



**HAL**  
open science

## Quels modèles de connaissances pour une personnalisation unifiée de l'apprentissage ?

Marie Lefevre, Amélie Cordier, Stéphanie Jean-Daubias, Nathalie Guin

### ► To cite this version:

Marie Lefevre, Amélie Cordier, Stéphanie Jean-Daubias, Nathalie Guin. Quels modèles de connaissances pour une personnalisation unifiée de l'apprentissage ?. IC 2011, 22èmes Journées francophones d'Ingénierie des Connaissances, May 2011, Chambéry, France. pp.657-672. hal-00746730

**HAL Id: hal-00746730**

**<https://hal.science/hal-00746730>**

Submitted on 29 Oct 2012

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Quels modèles de connaissances pour une personnalisation unifiée de l'apprentissage ?

Marie Lefevre, Amélie Cordier, Stéphanie Jean-Daubias, Nathalie Guin

Université de Lyon, CNRS,  
Université Lyon 1, LIRIS, UMR5205, F-69622, France  
{prenom.nom}@liris.cnrs.fr

**Résumé :** En raison de la diversité des connaissances qu'elle mobilise, la personnalisation de l'apprentissage est une tâche difficile. Pour assister l'enseignant dans l'ensemble du processus de personnalisation, nous avons développé un outil appelé Adapte. Afin de réaliser cet outil, nous avons dû définir des modèles de connaissances riches et variés, afin de couvrir l'ensemble des connaissances nécessaires à la personnalisation. Définir ces modèles est une tâche compliquée, et mettre en œuvre un processus d'acquisition de connaissances permettant d'enrichir les modèles l'est également. Dans cet article, nous décrivons la démarche que nous avons suivie pour construire les modèles de connaissances d'Adapte. Nous discutons des difficultés rencontrées, du rôle des enseignants dans ce processus, et de la généralité des modèles et processus que nous proposons.

**Mots-clés :** modèles, personnalisation unifiée de l'apprentissage, acquisition de connaissances, Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain.

## 1. Introduction

Dans le domaine des EIAH (Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain), la personnalisation de l'apprentissage consiste à proposer des activités pédagogiques adaptées aux apprenants. L'adaptation peut s'effectuer selon plusieurs critères non exclusifs : adaptation aux spécificités de l'apprenant, adaptation pour satisfaire certains buts pédagogiques de l'enseignant, adaptation au contexte de la situation d'apprentissage (en classe, en autonomie, sous supervision d'un tuteur, avec ou sans logiciel pédagogique, etc. (Tchounikine 2009)). Les activités proposées peuvent prendre plusieurs formes : activités sur support papier ou activités sur des logiciels pédagogiques. Pour mettre en œuvre une pédagogie personnalisée, les enseignants doivent donc mettre en relation les informations dont ils disposent sur les apprenants avec leurs connaissances

pédagogiques afin de déterminer comment créer des activités ou configurer les outils pour produire des activités personnalisées.

Dans cette démarche, les informations et les connaissances mobilisées par les enseignants sont hétérogènes, de granularité variable, et disponibles sur des supports différents (papier, informatique, voire aucun support). Par exemple, les informations sur les apprenants peuvent provenir de livrets scolaires, de résultats d'examens et de profils pédagogiques (informatisés ou non) ; mais elles peuvent également prendre la forme de perceptions (i.e. connaissances implicites) des enseignants sur leurs apprenants. Les connaissances dont les enseignants disposent sur les logiciels leur permettent de les paramétrer afin d'atteindre des buts précis. Ces connaissances sont liées aux outils et les enseignants les acquièrent souvent au prix d'un fort investissement en temps avec chacun des outils. Enfin, les connaissances mobilisées pour définir une stratégie pédagogique relèvent essentiellement de l'expérience et du savoir faire des enseignants.

Dans la pratique, la personnalisation de l'apprentissage est donc une tâche fastidieuse, non seulement parce que les enseignants doivent rassembler une grande quantité d'informations afin de définir les critères de personnalisation, mais aussi parce qu'il leur faut maîtriser les différents outils leur permettant de produire les activités. À ces difficultés vient s'ajouter le facteur temps : même si les enseignants ont la volonté de personnaliser les activités qu'ils proposent à leurs apprenants, ils ont rarement le temps de prendre en main l'ensemble des outils pour mettre en œuvre une stratégie efficace. Malgré ces difficultés, la personnalisation reste une démarche souhaitée par de nombreux enseignants mais aussi fortement encouragée par de récentes directives ministérielles. Proposer des méthodes et/ou des outils pour faciliter ce processus devient donc un réel besoin.

En réponse à ce besoin, nous faisons l'hypothèse qu'il est possible de construire un outil permettant d'assister l'enseignant dans la tâche de personnalisation en : facilitant la capitalisation des connaissances sur les apprenants (provenant de sources hétérogènes), lui permettant de définir ses propres stratégies pédagogiques, et en prenant en charge la configuration des outils proposant des activités. Nous pensons que pour l'enseignant, un tel outil apporte de nombreux bénéfices : gain de temps, outil unique à maîtriser, automatisation de certaines tâches fastidieuses, réutilisabilité de différents éléments, etc. Nous avons vérifié notre hypothèse en définissant les modèles de connaissances et le processus de raisonnement nécessaires à un processus unifié de personnalisation, puis en les implémentant dans l'outil opérationnel *Adapte*. Nous avons utilisé cet outil pour réaliser des expérimentations qui se sont avérées satisfaisantes.

Dans cet article, nous nous focalisons sur la construction et l'enrichissement des modèles de connaissances impliqués dans le processus de personnalisation. Nous formulons la question de recherche suivante : comment identifier et formaliser les connaissances explicites et implicites manipulées par les enseignants pour personnaliser les activités pédagogiques afin de rendre ces connaissances exploitables par un outil

informatique assistant la personnalisation ? Proposer un processus et des modèles couvrant l'ensemble des étapes et des connaissances nécessaires à la personnalisation implique la prise en compte de connaissances hétérogènes et de granularité variable, qu'il nous a fallu unifier. Nous avons également dû prendre en compte les différents acteurs du processus d'acquisition des connaissances. Enfin, l'évaluation des modèles que nous proposons n'est pas une tâche aisée.

La section suivante propose une rapide revue des travaux existants en matière de personnalisation de l'apprentissage, et montre en quoi les solutions actuellement disponibles permettent d'aider l'enseignant sur certains aspects du processus sans pour autant lui offrir une solution globale et unifiée. La section 3 décrit le processus unifié que nous avons défini et met en évidence les modèles de connaissances nécessaires et les difficultés soulevées par leur élaboration. Dans la section 4, nous montrons comment nous avons répondu aux problèmes liés à l'élaboration des modèles, et nous présentons les différents acteurs qui contribuent au processus d'acquisition des connaissances. La section 5 décrit la mise en œuvre du processus unifié de personnalisation dans l'outil *Adapte* ainsi que les expérimentations qui ont été réalisées grâce à cet outil. Dans la discussion, nous revenons sur les bénéfices que présente l'outil pour les enseignants ainsi que sur la façon de les évaluer, mais aussi sur les difficultés qu'ils rencontrent dans son utilisation, notamment durant la phase de prise en main. Nous concluons cet article en présentant quelques perspectives de recherche qui pourraient notamment permettre de faciliter l'appropriation de l'outil *Adapte* par les enseignants.

## **2. Personnalisation de l'apprentissage : un état des lieux**

Les travaux relatifs à la personnalisation de l'apprentissage s'intéressent généralement à des aspects spécifiques de ce processus et les abordent selon un point de vue particulier (prise en compte des objectifs de l'enseignant, exploitation du profil de l'apprenant, utilisation d'outils spécifiques, etc.). Cette diversité des points de vue rend leur comparaison difficile. C'est pourquoi nous proposons de discuter des limites des approches existantes en considérant cinq critères d'analyse liés aux cinq types de connaissances nécessaires au processus de personnalisation (cf. Figure 1) : les connaissances permettant la prise en compte des individualités des apprenants ①, les connaissances permettant la prise en compte des besoins et habitudes pédagogiques des enseignants ②, les connaissances permettant de savoir quelle activité affecter à quel apprenant ③ et enfin les connaissances permettant de paramétrer les générateurs d'exercices papier ④ et les logiciels pédagogiques ⑤.

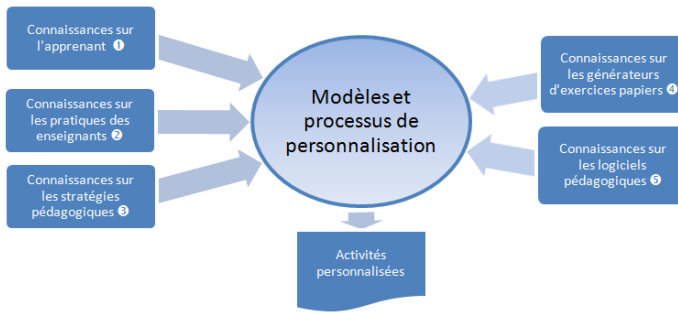


Fig. 1 – Connaissances nécessaires au processus de personnalisation.

La **prise en compte des individualités des apprenants** peut se faire à travers l'utilisation de stéréotypes, comme (Vincent et al. 2005) ou de profils d'apprenants, comme (Mitrovic 1998). Un stéréotype ou profil-type contient un ensemble de caractéristiques que l'on trouve chez plusieurs apprenants. Cette factorisation de la représentation ne permet pas une prise en compte fine des individualités des apprenants. À l'inverse, un profil d'apprenant est spécifique à un individu. Il encode plus finement les informations déduites sur les apprenants suite aux différentes activités pédagogiques qu'ils ont réalisées. Néanmoins, le processus de construction des profils d'apprenants n'est pas sans risque et des erreurs de diagnostic peuvent conduire à la prise en compte d'informations erronées. Dans les deux cas, la difficulté consiste à capturer les données pertinentes sur les apprenants et à donner les moyens à l'enseignant ou au système mettant en œuvre la personnalisation d'accéder facilement à ces données.

La **prise en compte des besoins et habitudes pédagogiques des enseignants** est possible lorsqu'ils utilisent des outils auteurs, comme (Van Joolingen et al. 2003), définissent des scénarios pédagogiques, comme (Pernin et al. 2004) ou paramètrent les logiciels pédagogiques, comme (Murray 2003). Les outils auteurs permettent de créer des ressources (exercices, feuilles d'exercices ou logiciels) adaptées à chaque enseignant. Pour cela, l'enseignant doit fournir entièrement le contenu pédagogique. L'utilisation d'outils auteurs est donc coûteuse en temps. Les scénarios pédagogiques permettent de définir les activités proposées aux apprenants, en précisant le contexte dans lequel ils se trouvent, les rôles de tous les participants, les actions à accomplir sur les ressources. Les outils de définition des scénarios ne permettent cependant pas de créer des ressources. Ils permettent d'associer des ressources existantes qui sont soit contenues dans l'application sur laquelle le scénario sera mis en œuvre, soit créées manuellement par l'enseignant, soit créées en utilisant une application spécifique. Certains logiciels pédagogiques possèdent une partie spécifique permettant à l'enseignant de paramétrer l'environnement proposé à l'apprenant (contenu pédagogique et/ou interface). Le problème est que peu de logiciels possèdent une partie réservée à l'enseignant. De plus, ces parties varient d'un logiciel à l'autre ce qui complique d'autant la tâche de

l'enseignant. L'hétérogénéité des systèmes prenant en compte les besoins et habitudes des enseignants est une limite du point de vue de l'enseignant. En effet, pour adapter des activités de diverses provenances (issues de générateurs, décrites dans des scénarios, contenues dans des logiciels, etc.) à ses buts pédagogiques, l'enseignant doit apprendre à utiliser l'interface de nombreux outils.

**L'affectation d'une activité à un apprenant** peut être faite automatiquement par le système (Mitrovic 1998), ou manuellement soit par l'apprenant (Melis et al. 2001), soit par l'enseignant (Leroux 2002). Lorsque le système s'adapte automatiquement à l'apprenant, la personnalisation est faite en fonction de la connaissance que le système a de l'apprenant, mais elle n'est pas forcément adaptée aux buts pédagogiques des enseignants. De même, dans le cas où l'apprenant régule lui-même son apprentissage, il est difficile pour un enseignant de le contraindre à respecter des méthodes de travail précises. Dans le cas où l'enseignant personnalise les logiciels, nous venons de voir qu'il n'a pas facilement accès aux informations relatives à l'apprenant. Cette personnalisation est donc souvent longue à mettre en place. D'une manière générale, les choix pédagogiques intervenant dans la personnalisation, et donc dans l'affectation d'une activité à un apprenant, doivent être faits par l'enseignant si l'on souhaite que la personnalisation mise en œuvre corresponde à ses buts et besoins pédagogiques.

**L'adaptation des activités pédagogiques** concerne celles sur support papier, mais aussi celles contenues dans un logiciel pédagogique. Pour générer des exercices papier, l'enseignant a à sa disposition de nombreux générateurs, portant sur des domaines et des niveaux d'enseignement différents. Ces générateurs possèdent chacun leur propre interface permettant de configurer les exercices générés et fournissent des exercices sous différents formats. Pour adapter les activités logicielles, l'enseignant doit pouvoir agir sur les logiciels de manière externalisée et doit également connaître leurs différentes possibilités de paramétrage. Pour automatiser le processus de paramétrage des logiciels, il est donc nécessaire de disposer d'une description formelle de ces possibilités. À ce jour, plusieurs normes et standards ont été proposés pour décrire les ressources pédagogiques : Dublin Core, LOM, SCORM, LSCM (Rebaï 2006). Cependant, parmi ces normes et standards, aucun ne contient les métadonnées nécessaires à la description des EIAH à des fins de personnalisation. Ils n'offrent pas de description des contenus pédagogiques suffisamment fine pour en permettre la personnalisation et ne permettent pas non plus de décrire les connaissances techniques permettant d'agir sur le système afin de mettre en place cette personnalisation externalisée.

Les approches existantes en matière de personnalisation nous apportent donc des outils et des modèles pour représenter les connaissances impliquées dans le processus de personnalisation et pour les manipuler. Cependant, ces outils et modèles sont insuffisants pour construire une approche unifiée de la personnalisation telle que nous l'avons définie. Le tableau 1 revient sur les limites des approches existantes au regard de notre

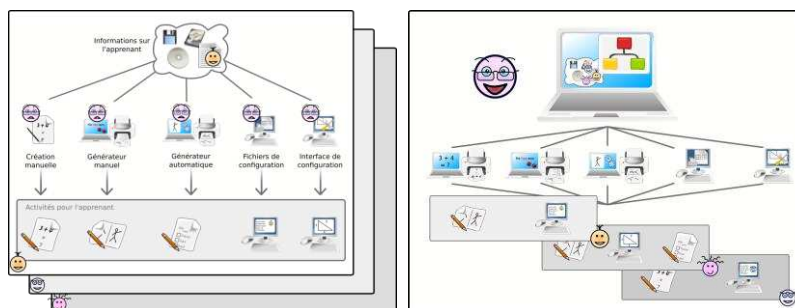
problématique. Dans la section suivante, nous montrons comment les modèles et les processus que nous proposons apportent des réponses aux difficultés identifiées et permettent de mettre en œuvre une stratégie unifiée.

**Table 1.** Connaissances et processus pour la personnalisation : un état des lieux

Connaissances portant sur...	Modèles de connaissances et limites	Processus de raisonnement et limites
① L'apprenant	Les <b>profils</b> sont souvent hétérogènes et les <b>stéréotypes</b> ne permettent pas une prise en compte suffisamment fine des individualités.	Il n'existe pas de processus d'exploitation des profils permettant de les sélectionner selon des critères
② Les pratiques pédagogiques permettant d'adapter les activités pédagogiques	Hétérogénéité des <b>outils</b> , et donc multiplicité des modèles. Tous les EIAH n'ont pas <b>d'interface de paramétrage</b> . Les <b>scénarios pédagogiques</b> sont souvent implicites.	La mise en œuvre d'une solution se fait directement dans l'outil (suppose une connaissance de l'outil). Pas de possibilité d'expression à un niveau générique
③ Les stratégies pédagogiques permettant de choisir quelle activité donner à quel apprenant	Implicites dans la tête des acteurs humains, ou codés dans les logiciels. Il n'existe pas de modèle pour capturer l'expérience pédagogique des enseignants.	Seulement implicite, au travers des paramétrages effectués. Pas d'automatisation possible de l'affectation, en raison de l'absence de modèle
④/⑤ Le paramétrage des activités pédagogiques	<b>Normes et standards</b> , mais pas adaptés à la personnalisation.	Impossible de manière externalisée, en raison de l'absence de modèles

### 3. Connaissances nécessaires au processus de personnalisation

Actuellement, si un enseignant souhaite adapter les activités proposées aux apprenants, il doit maîtriser une multitude d'outils. Il a le choix entre créer ses exercices sur papier, utiliser différents générateurs d'exercices, modifier les fichiers de configuration des logiciels pédagogiques ou se servir des interfaces de paramétrage des logiciels pédagogiques lorsqu'elles existent. Il doit à chaque fois prendre en main un nouvel environnement, puisque d'un outil à l'autre, les interfaces et les principes d'utilisation diffèrent. De plus, s'il souhaite utiliser les informations dont il dispose sur les apprenants (ses observations, les profils papiers ou informatisés), il doit traiter manuellement l'ensemble des informations pour chaque apprenant. Cette situation est illustrée sur la partie gauche de la figure 2.



**Fig. 2** – A gauche, principe actuel de la personnalisation des activités pédagogiques : l’enseignant doit itérer sa démarche avec chaque outil et pour chaque apprenant. A droite, principe d’une personnalisation unifiée : l’enseignant ne manipule qu’un outil qui centralise les tâches.

Afin d’assister l’enseignant dans la tâche de personnalisation, nous avons conçu et développé *Adapte*, un outil lui permettant, au travers d’une interface unique, de produire des activités papier ou logicielles adaptées aux profils des apprenants, tout en le laissant exprimer ses propres choix de personnalisation. Comme l’illustre la partie droite de la figure 2, l’enseignant n’a plus qu’un outil informatisé à maîtriser. La mise en œuvre de cet outil a nécessité la définition de modèles de connaissances ainsi que d’un processus permettant d’articuler les différents modèles. Le tableau 2 introduit nos différents modèles et les positionne par rapport à la synthèse des travaux existants du tableau 1.

**Table 2.** Modèles de connaissances pour supporter l’ensemble du processus de personnalisation.

Connaissances sur ...	Limites des approches	Modèles proposés
① L’apprenant	Comment sélectionner les informations pertinentes ?	cPMDL permet de contraindre les éléments d’un profil pour en sélectionner une partie (Lefevre 2009a)
② Les pratiques pédagogiques permettant d’adapter les activités pédagogiques	Comment gérer l’hétérogénéité des outils ? Comment adapter des EIAH qui n’ont pas d’interface de configuration ?	L’approche GEPPETO permet de définir les modèles d’activités papier ou de logiciels pédagogiques (Lefevre 2009b)
④/⑤ Le paramétrage des activités pédagogiques	Avec quoi décrire des logiciels pédagogiques à des fins de personnalisation ?	
③ Les stratégies pédagogiques permettant de choisir quelle activité donner à quel apprenant	Comment « capturer » l’expertise pédagogique des enseignants ?	PERSUA2 permet de définir des modèles de personnalisation représentant les pratiques éducatives des enseignants (Lefevre 2009a)



Dans la mesure où l'approche que nous proposons repose sur différents niveaux de modèles qui doivent être définis par des experts ou en collaboration avec des enseignants, nous pouvons considérer que ce travail s'inscrit dans une démarche d'Ingénierie Dirigée par les Modèles (Choquet 2007). La section suivante décrit la construction et l'enrichissement de ces modèles, en mettant notamment l'accent sur les acteurs de ce processus : enseignants et/ou experts, selon les situations.

#### **4. Les modèles de connaissances nécessaires à la personnalisation**

Cette section présente les trois modèles de connaissances sur lesquels repose notre approche unifiée de personnalisation de l'apprentissage. Pour chaque modèle, nous décrivons son but, nous identifions qui l'alimente en connaissances et nous montrons comment ces connaissances sont utilisées dans le processus de personnalisation. La description formelle de chacun des modèles est disponible dans (Lefevre 2009a).

Notons que la personnalisation des activités proposées aux apprenants est faite par l'enseignant soit directement, soit par l'intermédiaire d'un EIAH. Dans tous les cas, ce sont les choix pédagogiques de l'enseignant qui sont mis en œuvre. Pour refléter cette dualité des acteurs de la personnalisation, nous utilisons le terme agent lors de la description de nos modèles.

##### **4.1. cPMDL, un modèle de contraintes sur profils**

Un des aspects de la personnalisation consiste à prendre en compte les individualités des apprenants afin de déterminer les activités qui doivent leur être proposées. Les connaissances dont nous disposons sur les apprenants sont représentées dans des profils. Les profils peuvent provenir de sources différentes et donc avoir des structures différentes. Or, pour pouvoir exploiter les profils dans le cadre d'un processus unifié, il convient d'harmoniser les différents éléments et de disposer d'une structure de profils unique et connue. Nous considérons que le processus d'harmonisation se situe en amont du processus de personnalisation et donc, qu'il ne rentre pas dans le cadre de notre étude. Pour représenter les profils, plusieurs formalismes ont été proposés. L'étude menée par (Eyssautier-Bavay 2008) a montré les limites de chacun et a permis à l'auteur de proposer le modèle PMDL, que nous avons retenu pour deux raisons principales. D'une part, c'est le modèle qui est le plus complet pour représenter les différents éléments d'un profil. D'autre part, il est défini formellement et indépendamment de tout système, ce qui permet son implémentation dans n'importe quel outil. PMDL est un modèle de description de profils, mais il ne propose pas de mécanisme de requête pour manipuler les profils. Il n'est donc pas possible de sélectionner des profils satisfaisant un ensemble de contraintes. Par exemple, il n'est pas possible de sélectionner tous les

apprenants ayant moins de 8 à leur moyenne générale en mathématiques. C'est pourquoi nous avons proposé cPMDL, une extension du modèle PMDL permettant de définir des contraintes sur les profils et donc de manipuler ces profils avec des mécanismes de raisonnement.

**Définition.** cPMDL est un modèle qui s'appuie sur PMDL et qui permet d'exprimer des contraintes sur les profils et donc de les manipuler via des requêtes (Lefevre 2009a).

**Construction du modèle.** Nous avons défini l'ensemble des contraintes représentées dans cPMDL suite à des entretiens avec les enseignants. Les enseignants nous ont fait partager leurs pratiques quant à la façon dont ils manipulaient (manuellement) les informations dont ils disposaient sur les apprenants pour personnaliser les activités. Nous avons formalisé l'ensemble des contraintes qu'ils utilisent et qu'ils ont exprimées, puis nous avons implémenté ce modèle formel dans l'outil Adapte. Bien que très détaillé, le modèle cPMDL ne peut revendiquer sa complétude. Il a donc été élaboré de sorte à pouvoir être étendu ultérieurement par l'ajout de nouvelles formes de contraintes. Sur le plan formel, l'ajout de nouvelles formes de contraintes est immédiat, en revanche, sur le plan de l'implémentation, un effort relativement important est requis.

**Utilisation du modèle.** Lorsqu'ils mettent en œuvre une stratégie de personnalisation dans Adapte, les enseignants définissent des contraintes sur les profils des apprenants via une interface qui propose une représentation graphique des contraintes exprimées dans le modèle cPMDL. Les contraintes instanciées sont alors mémorisées et exploitées par le processus de personnalisation dans la phase d'affectation des activités aux apprenants.

**Cycle de vie du modèle et des connaissances.** Le modèle cPMDL a été défini dès l'élaboration du système et peut éventuellement évoluer en cas de besoin. Néanmoins cette évolution est relativement lourde dans la mesure où elle implique également une évolution de l'interface permettant aux enseignants d'exprimer leurs contraintes. Les connaissances représentées grâce à ce modèle, c'est-à-dire les contraintes, sont exprimées par les enseignants lorsqu'ils utilisent le système. Les contraintes sont liées aux profils, elles sont donc réutilisables pour des profils ayant la même structure. En particulier, les enseignants peuvent réutiliser les contraintes qu'ils définissent d'une séance sur l'autre, afin de proposer des activités au contenu différent, mais choisies sur la base des mêmes critères de sélection.

## **4.2. GEPPETO : modèles pour adapter des activités pédagogiques**

L'approche GEPPETO (Lefevre 2009b) permet de contraindre la génération ou le choix d'activités papier ou logicielles de sorte à prendre en compte les besoins et habitudes pédagogiques des enseignants dans le processus de personnalisation. Pour permettre une opérationnalisation de cette partie du processus, un modèle formel d'activité est donc nécessaire.

Les modèles formels que nous utilisons, non exhaustifs, contiennent ce qu'il est nécessaire de savoir de l'activité pour en permettre la personnalisation. Cette acception diffère de celle utilisée en Sciences Humaines qui correspond à des modèles de l'activité complets mais non formels (Bourguin 2000).

**Définition.** En raison de l'hétérogénéité et de la diversité des activités pédagogiques, il n'est pas envisageable de définir, a priori, un modèle pour chaque activité. C'est pourquoi GEPPETO propose un méta-modèle d'activités qui détermine les connaissances qu'un expert doit fournir pour pouvoir décrire les activités pédagogiques au fur et à mesure des besoins. L'approche GEPPETO a été déclinée en GEPPETO<sub>P</sub> pour la personnalisation des activités sur support papier et en GEPPETO<sub>S</sub> pour la personnalisation des activités au sein des EIAH, quel que soit leur type (simulateurs, tuteurs intelligents, micromondes, exercices, hypermédias). Le méta-modèle aide donc les experts à définir soit des modèles d'activités papier, soit des modèles d'EIAH dans un objectif de personnalisation. Les agents de la personnalisation définissent ensuite des contraintes sur ces modèles d'activités pour que le système puisse choisir et / ou générer les activités. Le fonctionnement de l'approche GEPPETO est résumé Figure 3.

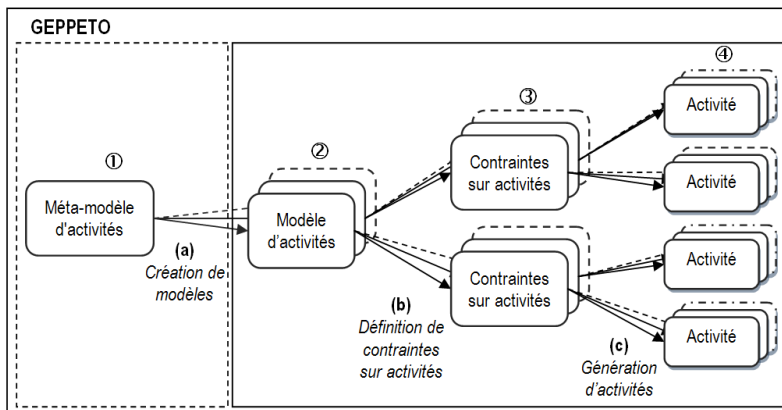


Fig. 3 – Représentation graphique de l'approche GEPPETO.

**Construction du modèle.** Nous avons construit les méta-modèles de GEPPETO après avoir constitué et analysé deux corpus : un corpus d'activités papier et un corpus d'activités logicielles. Le corpus des activités papier a été défini à partir de diverses ressources (sites internet, pratiques de deux enseignants de l'enseignement primaire, manuels scolaires, travaux de recherche sur la génération d'exercices, etc.). Il contient des exercices pour des niveaux allant de la maternelle à l'université, et pour des disciplines variées. Il a été utilisé afin d'identifier des invariants dans la structure des activités papier et nous a permis de définir une typologie contenant quinze

sortes d'activités papier (Lefevre et al. 2009b). Le corpus des logiciels pédagogiques contient une sélection de trente logiciels de types et de provenances variés. On y trouve des tuteurs intelligents, des micromondes, des simulateurs ou encore des exercices qui s'adressent à des publics variés et portent sur des domaines d'apprentissage divers. Toutefois, ces trente logiciels sont tous destinés à une utilisation individuelle par un apprenant. La liste complète des logiciels étudiés et leur description sont fournies dans (Lefevre 2009a). L'étude systématique que nous avons réalisée sur ces logiciels (Lefevre et al. 2009c) nous a permis d'observer que la personnalisation des EIAH s'envisage selon 5 facettes : le choix ou la création des activités, l'agencement de ces activités pour former des séquences de travail, les fonctionnalités offertes à l'apprenant, l'interface et les rétroactions proposées par l'EIAH. Les paramètres agissant sur ces facettes peuvent être représentés dans des fichiers de configuration ou modifiables via l'interface de l'EIAH. Nous avons donc élaboré un formalisme permettant de représenter l'ensemble de ces paramètres ainsi que les règles qui peuvent les contraindre. Les experts peuvent donc s'appuyer sur ce formalisme défini au niveau du méta-modèle afin de décrire plus facilement les modèles des EIAH à paramétrer.

**Utilisation du modèle.** Nous avons défini nos deux méta-modèles (un pour les activités papier, un pour les activités logicielles) pendant la phase d'élaboration du système, selon la démarche décrite dans le paragraphe précédent. En s'appuyant sur un des méta-modèles, les experts (qui peuvent être des chercheurs en informatique, des concepteurs d'EIAH, des conseillers pédagogiques ou des enseignants), peuvent définir des modèles d'activités. Les modèles d'activités ne sont définis qu'une fois, lors d'une phase d'initialisation, et sont réutilisables pour toutes les activités du même type. À chaque fois qu'ils mettent en œuvre la personnalisation, les agents de la personnalisation définissent des contraintes sur les modèles d'activités. Ces contraintes sont enfin exploitées par le système pour choisir ou générer des activités personnalisées.

**Cycle de vie du modèle et des connaissances.** Bien que les corpus que nous avons construits ne soient pas exhaustifs, nous pensons qu'ils nous ont permis de construire deux **méta-modèles** d'activités suffisamment complets et génériques pour aider les experts à définir n'importe quel type d'activité papier ou logicielle. Par ailleurs, ces méta-modèles ont été conçus de sorte à pouvoir être étendus s'ils s'avéraient trop restrictif. La définition des **modèles d'activités** requiert la participation d'un expert en mesure d'exploiter le méta-modèle et de fournir toutes les connaissances nécessaires à la description de l'activité. C'est un processus relativement contraignant, mais qui ne doit être fait qu'une fois pour chaque type d'activité. Ce sont ensuite les agents de la personnalisation qui doivent définir les **contraintes sur les modèles d'activités**. Ils doivent le faire pour chaque séance de personnalisation (mais ils peuvent réutiliser tout ou partie de ces contraintes d'une séance sur l'autre). L'interface que nous proposons dans Adapte exploite le modèle de l'activité pour identifier le sous-ensemble de

contraintes qui peut être utilisé pour la personnalisation de l'activité considérée, permettant ainsi de simplifier la tâche des agents de la personnalisation. Enfin, il faut noter que bien que l'approche GEPPETO ait été mise en œuvre au sein du modèle de personnalisation unifié PERSUA2, elle est décrite à un niveau générique et peut donc être utilisée indépendamment pour réaliser des systèmes permettant d'adapter les activités pédagogiques aux besoins des enseignants sans utiliser de profils d'apprenants.

### **4.3. PERSUA2 : un modèle pour une personnalisation unifiée des activités d'apprentissage**

Le modèle PERSUA2 (Lefevre 2009a) a pour objectif de guider l'enseignant dans la définition de son modèle de personnalisation. Il met en relation les modèles vus précédemment, et apporte les éléments complémentaires, afin de supporter l'ensemble du processus de personnalisation, de l'expression des contraintes sur les différents éléments à la validation des activités générées.

**Définition.** Le modèle PERSUA2 permet à l'enseignant d'exprimer deux aspects distincts de sa stratégie de personnalisation. Le premier aspect concerne la définition des règles et des critères d'affectation des activités aux apprenants. Pour cela, nous avons défini un modèle de stratégie pédagogique qui lie les contraintes sur profils exprimés via cPMDL aux contraintes sur activités exprimées via GEPPETO. Le deuxième aspect permet à l'enseignant d'exprimer des contraintes sur les conditions dans lesquelles vont se dérouler les séances de travail (lieu, durée, etc.). Pour cela, nous avons défini un modèle du contexte d'utilisation.

**Utilisation du modèle.** L'exploitation du modèle PERSUA2 implique deux phases distinctes. Dans la première phase, l'agent de la personnalisation crée sa propre instance du modèle générique PERSUA2 puis, dans la deuxième phase, le système met en œuvre cette instance afin de générer autant de séquences d'activités adaptées que d'apprenants concernés. Pour créer son modèle, l'agent doit d'abord définir des règles d'affectation des activités aux apprenants. Ce processus repose à la fois sur cPMDL, pour la définition des contraintes sur les valeurs des profils, et sur GEPPETO, pour les contraintes sur activités. Une fois les règles définies, l'agent peut les hiérarchiser en leur attribuant des niveaux de priorité. Enfin, en exploitant le second aspect du modèle PERSUA2, l'agent définit un contexte d'utilisation.

**Cycle de vie du modèle et des connaissances.** Comme pour nos autres modèles, nous avons conçu le modèle PERSUA2 de sorte à ce qu'il puisse être étendu afin de prendre en compte de nouvelles pratiques éducatives. Néanmoins, ce modèle n'est pas destiné à évoluer régulièrement. Ce modèle est exclusivement utilisé par les agents de la personnalisation qui, grâce à

l'interface unique dont ils disposent, peuvent exprimer assez simplement leurs connaissances pédagogiques et leurs préférences. Par ailleurs, l'indépendance des deux aspects du modèle (stratégie pédagogique et contexte d'utilisation) permet d'associer une même stratégie pédagogique à plusieurs contextes d'utilisation et inversement, ce qui permet à l'agent de la personnalisation de réutiliser facilement son travail ou de le partager avec d'autres. L'agent peut définir autant de stratégies pédagogiques qu'il le souhaite. Enfin, comme PERSUA2 a été défini à un niveau générique, il peut être utilisé lors de la conception d'un nouvel EIAH souhaitant proposer une personnalisation des activités qu'il contient.

## **5. Implémentation et évaluation**

Le logiciel Adapte (Lefevre et al. 2009a) est intégré à l'environnement informatique du projet PERLEA (Jean-Daubias et al. 2009). Il permet de fournir des séquences de travail adaptées au profil de chaque élève et aux buts pédagogiques de l'enseignant. En mettant en œuvre nos modèles dans Adapte, nous avons montré leur faisabilité technique et nous avons pu les évaluer par des expérimentations concrètes impliquant des enseignants. Le détail de ces évaluations est disponible dans (Lefevre 2009a).

Nous avons étudié la mise en œuvre du modèle cPMDL au travers d'expérimentations avec deux enseignantes. cPMDL leur a permis de définir l'ensemble des contraintes qui leur semblaient utiles pour sélectionner les apprenants en fonction des données contenues dans leurs profils. Toutefois, notre expérimentation n'est pas exhaustive et d'autres enseignants pourraient avoir d'autres besoins qu'il nous est difficile d'anticiper. Notre modèle étant ouvert, il est théoriquement possible de modéliser ces nouveaux besoins aisément. Néanmoins, seules des expérimentations à plus grande échelle nous permettront d'identifier l'étendue de ces besoins et éventuellement de faire émerger des verrous que nous n'avons pas identifiés jusqu'à présent. Pour cela, il nous faudra donc concevoir des scénarios expérimentaux impliquant un plus grand nombre d'enseignants et couvrant une plus grande diversité de situations pédagogiques.

Les évaluations menées sur l'approche GEPPETO nous ont permis de valider son principe et sa faisabilité. Toutefois, la typologie des activités papier sur laquelle s'appuie la déclinaison GEPPETO<sub>P</sub> doit encore être validée par des experts de sciences de l'éducation. Pour les activités logicielles, nous avons défini le cadre d'application du méta-modèle permettant de décrire les EIAH dans GEPPETO<sub>S</sub>. Ce cadre d'application limite l'utilisation de l'approche à l'adaptation des logiciels pédagogiques proposant des activités individuelles d'apprentissage. Comme les autres modèles que nous avons proposés, ce méta-modèle est ouvert et peut donc être étendu afin de prendre en compte des EIAH proposant des situations d'apprentissage collectives et/ou collaboratives. Une perspective immédiate

pour ce travail est donc de décrire cette nouvelle catégorie d'EIAH avec notre méta-modèle. Il faudra ensuite essayer d'adapter les activités des logiciels de ce type suivant notre méthodologie, afin de vérifier que les modèles et les outils que nous proposons permettent de surmonter les nouveaux obstacles inhérents aux spécificités de ces logiciels.

Concernant le modèle PERSUA2 et sa mise en œuvre dans le logiciel Adapte, les expérimentations ont montré l'utilité du modèle et la pertinence des personnalisations proposées par notre logiciel. Ces évaluations ont également mis en évidence la complexité de la tâche demandée aux enseignants lors de la formalisation de leurs règles de personnalisation. Nous revenons sur cet aspect critique dans la discussion.

## 6. Discussion

Les modèles de connaissances que nous avons définis permettent de couvrir l'ensemble des aspects du processus de personnalisation. Ils peuvent être facilement étendus pour prendre en compte de nouveaux usages ou de nouveaux besoins. Par ailleurs, ces modèles ont été définis à un niveau générique et peuvent donc être réutilisés dans d'autres outils.

L'un des avantages de la formalisation de la personnalisation est qu'elle permet aux enseignants de matérialiser leurs connaissances et leurs savoir-faire sous forme de modèles explicites. Ces modèles peuvent alors être partagés, échangés et réutilisés par différents enseignants. Nous pensons que cette possibilité pourrait permettre une amélioration de la collaboration entre les enseignants et de la qualité de leur démarche de personnalisation. Cependant, nous n'avons pas encore eu l'occasion de réaliser des expérimentations en ce sens. Cela constitue une perspective pour ce travail.

Enfin, Adapte vise à simplifier la tâche de l'enseignant en lui offrant un outil unique, mais l'outil n'est pas simple pour autant. La difficulté de prise en main constitue un problème critique qui peut nuire à l'acceptation de l'outil par les enseignants. Il apparaît donc essentiel d'assister l'enseignant avec une aide et des outils appropriés. L'assistance est un processus complexe qui soulève plusieurs questions et oriente vers de nouvelles perspectives de recherche (Cordier et al. 2010). Comment apporter une aide pertinente sans perturber l'enseignant dans sa tâche principale ? Que nécessite une telle approche ? De quelles connaissances le système d'assistance doit-il être doté pour que l'aide apportée soit à la fois personnalisée, pertinente dans le contexte de la tâche et cohérente avec les pratiques pédagogiques de l'enseignant ? Comment exploiter les interactions entre l'enseignant et le système pour acquérir de nouvelles connaissances et donc améliorer l'efficacité de l'assistance proposée au fil des usages ? Nous considérons que la mise en œuvre d'un outil d'assistance « intelligent » et efficace est une perspective importante de ce travail.

## **7. Conclusion**

Jusqu'à présent, aucune approche ne permettait de supporter intégralement l'ensemble des tâches impliquées dans le processus de personnalisation de l'apprentissage. Nous avons proposé un outil unique permettant une personnalisation externalisée des activités papier et logicielles en proposant des séquences d'activités adaptées en fonction des profils des apprenants et des choix de personnalisation des enseignants. Pour réaliser cet outil, nous avons défini trois modèles de connaissances, associés à des processus. Le modèle cPMDL permet l'exploitation des profils en proposant de déterminer des contraintes sur les profils. GEPPETO propose des modèles et des processus génériques pour adapter les activités (papier ou logicielles) aux intentions pédagogiques des enseignants. Enfin, le modèle PERSUA2 permet de lier les contraintes sur profils de cPMDL aux contraintes sur activités de GEPPETO afin de former des stratégies pédagogiques qui reflètent les objectifs pédagogiques des enseignants.

Chaque modèle permet de capitaliser un ensemble de connaissances qui sont soit fournies par des experts lors d'une phase d'initialisation, soit fournies au fil de l'eau par les enseignants ou les EIAH voulant mettre en œuvre la personnalisation. L'outil que nous proposons intègre les interfaces supportant ce processus d'acquisition des connaissances.

Si notre modèle de personnalisation unifié n'est pas exhaustif, il possède l'avantage d'être ouvert et peut ainsi évoluer pour prendre en compte de nouvelles pratiques ou de nouveaux besoins éducatifs. Il devrait permettre, à moindre coût, d'intégrer de nouveaux types d'EIAH, comme ceux proposant des situations d'apprentissage collaboratives ou collectives. Adapte est un outil riche mais difficile à appréhender par les enseignants. Cependant, une fois la phase de prise en main franchie, il facilite considérablement la démarche de personnalisation. Les retours que nous avons à ce jour nous encouragent à poursuivre son développement, en mettant notamment l'accent sur l'amélioration de son utilisabilité par les enseignants.

## **Références**

BOURGUIN G. (2000). Un support informatique à l'activité coopérative fondé sur la Théorie de l'Activité : Le projet DARE. Thèse de doctorat, Université des Sciences et Technologies de Lille.

CHOQUET C. (2007). Ingénierie et réingénierie des EIAH : l'approche REDiM. Habilitation à Diriger des Recherches en Informatique, Laboratoire d'Informatique de l'Université du Maine.

CORDIER A., LEFEVRE M., JEAN-DAUBIAS S. & GUIN N. (2010). Concevoir des assistants intelligents pour des applications fortement orientées connaissances : problématiques, enjeux et étude de cas. In IC 2010, Nîmes.

EYSSAUTIER-BAVAY C. (2008). Modèles, langage et outils pour la réutilisation de profils d'apprenants. Thèse de doctorat en Informatique, Université Joseph Fourier.



JEAN-DAUBIAS S., EYSSAUTIER-BAVAY C., LEFEVRE M. (2009). Modèles et outils pour rendre possible la réutilisation informatique de profils d'apprenants hétérogènes. STICEF, vol. 16, ISSN 1764-7223.

LEFEVRE M. (2009). Processus unifié pour la personnalisation des activités pédagogiques : méta-modèle, modèles et outils. Thèse de doctorat, Université Claude Bernard Lyon 1.

LEFEVRE M. (2009). GEPPETO : une approche générique permettant d'adapter les activités des apprenants aux intentions pédagogiques de chaque enseignant. In RJC EIAH 2010, Lyon.

LEFEVRE M., CORDIER A., JEAN-DAUBIAS S. & GUIN N. (2009). A Teacher-dedicated Tool Supporting Personalization of Activities. In *ED-MEDIA'2009*, p. 1136-1141, Honolulu.

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. In *E-Learn'2009*, Vancouver.

LEFEVRE M., MILLE A., JEAN-DAUBIAS S. & GUIN N. (2009). A Meta-Model to Acquire Relevant Knowledge for Interactive Learning Environments Personalization. In *Adaptive 2009*, Athènes.

LEROUX P. (2002). Machines partenaires des apprenants et des enseignants - Étude dans le cadre d'environnements supports de projets pédagogiques. Habilitation à Diriger des Recherches en Informatique, Université du Maine.

MELIS E., ANDRÉS E., BÜDENBENDER J., FRISCHAUF A., GOGUADZE G., LIBBRECHT P., POLLET M. & ULLRICH C (2001). ActiveMath: A Generic and Adaptive Web-Based Learning Environment. In *IJAIED*, vol 12, p. 385-407.

MITROVIC A. (1998). A Knowledge-Based Teaching System for SQL. In *Association for the Advancement of Computing in Education*.

MURRAY T. (2003). Eon: Authoring Tools for Content, Instructional Strategy, Student Model, and Interface Design. In *Authoring Tools for Advanced Technology Learning Environments*. T. Murray, S. Blessing & S. Ainsworth (Eds), Kluwer Academic Publisher.

PERNIN J.-P. & LEJEUNE A. (2004). Dispositifs d'apprentissage Instrumentés par les Technologies : vers une ingénierie centrée sur les scénarios. In *TICE'2004*, Compiègne.

REBAÏ I. (2006). Conception et développement d'une plate-forme permettant la capitalisation de composants logiciels pour les environnements d'apprentissage humain. Thèse de doctorat en Informatique, Université René Descartes Paris V.

TCHOUNIKINE P. (2009). Précis de recherche en ingénierie des EIAH, en ligne sur le Web, <http://membres-liglab.imag.fr/tchounikine/Precis.html>.

VAN JOOLINGEN W.-R. & DE JONG T (2003). Simquest: Authoring educational simulations. In *Authoring tools for advanced technology educational software: Toward cost-effective production of adaptive, interactive, and intelligent educational software*, T. Murray, S. Blessing & S. Ainsworth (Eds), p. 1-31, Kluwer Academic Publishers.

VINCENT C., DELOZANNE E., GRUGEON B., GELIS J.-M., ROGALSKI J. & COULANGE L. (2005). Des erreurs aux stéréotypes : Des modèles cognitifs de différents niveaux dans le projet Pépite. In *EIAH'2005*, p. 297-308, Montpellier.