



HAL
open science

Modèle de personnalisation de l'apprentissage pour un EIAH fondé sur un référentiel de compétences

Sonia Mandin, Nathalie Guin, Marie Lefevre

► To cite this version:

Sonia Mandin, Nathalie Guin, Marie Lefevre. Modèle de personnalisation de l'apprentissage pour un EIAH fondé sur un référentiel de compétences. 7ème Conférence sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain - EIAH'2015, Jun 2015, Agadir, Maroc. hal-01177846

HAL Id: hal-01177846

<https://hal.science/hal-01177846>

Submitted on 17 Jul 2015

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.

Modèle de personnalisation de l'apprentissage pour un EIAH fondé sur un référentiel de compétences

Sonia Mandin, Nathalie Guin, Marie Lefevre
Université de Lyon, CNRS
Université Lyon 1, LIRIS, UMR 5205, F-69622, France
{prenom.nom}@liris.cnrs.fr

Résumé. Cet article présente un modèle de personnalisation de l'apprentissage issu du modèle PERSUA2. Ce nouveau modèle permet de proposer automatiquement des activités pédagogiques aux apprenants. Elles sont fonction de stratégies choisies par les enseignants ainsi que du contexte d'utilisation, du profil et de l'historique des apprenants dans le système. Ce modèle s'appuie sur une représentation ontologique des compétences à acquérir et repose sur différents types de règles pédagogiques qui sont présentés ici.

Mots-clés. Personnalisation de l'apprentissage, stratégies pédagogiques, évaluation de l'apprenant, génération d'activités pédagogiques, remédiation.

Abstract. This article introduces a PERSUA2-based model for personalization of learning. This new model allows the system to automatically submit pedagogical activities to learners. They depend on the strategies selected by the teachers as well as the context of utilization, the learner profile and their historic in the system. This model relies on an ontology of skills and it is based on different kinds of pedagogical rules which are presented here.

Keywords. Personalization of Learning, pedagogical strategies, learner assessment, generation of pedagogical activities, remediation.

1 Introduction

L'individualisation de l'apprentissage renvoie à l'individu [1]. Il s'agit de placer l'apprenant en autonomie face à ce qu'il apprend. La personnalisation de l'apprentissage renvoie en revanche à la façon de placer la personne dans une situation adaptée à ses capacités, attentes et besoins [4]. C'est une personnalisation par sélection des ressources et activités (cours ou exercices). L'objectif de la personnalisation peut être l'individualisation de l'apprentissage. Il faut en ce cas se doter d'un profil de l'apprenant et de modèles d'activités adéquats à un apprentissage en autonomie. Ces activités peuvent notamment concerner la remédiation en offrant « de nouvelles opportunités d'apprentissage à l'élève par des aides personnalisées en fonction de la difficulté qu'il rencontre » [4].

Nos recherches s'inscrivent dans un projet (*Cartographie des Savoirs*) dont la finalité est la conception d'un environnement informatique pour l'amélioration de

l'apprentissage des apprenants en cycle 3 d'école élémentaire. Dans ce cadre, notre équipe poursuit deux axes de travail. L'un porte sur la modélisation de l'évaluation de compétences [9] à partir d'une ontologie des savoirs institutionnels, *Ontoprax* [3]. L'autre concerne la modélisation du processus de personnalisation de l'apprentissage de sorte que l'enseignant puisse définir les types d'activités qu'il souhaite voir proposer automatiquement en fonction des compétences des apprenants. Pour cela un ensemble de stratégies préétablies par des responsables pédagogiques peuvent lui être proposées. Ce sont les travaux liés au second axe que nous présentons dans cet article.

Différents travaux dans le domaine des EIAH portent sur l'affectation d'activités en fonction des profils des apprenants [2] [5]. Dans un contexte d'enseignement, le choix des activités relève de décisions pédagogiques définissant une stratégie. C'est pour cela que nous souhaitons concevoir un système permettant la définition de stratégies pédagogiques par celui qui en est responsable (enseignant, tuteur ou autre responsable pédagogique) plutôt qu'un système imposant une stratégie fixée par ses concepteurs. Pour ce faire, nous recourons au modèle PERSUA2 [8] qui permet la définition de stratégies pédagogiques sous la forme d'ensembles de règles.

PERSUA2 [8] a été élaboré pour permettre à des enseignants de définir une stratégie pédagogique dans le choix de modèles d'exercices et pour un contexte particulier. Le domaine de connaissances relatif au contenu des exercices et le contexte sont des *inputs* fixés par l'enseignant. L'utilisation de PERSUA2 prévoit que chaque règle de la stratégie pédagogique s'applique à une connaissance spécifique du domaine (*e.g.* la multiplication de deux entiers). Dans notre projet, les connaissances du domaine sont découpées en éléments très fins à travers l'ontologie *Ontoprax* [3]. Les règles peuvent ainsi être indépendantes du domaine. Elles cibleront des classes d'éléments dans l'ontologie et non pas des éléments précis. Les items auxquels ces règles générales peuvent s'appliquer sont alors nombreux. Nous avons ainsi exploré la possibilité d'étendre le modèle PERSUA2 à la gestion de plusieurs stratégies pédagogiques génériques définies en amont, et s'appliquant en fonction des valeurs prises par les différents éléments du profil de l'apprenant, de l'historique de l'apprenant, de l'intention pédagogique de l'enseignant et du contexte d'utilisation. Nous nous focalisons dans cet article plus particulièrement sur les stratégies déclenchant l'évaluation de compétences et une éventuelle remédiation. Le modèle que nous présentons permet cependant la personnalisation de stratégies à d'autres moments de l'apprentissage comme la formation ou la révision. Le présent article se compose d'une première partie qui expose notre cadre théorique sur le diagnostic et la remédiation de compétences ainsi que le modèle PERSUA2. Une seconde partie présente l'adaptation de ce modèle pour répondre aux besoins pédagogiques issus du contexte de notre projet.

2 Personnalisation de la remédiation dans un EIAH

La remédiation est un processus de régulation pouvant intervenir à différents moments de l'apprentissage et indispensable dans un contexte d'évaluation formative [10]. Elle peut être menée par l'apprenant (remédiation interne) ou par un tiers (remédiation externe). Il est possible d'automatiser le processus de remédiation

Modèle de personnalisation de l'apprentissage

externe dans un système qui devra alors offrir « *de nouvelles opportunités d'apprentissage à l'élève par des aides personnalisées qui sont fonction de la difficulté qu'il rencontre. Cette aide doit être apportée dès que la difficulté a été diagnostiquée* » (p. 5, [4]). Différentes aides personnalisées peuvent être recensées dans la littérature sur les EIAH. Un grand nombre intègre à la fois diagnostic des difficultés rencontrées par l'apprenant et activités de remédiation.

Le processus de diagnostic se construit à partir d'une exploitation des actions des apprenants engagés dans des activités pédagogiques (e.g. réponses à des questions). Une amélioration du diagnostic peut notamment se faire à travers le choix des modèles de traitement des données recueillies. Le modèle de diagnostic des compétences utilisé dans le projet de *cartographie des savoirs* [9] permet par exemple d'évaluer l'apprenant sur tous les prérequis impliqués dans la réalisation de tâches données. C'est un modèle d'expertise-partielle (*overlay*) pour lequel une ontologie de compétences, *Ontoprax* [3] représente les connaissances du domaine. Le profil définit trois valeurs de maîtrise des compétences (valeurs de base, enrichies et agrégées) qui permettent d'apporter des informations différentes (sur l'habileté à réaliser directement un type de tâche précis, sur l'habileté à le réaliser à travers la réalisation de types de tâches plus complexes et sur l'habileté à réaliser un type de tâche tout en tenant compte de l'habileté à le réaliser quand il s'agit de cas particuliers). Le modèle de personnalisation présenté dans cet article en section 4 permet d'exploiter un tel profil de l'apprenant.

Dans une perspective de personnalisation de l'apprentissage, le choix d'activités à proposer à l'apprenant doit se fonder sur le résultat du diagnostic qu'il est fait de ses compétences. On peut alors dire qu'il y a intégration du diagnostic des compétences au processus de remédiation. Cette intégration peut se caractériser par un parcours d'apprentissage rythmé par différents moments pédagogiques (e.g. évaluation sommative, entraînement, planification de l'apprentissage, etc.), résultat d'une stratégie de formation. Les deux exemples suivants illustrent notre propos.

Favoriser l'auto-évaluation des compétences par l'apprenant par un cycle de (re-)apprentissage - (re-)évaluation initié par une phase de diagnostic : des recherches portent sur des aides dont le but est de favoriser la régulation de l'apprentissage en favorisant l'auto-évaluation. C'est le cas dans le projet INNOVRET [5]. Les auteurs associent le modèle CbKST (*competence-based knowledge space theory*) au modèle SRL (*self-regulated learning*) pour favoriser l'auto-régulation de l'apprenant. Le premier est un modèle qui implique des relations de prérequis entre compétences et des relations entre les objets d'apprentissage et les items d'évaluation. Le second est une théorie de l'apprentissage qui stipule que les apprenants peuvent réguler eux-mêmes leurs apprentissages. Kopeinik *et al* [5] considère pour cela une stratégie de formation sous forme d'un cycle répétitif divisé en 3 étapes : *forethought* (planification), *performance* (moment de l'apprentissage), *self-reflection* (auto-analyse). Il y a ainsi 2 phases de diagnostic. L'une est au moment de la planification. Elle permet de diagnostiquer les connaissances initiales sur les éléments choisis par l'apprenant. L'autre est dans la phase d'auto-analyse via l'implémentation d'un modèle probabiliste de diagnostic des connaissances par le système qui permet d'orienter les exercices utiles à l'auto-évaluation sur des connaissances de difficulté moyenne pour l'apprenant. Cette auto-évaluation permet à l'apprenant de connaître les difficultés auxquelles il doit ensuite remédier.

Remédier aux lacunes par des exercices dans un cycle diagnostic-approfondissement du diagnostic-remédiation : cherchant à corriger les lacunes, des chercheurs en EIAH se sont attachés aux remédiations à déclencher en cas de difficultés. C'est par exemple le cas d'Auzende *et al* [2]. Ces auteurs présentent l'implémentation d'un ensemble de règles orchestrant le passage d'un processus de diagnostic des (sous-)compétences à un processus de soumission d'exercices de remédiation (lors de l'identification d'une sous-compétence en cause de la non maîtrise d'une compétence) dans une stratégie de formation. Les stratégies liées à la phase de diagnostic sont de proposer des exercices à trous et, pour un approfondissement, de proposer des QCM dans lesquels chaque item erroné permet d'identifier la cause de l'erreur. Le taux de certitude de l'apprenant envers sa réponse permet aussi de déclencher la soumission de questions supplémentaires afin de confirmer la maîtrise ou non de la compétence testée. Dans la phase de remédiation, il est prévu des exercices pour lesquels un feedback correctif et explicatif est affiché en cas de mauvaise réponse fournie à un exercice. Dans ce système, le domaine de connaissances est représenté par une taxonomie de la discipline étudiée enrichie d'une série de (sous-)compétences hiérarchisées et associées aux exercices par les enseignants dans le but de tenir compte de leur expérience.

Bien d'autres systèmes intègrent du diagnostic et de la remédiation. Aux yeux des enseignants, ils se différencient par les règles de passage d'un moment pédagogique à un autre et par le déroulement et le contenu des activités au sein de chacun de ces moments. Aussi avec de tels systèmes, le rôle revient à l'enseignant de choisir l'application à utiliser en fonction de ce qui correspond le mieux à sa stratégie pédagogique. Notre propos n'est pas là de répertorier ces systèmes mais plutôt de montrer comment des phases du parcours d'apprentissage comme le diagnostic et la remédiation, que nous prenons en exemple, peuvent s'organiser dans des stratégies de formation et comment les activités définies dans des stratégies pédagogiques peuvent varier pour chacune de ces phases. Nous retiendrons par conséquent l'hypothèse que dans un modèle de personnalisation des activités d'apprentissage destiné à permettre à l'apprenant de travailler en autonomie, il y a 2 niveaux de règles à prendre en compte au-dessus des stratégies pédagogiques : l'articulation des différentes phases d'apprentissage et de leur contenu, qui forme la stratégie de formation (SF) et l'affectation des stratégies pédagogiques à soumettre dans chacune des phases d'apprentissage, que l'on désignera comme étant la méta-stratégie pédagogique (MSP). Ce sont principalement ces adaptations que nous proposons d'apporter au modèle PERSUA2 et que nous présentons après avoir décrit plus précisément le modèle initial.

3 Le Modèle PERSUA2

Lefevre, Guin et Jean-Daubias [8] suggèrent une approche qui vise la personnalisation des activités proposées aux apprenants. Elles définissent ainsi *PERSUA2* comme un modèle dans lequel les enseignants définissent une stratégie pédagogique associée à un contexte d'utilisation. Une stratégie pédagogique est un ensemble de règles d'affectation prioritaires qui déterminent les critères de choix des

activités à fournir aux apprenants en fonction de leur profil et des types d'activités disponibles. Le contexte d'utilisation est un ensemble d'informations liées au contexte de la séance de travail (comme la durée de la séance) et dont il faudra tenir compte dans l'instanciation des activités à fournir aux élèves. Chaque règle établie prend la forme *SI [conditions sur les profils] ALORS [modèles d'activités à proposer] SINON [autres modèles d'activités à proposer]*, la partie SINON étant optionnelle. Les auteures établissent ainsi dans un premier processus d'exploitation de PERSUA2, huit étapes : l'enseignant doit 1) déterminer les contraintes portant sur les profils d'apprenants 2) déterminer celles portant sur les activités, 3) lier les profils contraints à des activités (élaboration de règles) et 4) définir un contexte d'utilisation. Le système va ensuite pour chaque apprenant, 5) filtrer les règles applicables, 6) construire la liste des activités à générer, 7) créer des sessions personnalisées dans lesquelles les activités sont instanciées et 8) proposer un bilan à l'enseignant. Ce modèle permet ainsi à l'enseignant de se focaliser sur l'élaboration de ses stratégies qui seront mises en œuvre par le système.

Une implémentation de PERSUA2 a été réalisée dans l'outil Adapte [6] [7] [8]. Une adaptation du modèle PERSUA2 en vue d'une implémentation dans le cadre du projet sur la « cartographie des savoirs » est maintenant nécessaire pour prendre en compte la représentation ontologique des concepts du domaine ainsi que les intentions pédagogiques de l'enseignant.

4 Evolution du modèle PERSUA2 pour le projet sur la « Cartographie des Savoirs »

Dans *PERSUA2*, les enseignants sont amenés à personnaliser des séquences d'apprentissage en définissant leurs propres stratégies pédagogiques [8]. Cela permet de tenir compte de leur expérience comme le fait Auzende *et al* [2] en leur demandant de compléter la typologie de compétences. Dans notre évolution de PERSUA2, il est prévu que les stratégies pédagogiques tiennent compte du profil de chaque apprenant et du domaine de connaissances. Cependant, profil et domaine de connaissances étant décrits très finement, il est difficile de confier la tâche de définition des stratégies pédagogiques aux enseignants. Nous choisissons donc d'attribuer le rôle de responsable pédagogique à une tierce personne maîtrisant le contenu et l'organisation de notre référentiel de connaissances. Une fois plusieurs ensembles de stratégies pédagogiques définies, l'enseignant n'aura plus qu'à choisir celle qui lui convient. Il aura aussi à renseigner dans le système les différentes contraintes qui devront être prises en compte.

Dans notre système, le référentiel de connaissances est représenté par *Ontoprax* [3], une ontologie des compétences. C'est sur lui que se fonde un modèle de diagnostic des compétences individuelles des apprenants permettant la construction de leur profil [9]. L'ontologie décrit les rapports entre types de tâche, techniques et technologies selon une organisation des savoir-faire attendus par l'institution et définis à partir des programmes officiels, des manuels scolaires et des pratiques observées. Plus précisément, dans cette ontologie (voir figure 1), on identifie un type de tâche (*e.g.* multiplier 2 entiers) comme l'ensemble des tâches réalisables par la (ou

les) même(s) technique(s) (e.g. en additionnant le premier entier plusieurs fois) impliquant elle(s)-même(s) la mise en œuvre d'autres types de tâches (e.g. appliquer les tables d'addition). Des types de tâche peuvent ainsi être liés entre eux par des relations de prérequis. Des relations de sous-types de tâche existent aussi. Elles occurrent quand un type de tâche peut être réalisé par une technique commune à un autre type de tâche en plus de pouvoir l'être par une technique plus spécifique (e.g. pour multiplier un entier par 10, on peut soit appliquer une technique générale à la multiplication, soit ajouter un 0 au nombre multiplié). Enfin, les technologies sont des éléments théoriques (e.g. la théorie des entiers) justifiant les techniques et permettant le regroupement des types de tâche dans des ensembles plus larges (e.g. nombres et calculs).

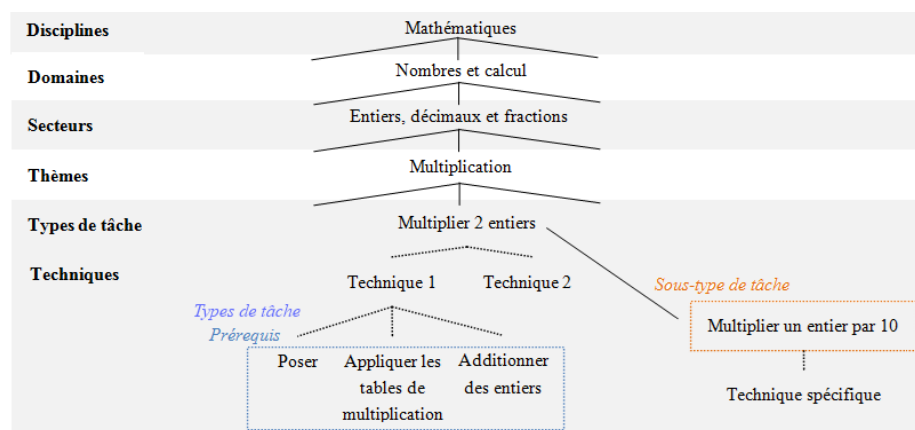


Fig. 1. Représentation simplifiée d'Ontoprax.

Les activités évaluatives et de remédiation proposées dans le système sont actuellement des QCM et des extraits de cours liés aux différents éléments de l'ontologie. Ils doivent évoluer vers d'autres types d'activités par la suite.

Dans notre modèle de personnalisation des activités soumises aux apprenants, nous avons recours à PERSUA2. Le contexte particulier nous a amenés à apporter certaines modifications au modèle. Nous les présentons ci-dessous.

Tout d'abord, il a été nécessaire de réaliser des adaptations au niveau des règles afin que celles-ci puissent désigner des types de tâches répertoriés dans notre domaine de connaissances et leur maîtrise par les élèves. Pour cela, les différentes règles qui sont utilisées dans le système doivent se référer aux éléments ontologiques du référentiel adopté, *Ontoprax* [3], tant pour définir le domaine d'intervention pédagogique que pour désigner des caractéristiques spécifiques des profils de l'apprenant. Du fait de l'existence du référentiel, les règles d'affectation seront indépendantes du domaine, par exemple « SI un type de tâche est non-acquis ou en-cours-d'acquisition ALORS proposer une activité de remédiation sur ce type de tâche ». Étant donné le grand nombre de types de tâche (TT) dans l'ontologie, cette règle va s'appliquer à plusieurs TT. Pour effectuer des choix parmi toutes les activités proposées par les règles, une priorité sur les règles n'est alors plus suffisante, puisqu'il s'agit ici d'une seule règle. Nous avons donc modifié la définition d'une

Modèle de personnalisation de l'apprentissage

stratégie pédagogique, qui est ici composée d'un ensemble de règles pédagogiques, et d'un ensemble de règles d'arbitrage. Ces règles d'arbitrage sont destinées à choisir les activités à proposer en fonction du contexte d'utilisation (par exemple la durée de la séance de travail) et de l'historique de l'élève. Dans notre exemple, une règle d'arbitrage pourrait être de donner priorité aux TT les plus "bas" dans la hiérarchie des prérequis. Les règles pédagogiques se définissent en ces termes. Ce sont des règles permettant de lister les compétences et les critères de choix des activités à travailler en fonction de caractéristiques liées au profil et aux activités possibles. Les règles d'arbitrage sont quant à elles des règles qui fixent le nombre d'activités à travailler (filtrage ou duplication) et les ordonnent en fonction des types d'activités sélectionnés et de l'historique de l'élève. La liste de types de tâche à travailler renseignée initialement par les enseignants est traitée comme une pile, *i.e.* que le système traite le type de tâche du dessus (type de tâche courant ou *TTcourant*) avant de le dépiler pour passer au suivant. Le traitement d'un *TTcourant* peut éventuellement nécessiter de traiter d'autres types de tâches non spécifiés par l'enseignant. Ces types de tâches sont alors empilés.

D'autre part, les pédagogues impliqués dans le projet ont exprimé le souhait de définir plusieurs stratégies pédagogiques correspondant à différentes intentions, comme cela est possible avec PERSUA2. Il était de plus souhaité que le système choisisse automatiquement les stratégies pertinentes en fonction d'un moment pédagogique (évaluation diagnostique, évaluation sommative finale, remédiation, formation, révision) défini par l'enseignant utilisant la plateforme. Nous avons donc introduit la notion de méta-stratégie pédagogique, un ensemble de règles qui permet de choisir les stratégies pédagogiques pertinentes en fonction du moment pédagogique. Cela nous a également amené à proposer la notion de stratégie de formation, un ensemble de règles qui permet au système de passer d'un moment pédagogique à un autre en fonction de l'évolution du profil de l'apprenant (par exemple de l'évaluation à la remédiation), en mettant également à jour la liste des compétences à travailler.

La Figure 2 présente une version simplifiée du processus de personnalisation ainsi construit. L'enseignant qui souhaite faire travailler ses élèves avec la plateforme choisit un type de tâche (TT) ou un sujet (ensemble de TT) à faire travailler, ainsi qu'un moment pédagogique (évaluation, remédiation...). Le système utilise la méta-stratégie pour choisir dans la base de stratégies pédagogiques celles qui sont pertinentes pour le moment pédagogique choisi. Il utilise les règles pédagogiques de ces stratégies pour construire une liste de TT à travailler ainsi que les types d'activités à proposer sur chacun de ces TT. Il utilise ensuite les règles d'arbitrage des mêmes stratégies, l'historique de l'élève et le contexte d'utilisation (durée de la séance de travail) pour construire un devoir personnalisé pour chaque élève. L'élève effectue alors sa séance de travail, après quoi le système met à jour son profil, puis utilise la stratégie de formation pour mettre à jour le moment pédagogique ainsi que la liste des TT à travailler. Par exemple, si le travail de l'apprenant portait sur une remédiation sur un TT, le système passe à une évaluation pour vérifier que le TT est acquis, puis au prochain cycle si c'est bien le cas, il choisira de passer à un TT dont le précédent est un prérequis.

Dans une première implémentation de ce modèle de personnalisation, nous avons écrit des règles dans le but d'orchestrer des activités de diagnostic des prérequis

nécessaires à la réalisation d'un type de tâche et des activités de remédiation le cas échéant. D'autres règles pourraient être écrites pour satisfaire les mêmes besoins mais en adoptant des stratégies différentes.

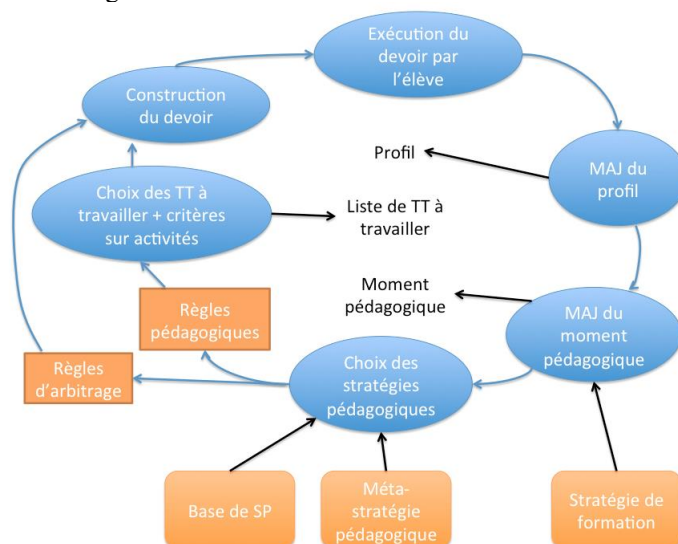


Fig. 2. Processus de personnalisation en lien avec un référentiel des connaissances.

Ces règles portent sur différents types de contraintes en fonction des objectifs qu'elles poursuivent. Elles concernent le moment pédagogique associé à un TT (*ContrainteMP*), le type de tâche à travailler initialement fixé (*ContrainteType*), le profil de l'apprenant (*ContrainteProfil*), l'historique de l'apprenant dans le système (*ContrainteHistorique*), les activités à proposer (*ContraintesActivite*) et enfin le contexte d'utilisation du système par l'apprenant (*ContraintesContexteUtilisation*).

Les contraintes s'expriment en fonction des caractéristiques choisies dans la conception du système. Par exemple, si l'on considère les moments pédagogiques (*MP*) comme référant à des temps d'apprentissage tels que le diagnostic des compétences (*diag*), l'évaluation sommative finale (*somm*) ou la remédiation (*rem*), les contraintes portant sur les MP pourront s'exprimer de la façon suivante :

```
ContrainteMP = {TTCourant.MP = ['DIAG' OU 'REM' OU 'SOMM']} OU {TTCourant.MP <> ['diag' OU 'rem' OU 'somm']} OU {ContrainteMP ET ContrainteMP} OU {ContrainteMP OU ContrainteMP}
```

Nous considérons également que la présence d'un type de tâche dans la liste des compétences à travailler peut avoir deux origines différentes : soit être une compétence initialement choisie par l'enseignant (*initial*), soit être une compétence affectée automatiquement par le système (*secondaire*). La contrainte sur le TT s'exprimera alors ainsi :

```
ContrainteType = {TTCourant.Type = ['initial' OU 'secondaire']}
```

Modèle de personnalisation de l'apprentissage

Les règles fixent les actions du système en fonction de la réalisation ou non de contraintes. Nous donnons ci-dessous l'expression générique de l'ensemble des types de règles possibles chacune associée à un exemple :

Règle de stratégie de formation pour empiler les types de tâches à travailler :

```
SI ContrainteMP ET/OU ContrainteType ET/OU  
ContrainteProfil ET/OU ContrainteHistorique  
ALORS empiler(ContrainteProfil,MP)
```

Exemple : si le système doit diagnostiquer (*ContrainteMP*) la maîtrise de la conjugaison au présent de l'indicatif d'un verbe du 1^{er} groupe (*ContrainteTT*) d'un élève dont aucune information n'est présente à ce sujet dans le profil (*ContrainteProfil*), alors le système va empiler les prérequis liés à ce TT (ie. identifier le groupe, connaître la terminaison des verbes réguliers, etc.) au sommet de la liste des TT à travailler

Règle de stratégie de formation pour dépiler les types de tâches à travailler :

```
SI ContrainteMP ET/OU ContrainteType ET/OU  
ContrainteProfil ET/OU ContrainteHistorique  
ALORS dépiler(TTcourant)
```

Exemple : si le système doit remédier (*ContrainteMP*) à la maîtrise de la conjugaison au présent de l'indicatif d'un verbe du 1^{er} groupe (*ContrainteType*) et que le nombre d'activités de remédiation a atteint un seuil fixé (*ContrainteHistorique*) sans que le profil de l'élève ne montre une maîtrise de la compétence (*ContrainteProfil*) alors le système va dépiler ce TT de la liste des TT à travailler

Règle de stratégie de formation pour mettre à jour le moment pédagogique :

```
SI ContrainteMP ET/OU ContrainteType ET/OU  
ContrainteProfil ET/OU ContrainteHistorique  
ALORS Modifier(MP)
```

Exemple : si le système doit diagnostiquer (*ContrainteMP*) la maîtrise de la conjugaison au présent de l'indicatif d'un verbe du 1^{er} groupe (*ContrainteTT*) d'un élève dont le profil indique avec certitude une

non-maîtrise de la compétence (*ContrainteProfil*) alors le système va passer à un moment pédagogique de remédiation

Règle de MSP pour fixer les SP à appliquer :

SI *ContrainteMP* ALORS Appliquer(SP)

Exemple : Si le moment pédagogique (*ContrainteMP*) est remédiation alors le système va activer l'ensemble des règles liées à la stratégie pédagogique de remédiation

Règle pédagogique pour lister les TT et les critères de choix des activités à travailler en fonction de caractéristiques liées au profil et aux activités possibles :

SI *ContrainteMP* ET/OU *ContrainteProfil* ET/OU *ContrainteHistorique*
ALORS AjouterCriteresActivites(*TypeActivite*, TT)

Exemple : Si le système doit remédier (*ContrainteMP*) à la maîtrise de la conjugaison au présent de l'indicatif d'un verbe du 1^{er} groupe (*ContrainteType*) alors le système va définir une activité à soumettre à l'élève liées à la « conjugaison des verbes du 1^{er} groupe » pour des élèves du niveau de l'utilisateur (par exemple « CP ») et sous forme de « QCM »

Règle d'arbitrage permettant de fixer le nombre d'activités à travailler et de les ordonnancer en fonction des caractéristiques du devoir à construire et de l'historique de l'apprenant :

SI *ContrainteActivite* ET/OU *ContrainteContexteUtilisation* ALORS
OrdonnerActivites(*CritereOrdonnancement*)

Exemple : Si le système a sélectionné plusieurs activités à soumettre à l'élève (*ContrainteActivite*) et que la durée de la session de travail est limitée (*ContrainteContexteUtilisation*) alors il doit proposer les activités les plus rapides à réaliser en premier

Les règles ainsi définies permettent de prendre en compte le profil actualisé de l'apprenant dans les activités qui lui sont proposées. Les activités sont personnalisées en fonction de son profil et son profil est mis à jour au fur et à mesure qu'il réalise les activités. Le modèle permet de la sorte d'exploiter les actions des apprenants lors

d'activités pédagogiques pour agir sur le choix des activités à lui soumettre. L'efficacité du modèle dépendra ensuite de la pertinence des règles définies et du référentiel de compétence utilisé.

Finalement, nous définissons là un méta-modèle permettant l'implémentation d'autres modèles comme celui, par exemple, de Kopeinik *et al* [5]. Dans le cas de ce dernier (voir description en section 3), la stratégie de formation permettrait de définir les passages à des moments pédagogiques qualifiés de planification, d'apprentissage et d'auto-analyse et la définition de la liste des compétences à travailler. La phase de planification donnerait alors lieu, par exemple, à l'application d'une stratégie pédagogique dans laquelle une règle prévoirait la définition de critères de sélection d'une liste de compétences parmi lesquelles l'apprenant, dans le cadre d'une première activité, sélectionnerait celle à travailler. Une autre règle définirait les critères d'activités évaluatrices de la compétence choisie. L'évaluation faite, la règle de la stratégie de formation permettant le passage d'un moment pédagogique au suivant s'appliquerait. Le cycle d'apprentissage pourrait faire appel à des stratégies diverses allant du simple affichage du cours sur la connaissance à travailler à une stratégie d'apprentissage et d'entraînement des plus complètes. Le cycle d'apprentissage fini (temps écoulé, nombre d'activité fixé atteint, réussite suffisante à des exercices, etc.), le moment pédagogique serait de nouveau mis à jour via l'application d'une règle de la stratégie de formation pour laisser place à un nouveau moment, celui de l'auto-analyse. Ce cycle donnerait lieu à la réalisation d'une stratégie pédagogique dont une règle permettrait de définir (via un modèle probabiliste *ad-hoc*) une connaissance sur laquelle l'apprenant devra s'évaluer et une seconde règle spécifierait les activités à proposer pour aider l'apprenant à mieux juger de la maîtrise de la connaissance questionnée. Enfin, une troisième règle permettrait de définir l'activité d'auto-évaluation permettant à l'apprenant de s'autoévaluer. C'est la cohérence de l'auto-évaluation avec les résultats réels de l'apprenant stockés dans son profil qui pourrait alors permettre de guider une nouvelle itération du cycle vers des activités davantage « remédiatrices » que formatives. Le modèle d'apprentissage d'Auzende *et al* [2] pourrait aussi être utilisé pour définir d'autres stratégies pédagogiques.

5 Discussion

Le modèle présenté dans cet article est une évolution du modèle PERSUA2 [8], un modèle de personnalisation de l'apprentissage. Cette adaptation est guidée par le fait de vouloir placer l'apprenant en autonomie dans son apprentissage et de permettre le recours à des règles pédagogiques indépendantes du domaine. Le modèle a été pensé de sorte à être compatible avec divers modèles permettant par exemple de générer des exercices (semi-)automatiquement ou apportant un nouveau cadre de connaissances du domaine.

Dans notre adaptation de PERSUA2, la définition de stratégies pédagogiques fondées sur le domaine de connaissances que nous adoptons, *Ontoprax* [3] est complexe. En l'absence d'éditeur de stratégies pédagogiques permettant la réalisation de ces tâches dans un langage plus naturel, il est préférable que ce travail soit effectué

en amont par les responsables pédagogiques et non pas directement par les enseignants.

Les stratégies pédagogiques qui peuvent être définies sont nombreuses et d'elles, dépendra pourtant l'efficacité du système sur l'apprentissage. L'intérêt du modèle dans l'enseignement est donc pressenti mais il ne pourra se mesurer sur le terrain qu'à travers les stratégies qui seront définies. Nous proposons dans l'article des modèles élaborés par d'autres chercheurs [2] [5] et leur utilisation dans la définition de stratégies pédagogiques afin de bien montrer le potentiel de notre modèle de personnalisation. Trois objectifs peuvent guider la poursuite de ce travail : permettre à l'enseignant d'automatiser la soumission d'activités pédagogiques à ses élèves selon les stratégies qui lui conviennent, apporter à l'apprenant un moyen de progresser en autonomie et enfin, offrir au chercheur un modèle pour comparer l'efficacité de ses différentes stratégies pédagogiques.

Remerciements. Le projet “*Cartographie des savoirs*” a reçu un financement du “Programme d'Investissements d'Avenir” suite à l'appel à projets e-Education n°2.

Références

1. Aouag, S. : Individualisation de l'apprentissage dans un Système Tuteur Intelligent : cas de l'apprentissage de la lecture dans un système AMICAL. Computer science, Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II (2010)
2. Auzende, O., Giroire, H., Le Calvez, F. : Séquences d'entraînement guidées par les erreurs. Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH 2013), Toulouse (2013)
3. Chaachoua, H., Ferraton, G., Desmoulins, C. : Utilisation du modèle praxéologique de référence dans un environnement informatique d'apprentissage humain. 4^o Congrès International de la Théorie Anthropologique du Didactique, Toulouse (2013)
4. Dehon, A., Derobertmasure, A. : Outils de remédiation immédiate : pour plus d'efficacité et d'équité dans le processus d'enseignement à l'école fondamentale. Efficacité et équité en éducation (2008)
5. Kopeinik, S., Nussbaumer, A., Winter, L.-C., Albert, D., Dimache, A. : Combining Self-Regulation and Competence-based Guidelines to Personalise the Learning Experiences in Moodle. ICALT (2014) 62–64
6. Lefevre, M. : Processus unifié pour la personnalisation des activités pédagogiques : méta-modèle, modèles et outils. Thèse de doctorat, Université Claude Bernard Lyon 1, France (2009)
7. Lefevre, M., Cordier, A., Jean-Daubias, S., Guin, N. : Quels modèles de connaissances pour une personnalisation unifiée de l'apprentissage. 22^e journée francophone d'ingénierie des Connaissances (IC 2011), Chambéry, France (2011) 657–672
8. Lefevre, M., Guin, N., Jean-Daubias, S. Personnaliser des activités pédagogiques de manière unifiée : une solution à la diversité des dispositifs. STICEF, 19 (2012)
9. Mandin, S., Guin, N. Basing learner modelling on ontology of knowledge and skills. ICALT (2014) 321–323
10. Perrenoud, P. Evaluation formative : cinquième roue du char ou cheval de Troie ?. Journal de l'association pour le développement de la mesure et de l'évaluation en éducation (ADMEE-CANADA), vol. 5, 4 (1988) 21–28.