certaines approches supposent que l'enseignant qui souhaite personnaliser dispose du profil de ses

apprenants, d'autres confient au système le rôle d'élaborer de tels profils. Dans ce cas, le contenu de ces profils décidé *a priori* risque de ne pas correspondre aux attentes de l'enseignant. Il apparaît donc nécessaire d'offrir à l'enseignant, en plus des approches de personnalisation présentées dans cet article, des outils lui permettant de paramétrer l'élaboration automatique de profils d'apprenants à partir de l'analyse des traces d'interactions. Il est souhaitable que de tels outils, à l'instar des approches de personnalisation que nous avons présentées, puissent s'appliquer pour l'ensemble des EIAH que l'enseignant souhaiterait personnaliser. Ce sujet de recherche soulève de nombreuses propositions depuis quelques années (Choquet et Iksal, 2007), (Djouad et al., 2010), (Settouti et al., 2010), (Djouad et al., 2011), (Settouti et al., 2011). Il serait intéressant de combiner les solutions proposées avec les approches de personnalisation présentées dans cet article.

BIBLIOGRAPHIE

Site ACCES (2005). <http://acces.inrp.fr/> (consulté le 26 septembre 2011)

Logiciel Adatomist (2000). <http://brainvisa.info/doc/axon/en/help/aboutAnatomist.html> (consulté le 16 septembre 2011)

BALOG-CRISAN R., ROXIN I., SZILAGYI I. (2009). Ontologies for a semantic quiz architecture. *9th IEE International conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2009)*, Riga, Latvia, p. 492-494.

BROISIN J., BRUT M., BUTOIANU V., SEDES F., VIDAL P. (2010). A personalized recommendation framework based on CAM and document annotations. *Procedia Computer Science, Science Direct*, Vol. 12 n°2, p. 2839-2848.

BUTOIANU V., VIDAL P., VERBERT K., DUVAL E., BROISIN J. (2010). User context and personalized learning: a federation of Contextualized Attention Metadata. *Journal of Universal Computer Science, John Wiley and Sons*, Vol. 16 n°16, p. 2252-2271.

BUTOIANU V., CATTEAU O., VIDAL P., BROISIN J. (2011). Un Système à Base de Traces pour la Recherche Personnalisée d'Objets Pédagogiques : le cas d'Ariadne Finder. *Atelier "Personnalisation de l'apprentissage : quelles approches pour quels besoins ?"*, EIAH 2011, Mons, Belgique.

CHARLET J., ZACKLAD M., KASSEL G., BOURIGAULT D. (2000). *Ingénierie des connaissances, évolutions récentes et nouveaux défis*. Paris: Eyrolles.

CHOQUET C., IKHAL S. (2007). Modélisation et construction de traces d'utilisation d'une activité d'apprentissage : une approche langage pour la réingénierie d'un EIAH. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Education et la Formation (STICEF)*, Vol. 14, p. 419-456.

DAUBIAS P., MONOD-ANSALDI R., RAMI G. (2011). Configuration d'EduAnatomist : besoins et approche. *Atelier "Personnalisation de l'apprentissage : quelles approches pour quels besoins ?"*, EIAH 2011, Mons, Belgique.

DAUBIGNEY L., GEIST M., PIETQUIN O. (2011). Apprentissage par renforcement pour la personnalisation d'un logiciel d'enseignement des langues. *Atelier "Personnalisation de l'apprentissage : quelles approches pour quels besoins ?"*, EIAH 2011, Mons, Belgique.

DIDIER B., LHUILLIER T., DAUBIAS P. (2011). Configuration en fonction du niveau dans le projet Fossiléo. *Atelier "Personnalisation de l'apprentissage : quelles approches pour quels besoins ?"*, EIAH 2011, Mons, Belgique.

DJOUAD T., MILLE A., REFFAY C., BENMOHAMMED M. (2010). A new approach based on modelled traces to compute collaborative and individual indicators' human interaction. *The 10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2010)*, Sousse, Tunisie.

DJOUAD T., MILLE A., BENMOHAMMED M. (2011). SBT-IM: Système à base de traces-Indicateurs d'interactions Moodle. *EIAH 2010*, Mons, Belgique.

DUCLOSSON N., JEAN-DAUBIAS S., RIOT S. (2005). AMBRE-enseignant : un module partenaire de l'enseignant pour créer des problèmes. *EIAH 2005*, Montpellier, France, p. 353-358.

EYSSAUTIER-BAVAY C., JEAN-DAUBIAS S., PERNIN J-P. (2009). A model of learners profiles management process. *AIED 2009*, Brighton, Angleterre, p. 265-272.

FELDER R-M., SILVERMAN L-K. (1988). Learning and Teaching Styles in Engineering Education. *Engineering Education*, Vol. 78 n°7, p. 674-681.

GREFFIER F., SZILAGYI I., DOMENGENET J.-C. (2011). Pour des parcours personnalisés via un système actif et sémantique d'apprentissage. *Actes du colloque "Echanger Pour Apprendre en Ligne"*, Grenoble

GUIN N., LEFEVRE M., JEAN-DAUBIAS S. (2011). Personnalisation de l'apprentissage dans l'EIAH Ambre-add. *Atelier "Personnalisation de l'apprentissage : quelles approches pour quels besoins ?"*, EIAH 2011, Mons, Belgique.

- HAYASHI Y., BOURDEAU J., MIZOGUCHI R. (2009). Using Ontological Engineering to Organize Learning/Instructional Theories and Build a Theory-Aware Authoring System. *IJAIED*, Vol. 19 n°2, p. 211-252.
- IEEE 1484.12.1-2002. (2002). Draft Standard for Learning Object Metadata, http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf (consulté le 12 septembre 2011).
- JEAN-DAUBIAS S. (2011). Tables au trésor, un logiciel d'entraînement aux tables mathématiques entièrement paramétrable. *Atelier "Personnalisation de l'apprentissage : quelles approches pour quels besoins ?"*, EIAH 2011, Mons, Belgique.
- JEAN-DAUBIAS S. (2011). TRI, un logiciel de sensibilisation au tri sélectif et au recyclage s'appuyant sur des sessions personnalisables. *Atelier "Personnalisation de l'apprentissage : quelles approches pour quels besoins ?"*, EIAH 2011, Mons, Belgique.
- LEFEVRE M. (2010). GEPPETO : une approche générique permettant d'adapter les activités des apprenants aux intentions pédagogiques de chaque enseignant. *3ème Rencontres Jeunes Chercheurs en Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (RJC EIAH 2010)*, Lyon, France, p. 35-40.
- LEFEVRE M., JEAN-DAUBIAS S., GUIN N. (2009). Generation of pencil and paper exercises to personalize learners' work sequences: typology of exercises and meta-architecture for generators. *E-Learn 2009*, Vancouver, Canada, p. 2843-2848.
- LEFEVRE M., MILLE A., JEAN-DAUBIAS S., GUIN N. (2009). A Meta-Model to Acquire Relevant Knowledge for Interactive Learning Environments Personalization. *Adaptive 2009*, Athènes, Grèce, p. 78-85.
- LEFEVRE M., JEAN-DAUBIAS S., GUIN N. (2011). Adapte, un logiciel pour aider l'enseignant à proposer des activités personnalisées à chacun de ses apprenants. *Atelier "Personnalisation de l'apprentissage : quelles approches pour quels besoins ?"*, EIAH 2011, Mons, Belgique.
- LEFEVRE M., JEAN-DAUBIAS S., GUIN N. (2011). PERSUA2, un modèle pour unifier le processus de personnalisation des activités d'apprentissage. *EIAH 2011*, Mons, Belgique, p. 369-380.
- LEFEVRE M., JEAN-DAUBIAS S., GUIN N. (2011). *Actes de l'Atelier "Personnalisation de l'apprentissage : quelles approches pour quels besoins ?"*, EIAH 2011, Mons, Belgique, disponibles sur le site http://liris.cnrs.fr/marie.lefevre/public_html/doku.php?id=ateliereiah2011.
- MARKOWSKA-KACZMAR U., KWASNICKA H., PARADOWSKI M. (2010). Intelligent Techniques in Personalization of Learning in e-Learning Systems. *Studies in Computational Intelligence, Computational Intelligence for Technology Enhanced Learning*, Vol. 273, p. 1-23.
- MARTIN E., CARRO R.M. (2009) *Supporting the Development of Mobile Adaptive Learning Environments: A Case Study*. IEEE Transactions on Learning Technologies, Vol. 2, N°. 1, p. 23-36.
- MARTY J-C., MILLE A. (2009). *Analyse de traces et personnalisation des environnements informatiques pour l'apprentissage humain*. Traité IC2 : Informatique et systèmes d'information, Hermès Sciences.
- MONOD-ANSALDI R., DAUBIAS P., RAMI G., SANCHEZ E., MOLINATTI G. (2011). Evaluation didactique et ergonomique de l'EIAH EduAnatomist pour l'éducation à l'image scientifique. *EIAH 2011*, Mons, Belgique, p. 329-340.
- MONOD-ANSALDI R., TILQUIN F., DAUBIAS P. (2011). Adaptation du logiciel « Réaction » : besoins et moyens. *Atelier "Personnalisation de l'apprentissage : quelles approches pour quels besoins ?"*, EIAH 2011, Mons, Belgique.
- Projet NeuroPeda (2007). http://acces.inrp.fr/acces/ressources/neurosciences/Banquedonnees_logicielneuroimagerie (consulté le 16 septembre 2011)
- PEREZ-MARIN D., KRAVCIK M., SANTOS O-C. (2011). *Actes du Workshop PALE – Personalization Approaches in Learning Environments*, Girona, Espagne.
- SETTOUTI L.S., PRIE Y., MILLE A., MARTY J.C. (2006). Systèmes à base de traces pour l'apprentissage humain. *CEN Workshop Agreement (CWA 15454)*.
- SETTOUTI L., GUIN N., LUENGO V., MILLE A. (2010). A Trace-Based Learner Modelling Framework for Technology-Enhanced Learning Systems. *The 10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2010)*, Sousse, Tunisie, p. 73-77.
- SETTOUTI L., GUIN N., LUENGO V., MILLE A. (2011). Adaptable and Reusable Query Patterns for Trace-Based Learner Modelling. *Sixth European Conference on Technology Enhanced Learning: Towards Ubiquitous Learning (EC-TEL 2011)*, Palerme, Italie.
- SIMON B., MASSARD D., VAN ASSCHE F., TERNIER S., DUVAL E. (2005). A Simple query interface specification for learning repositories. *CEN Workshop Agreement (CWA 15454)*.
- SUTTON R-S., BARTO A-G. (1998). *Reinforcement Learning: An Introduction*. MIT Press, Cambridge, MA.

SZILAGYI I., BALOG-CRISAN R., ROXIN I. (2010). Kernel for a Semantic Learning Platform with adapted suggestions. *10th IEEE International conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2010)*, Sousse, Tunisie, p. 400-402.

SZILAGYI I., GREFFIER F., DOMENGET J-C. (2011). Apprentissage personnalisé via le web sémantique. *Atelier "Personnalisation de l'apprentissage : quelles approches pour quels besoins ?"*, EIAH 2011, Mons, Belgique.

TERNIER S., MASSARD D., VAN ASSCHE F., SMITH N., SIMON B., DUVAL E. (2008). A Simple Publishing Interface For Learning Object Repositories. *EDMEDIA 2008*, Vienne, Autriche, p. 1840-1845.

TERRAT H., SAGOT J. (2011). Pictop, un outil informatique spécialisé pour accompagner la scolarisation des élèves handicapés dans la maîtrise de la langue. *Atelier "Personnalisation de l'apprentissage : quelles approches pour quels besoins ?"*, EIAH 2011, Mons, Belgique.

VERPOORTEN D., GLAHN C., KRAVCIK M., TERNIER S., SPECHT M. (2009). Personalisation of Learning in Virtual Learning Environments. *Lecture Notes in Computer Science, Learning in the Synergy of Multiple Disciplines*, Vol. 5794, p. 52-66.

Web Based Enterprise Management. (1999). <http://www.dmtf.org/standards/wbem/> (consulté le 12 septembre 2011).

■ À propos des auteurs

Marie LEFEVRE est en post-doctorat au LIRIS au sein de l'équipe SILEX (Supporting Interaction and Learning by Experience). Ses recherches portent sur la personnalisation de l'apprentissage, et notamment sur la proposition de modèles et d'outils génériques permettant à chaque enseignant d'obtenir, pour chacun de ses élèves, des activités pédagogiques adaptées d'une part à ses intentions pédagogiques et d'autre part au profil de l'élève. Elle s'intéresse également à l'étude des interactions utilisateur pour la construction d'outils d'assistance dynamiques et adaptables, notamment au sein de wikis sémantiques distribués.

Adresse : Université de Lyon, CNRS - Université Lyon 1, LIRIS, UMR5205, F-69622, France

Courriel : Marie.Lefevre@liris.cnrs.fr

Toile : <http://liris.cnrs.fr/marie.lefevre/>

Julien BROISIN est maître de conférences à l'Université Paul Sabatier de Toulouse. Ses travaux de recherche se préoccupent des problématiques liées à la capitalisation des expériences tracées en vue d'une conception dynamique d'environnements d'apprentissage personnalisés et adaptés à un contexte particulier.

Courriel : Broisin@irit.fr

Valentin BUTOIANU est doctorant à l'Institut de Recherche en Informatique de Toulouse. Sa thèse porte sur le partage et la réutilisation des traces issues d'EIAH hétérogènes. Les problématiques abordées comprennent la définition d'un modèle de traces générique et extensible, la conception d'une infrastructure responsable de la gestion des traces selon le modèle prédéfini, et la proposition d'un ensemble de services et protocoles visant à faciliter l'accès aux données d'observation.

Courriel : butoianu@irit.fr

Philippe DAUBIAS est ingénieur de recherche en informatique à l'IFé de l'ENS de Lyon. Après une thèse sur la reconnaissance de parole audiovisuelle fin 2002, il a réalisé en 2004 pour le LIRIS, le logiciel AMBRE-Add en collaboration avec les enseignantes-chercheuses de l'équipe SILEX. Depuis 2007, il a rejoint l'INRP qui s'est transformé depuis en IFé où il est chargé du suivi des développements de différents logiciels pédagogiques de SVT diffusés dans l'enseignement secondaire grâce à l'appui de l'inspection académique, ainsi que du pilotage technique de ces projets.

Adresse : Université de Lyon, Ecole Normale Supérieure de Lyon, Institut Français de l'Education, 15 parvis René-Descartes, BP 7000, 69342 Lyon cedex 07, France

Courriel : Philippe.Daubias@ens-lyon.fr

Lucie DAUBIGNEY prépare actuellement une thèse en informatique au sein de l'UMI 2956 (GeorgiaTech-CNRS) à Supélec (Metz) et du Loria (Nancy) dans le domaine de l'apprentissage par renforcement.

Adresse : Supélec, 2 rue Edouard Belin ; 57070 Metz

Courriel : Lucie.Daubigney@supélec.fr

Françoise GREFFIER est maître de conférences en informatique. Chercheur au laboratoire d'informatique de l'université de Franche-Comté jusqu'en septembre 2010, elle a ensuite intégré l'équipe OUN (Objets et Usages Numériques) du laboratoire ELLIADD (Edition Langages Littératures Informatique Arts Didactiques Discours) de l'université de Franche-Comté. Ses travaux portent sur la compréhension et la modélisation de pratiques pédagogiques exercées en formation à distance (via Internet). Cette réflexion vise à accroître la qualité de ce type de formation et à développer des outils informatisés d'aide à l'apprentissage dédiés aux apprenants et aux tuteurs. Ses recherches actuelles portent sur le développement de systèmes actifs et sémantiques d'apprentissage intégrant les outils du Web sémantique (Web 3.0) avec comme axe de recherche : la gestion des objets pédagogiques pour la génération de parcours d'apprentissage personnalisés.

Adresse : Université de Franche-Comté, Laboratoire ELLIADD - EA 4661, Equipe OUN, 4 Place Tharradin - BP 71427, 25211 Montbéliard

Courriel : Francoise.Greffier@univ-fcomte.fr

Toile : <http://semlearn.pu-pm.univ-fcomte.fr/>

Nathalie GUIN est maître de conférences en informatique à l'Université de Lyon. Elle est rattachée au LIRIS (Laboratoire d'InfoRmatique en Images et Systèmes d'information, UMR 5205) au sein de l'équipe SILEX (Supporting Interaction and Learning by Experience). Ses recherches portent sur les systèmes à base de connaissances pour les EIAH. Ses thèmes d'intérêt actuels sont liés à la personnalisation des EIAH : interprétation des traces d'activités, profils d'apprenants, génération d'activités adaptées. L'ensemble des ces thématiques de recherches sont mises en œuvre au sein du projet AMBRE.

Adresse : Université de Lyon, CNRS - Université Lyon 1, LIRIS, UMR5205, F-69622, France

Courriel : Nathalie.Guin@liris.univ-lyon1.fr

Toile : <http://liris.cnrs.fr/nathalie.guin>

Stéphanie JEAN-DAUBIAS est professeur en informatique à l'Université Claude Bernard Lyon 1. Elle est rattachée au LIRIS (Laboratoire d'InfoRmatique en Images et Systèmes d'information, UMR 5205) au sein de l'équipe SILEX (Supporting Interaction and Learning by Experience). Ses recherches portent sur l'ingénierie des profils d'apprenants et la personnalisation des apprentissages. Elles sont mises en œuvre, principalement au sein des projets PERLEA et AMBRE, sous forme d'outils d'assistance destinés aux enseignants.

Adresse : Université de Lyon, CNRS - Université Lyon 1, LIRIS, UMR5205, F-69622, France

Courriel : Stephanie.Jean-Daubias@liris.univ-lyon1.fr

Toile : <http://liris.cnrs.fr/stephanie.jean-daubias/>

Réjane MONOD-ANSALDI est agrégée de sciences de la vie et de la Terre, docteur en biologie moléculaire et titulaire d'un master Histoire, Philosophie et Didactique des Sciences de l'Université Lyon 1. Elle est détachée à l'Institut Français de l'Éducation de l'ENS-Lyon, dans l'équipe ACCES de 2008 à 2010 et dans l'équipe EducTice-S2HEP depuis 2011. Dans ce cadre, elle s'est intéressé aux EIAH pour l'enseignement de la biologie et en particulier aux usages des logiciels EduAnatomist et Réaction dans les classes. Elle est également investie dans des projets concernant les démarches d'investigation dans une approche co-disciplinaire.

Adresse : EducTice - S2HEP - Ecole Normale Supérieure de Lyon - Institut Français de l'Éducation - 15 parvis René-Descartes - BP 7000 - 69342 Lyon cedex 07

Courriel : Rejane.monodansaldi@ens-lyon.fr

Toile : <http://eductice.inrp.fr/EducTice/equipe/membres/permanents/rejane-monod-ansaldi>

Hélène TERRAT est conseillère pédagogique spécialisée dans le champ du handicap à l'Inspection académique du Rhône, professeur des écoles titulaire d'un CAPSAIS C et d'un master 2 Technologie et Handicap. Elle a participé à l'expérimentation de logiciels spécifiques au handicap moteur en collaboration avec l'INSHEA (Institut National Supérieur de Formation et de Recherche pour l'Éducation des Jeunes Handicapés et les Enseignements Adaptés). Elle est doctorante au sein des laboratoires PCH (Perception Cognition Handicap) à Lyon 2 et LIRIS à Lyon 1. Ses recherches portent sur l'intérêt de la trace informatique pour l'apprentissage de l'écrit avec des élèves handicapés.

Adresse : Université de Lyon, CNRS - Université Lyon 1, LIRIS, UMR5205, F-69622, France / Université Lumière Lyon 2 - Institut de Psychologie, Département de Psychologie Cognitive, 5, avenue Pierre Mendès-France, 69676 Bron Cedex, FRANCE

Courriel : helene.terrat@ac-lyon.fr

Référence de l'article :

Marie Lefevre, Julien Broisin, Valentin Butoianu, Philippe Daubias, Lucie Daubigney, Françoise Greffier, Nathalie Guin, Stéphanie Jean-Daubias, Réjane Monod-Ansaldi, Hélène Terrat, Personnalisation de l'apprentissage : comparaison des besoins et approches à travers l'étude de quelques dispositifs, *Revue STICEF*, Volume 19, 2012, ISSN : 1764-7223, mis en ligne le 21/10/2012, <http://sticef.org>

© Revue Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation, 2012