

Génération d'exercices au sein du projet PERLEA

Lefevre Marie, Jean-Daubias Stéphanie, Guin Nathalie
Université de Lyon, Lyon, F-69003, France
Université Lyon 1, Lyon, F-69003, France
LIRIS, Villeurbanne, F-69622, France ; CNRS, UMR5205
Bâtiment Nautibus, 8 bd Niels Bohr, Campus de la Doua
69622 Villeurbanne Cedex
FRANCE

{Marie.Lefevre, Stephanie.Jean-Daubias, Nathalie.Guin}@liris.univ-lyon1.fr

Résumé

L'étude réalisée concerne la personnalisation de l'apprentissage par l'exploitation de profils d'apprenants à travers le projet PERLEA. Notre objectif était de concevoir un module gérant la proposition d'activités papier-crayon. Pour cela, nous avons proposé une typologie des exercices pouvant être donnés à un apprenant, ainsi que l'architecture des générateurs permettant de créer la totalité de ces exercices.

1. Introduction

L'un des enjeux de la recherche sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH) est la personnalisation de l'apprentissage. Cette personnalisation passe notamment par l'utilisation de profils d'apprenants rassemblant des informations sur l'apprenant caractérisant ses connaissances, ses compétences, ses conceptions et/ou son comportement. Ces informations sont collectées ou déduites à l'issue d'activités pédagogiques, qu'elles soient informatisées ou non [6].

La personnalisation de l'apprentissage, que ce soit dans le cadre d'un enseignement classique ou d'un EIAH, peut concerner les interactions entre l'enseignant / l'environnement et l'apprenant ainsi que les activités pédagogiques proposées à l'apprenant. C'est ce deuxième aspect qui nous intéresse particulièrement dans notre recherche.

Personnaliser les activités pédagogiques proposées à l'apprenant à l'aide d'un profil d'apprenant consiste soit à utiliser des systèmes à base de connaissances capables de générer les activités pédagogiques les plus adaptées à un profil donné, soit à fournir à l'enseignant des outils lui permettant de réaliser cette tâche lui-même. Nous avons souhaité associer ces deux aspects

dans Adapte, un module de l'environnement informatique associé au projet PERLEA.

Après avoir présenté un scénario d'usage, nous présenterons le projet PERLEA et l'environnement développé dans le cadre de ce projet. Nous parlerons ensuite du module Adapte. Pour concevoir ce module, nous avons proposé une typologie d'exercices pouvant être donnés à un apprenant, ainsi que l'architecture de huit générateurs permettant de créer la totalité de ces exercices. Nous détaillerons ces deux points avant de parler de leur implémentation et de la validation que nous en avons faites.

1.1. Scénario d'usage

Un enseignant utilise dans sa classe de CE2 un EIAH de géographie. Cet EIAH fournit un profil pour chaque élève à la fin de chaque session. L'enseignant a, de plus, fait passer à tous ses élèves les évaluations nationales du début d'année. Ces évaluations fournissent un diagnostic sur les réussites, les erreurs et les difficultés de chaque élève en mathématiques et en français.

L'enseignant dispose ainsi pour chacun de ses élèves de plusieurs profils issus de sources diverses, EIAH et évaluations papier, et portant sur plusieurs disciplines. Il souhaite exploiter ces profils d'une manière globale pour fournir à chacun de ses élèves des feuilles d'exercices personnalisées, portant sur plusieurs matières, afin qu'ils travaillent en autonomie.

Actuellement, ce scénario peut difficilement être mené à bien. Tout d'abord, il n'existe pas d'outil permettant de traiter des profils existants issus de sources diverses. Ensuite, la proposition de feuilles d'exercices personnalisées peut être faite par l'enseignant mais celui-ci doit, soit créer lui-même les exercices, soit prendre des exercices existants et les adapter manuellement à ses besoins et à ses méthodes

de travail. Il doit de plus décider pour chaque élève quel exercice mettre dans sa feuille. Ce travail demande un fort investissement de la part de l'enseignant.

1.2. Projet PERLEA

Le projet PERLEA (Profils d'Elèves Réutilisés pour L'Enseignant et l'Apprenant) souhaite favoriser l'intégration des EIAH dans l'enseignement en établissant des passerelles entre certains EIAH et les pratiques des enseignants. Pour cela, nous nous intéressons, de façon générique, aux profils d'apprenants et à leur exploitation *a posteriori* pour le suivi des apprenants d'une part et la personnalisation de l'apprentissage d'autre part [6].

Nous souhaitons ainsi concevoir un environnement permettant aux enseignants de manipuler des profils existants. Cet environnement comporte deux phases : l'intégration des profils existants et l'exploitation des profils ainsi restructurés.

Afin de mieux comprendre son fonctionnement, reprenons l'exemple de notre enseignant de CE2 avec des profils issus de l'EIAH de géographie et des profils de mathématiques et français issus des évaluations nationales. La réutilisation des profils nécessite de connaître leur structure. L'enseignant va donc définir une structure de profil unique en décrivant les informations contenues dans les deux types de profils. Cette structure de profil intègre les informations sur les trois disciplines. L'enseignant précise ensuite au système comment convertir automatiquement les profils issus de l'EIAH pour obtenir les données de géographie, et saisit les informations relatives aux mathématiques et au français. L'enseignant dispose, à la fin de la phase d'intégration, d'un profil unique pour chacun de ses élèves.

La seconde phase de l'environnement propose des exploitations riches des profils ainsi créés. Une de ces exploitations est de proposer aux apprenants des activités adaptées à leurs profils. Ces activités peuvent être des feuilles d'exercices proposées par le système ou des activités informatisées gérées par un autre EIAH. Cela se fait à travers le module Adapte que nous décrivons maintenant.

1.3. Adapte, un module pour proposer des activités personnalisées

Le module Adapte a pour rôle de fournir aux apprenants des activités adaptées à leur profil. Ces activités peuvent être des exercices papier-crayon ou des activités informatisées gérées par un autre EIAH.

Dans le cas d'activités papier-crayon, Adapte va fournir une feuille d'exercices propre au profil de chaque apprenant. Pour cela, il va générer les exercices contenus dans la feuille et déterminer la taille de la feuille d'exercice. Il fournira de plus à l'enseignant la correction des exercices contenus dans les feuilles.

Dans le cas d'activités informatisées, Adapte définit des sessions personnalisées sur un EIAH en fonction du profil de l'apprenant. Pour cela, il utilise le générateur d'exercices de l'EIAH ou les choisit dans la base de données des exercices de l'EIAH. Il détermine de plus l'ordre des exercices, leur nombre ainsi que la durée de la session.

Dans cet article, nous décrivons le travail de conception mis en œuvre sur la partie d'Adapte proposant des activités papier-crayon.

2. Génération d'activités papier-crayon

Dans le contexte d'Adapte, une activité papier-crayon est une feuille d'exercices à imprimer. Les exercices qu'elle contient peuvent porter sur plusieurs disciplines et ce quelque soit le niveau scolaire dans lequel elle est utilisée. Nous expliquerons donc comment nous avons fait l'inventaire des exercices proposés aux apprenants par les enseignants de toutes disciplines à l'école primaire, au collège et au lycée, puis nous montrerons comment nous avons mis en place un système informatique capable de les générer, en utilisant ou non des générateurs existants.

2.1. Typologie d'exercices

En étudiant le programme scolaire 2005-2006 tiré des textes officiels du Ministère de l'Education Nationale, de la Recherche et de la Technologie, puis en travaillant avec des enseignants du primaire partenaires du projet PERLEA, nous avons identifié quinze types d'exercices pouvant être proposés à un élève, toutes matières et tous niveaux confondus, et défini une typologie d'exercices (cf. Figure 1). Avant de définir formellement les termes contenus dans cette typologie, nous allons prendre un exemple d'utilisation de celle-ci pour mieux la comprendre.

Reprenons notre enseignant de CE2. Celui-ci souhaite créer des exercices pour que ses élèves travaillent en mathématiques sur l'ordonnement de nombres relatifs. Pour cela, il sélectionne le patron « Organisation d'éléments » (cf. C sur la Figure 1), puis affine son choix en choisissant le patron opérationnel « Classer des objets » (cf. C1 sur la Figure 1).

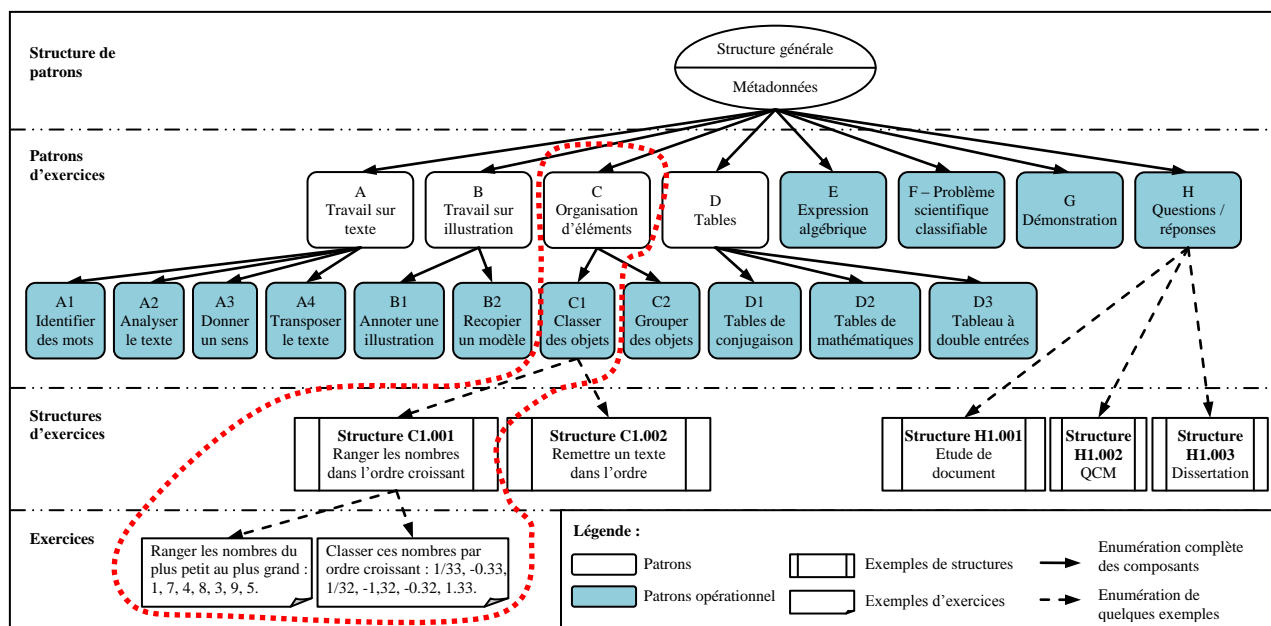


Figure 1. Typologie d'exercices papier-crayon

À partir de ce patron opérationnel, le système présente à l'enseignant une interface lui permettant de spécifier les contraintes de génération d'exercices. C'est à ce moment là que l'enseignant formule son souhait de travailler sur des nombres relatifs et spécifie que l'organisation de ces nombres doit se faire par ordre croissant. Il précise également des contraintes sur le choix des nombres contenus dans l'exercice (pas de fraction, pas de multiple de 10...). Toutes ces contraintes sont mémorisées dans une structure d'exercices (cf. Structure C1.001 sur la Figure 1). C'est à partir de cette structure d'exercices que le système génèrera les exercices contenus dans les feuilles d'exercices personnalisées. Il pourra ainsi générer des exercices différents à partir de la même structure d'exercices.

Plus formellement, notre typologie contient huit patrons d'exercices dont certains sont décomposables en patrons opérationnels. Un *patron d'exercices* (par exemple, C : Organisation d'éléments, sur la Figure 1) définit une catégorie d'exercices se générant tous avec le même générateur d'exercices. Un *patron opérationnel* (par exemple, C1 : Classer les objets, sur la Figure 1) spécifie une sous-catégorie d'exercices se générant avec le générateur d'un patron (ici C), mais avec des types de contraintes de génération particulières. Notre typologie contient quinze patrons opérationnels permettant de définir quinze types d'exercices. La structure générique de ces patrons et l'ensemble des métadonnées communes à tous les patrons sont définies dans une *structure de patrons*. A partir de là, créer une *structure d'exercices* consiste à

associer à un patron opérationnel des contraintes de génération précises et créer un *exercice* consiste à attribuer des valeurs respectant ces contraintes aux paramètres de la structure d'exercices. Les exercices créés seront constitués d'éléments d'énoncé et d'éléments de réponse pour l'apprenant, ainsi que de la solution pour l'enseignant.

2.2. Génération d'exercices

Dans cette section, nous présentons comment le système génère les exercices correspondant aux huit patrons d'exercices que nous avons identifiés dans notre typologie d'exercices (cf. A à H dans la Figure 1). Nous montrons comment nous avons étudié l'existant en termes de générateurs, réfléchi à la possibilité d'en réutiliser certains dans notre système et conçu une architecture générique que nous avons ensuite spécialisée pour les générateurs utiles à Adapte.

2.2.1. Quel type de générateur pour Adapte ?

L'étude des générateurs d'exercices existants nous permet de les classer en trois catégories.

Tout d'abord, les *générateurs automatiques* génèrent des exercices sans aucune intervention de l'utilisateur [1, 2]. Leur avantage est de créer rapidement une grande quantité d'exercices, mais ceux-ci ne sont pas paramétrables par les enseignants qui ne peuvent donc pas les adapter ni à leurs habitudes de travail, ni aux spécificités de leurs élèves.

À l'opposé, les *générateurs manuels*, appelés outils auteurs, guident l'utilisateur lors de la conception des

exercices [3]. Leur avantage est qu'ils laissent une totale liberté à l'enseignant tant au niveau du domaine d'application que pour le contenu pédagogique de l'exercice. En contrepartie, l'enseignant doit définir entièrement l'exercice et ses solutions, ce qui est long et fastidieux et constitue un frein à l'utilisation de ces systèmes.

Entre les deux, les *générateurs semi-automatiques* construisent eux-mêmes les énoncés des exercices, mais ils laissent l'utilisateur intervenir dans le processus de création en lui permettant de spécifier un ensemble de contraintes sur les exercices qu'il souhaite créer [4]. Les générateurs semi-automatiques possèdent les avantages des générateurs automatiques (génération rapide d'une quantité importante d'exercices) en donnant une solution à leur manque de souplesse : les enseignants peuvent paramétrer les exercices générés.

Dans le cas d'Adapte, le plus intéressant semble d'intégrer des générateurs semi-automatiques puisqu'ils créent un grand nombre d'exercices en permettant de personnaliser leur génération. Le problème est de savoir si cela est faisable pour tous les patrons d'exercices que nous avons identifiés. Par exemple, fournir un générateur semi-automatique pour la création de QCM, pour tous domaines et tous niveaux, semble irréaliste. Il faudrait en effet des bases de connaissances de très grande taille pour couvrir toutes les disciplines et tous les niveaux d'études. Une solution intermédiaire consiste à proposer à l'enseignant un générateur manuel permettant de fournir la base de connaissances pour un exercice (une série de questions avec pour chacune plusieurs propositions). Le système choisit ensuite un certain nombre de questions et leurs réponses, en remplaçant certains termes par des termes équivalents pour faire varier les énoncés. Cette solution permet, pour une même structure d'exercices, de générer des QCM différents : ils n'auront que certaines questions en commun, et pour celles-ci, ils n'auront pas forcément les mêmes propositions de réponse. Cette démarche, consistant à demander à l'enseignant de fournir les

bases de connaissances des générateurs semi-automatiques, sera utilisée dans les cas où les générateurs semi-automatiques classiques semblent irréalistes dans notre contexte générique.

Notre choix se portant sur des générateurs semi-automatiques, nous avons ensuite étudié la possibilité, pour chaque patron d'exercices d'Adapte, de se servir de générateurs existants. Excepté pour les exercices du type F sur la Figure 1, les générateurs que nous avons pu étudier nécessitent une saisie complète des exercices par l'enseignant ou créent des exercices sans laisser les enseignants intervenir dans le processus de création. En les utilisant, nous n'aurions donc pas pu proposer aux enseignants une part d'aléatoire dans la génération de leurs exercices. Pour les problèmes scientifiques classifiées (cf. F sur la Figure 1) nous avons intégré GenAMBRE, le générateur d'AMBRE-Enseignant [4] implémenté pour créer des problèmes additifs dans l'EIAH AMBRE-add. En fournissant les bases de connaissances nécessaires, ce générateur peut être utilisé de manière générique et ainsi fournir des exercices portant sur des problèmes de dénombrement, de thermodynamique, etc.

2.2.2. Architecture de générateurs semi-automatiques. À chaque patron d'exercices présenté sur la Figure 1 va correspondre un générateur d'exercices qui crée l'exercice pour l'apprenant et la correction pour l'enseignant. Cette correction sera soit définie par le générateur lorsque que cela est possible, soit saisie par l'enseignant. De même, si certaines contraintes ne sont pas spécifiées par l'enseignant, elles seront définies par le système. De plus, lors de la génération d'un exercice, la structure d'exercices pourra contenir des contraintes de re-génération permettant de ne pas fournir plusieurs fois le même exercice pour la même structure. Tous les générateurs proposés pour Adapte respectent une architecture générique (cf. Figure 2) que nous allons détailler avant de l'illustrer.

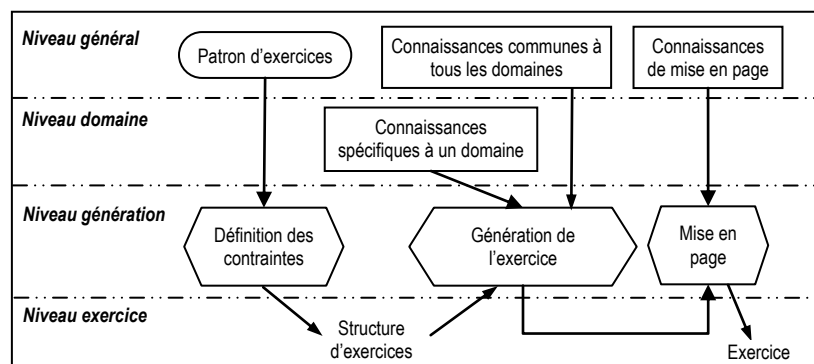


Figure 2. Architecture générique de générateurs d'exercices

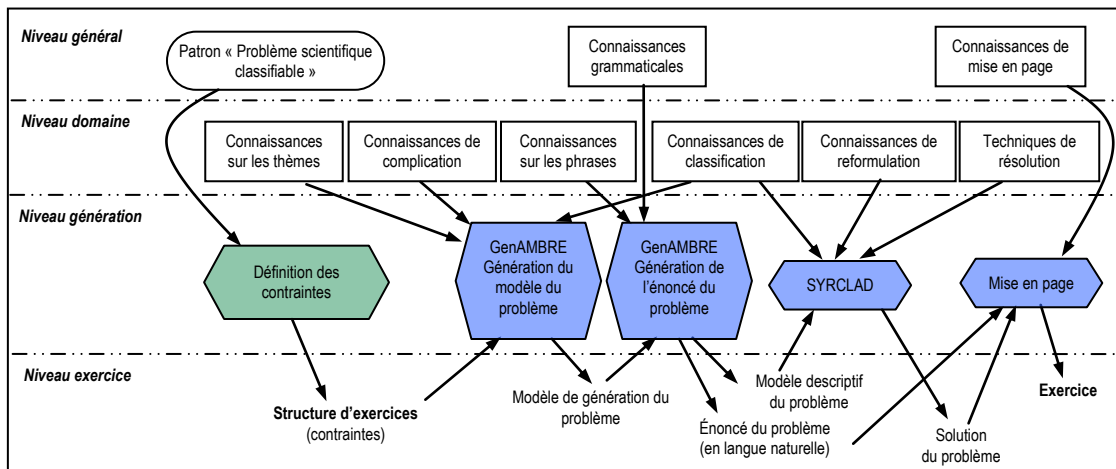


Figure 3. Architecture du générateur « Problème scientifique classifiable »

Cette architecture générique des générateurs d'exercices permet de distinguer quatre niveaux : le *niveau général* contient les connaissances indépendantes du domaine pour lequel on souhaite générer un exercice, par exemple les connaissances permettant d'écrire un énoncé en langue naturelle. Le *niveau domaine* contient les connaissances propres au domaine d'application, par exemple des connaissances de calcul. Le *niveau génération* contient les processus propres à la création d'un exercice : la définition de contraintes sur un patron d'exercices mémorisées dans une structure d'exercices, l'instanciation de cette structure pour générer un exercice et sa solution puis la mise en page permettant de fournir des exercices ayant une présentation homogène. Enfin, le *niveau exercice* contient les documents propres à l'exercice créé dont la structure d'exercices et son instanciation (un énoncé d'exercice et sa correction).

Pour illustrer la généralité de cette architecture, nous allons expliquer comment nous l'avons appliquée au générateur de problèmes scientifiques classifiables (cf. Figure 3). Les exercices de ce type, que l'on retrouve dans les matières dites scientifiques (mathématiques, physique, chimie...), sont fondés sur des classes de problèmes. On attend que l'élève résolve le problème dont on lui fournit l'énoncé en identifiant la classe de ce problème. Donnons un exemple : « On dispose d'un jeu de 32 cartes. On en tire 5 simultanément. Quel est le nombre de tirages contenant exactement 2 valets et 2 cœurs ? ». Pour générer ce type d'exercice, le système possède le patron d'exercices correspondant, les connaissances de niveau général (connaissances grammaticales ; connaissances de mise en page), ainsi que les connaissances du domaine (connaissances sur les phrases, leur thème et les complications d'énoncés possibles ; connaissances

de classification, reformulation et techniques de résolution de problème qui permettent au système de résoudre le problème). Lors de la génération, l'enseignant précise, grâce à une interface adaptée, les contraintes de génération qui sont ensuite mémorisées dans la structure d'exercices. La création de l'exercice utilise le générateur GenAMBRE [4], puis le résolveur SYRCLAD [5] pour fournir la solution du problème proposé. Pour finir, une étape de mise en page uniformise la présentation des exercices proposés par Adapte.

Nous avons spécialisé d'une manière analogue l'architecture générique pour définir les générateurs d'exercices associés aux patrons de la Figure 1 sauf pour le patron « Démonstration ».

3. Validation

Tout d'abord nous avons proposé une typologie des exercices pouvant être donnés à un apprenant au primaire, collège et au lycée. Cette typologie comprend quinze types d'exercices. Nous l'avons définie avec les enseignants partenaires du projet PERLEA. Ces enseignants étaient des enseignants de l'école primaire. Pour tester sa portée, nous avons travaillé avec des enseignants de collège. Nous avons regardé chacun des exercices qu'ils utilisent pour leurs cours de français, anglais, mathématiques, sciences et vie de la terre et histoire-géographie allant de la 6^{ème} à la 3^{ème}. L'ensemble des exercices utilisés étaient contenus dans notre typologie. Nous devons à présent faire une évaluation plus rigoureuse en faisant appel à des experts en sciences de l'éducation pour valider complètement notre typologie, tant au niveau de sa généralité que de son exhaustivité.

Nous avons ensuite fixé les architectures des huit générateurs d'exercices que nous avons jugés nécessaires pour créer les exercices de notre typologie. Ces architectures génériques pourront être utilisées pour développer des générateurs d'exercices, et ce quel que soit leur contexte d'utilisation. Si elles facilitent la mise en place des générateurs dans de nouveaux domaines d'application, ces architectures n'évitent pas le travail important d'instanciation des bases de connaissances propres au domaine. Nous avons pu tester la généralité de ces générateurs en implémentant certains d'entre eux pour des domaines variés (nous avons par exemple implémenté le générateur de tables permettant de proposer des exercices de conjugaison mais aussi de multiplication ou d'addition et le générateur de travail sur texte permettant de faire des exercices de français, d'histoire, etc.).

Nous avons ensuite développé le logiciel Adapte. La conception du module s'étant faite en partenariat avec des enseignants et le logiciel étant dès à présent utilisable, nous l'avons présenté à ces enseignants. Leurs retours semblent le valider. Nous devons à présent en faire une évaluation plus rigoureuse. Cela se fera en mettant en place des expérimentations avec des enseignants sans rapport avec la conception du module, expérimentations faisant appel à tous les modules de l'environnement du projet PERLEA concernés et allant de la définition d'une structure de profils par l'enseignant à l'utilisation effective des activités personnalisées par les apprenants.

Dans la continuité de ce travail, nous nous intéressons actuellement à la conception de la seconde partie d'Adapte, qui proposera des sessions adaptées aux compétences de l'apprenant sur un EIAH externe.

4. Références

- [1] D. Bouhineau, A. Bronner, H. Chaachoua and J.-F. Nicaud, **Patrons d'exercices pour APLUSIX : Une étape du développement de l'EIAH occasion d'un travail entre didacticiens et informaticiens.** *in* "Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EAIH'2005)", Montpellier, France, pp. 377-382, 25-27 mai 2005.
- [2] R.R. Burton, **Diagnosing bugs in a simple procedural skill.** *in* "Intelligent Tutoring Systems", Academic Press, London, 1982.
- [3] J.-P. David, A. Cogne and A. Dutel, **Hypermedia exercises prototyping and modelising.** *in* "Computer Aided Learning and Instruction in Science and Engineering", S.B. Heidelberg, Ed., pp. 252-260, 1996.
- [4] N. Duclosson, S. Jean-Daubias and S. Riot, **AMBRE-enseignant : un module partenaire de l'enseignant pour créer des problèmes.** *in* "Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EAIH'2005)", Montpellier, France, pp. 353-358, 25-27 mai 2005.
- [5] N. Guin-Duclosson, **SYRCLAD : une architecture de résolveurs de problèmes permettant d'explicitier des connaissances de classification, reformulation et résolution.** *in* Revue d'Intelligence Artificielle, *volume* 13-2, 1999.
- [6] S. Jean-Daubias and C. Eyssautier-Bavay, **An environment helping teachers to track students' competencies.** *in* "Workshop LEMORE, Artificial Intelligence in Education (AIED'2005)", Pays-Bas, 2005.