



HAL
open science

Ingénierie des profils d'apprenants

Stéphanie Jean-Daubias

► **To cite this version:**

Stéphanie Jean-Daubias. Ingénierie des profils d'apprenants. Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain. Université Claude Bernard - Lyon I, 2011. tel-00699325

HAL Id: tel-00699325

<https://theses.hal.science/tel-00699325v1>

Submitted on 21 May 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.

Résumé de nos travaux de recherche

Nos recherches s'inscrivent dans le domaine des EIAH (Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain). Nous considérons ici les EIAH au sens large : s'ils concernent principalement les environnements informatiques explicitement destinés à favoriser l'apprentissage humain, nous revendiquons que les systèmes s'adressant aux enseignants pour les aider dans leur tâche d'enseignement relèvent également des EIAH. Au sein de ce domaine pluridisciplinaire, nos contributions se situent en informatique, avec une démarche proche de celle proposée par l'ingénierie dirigée par les modèles, même si nos recherches sont enrichies par l'apport d'autres disciplines.

Le cœur de nos travaux concerne l'ingénierie des profils d'apprenants, que nous abordons sous l'angle de la réutilisation de profils d'apprenants pour les exploiter dans une optique de personnalisation, en cherchant à adopter une approche unifiée. Plus précisément, nous cherchons à trouver les moyens de permettre à des acteurs, éventuellement différents de leurs créateurs, de réutiliser des profils d'apprenants dans le but de proposer des exploitations mutualisées des profils à travers des activités personnalisées, adaptées aux besoins des enseignants, dans une démarche générique permettant de considérer différents niveaux scolaires et universitaires, ainsi que les disciplines les plus variées.

Nous avons abordé cette problématique en proposant des méta-modèles, modèles et processus qui traitent la plupart des étapes du cycle de vie des profils d'apprenants que nous avons spécifié. Nous avons mis en œuvre ces différents modèles théoriques de façon opérationnelle dans des outils unifiés, qui, malgré la généralité de l'approche, prennent en compte les spécificités des apprenants d'une part et des différents utilisateurs d'autre part. Nous avons également explicité comment se fait cette articulation entre généralité des modèles et spécificités des besoins.

Pour permettre aux différents acteurs de l'apprentissage de gérer les profils d'apprenants existants dans toute leur diversité, nous avons proposé et opérationnalisé le langage de modélisation de profils PMDLe, ainsi que plusieurs extensions (sPMDLe, pPMDLe, cPMDLe, vPMDLe, rPMDLe) qui l'étendent en permettant diverses actions sur les profils respectant ce langage (transformations de profils, définition de contraintes sur profils PMDLe, de vues sur profils, de représentations d'éléments de profils).

Afin d'identifier les activités permettant d'exploiter toute la richesse des profils d'apprenants, nous avons établi une typologie des activités sur les profils destinées tant aux apprenants qu'aux autres acteurs de l'apprentissage, une typologie des activités papier-crayon et une typologie des activités logicielles personnalisables. Nous avons également développé deux modules destinés à mettre en œuvre les activités identifiées dans ces typologies, l'un pour travailler sur les profils d'apprenants, et l'autre pour proposer des activités pédagogiques papier-crayon et logicielles personnalisées en fonction des profils d'apprenants.

Pour personnaliser les activités proposées aux apprenants, à partir de leurs profils, tout en tenant compte des besoins des enseignants, nous avons défini et mis en œuvre deux modèles de personnalisation : PERSUA2 propose une personnalisation unifiée des activités pédagogiques et PERSUMAP propose une personnalisation unifiée multi-aspects des activités sur les profils d'apprenants.

Nous pensons que l'ensemble de nos contributions, qui s'imbriquent les unes aux autres pour former un ensemble cohérent, constituent une avancée dans les recherches en EIAH, tant par les modèles et leurs mises en œuvre eux-mêmes, que par les concepts qu'ils sous-tendent qui peuvent être appliqués à d'autres contextes, voire à d'autres domaines.

Plan du document

REMERCIEMENTS	3
RÉSUMÉ DE NOS TRAVAUX DE RECHERCHE	5
PLAN DU DOCUMENT	7
INDEX DES ILLUSTRATIONS	9
PARTIE 1 – INTRODUCTION : UNE APPROCHE GÉNÉRIQUE ET UNIFIÉE DE GESTION DE PROFILS D’APPRENANTS	13
1.1 THÉMATIQUE ET DÉMARCHÉ DE RECHERCHE	15
1.2 PROBLÉMATIQUE DE L’INGÉNIERIE DES PROFILS D’APPRENANTS	19
1.3 CONTEXTE DE NOS RECHERCHES	22
1.3.1 <i>Projet PÉPITE</i>	22
1.3.2 <i>Projet AMBRE</i>	22
1.3.3 <i>Projet PERLEA</i>	22
1.3.4 <i>Équipe de recherche</i>	23
1.3.5 <i>Partenariats avec des non informaticiens</i>	23
1.3.6 <i>Partenariat avec des entreprises</i>	23
1.4 ORGANISATION DU DOCUMENT	24
PARTIE 2 – DES MÉTA-MODÈLES, MODÈLES ET PROCESSUS POUR UNE INGÉNIERIE DES PROFILS D’APPRENANTS	25
2.1 DÉFINITIONS CONCERNANT LES PROFILS D’APPRENANTS	31
2.1.1 <i>Profils d’apprenants</i>	32
2.1.2 <i>Profils de groupe</i>	32
2.1.3 <i>Profils d’apprentissage hybrides évolutifs</i>	32
2.1.4 <i>Dimensions des profils d’apprenants</i>	33
2.1.5 <i>Exemples de profils d’apprenants</i>	36
2.1.6 <i>Échelles</i>	42
2.2 CYCLE DE VIE DES PROFILS D’APPRENANTS	43
2.2.1 <i>Modèle du processus de gestion de profils, REPro</i>	44
2.2.2 <i>Cycle de vie des profils d’apprenants, ACUTE4profiles</i>	45
2.3 CONSTITUTION DE PROFILS D’APPRENANTS.....	50
2.4 UNIFORMISATION DE PROFILS D’APPRENANTS POUR PERMETTRE LEUR RÉUTILISATION	52
2.4.1 <i>Les approches de réutilisation de profils</i>	54
2.4.2 <i>Description de profils hybrides évolutifs</i>	56
2.4.3 <i>Représentation des échelles associées à PMDLe, sPMDLe</i>	69
2.4.4 <i>Intégration de données</i>	70
2.5 TRANSFORMATION DE PROFILS D’APPRENANTS.....	73
2.5.1 <i>Opérateurs de transformation de profils, oPMDLe</i>	74
2.5.2 <i>Fonctions de combinaison d’opérateurs sur profils d’apprenants</i>	77
2.6 EXPLOITATION DES PROFILS D’APPRENANTS	78
2.6.1 <i>Les approches pour la personnalisation des activités</i>	80
2.6.2 <i>Personnalisation d’activités pédagogiques à partir des profils d’apprenants</i>	81
2.6.3 <i>Personnalisation d’activités sur les profils d’apprenants</i>	89
2.6.4 <i>Prise en compte des capacités des utilisateurs</i>	94
2.6.5 <i>Évaluation des modèles liés aux exploitations des profils d’apprenants</i>	96
2.7 BILAN SUR LES MODÈLES PROPOSÉS	97

PARTIE 3 – UN ENVIRONNEMENT UNIFIÉ DE GESTION ET D’EXPLOITATION DE PROFILS D’APPRENANTS ADAPTÉ AUX ACTEURS DE L’APPRENTISSAGE.....	99
3.1 EPROFILEA, UN ENVIRONNEMENT RÉUTILISANT DES PROFILS D’APPRENANTS.....	103
3.1.1 <i>Bâtisseur – description de la structure des profils</i>	105
3.1.2 <i>Intégration de données issues de profils externes</i>	109
3.1.3 <i>Transformation des profils</i>	115
3.1.4 <i>Exploitation des profils</i>	117
3.2 BILAN SUR LA MISE EN ŒUVRE PROPOSÉE.....	135
3.2.1 <i>L’environnement EPROFILEA</i>	135
3.2.2 <i>Les autres logiciels auxquels nous avons travaillé</i>	136
3.3 BILAN SUR LES ACTEURS CONCERNÉS PAR LA MISE EN ŒUVRE	137
3.4 BILAN SUR LES MÉTADONNÉES	139
3.5 BILAN SUR L’ÉVALUATION DE L’ENVIRONNEMENT EPROFILEA	140
PARTIE 4 – CONCLUSION : LA GÉNÉRICITÉ AU SERVICE DES UTILISATEURS.....	141
4.1 DES MÉTA-MODÈLES AU RÉEL	143
4.2 BILAN DE NOS RECHERCHES	147
4.3 APPLICATION DE NOS PROPOSITIONS À D’AUTRES CONTEXTES.....	151
4.4 ASSISTANT À L’UTILISATEUR D’APPLICATIONS COMPLEXES.....	152
4.5 POUR CONCLURE.....	154
PARTIE 5 – RÉFÉRENCES	155
5.1 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	157
5.2 RÉFÉRENCES NÉTOGRAPHIQUES.....	168
5.3 PUBLICATIONS LIÉES À NOS TRAVAUX	170

Index des illustrations

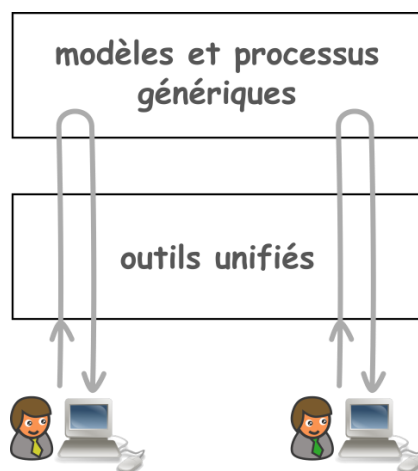
Figure 1 : Une démarche générique et une approche unifiée pour placer les enseignants au cœur des EIAH.	16
Figure 2 : De l'intérêt d'une approche générique.	16
Figure 3 : De l'intérêt d'une approche unifiée pour l'utilisateur.	17
Figure 4 : Une approche centrée enseignant pour le développement d'EIAH.	17
Figure 5 : Une démarche générique.	28
Figure 6 : Schématisation de notre problématique générale.	28
Figure 7 : Les 20 dimensions des profils d'apprenants.	34
Figure 8 : Version imprimable du profil de PÉPITE [Jean, 2000b].	37
Figure 9 : Extrait d'un profil d'apprenant de Tables au trésor dans trois formats [Jean-Daubias, 2011a]. ...	38
Figure 10 : Extraits du bilan de l'élève de Maxicours [Maxicours, 2000].	40
Figure 11 : Visualisation du profil de Narcissus [Upton et Kay, 2009].	40
Figure 12 : Exemple de profil papier-crayon - livret d'évaluation en maternelle.	41
Figure 13 : REPro, modèle du processus de gestion des profils [Eyssautier-Bavay, 2008] [Eyssautier-Bavay et al., 2009a].	44
Figure 14 : ACUTE4profiles, modèle du cycle de vie des profils d'apprenants.	46
Figure 15 : Comparaison des approches de réutilisation de profils.	53
Figure 16 : Le modèle LMPA1234, du langage de modélisation de profils aux profils d'apprenants.	57
Figure 17 : Exemple de profil d'apprenant s'appuyant sur un langage de modélisation de profils.	59
Figure 18 : Description synthétique des éléments de notre langage de modélisation de profils.	60
Figure 19 : Structuration générale simplifiée de PMDL [Eyssautier-Bavay, 2008] [Jean-Daubias et al., 2009a].	61
Figure 20 : MoreMaths version mobile [Bull et al., 2003].	62
Figure 21 : Extrait du profil MoreMaths en PMDL [Jean-Daubias et al., 2009a].	62
Figure 22 : Cadre d'application de PMDL [Eyssautier-Bavay, 2008].	63
Figure 23 : Structuration générale simplifiée de PMDL [Ginon et Jean-Daubias, 2010].	64
Figure 24 : Représentation graphique de valeur _p dans PMDL [Eyssautier-Bavay, 2008].	65
Figure 25 : Représentation graphique de valeur _p dans PMDL [Jean-Daubias et Ginon, 2010].	65
Figure 26 : MoreMaths version mobile, deuxième série de valeurs, d'après [Bull et al., 2003].	66
Figure 27 : Extrait du profil MoreMaths en PMDL.	66
Figure 28 : Cadre d'application de PMDL.	68
Figure 29 : Principe du processus d'intégration de données externes à des profils PMDL.	72
Figure 30 : Typologie des opérateurs sur profils d'apprenants, d'après [Truong et Jean-Daubias, 2010]. ...	75
Figure 31 : Exemples de modèles de profils respectant PMDL.	76
Figure 32 : Modèle de profils résultant de l'union de deux modèles de profils PMDL.	76
Figure 33 : Composition d'opérateurs sur profils sous forme de fonctions [Truong et Jean-Daubias, 2010].	77
Figure 34 : Règles de composition des opérateurs sur profils [Truong et Jean-Daubias, 2010].	77
Figure 35 : Comparaison des approches d'exploitation de profils.	79
Figure 36 : Principe du modèle PERSUA2 (Lefevre, 2009).	82
Figure 37 : Principe du processus d'exploitation du modèle PERSUA2 [Lefevre, 2009].	83
Figure 38 : Représentation graphique de l'approche GEPPETo [Lefevre, 2009].	85
Figure 39 : Représentation graphique de l'approche GEPPETo _p [Lefevre, 2009].	86
Figure 40 : Représentation graphique de l'approche GEPPETo _s (Lefevre, 2009).	87

Figure 41 : Synthèse de l'approche GEPPETO et de ses deux déclinaisons permettant de personnaliser des activités papier et logicielles, adapté de [Lefevre, 2009].	88
Figure 42 : Principe du processus de conversion d'exercices vers une norme pédagogique.	89
Figure 43 : Typologie des activités sur les profils d'apprenants.	90
Figure 44 : Principe du modèle de personnalisation des activités sur les profils PERSUMAP [Ginon et Jean-Daubias, 2011a].	92
Figure 45 : Définition de vues sur profils, vPMDLe [Ginon et Jean-Daubias, 2011a].	93
Figure 46 : Définition de séances d'activités sur les profils [Ginon et Jean-Daubias, 2011a].	94
Figure 47 : Modèle de profils d'apprenants multi-facettes IPACOME, adapté de [Jean-Daubias et Phan, 2011].	95
Figure 48 : ACUTE4profiles et les différents modèles que nous proposons.	97
Figure 49 : Représentation schématique de PMDLe et de ses extensions.	98
Figure 50 : Une approche unifiée.	101
Figure 51 : Schématisation de notre problématique générale.	101
Figure 52 : Architecture de l'environnement EPROFILEA.	104
Figure 53 : Description d'une structure de profils avec Bâtitseur.	106
Figure 54 : Brique "MoreMaths" de type Répartition dans Bâtitseur [Jean-Daubias et al., 2009b].	108
Figure 55 : Extrait de la structure de profils de la brique "MoreMaths" [Jean-Daubias et al., 2009b].	108
Figure 56 : Architecture du module Tornade.	110
Figure 57 : Prétraitement des profils avec Tornade – séparation d'un fichier unique.	111
Figure 58 : Prétraitement des profils avec Tornade – identification du type de fichiers et description des données.	111
Figure 59 : Production d'un convertisseur avec Tornade.	112
Figure 60 : Vérification et exécution d'un convertisseur avec Tornade.	113
Figure 61 : Intégration de données dans une structure de profils avec Prose.	114
Figure 62 : Architecture du module Groupe côté client [Truong et Jean-Daubias, 2010].	116
Figure 63 : Opérations sur les profils avec Groupe – sur données et sur structure.	117
Figure 64 : Création de fonctions de composition d'opérateurs avec Groupe [Truong et Jean-Daubias, 2010].	117
Figure 65 : Fonctionnement des modules Regards et Perl [Ginon et Jean-Daubias, 2011a].	118
Figure 66 : Définition de représentations d'éléments de profils avec Regards [Ginon et Jean-Daubias, 2011a].	119
Figure 67 : Définition de représentations composées d'éléments avec Regards [Ginon et Jean-Daubias, 2011a].	120
Figure 68 : Définition d'une vue sur profils avec Regards [Ginon et Jean-Daubias, 2011a].	120
Figure 69 : Définition de contraintes avec Regards – sur profil de capacités et sur liste d'apprenants [Ginon et Jean-Daubias, 2011a].	121
Figure 70 : Définition d'une séance d'activités sur les profils avec Regards [Ginon et Jean-Daubias, 2011a].	122
Figure 71 : Choix d'une activité par l'utilisateur de Perl [Ginon et Jean-Daubias, 2011a].	123
Figure 72 : Activité de visualisation de profil dans Perl [Ginon et Jean-Daubias, 2011a].	123
Figure 73 : Choix d'une combinaison de représentations d'éléments dans Perl [Ginon et Jean-Daubias, 2011a].	124
Figure 74 : Visualisation de représentations composées dans Perl [Ginon et Jean-Daubias, 2011a].	124
Figure 75 : Fonctionnement du module Adapte [Lefevre, 2009].	126
Figure 76 : Prise en charge d'un nouvel EIAH avec Adapte – exemple de la description pédagogique d'Abalect [Lefevre, 2009].	127
Figure 77 : Définition de contraintes avec Adapte – pour des activités papier à l'aide du patron opérationnel <i>Table de conjugaison</i> du générateur <i>Tableau à double entrée</i> et pour des activités logicielles [Lefevre, 2009].	128

Figure 78 : Définition de contraintes sur profils PMDLe avec Adapte [Lefevre, 2009].	129
Figure 79 : Définition de règles d'affectation des activités aux apprenants et d'une stratégie pédagogique avec Adapte (Lefevre, 2009).	130
Figure 80 : Définition d'un contexte d'utilisation pour une stratégie pédagogique donnée avec Adapte [Lefevre, 2009].	130
Figure 81 : Validation des séquences de travail personnalisées dans Adapte [Lefevre, 2009].	131
Figure 82 : Séquences personnalisées d'activités générée par Adapte – papier-crayon et logicielles.	132
Figure 83 : Prise en charge d'une nouvelle norme pédagogique avec Norme.	133
Figure 84 : Conversion d'exercices d'Adapte vers une norme pédagogique avec Norme.	133
Figure 85 : ACUTE4profiles et l'environnement que nous proposons.	135
Figure 86 : ACUTE4profiles et les acteurs de l'apprentissage.	137
Figure 87 : Les quatre niveaux de modélisation de l'IDM.	143
Figure 88 : Nos quatre niveaux de modélisation.	143
Figure 89 : L'articulation entre généralité et spécificité dans nos modèles.	144
Figure 90 : Une démarche générique et une approche unifiée pour placer les enseignants au cœur des EIAH.	145
Figure 91 : Avantages et amélioration possible d'une approche unifiée.	146
Figure 92 : Un assistant à l'utilisateur au sein du cycle de vie des profils d'apprenants.	152

PARTIE 1 – INTRODUCTION

Une approche générique et unifiée de gestion de profils d'apprenants



Sommaire de la partie 1

1.1	THÉMATIQUE ET DÉMARCHE DE RECHERCHE	15
1.2	PROBLÉMATIQUE DE L'INGÉNIERIE DES PROFILS D'APPRENANTS	19
1.3	CONTEXTE DE NOS RECHERCHES	22
1.3.1	<i>Projet PÉPITE</i>	22
1.3.2	<i>Projet AMBRE</i>	22
1.3.3	<i>Projet PERLEA</i>	22
1.3.4	<i>Équipe de recherche</i>	23
1.3.5	<i>Partenariats avec des non informaticiens</i>	23
1.3.6	<i>Partenariat avec des entreprises</i>	23
1.4	ORGANISATION DU DOCUMENT	24

Dans cette introduction, nous développons notre thématique de recherche principale, ainsi que l'approche que nous adoptons. Nous détaillons la problématique générale qui articule l'ensemble de nos travaux et nous présentons le contexte de nos recherches. Nous terminons en expliquant l'organisation du document.

1.1 Thématique et démarche de recherche

Nos recherches s'inscrivent dans le domaine des EIAH (Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain). Nous considérons ici les EIAH au sens large : s'ils concernent principalement les environnements informatiques explicitement destinés à favoriser l'apprentissage humain [Grandbastien et Labat, 2006a] [Tchounikine, 2009], nous revendiquons que les systèmes s'adressant aux enseignants pour les aider dans leur tâche d'enseignement relèvent également des EIAH [Yacef, 2005]. Nous retenons comme acteurs de l'apprentissage, outre l'environnement, l'apprenant et l'enseignant, également les familles, les institutions et les chercheurs [Moulet, 2011].

Notons que le terme d'EIAH désigne à la fois l'environnement et le champ de recherche qui l'étudie. Ce terme, adopté progressivement par la communauté française depuis 1998, se veut plus fédérateur que les termes utilisés précédemment pour qualifier les recherches sur les logiciels destinés à favoriser l'apprentissage humain [Grandbastien et Labat, 2006a]. Si des précisions sont parfois nécessaires dans un contexte particulier pour expliquer la portée que nous attribuons à ce terme [Tchounikine, 2009], ce dernier a l'avantage d'être largement accepté et de couvrir l'essentiel des recherches francophones sur le domaine. À l'international, la dénomination du champ de recherche correspondant ne bénéficie pas d'un tel consensus. Comme [McCalla, 2010], nous avons tendance à associer à AIED (Artificial Intelligence in EDucation) le champ de recherche, et à ITS (Intelligent Tutoring Systems) un type de systèmes issus des recherches en AIED, alors que [Nkambou et al., 2010] opposent plutôt AIED et ITS comme deux champs de recherche. Mais nous considérons que le terme de TEL (Technology-Enhanced Learning) est celui qui correspond le mieux au champ de recherche des EIAH, et que ILE (Interactive Learning Environnements) est celui qui correspond le mieux aux environnements qui en découlent. L'un comme l'autre de ces deux termes sont en effet plus larges que ceux respectivement d'AIED et d'ITS.

Au sein de ce domaine de recherche pluridisciplinaire, nos contributions se situent en informatique, même si elles sont enrichies par l'apport d'autres disciplines. Nos interactions avec ces autres disciplines (didactiques, psychologie cognitive, sciences de l'éducation, ergonomie cognitive) sont rendues possibles, selon les travaux, par le caractère pluridisciplinaire du projet dans lequel ils s'intègrent, par un travail collaboratif avec des chercheurs de ces disciplines ou par la prise en compte de résultats issus de ces disciplines.

Plus précisément, au sein du domaine des EIAH, nous situons nos travaux dans le champ de l'ingénierie des EIAH [Tchounikine, 2006] : nous cherchons à définir, au-delà du traitement *ad hoc* des problèmes, des concepts, méthodes et techniques réutilisables facilitant la mise en place d'environnements d'apprentissage [Baker, 2000] [Tchounikine, 2002] [Tchounikine, 2006].

Nous adoptons en outre dans nos recherches une démarche proche de celle proposée par l'ingénierie dirigée par les modèles (IDM) [Bézivin et al., 2004] [Nodenot, 2005] [Choquet, 2007] : nous définissons des modèles théoriques, que nous mettons en œuvre de façon opérationnelle et qui, grâce à une plus grande abstraction, permettent une meilleure réutilisabilité. Dans le cadre des EIAH, nous proposons ainsi des modèles génériques qui nous amènent à concevoir des outils unifiés : un même outil respectant cette approche peut être utilisé dans des contextes différents, toutefois toujours dans le cadre des EIAH.

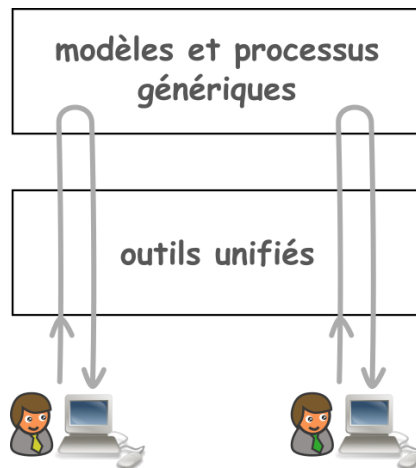


Figure 1 : Une démarche générique et une approche unifiée pour placer les enseignants au cœur des EIAH.

La Figure 1 schématise notre démarche de recherche : nous adoptons une **démarche générique** qui nous conduit à proposer des modèles et processus génériques, que nous mettons en œuvre dans des outils respectant une **approche unifiée**¹. Les utilisateurs de nos systèmes, principalement les enseignants, exploitent et personnalisent les modèles à travers les outils mis à leur disposition. Grâce à leur action sur les modèles qu'ils ont complétés et enrichis par le biais des outils, ils disposent d'outils entièrement adaptés à leurs besoins et spécificités. Les **enseignants** sont ainsi **au cœur de notre démarche**.

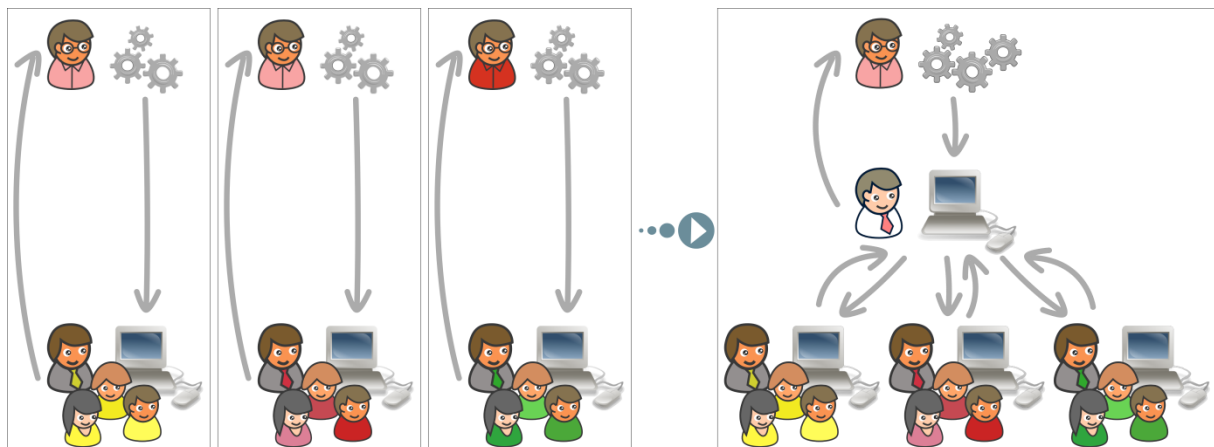


Figure 2 : De l'intérêt d'une approche générique.

Les avantages d'une telle **démarche générique** sont illustrés par la Figure 2. La partie gauche de l'illustration représente le processus de développement d'un EIAH avec une approche spécifique : l'équipe de conception (schématisée par le personnage à lunettes) développe un EIAH correspondant aux besoins d'une situation pédagogique spécifique. L'EIAH est utilisé par des enseignants et/ou des apprenants. Si des ajustements sont nécessaires (schématisés par la flèche ascendante), l'équipe de conception doit retoucher le système produit. Par ailleurs, il y a autant de conceptions que d'EIAH à fournir : toute nouvelle situation pédagogique (changement de programme scolaire, de niveau, de dispositif, de plateforme...) entraînant la conception d'un nouvel EIAH qui nécessite un temps non compressible. La partie droite de l'illustration représente le processus de développement d'un EIAH avec une approche

¹ Notre démarche explique le titre de ce document : ingénierie des profils d'apprenants. Le terme d'ingénierie renvoie pour nous à cette démarche de recherche alliant modèles génériques et outils unifiés, que nous abordons en insistant sur l'articulation entre cette généralité et les spécificités des besoins des enseignants. Nous avons appliqué cette démarche de recherche aux profils d'apprenants.

générique : l'équipe de conception développe un système plus complexe, mais plus puissant que dans la situation précédente. Le système générique développé est utilisé par un expert (ingénieur pédagogique par exemple) qui l'adapte aux besoins spécifiques des différentes situations pédagogiques. Le temps nécessaire au développement d'un nouvel EIAH avec une démarche générique est ainsi beaucoup plus réduit qu'avec une démarche *ad hoc*. Les enseignants et/ou apprenants utilisent l'EIAH ainsi adapté à leurs besoins. Si des ajustements sont nécessaires sur l'outil final, ils sont communiqués à l'expert, qui peut modifier les adaptations effectuées. Si l'expert constate des problèmes plus profonds, il peut également les faire remonter au concepteur. Ces ajustements peuvent de plus donner lieu à une capitalisation des connaissances qui améliore encore l'efficacité de l'approche. La mise en œuvre de telles approches est certes plus complexe que celle d'EIAH « classiques », mais elle permet de proposer des outils plus réutilisables et plus flexibles.

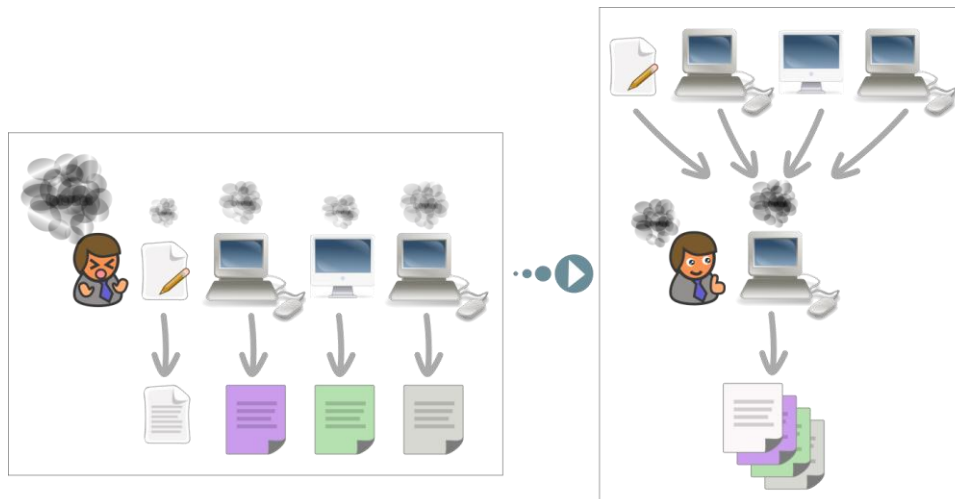


Figure 3 : De l'intérêt d'une approche unifiée pour l'utilisateur.

Une telle démarche et de tels outils génériques permettent une **approche unifiée**. Les avantages de ce type d'approches sont illustrés par la Figure 3. La partie gauche de l'illustration représente la situation d'un utilisateur faisant appel à plusieurs environnements différents pour effectuer différentes tâches du même type. Si la complexité d'utilisation de chaque environnement est relativement faible, leur cumul, ainsi que la gestion du passage d'un environnement à l'autre, rend la tâche globale lourde et complexe. Dans la partie droite de l'illustration, avec une approche unifiée, l'utilisateur dispose d'un environnement unique lui permettant d'accomplir l'ensemble de ses tâches. L'utilisation d'un tel système est certes plus complexe que celle de chacun des systèmes initiaux, mais cette complexité est à mettre en balance de la complexité cumulée de la situation précédente et de l'avantage d'utiliser un environnement unique pour exécuter un ensemble de tâches.

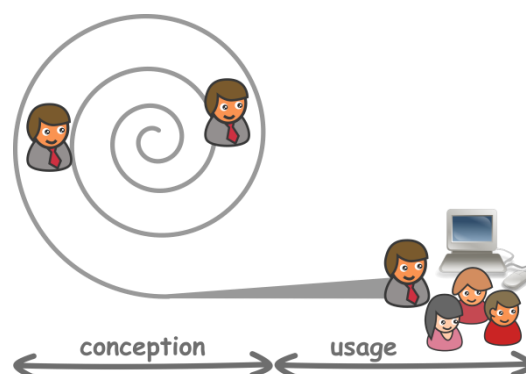


Figure 4 : Une approche centrée enseignant pour le développement d'EIAH.

Pour garantir une démarche générique et une approche unifiée, orientées utilisateur, nous adoptons dans nos travaux une posture qui place **l'enseignant au cœur de nos systèmes**. Nous créons des assistants pour l'enseignant en conférant à ce dernier une place importante dans la conception [Jean-Daubias, 2004]

et l'évaluation [Nogry et al., 2004b] [Nogry et al., 2006] [Nogry et al., 2011] de ces outils (schématisée par l'enseignant qui apparaît à plusieurs reprises dans le cycle de conception en spirale de la Figure 4). Et nous considérons, comme le font [Perriault, 1989] [Rabardel, 1995] [Mackay et Fayard, 1997] [Mille et Prié, 2006], que la place des enseignants dans la conception de nos systèmes perdure au-delà de la réalisation, dans les usages même des systèmes (schématisée sur la droite de la Figure 4 par le fait que l'enseignant « augmente » le système par les usages qu'il en fait). Nous revendiquons que la généralité de notre approche n'est pas une limite à l'adaptation des outils à leurs utilisateurs finaux. Pour cela nous étudions l'articulation entre généralité de nos propositions et spécificités des besoins des utilisateurs. En effet, nous fournissons à l'utilisateur des outils génériques, sortes de boîtes vides qu'ils vont remplir, compléter et adapter aux spécificités de leurs besoins, en intégrant notamment une sémantique et des données à des outils qui en sont initialement dépourvus, achevant ainsi la conception des systèmes pour leur contexte particulier.

1.2 Problématique de l'ingénierie des profils d'apprenants

Au sein de cette thématique de l'ingénierie des EIAH et adoptant cette démarche de recherche, le cœur de nos travaux concerne l'**ingénierie des profils d'apprenants**.

Dans l'éducation, le profil d'apprenant fait l'objet d'attentions multiples, à la fois de la part des praticiens, de la part des chercheurs et de la part des institutions. Concernant les praticiens, enseignants du primaire et du secondaire de l'enseignement français sont incités à individualiser toujours plus l'apprentissage. Pour ce faire, ils ont besoin de rassembler des indicateurs de l'apprentissage de leurs élèves, point de départ nécessaire à la proposition de solutions de remédiation adaptées aux difficultés identifiées. Concernant les apprenants eux-mêmes, des recherches ont démontré l'intérêt de leur présenter des informations concernant l'état de leurs connaissances en vue de les aider à développer des compétences réflexives et de renforcer leur motivation et leur responsabilisation face à leur apprentissage [Bull et al., 2007a]. Concernant les institutions, les initiatives menées autour, d'une part des référentiels de compétences (tels que les évaluations nationales ou le livret personnel de compétences [BO_n°22, 2007]), d'autre part des travaux de standardisation visant à favoriser l'échange de documents pédagogiques [IMS, 2001] [Pernin, 2006] ou encore du e-portfolio [Eyssautier-Bavay, 2004] [Mason et al., 2004] [Moulet, 2005], montrent l'intérêt croissant des institutions éducatives tant nationales qu'internationales pour élaborer des représentations communes des informations liées aux connaissances des apprenants. Concernant les concepteurs d'EIAH, l'utilisation de profils d'apprenants est l'un des moyens permettant d'adapter l'apprentissage aux spécificités des apprenants, c'est aussi une façon d'aider l'enseignant ou le tuteur dans sa tâche de suivi [Grandbastien et Labat, 2006b]. Diverses initiatives tentent de répondre à ces besoins variés, par la création et l'utilisation de nombreuses formes différentes de profils d'apprenants, mais force est de constater que ces initiatives restent souvent isolées, notamment en raison de leur non interopérabilité, qu'elles demandent beaucoup de ressources aux acteurs concernés et que les résultats obtenus sont souvent décevants [Woolf, 2009].

A contrario, nous souhaitons proposer une approche unifiée de la gestion de profils d'apprenants. C'est ce que nous faisons en abordant l'ingénierie des profils d'apprenants du point de vue de la **réutilisation de profils d'apprenants pour les exploiter dans un but de personnalisation**.

Cette orientation de nos travaux se justifie par deux constats, issus des déceptions qui ont fait suite aux grands espoirs fondés sur les EIAH à leurs débuts [Bruillard, 1997] [Perriault, 2002] [Grandbastien et Labat, 2006a] [Bruillard et Baron, 2006] [Woolf, 2009]. D'une part les EIAH sont encore trop peu intégrés au sein des classes, avec certes des réussites ponctuelles, mais peu de réussites d'envergure, et d'autre part leur contribution à l'apprentissage reste encore en définitive trop souvent limitée.

En ce qui concerne le premier point, nous considérons que le faible nombre d'EIAH ayant réussi à s'intégrer largement dans les classes (les deux grandes exceptions françaises étant Cabri [Laborde et Laborde, 2006] [Cabri, 1984] et Aplusix [Bouhineau et Nicaud, 2006] [Aplusix, 1987]) s'explique souvent par l'usage de méthodes et outils *ad hoc* [Tchounikine, 2009], qui conduisent à des produits difficiles à utiliser en dehors de leur contexte initial. Une des réponses à ce problème est apportée par l'ingénierie des EIAH et l'ingénierie dirigée par les modèles : une approche générique, proposant des environnements unifiés permettrait aux recherches en EIAH de proposer des outils plus souples, adaptables à des contextes variés. Une autre réponse à ce problème est apportée par la proposition d'outils finement adaptables aux besoins des enseignants [Marty et Mille, 2009].

Nous pensons en outre que le manque d'intégration des EIAH dans les classes est également dû au manque de liens entre les situations d'apprentissage classiques et les situations d'apprentissage informatisées, ainsi qu'entre les différents EIAH existants. Nous proposons donc des outils qui établissent des ponts entre les EIAH existants, mais aussi entre les EIAH et les activités classiques : d'une part en permettant aux enseignants de réinvestir les activités effectuées avec des EIAH dans leurs pratiques habituelles, et d'autre part en proposant au sein d'un même outil des activités qui peuvent être sous forme aussi bien papier-crayon que logicielles. Nous pensons également que proposer les mêmes outils à différents types d'acteurs de l'apprentissage (enseignants, apprenants, mais aussi familles et institutions), en intensifiant les interactions autour de ces systèmes, peut être un facteur favorisant l'intégration des EIAH au sein du tissu éducatif.

En ce qui concerne le second point, nous estimons que l'apport des EIAH à l'apprentissage peut être fortement amélioré par une personnalisation très fine de l'apprentissage. La personnalisation reste l'une des problématiques majeures en EIAH actuellement [Marty et Mille, 2009]. Elle permet en effet d'une part d'améliorer l'apprentissage en proposant des contenus plus pertinents en prenant en compte les connaissances et compétences des apprenants (éventuellement sous une forme adaptée, à un moment adapté) [Wenger, 1987] [Brusilovsky, 2001], et d'autre part de proposer des contenus plus accessibles, en prenant en compte les capacités des utilisateurs et leurs éventuels handicaps [OMS_CIF, 2001]. Pour cela, la personnalisation peut être mise en place dans les activités pédagogiques proposées aux apprenants [Bruillard, 1997] [Vincent et al., 2005], mais aussi dans les activités connexes à l'apprentissage, par exemple le travail sur les profils d'apprenants [Bull et Kay, 2007] [Mitrovic et Martin, 2007] [Jackson et al., 2009]. La personnalisation manuelle de l'apprentissage, pourtant de plus en plus demandée par les institutions éducatives, n'étant pas envisageable à grande échelle en raison de l'engagement et du temps nécessaires, la proposition d'outils facilitant cette personnalisation est un enjeu important à la fois pour le milieu éducatif et pour les recherches en EIAH.

Ainsi, la problématique générale de nos travaux de recherche, en réponse à ces constats, peut être formulée de la manière suivante :

Comment permettre à des acteurs, éventuellement différents de leurs créateurs, de réutiliser des profils d'apprenants dans le but de proposer des exploitations mutualisées des profils à travers des activités personnalisées, adaptées à la fois aux besoins des enseignants et à ceux des apprenants, dans une démarche générique permettant de considérer différents niveaux scolaires et universitaires, ainsi que les disciplines les plus variées ?

Cette vaste problématique met en lumière de nombreuses questions de recherche que nous synthétisons ici.

Quels modèles et outils informatiques pouvons-nous proposer pour permettre aux différents acteurs de l'apprentissage de gérer les profils existants dans toute leur diversité ?

Afin de permettre la réutilisation de profils d'apprenants par des acteurs autres que leurs créateurs, il est nécessaire d'identifier un langage de représentation commun aux différents profils dont nous ne connaissons ni la structure ni la sémantique.

Il est également indispensable de définir le processus d'intégration des profils existants, qu'ils soient papier-crayon ou logiciels, dans ce langage. Ce processus doit en outre être capable de gérer la combinaison de profils différents. Il doit enfin être apte à maintenir les profils résultants en tenant notamment compte du caractère évolutif des profils.

Comment exploiter toute la richesse des profils d'apprenants de façon mutualisée avec des activités pédagogiques ?

Afin d'exploiter pleinement le potentiel des profils d'apprenants, il convient d'identifier les activités pédagogiques pertinentes, incluant des activités d'apprentissage, mais aussi des activités réflexives sur les profils, qui utilisent les profils des apprenants pour améliorer l'apprentissage de ces derniers. Nous souhaitons que ces activités variées soient utilisables par tous les utilisateurs de profils d'apprenants. Pour cela, il est nécessaire d'étudier comment faire de ces activités des activités mutualisées, au service des acteurs de l'apprentissage, qu'ils soient humains ou logiciels.

Comment personnaliser les activités proposées aux apprenants, à partir de leurs profils, tout en tenant compte des besoins des enseignants ?

Cette question implique d'identifier les moyens nécessaires pour exploiter les profils d'apprenants afin de prendre en compte leurs connaissances dans le choix ou la création des différentes activités pédagogiques.

Mais il est également important de trouver comment prendre en compte les spécificités et habitudes pédagogiques des enseignants, afin que les activités proposées soient en accord avec leurs pratiques.

Il est en outre nécessaire de définir un processus d'attribution d'une activité à un apprenant, faisant également intervenir un processus de personnalisation.

Pour ces différents points, il convient d'identifier les acteurs devant intervenir dans le processus de personnalisation, ainsi que les connaissances, notamment d'ordre pédagogique, en jeu.

Comment proposer des modèles, processus et outils génériques qui s'adaptent entièrement aux spécificités des besoins des acteurs ?

Pour répondre à cette question, il est capital d'une part d'adopter une approche unifiée permettant de répondre à la problématique générale, et d'autre part de proposer des processus qui explicitent l'articulation entre la généralité des propositions et les besoins des utilisateurs.

Ces différentes questions de recherches sont abordées dans les différents travaux que nous avons menés et que nous présentons dans la suite de ce document.

1.3 Contexte de nos recherches

Nous avons mené les travaux présentés dans ce document au sein d'une équipe de recherche dynamique dans le contexte de projets structurants que nous présentons dans cette section. Si PÉPITE et AMBRE constituent des projets importants dans notre parcours de recherche, c'est le projet PERLEA qui structure l'essentiel des travaux présentés ici. Au sein de ces projets, nous avons mis en place des relations fructueuses avec des non informaticiens : nous terminons cette section en en présentant le cadre.

1.3.1 Projet PÉPITE

Le projet PÉPITE est un projet du LIUM (Laboratoire Informatique de l'Université du Maine) [LIUM, 1985], débuté en 1995, et impliquant principalement Élisabeth Delozanne (porteur), Pierre Jacoboni, Brigitte Grugeon (didactique des mathématiques) et nous-même (thèse en informatique).

Ce projet a pour objectif de modéliser les connaissances et compétences d'élèves de 15 ans (classes de troisième et de seconde de l'enseignement français) en algèbre élémentaire en construisant leur profil. Ce projet a donné lieu à la conception, à la mise en œuvre et à l'évaluation d'un système d'assistance au diagnostic de compétences [Jean et al., 1999b] [Jean, 2000a] [PÉPITE, 1996].

Ce projet de recherche est le premier auquel nous avons participé. S'il n'est pas au centre des travaux décrits ici, il a eu un rôle dans les thématiques de recherches que nous avons choisies par la suite.

Publications associées : [Jean, 1997] [Jean et al., 1997c] [Jean et al., 1997b] [Jean et al., 1997a] [Jean et al., 1998] [Jean et al., 1999b] [Jean et al., 1999a] [Jean, 1999] [Jean, 2000b] [Jean, 2000b] [Delozanne et al., 2000] [Jean, 2001] [Jean-Daubias, 2001a] [Jean-Daubias, 2001b] [Jean-Daubias, 2002c] [Jean-Daubias, 2002a] [Jean-Daubias, 2002b] [Jean-Daubias, 2003a] [Jean-Daubias, 2003b] [Leroux et Jean-Daubias, 2007].

1.3.2 Projet AMBRE

Le projet AMBRE est un projet du LIRIS (Laboratoire d'InfoRmatique en Images et Systèmes d'information), initié en 2000, et impliquant principalement Nathalie Guin (porteur), nous-même et Sandra Nogry (thèse en sciences cognitives).

Ce projet a pour objectif la conception d'EIAH s'appuyant sur le cycle du Raisonnement à Partir de Cas (RàPC) pour faire acquérir à l'apprenant des méthodes basées sur le classement des problèmes et des outils de résolution. Il a donné lieu à la réalisation de tels EIAH dans le domaine des probabilités [Guin-Duclosson et al., 2001] [Nogry et al., 2002] et dans celui des problèmes additifs [Guin et al., 2009] [Guin et al., 2011] [AMBRE, 2000].

Si ce projet n'est pas au cœur des travaux présentés ici, les recherches qui y ont été conduites ont également alimenté les réflexions sur nos autres recherches.

Publications associées : [Guin-Duclosson et al., 2001] [Nogry et al., 2002] [Guin-Duclosson et al., 2002] [Duclosson, 2004] [Nogry et al., 2004a] [Duclosson et al., 2005] [Nogry et al., 2006] [Guin-Duclosson et al., 2007] [Nogry et al., 2008] [Guin et al., 2009] [Jean-Daubias et Guin, 2009] [Guin et al., 2011] [Nogry et al., 2011].

1.3.3 Projet PERLEA

Le projet PERLEA est un projet du LIRIS, initié en 2002, et impliquant principalement nous-même (porteur), Marie Lefevre (thèse en informatique), Carole Eyssautier-Bavay (thèse en informatique), Blandine Ginon (thèse en informatique) et Nathalie Guin.

Ce projet vise à proposer d'une part des modèles pour la réutilisation et l'exploitation mutualisée de profils d'apprenants hétérogènes, existants ou à venir, papier-crayon ou logiciels, dans des contextes différents et par des acteurs autres que leur auteur, et d'autre part un environnement informatique à destination principalement des enseignants mettant en œuvre ces modèles [Jean-Daubias et al., 2009a] [PERLEA, 2002].

C'est dans le cadre de ce projet que l'essentiel des travaux présentés ici ont été conduits.

Publications associées : [Jean-Daubias, 2003a] [Eyssautier et Jean-Daubias, 2004] [Jean-Daubias et Eyssautier-Bavay, 2005b] [Jean-Daubias et Eyssautier-Bavay, 2005a] [Lefevre et al., 2007] [Lefevre et al., 2008] [Jean-Daubias et al., 2009c] [Eyssautier-Bavay et al., 2009a] [Jean-Daubias et al., 2009b] [Lefevre et al., 2009a] [Eyssautier-Bavay et al., 2009b] [Jean-Daubias et al., 2009d] [Lefevre et al., 2009d] [Lefevre et al., 2009e] [Lefevre et al., 2009b] [Jean-Daubias et al., 2009a] [Cordier et al., 2010] [Jean-Daubias et Ginon, 2010] [Jean-Daubias, 2011a] [Lefevre et al., 2011c] [Lefevre et al., 2011a] [Lefevre et al., 2011b] [Eyssautier-Bavay et Jean-Daubias, 2011] [Ginon et al., 2011] [Ginon et Jean-Daubias, 2011b].

1.3.4 Équipe de recherche

Après une thèse au LIUM (Laboratoire d'Informatique de l'Université du Maine) [LIUM, 1985], depuis 2000, nous menons nos travaux au sein d'une équipe et d'un laboratoire de recherche dont les contours ont évolué, mais dont les fondements de rigueur scientifique sont restés les mêmes. L'appartenance à la dynamique équipe Silex (Supporting Interaction and Learning by Experience) [LIRIS-Silex, 2003] du LIRIS (Laboratoire d'InfoRmatique en Image et Systèmes d'information) [LIRIS, 2003] a influencé nos travaux, notamment par les interactions qu'elle nous a permis d'avoir avec différents chercheurs.

1.3.5 Partenariats avec des non informaticiens

Nous avons, selon les projets et selon les phases (recherche, conception [Jean-Daubias, 2004], développement ou évaluation [Nogry et al., 2004b] [Nogry et al., 2006] [Nogry et al., 2011]), travaillé avec des non informaticiens, qu'il s'agisse de chercheurs, d'experts, d'enseignants, d'étudiants ou d'apprenants, que ce soit dans un cadre spécifique ou informel.

Dans le cadre d'un partenariat avec l'INRP (Institut National de Recherche Pédagogique, récemment rebaptisé ifé : Institut Français de l'Éducation) [ifé, 2011], nous avons notamment eu l'opportunité de travailler avec des enseignants du primaire et du secondaire de l'enseignement français, ainsi qu'avec des experts (formateur de formateur et inspectrice pédagogique). Selon les situations, ces collaborations ont pris la forme d'entretiens, de passations de questionnaires, de mises à l'essai, d'expérimentations contrôlées, sur lesquels nous nous sommes appuyées dans nos recherches.

1.3.6 Partenariat avec des entreprises

Nous avons depuis quelques années entamé des démarches afin de faire déboucher certains de nos travaux sur des collaborations avec des entreprises ou de mettre en place des collaborations avec des entreprises afin d'enrichir les problématiques que nous abordons.

Ce processus a pour l'instant abouti à une collaboration avec la société Formagraph [Formagraph, 2008] dans le cadre de la thèse CIFRE de Bruno Mascret, ainsi qu'à une collaboration avec la société Maxicours [Maxicours, 2000].

1.4 Organisation du document

Ce document est organisé en quatre parties principales.

Cette première partie introductive était consacrée à la présentation de notre approche. Nous y avons présenté notre thématique de recherche, ainsi que la problématique principale de nos travaux de recherche. Nous nous y sommes également positionnée par rapport aux autres travaux sur les EIAH. Nous y avons présenté le contexte de nos recherches.

Même si dans les descriptions de nos modèles et outils le rôle des enseignants n'est pas toujours explicite, l'importance que nous accordons à la place des enseignants est constante et attestée par cette démarche générale. Dans la suite du document, nous suivons cette distinction entre nos modèles et les outils qui les mettent en œuvre.

En effet, après une définition de l'objet central de nos travaux, les profils d'apprenants, la deuxième partie du document est dédiée aux modèles que nous proposons : des modèles généraux, ainsi que les différents méta-modèles, modèles et processus qui y sont associés.

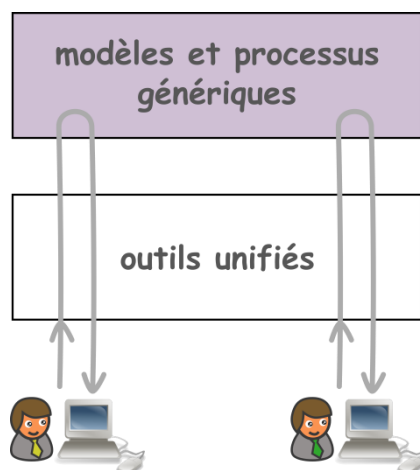
Dans la troisième partie, nous présentons les mises en œuvre que nous proposons de ces modèles au sein d'un unique environnement.

La quatrième partie est dédiée aux discussions de nos propositions et à nos perspectives de recherche.

Une dernière partie rassemble les références bibliographiques, les références sitographiques et les publications liées à nos travaux.

PARTIE 2

Des méta-modèles, modèles et processus pour une ingénierie des profils d'apprenants



Sommaire de la partie 2

2.1	DÉFINITIONS CONCERNANT LES PROFILS D'APPRENANTS	31
2.1.1	<i>Profils d'apprenants</i>	32
2.1.2	<i>Profils de groupe</i>	32
2.1.3	<i>Profils d'apprentissage hybrides évolutifs</i>	32
2.1.4	<i>Dimensions des profils d'apprenants</i>	33
2.1.5	<i>Exemples de profils d'apprenants</i>	36
2.1.6	<i>Échelles</i>	42
2.2	CYCLE DE VIE DES PROFILS D'APPRENANTS	43
2.2.1	<i>Modèle du processus de gestion de profils, REPro</i>	44
2.2.2	<i>Cycle de vie des profils d'apprenants, ACUTE4profiles</i>	45
2.2.2.1	(A) Activités pédagogiques	46
2.2.2.2	(C) Constitution des profils (collecte – spécification – diagnostic).....	47
2.2.2.3	(U) Uniformisation des profils (description de la structure – intégration des données)	48
2.2.2.4	(T) Transformation des profils (opérations sur structure – opérations sur données)	48
2.2.2.5	(E) Exploitation des profils (activités sur les profils – définition d'activités personnalisées)	49
2.2.2.6	(A) Activités pédagogiques personnalisées	49
2.3	CONSTITUTION DE PROFILS D'APPRENANTS.....	50
2.4	UNIFORMISATION DE PROFILS D'APPRENANTS POUR PERMETTRE LEUR RÉUTILISATION	52
2.4.1	<i>Les approches de réutilisation de profils</i>	54
2.4.1.1	<i>Approches a priori</i>	54
2.4.1.2	<i>Approches a posteriori</i>	55
2.4.2	<i>Description de profils hybrides évolutifs</i>	56
2.4.2.1	<i>Méthodologie</i>	56
2.4.2.2	<i>Principe du langage de modélisation de profils, le modèle LMPA1234</i>	56
2.4.2.2.1	<i>Niveau 3 : langage de modélisation de profils d'apprenants</i>	57
2.4.2.2.2	<i>Niveau 2 : modèles de profils d'apprenants</i>	57
2.4.2.2.3	<i>Niveau 1 : profils d'apprenants</i>	58
2.4.2.2.4	<i>Niveau 0 : apprenants en situation d'apprentissage</i>	58
2.4.2.2.5	<i>Articulation entre généralité et spécificité</i>	58
2.4.2.3	<i>Les éléments de notre langage de modélisation de profils</i>	59
2.4.2.4	<i>Structuration générale du langage PMDL</i>	60
2.4.2.5	<i>Exemple d'un élément de type liste_repartition en PMDL</i>	62
2.4.2.6	<i>Évaluation de l'expressivité du langage PMDL</i>	63
2.4.2.7	<i>Extension du langage PMDL en PMDLe</i>	64
2.4.2.8	<i>Exemple d'un élément de type liste_repartition en PMDLe</i>	65
2.4.2.9	<i>Évaluation de l'expressivité du langage PMDLe</i>	66
2.4.3	<i>Représentation des échelles associées à PMDL, sPMDLe</i>	69
2.4.4	<i>Intégration de données</i>	70
2.4.4.1	<i>Les approches de l'intégration de données</i>	70
2.4.4.2	<i>Principe d'intégration de données externes à des profils PMDLe</i>	71
2.5	TRANSFORMATION DE PROFILS D'APPRENANTS.....	73
2.5.1	<i>Opérateurs de transformation de profils, oPMDLe</i>	74
2.5.2	<i>Fonctions de combinaison d'opérateurs sur profils d'apprenants</i>	77

2.6	EXPLOITATION DES PROFILS D'APPRENANTS	78
2.6.1	<i>Les approches pour la personnalisation des activités</i>	80
2.6.2	<i>Personnalisation d'activités pédagogiques à partir des profils d'apprenants</i>	81
2.6.2.1	Modèle pour la personnalisation unifiée des activités pédagogiques, PERSUA2.....	82
2.6.2.2	Modèle de contraintes sur profils	83
2.6.2.2.1	Modèle de contraintes sur des profils écrits en PMDL, cPMDL.....	84
2.6.2.2.2	Modèle de contraintes sur des profils écrits en PMDLe, cPMDLe.....	84
2.6.2.3	Modèles et processus pour adapter des activités pédagogiques.....	84
2.6.2.3.1	L'approche GEPPETO.....	85
2.6.2.3.2	Personnalisation d'activités papier	86
2.6.2.3.3	Personnalisation d'activités logicielles	86
2.6.2.3.4	Personnalisation des activités : une même approche pour deux contextes	87
2.6.2.3.5	Processus de conversion d'exercices vers une norme pédagogique.....	88
2.6.3	<i>Personnalisation d'activités sur les profils d'apprenants</i>	89
2.6.3.1	Typologie des activités sur les profils d'apprenants.....	90
2.6.3.2	Modèle de personnalisation des activités sur les profils, PERSUMAP.....	91
2.6.3.3	Définition de conditions utilisant le modèle, extension de cPMDLe	93
2.6.3.4	Modèle de vues sur profils, vPMDLe	93
2.6.3.5	Modèle de représentations d'éléments d'un profil, rPMDLe.....	93
2.6.3.6	Définition de séances d'activités sur les profils.....	94
2.6.4	<i>Prise en compte des capacités des utilisateurs</i>	94
2.6.5	<i>Évaluation des modèles liés aux exploitations des profils d'apprenants</i>	96
2.7	BILAN SUR LES MODÈLES PROPOSÉS	97

Enjeux

Définir théoriquement des modèles associés à des processus prévus pour laisser une place importante à l'humain au travers d'outils unifiés (cf. Figure 5).

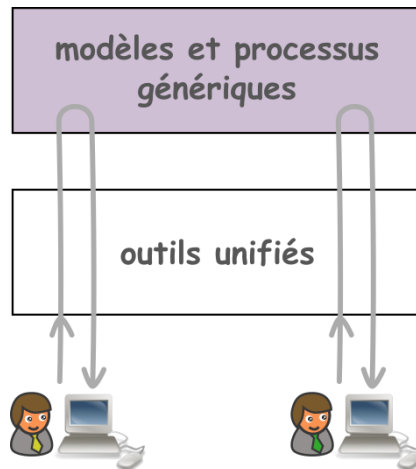


Figure 5 : Une démarche générique.

Proposer des modèles rendant possibles la réutilisation et l'exploitation personnalisée de profils d'apprenants hétérogènes.

Résumé

Nous abordons la réutilisation et l'exploitation personnalisée de profils d'apprenants hétérogènes en proposant des méta-modèles, modèles et processus qui traitent la plupart des étapes du cycle de vie des profils d'apprenants. Nous explicitons de plus comment se fait l'articulation entre généricité des modèles et spécificités des besoins des différents utilisateurs.



Figure 6 : Schématisation de notre problématique générale.

La Figure 6 schématise notre approche générale. Nous y retrouvons au centre la personnalisation, qui est au cœur de notre travail de recherche. En amont, nous abordons la personnalisation par la réutilisation de profils d'apprenants (représentés par les fichiers de partie haute de la Figure 6). Réutiliser des profils d'apprenants dont nous ne savons rien nécessite un mécanisme d'intégration de ces profils (représenté par les demi-disques de partie haute de la Figure 6) à l'environnement. La prise en compte d'un nouveau type de profils (représentée par la flèche en pointillés sur la Figure 6) nécessite un processus de prise en charge de ce nouveau type (représenté par le disque en pointillés sur la Figure 6). En aval, nous abordons la personnalisation par la réutilisation d'activités existantes et la génération d'activités papier (représentées par les carrés de partie basse de la Figure 6). Personnaliser des activités dont nous ne savons rien nécessite un mécanisme d'acquisition de ces activités (représenté par les demi-disques de la partie basse de la Figure 6). La prise en compte d'un nouveau type d'activités (représenté par la flèche en pointillés sur la Figure 6) nécessite un processus de prise en charge de ce nouveau type (représenté par le disque en pointillés sur la Figure 6).

Pour permettre aux différents acteurs de l'apprentissage de gérer les profils d'apprenants existants dans toute leur diversité, nous proposons un langage de modélisation de profils, PMDLe, qui donne les moyens de représenter des profils hétérogènes (cf. section 2.4.2). Les extensions de ce langage (sPMDLe, pPMDLe, cPMDLe, vPMDLe, rPMDLe) l'étendent en rendant possible diverses actions sur les profils respectant ce langage (transformations de profils, cf. section 2.5 ; définition de contraintes sur profils PMDLe ; cf. section 2.6.2.2 ; de vues sur profils, cf. section 2.6.3.4 ; de représentations d'éléments de profils, cf. section 2.6.3.5). Une autre extension de ce langage, pPMDLe, gère l'intégration de profils externes (cf. section 2.4.4).

Afin d'identifier les activités permettant d'exploiter toute la richesse des profils d'apprenants, nous proposons une typologie des activités sur les profils destinées tant aux apprenants qu'aux autres acteurs de l'apprentissage (cf. section 2.6.3.1), une typologie des activités papier-crayon (cf. section 2.6.2.3.2) et une typologie des activités logicielles personnalisables (cf. section 2.6.2.3.3).

Pour personnaliser les activités proposées aux apprenants, à partir de leurs profils, tout en tenant compte des besoins des enseignants, nous définissons deux modèles de personnalisation : PERSUA2 propose une personnalisation unifiée des activités pédagogiques (cf. section 2.6.2.1) et PERSUMAP propose une personnalisation unifiée multi-aspects des activités sur les profils d'apprenants (cf. section 2.6.3.2).

Mots-clés

Profils d'apprenants, méta-modèles, modèles, langage, réutilisation, exploitation, personnalisation

Contributions

- ↪ Définition concernant les profils d'apprenants
- ↪ Modèles du cycle de vie des profils d'apprenants
- ↪ Langage de modélisation de profils d'apprenants évolutifs
- ↪ Extensions du langage pour la gestion des échelles, la mise en correspondance de modèles de profils d'apprenants, les transformations de profils, les contraintes et les vues sur profils, les représentations d'éléments de profils
- ↪ Typologies d'activités pédagogiques
- ↪ Modèles de personnalisation unifiée

Spécificités

Aborder le profil d'apprenant comme objet de recherche.

Adopter une approche générique pour gérer les profils d'apprenants de manière mutualisée.

Travaux en relation

[Santos et al., 2004] [Moulet, 2011]

Validation

- ↪ Fait : vérification de la validité des modèles
- ↪ Fait : mise en œuvre des modèles

Thèses et M2R associés

- ↪ Thèses : [Eyssautier-Bavay, 2008] [Lefevre, 2009]
- ↪ M2R : [Lefevre, 2006] [Ginon, 2011] [Truong, 2010]

Une des caractéristiques de nos travaux de recherche sur l'ingénierie des profils d'apprenants est qu'ils s'appuient sur des modèles et méta-modèles théoriques qui sont ensuite mis en œuvre de façon opérationnelle au sein d'outils destinés principalement aux enseignants.

Dans cette partie, nous présentons les différents modèles que nous avons définis. Mais avant d'aborder l'exposé du cœur de nos travaux, nous définissons précisément le concept de profils d'apprenants qui est au centre de nos recherches et nous présentons notre proposition de modèle du cycle de vie des profils d'apprenants qui articule l'ensemble de nos travaux sur les profils. Après une présentation du modèle REPro qui propose une définition linéaire du processus de gestion de profils, nous abordons une à une les étapes du cycle de vie des profils d'apprenants en présentant les travaux que nous avons menés sur ces thèmes. Nous commençons par l'étape d'uniformisation des profils d'apprenants, qui est le point d'entrée logique du point de vue de notre problématique de réutilisation de profils d'apprenants par des acteurs autres que leur créateur. En outre, nous exposons brièvement pour nos différents modèles, les évaluations que nous avons proposées. Nous terminons par un bilan sur les différents modèles proposés.

La partie suivante est consacrée à la mise en œuvre de ces différents modèles théoriques au sein de l'environnement EPROFILEA, environnement informatique associé au projet PERLEA.

2.1 Définitions concernant les profils d'apprenants

Ou comment caractériser l'objet d'étude profil d'apprenant ?

Enjeux

Définir clairement l'objet profil d'apprenant. Donner les moyens de caractériser les profils d'apprenants.

Résumé

Cette section est consacrée à la définition des concepts liés aux profils d'apprenants. Nous y justifions notre choix d'utiliser le terme de profil d'apprenants et non de modèle d'apprenants. Nous y distinguons profil d'apprenant et profil d'apprentissage. Nous y présentons notre proposition de 20 dimensions des profils d'apprenants permettant de caractériser ces profils.

Mots-clés

Définitions, profil d'apprentissage, profil de l'apprenant, modèle de l'apprenant, échelles.

Contributions

- ↳ Définition de la notion de profil d'apprenant
- ↳ Définition de la notion de profil de groupe
- ↳ Définition de la notion de profil d'apprentissage
- ↳ Définition de la notion de profil d'apprentissage hybride évolutif
- ↳ Définition de la notion d'échelle
- ↳ 20 dimensions des profils d'apprenants

Spécificités

Aborder le profil d'apprenant comme objet de recherche et pas comme fichier nécessaire pour obtenir un résultat ponctuel.

Travaux en relation

[Bull et Kay, 2007] [Rich, 1983] [VanLehn, 1988] [Dillenbourg et Self, 1992] [Vassileva, 1997]

Validation

- ↳ Faite : description de plusieurs profils d'apprenants variés à l'aide des 20 dimensions des profils d'apprenants
- ↳ À faire : identifier d'éventuelles dimensions manquantes (des éléments d'un profil donné qui ne peuvent pas être caractérisés à l'aide des 20 dimensions).

Publications associées

Définitions : [Eyssautier-Bavay, 2008] [Jean-Daubias et al., 2009a] [Jean-Daubias et Ginon, 2010]

Avant de rentrer plus en détail sur nos travaux, définissons précisément les objets qui sont au centre de nos recherches : les profils d'apprenants.

2.1.1 Profils d'apprenants

Dans les recherches en EIAH, deux termes sont utilisés, parfois indifféremment, pour désigner la représentation des informations sur l'apprenant : *modèle*² ou *profil* de l'apprenant. Si le terme de *modèle* se trouve plus souvent dans les recherches en EIAH, celui de *profil* (parfois également *bilan*) est employé plus fréquemment dans le milieu éducatif. La notion de modèle de l'apprenant, souvent considérée comme l'un des modules de l'EIAH (au même titre que le module pédagogique ou le résolveur), correspond alors à la modélisation générale des apprenants dans cet EIAH, tandis que le terme de profil fait référence aux informations concernant un individu donné dans un contexte donné. Même si le profil d'un apprenant peut être considéré comme le modèle de cet apprenant dans le système, dans nos travaux, nous préférons lever cette ambiguïté en utilisant le terme de profil d'apprenant, comme le font également [Keenoy et al., 2004] [Vassileva et al., 2003] [Villanova-Oliver, 2002]. Par ailleurs, il s'agit bien ici de profils représentatifs des spécificités de chaque apprenant et non de profils-type ou stéréotypes caractérisant des regroupements de profils ressemblants [Rich, 1983] [Vincent et al., 2005]. Nous parlerons par ailleurs de modèle de profils d'apprenants pour désigner la description de la structure des profils d'apprenants (caractérisant ce qui ne diffère pas d'un apprenant à l'autre). Nous parlerons enfin de langage de modélisation de profils pour qualifier le langage qui permet d'établir de tels modèles (cf. section 2.4.2).

Une fois ce choix terminologique entre profil et modèle justifié, nous devons de nouveau préciser cette notion. Le profil d'un apprenant comporte en effet plusieurs facettes : informations personnelles, préférences, objectifs d'apprentissage, informations sur d'éventuels handicaps, informations sur sa motivation, ses émotions, son style d'apprentissage et enfin sur son apprentissage. De ces différentes facettes, notre travail aborde principalement la dernière. Les profils dont il est question dans ce document sont donc principalement des profils d'apprentissage.

2.1.2 Profils de groupe

Nous définissons un profil de groupe comme le profil unique d'un ensemble d'apprenants. Un profil de groupe peut donc avoir la même structure qu'un profil d'apprenant et même des valeurs identiques. Le profil de groupe peut donc être vu comme un profil d'apprenant pour lequel l'apprenant est un groupe d'apprenant. Notons que le groupe a une taille variable : les groupes de petite taille correspondent par exemple à des groupes de projet [Upton et Kay, 2009], les groupes de grande taille peuvent correspondre à une classe entière.

Nous n'abordons volontairement pas ici la distinction entre groupe en tant que somme d'individus et groupe en tant qu'entité, telle qu'elle peut être abordée dans les travaux sur le travail collaboratif.

2.1.3 Profils d'apprentissage hybrides évolutifs

Nous définissons un *profil d'apprentissage* comme un ensemble d'informations, concernant l'apprentissage d'un apprenant ou d'un groupe d'apprenants, collectées ou déduites à l'issue d'une ou plusieurs activités pédagogiques, qu'elles soient ou non informatisées. Les informations contenues dans le profil d'apprentissage d'un apprenant peuvent concerner ses connaissances, compétences, conceptions, son comportement, ou encore des informations d'ordre métacognitif. Les données d'un profil sont définies selon une structure et une sémantique précises. Cette structure et cette sémantique sont indépendantes des données d'un apprenant particulier et peuvent être partagées : elles peuvent être

² Notons que le terme de modèle de l'apprenant est utilisé par plusieurs auteurs pour décrire à la fois le processus de modélisation, généralement qualifié de diagnostic, et le résultat de ce processus : les profils d'apprenants.

utilisées pour les profils de plusieurs apprenants, alors que les données sont personnelles et relèvent de l'apprenant ou du groupe d'apprenants concerné par le profil.

Nous qualifions d'hybrides les profils dont différentes parties proviennent de sources différentes. Nous qualifions de plus ces profils d'évolutifs lorsqu'ils permettent de prendre en compte l'évolution des connaissances des apprenants. Les connaissances des apprenants peuvent en effet augmenter pendant l'apprentissage, ou diminuer en cas d'oubli [Brusilovsky et Millán, 2009].

Dans la suite du document, par abus de langage, nous utiliserons le terme de profil d'apprenant pour qualifier des profils qui sont en fait la plupart du temps des profils d'apprentissage.

2.1.4 Dimensions des profils d'apprenants

L'objet *profil d'apprenant* recouvre une grande diversité dont nous synthétisons, définissons et illustrons dans la Figure 7 les différentes dimensions d'analyse que nous avons identifiées, afin de caractériser finement cet objet. Si certains points communs peuvent être trouvés entre nos 20 dimensions des profils d'apprenants et l'approche SMILI Open Learner Modelling Framework [Bull et Kay, 2007], nos approches diffèrent significativement. En effet, SMILI vise à donner les moyens de décrire, analyser et comparer les EIAH comportant un modèle de l'apprenant ouvert. Il n'adopte pas le point de vue général des profils d'apprenants comme nous le faisons, mais le point de vue particulier des profils d'apprenants ouverts. Plusieurs auteurs ont défini différents axes d'analyse des profils d'apprenants [Rich, 1983] [VanLehn, 1988] [Dillenbourg et Self, 1992] [Vassileva, 1997]. Nous nous distinguons de ces approches en ne nous limitant pas à deux ou trois dimensions par rapport auxquelles nous cherchons à positionner les profils d'apprenants d'un certain nombre d'EIAH, mais en cherchant à caractériser finement les profils d'apprenants existants. Enfin, nous n'adoptons pas le point de vue de la façon de construire le diagnostic [Dillenbourg et Self, 1992], mais bien celui de l'objet profil d'apprenants, résultat de ce diagnostic. Nous ne prétendons pas que ces dimensions sont exhaustives, même si nous avons tenté de couvrir au mieux la diversité des profils. Il est donc possible de compléter ce travail en y ajoutant d'autres dimensions.

DIMENSION	DÉFINITION	EXEMPLES
1. sujet	acteur humain concerné par le profil	apprenant, binôme, groupe d'apprenants, classe
2. collaboration	place de la collaboration dans les activités servant de base au profil	activités individuelles, collaboratives
3. distance	place de la distance dans les activités servant de base au profil	activités présentiels, semi-distancielles, distancielles
4. discipline	discipline des informations contenues dans le profil	mathématiques, français, conjugaison, musique
5. niveau	niveau scolaire du sujet	maternelle, primaire, collège, lycée, université, formation continue
6. initiateur	acteur humain à l'origine de la décision de création du profil	enseignant, institution, apprenant
7. créateur	acteur constituant le profil	enseignant, EIAH, apprenant
8. destinataire	acteur exploitant le profil	EIAH, enseignant, apprenant, famille, institution, chercheur
9. temps	prise en compte du temps	période concernée, durée de l'activité
10. évolution	évolutivité des profils	profil figé, modifiable, évolutif
11. type	type d'informations contenues dans le profil	profil d'utilisation, d'apprentissage, de caractéristiques
12. nature	nature des informations contenues dans le profil	connaissances, méta-connaissances, compétences, stratégies, conceptions, liens entre informations, motivation, comportement d'apprentissage
13. valuation	type d'échelle utilisée pour valuer	note, taux de réussite, indication textuelle, appréciation
14. représentation interne	représentation utilisée par le système pour manipuler les profils	couples attribut/valeur, faits, règles, réseau bayésien
15. représentation externe	représentation utilisée par le système pour stocker le profil	liste de valeurs, couples attribut/valeur, texte structuré, texte balisé
16. visualisation	représentation utilisée pour présenter le profil à ses destinataires	représentation textuelle, numérique, graphique, symbolique
17. norme	norme ou standard pédagogique respecté	LOM, SCORM, PAPI, IMS-LIP
18. format	format de stockage du profil	texte, tableur, base de données, XML
19. plateforme	plateforme informatique compatible	Web, Unix, Windows, MacOS, plateforme mobile
20. dispositif	type de dispositif de visualisation du profil	papier, ordinateur, téléphone intelligent, tablette tactile

Figure 7 : Les 20 dimensions des profils d'apprenants.

Les profils d'apprenants peuvent tout d'abord concerner différents **sujets** (cf. 1 sur la Figure 7) : un unique apprenant ou un groupe d'apprenants (un binôme, une classe) [Kosba et al., 2005] [Upton et Kay, 2009]. Ils peuvent provenir de l'analyse d'activités de différents types du point de vue de la place de la **collaboration** (cf. 2 sur la Figure 7) [Upton et Kay, 2009] et de la **distance** dans ces activités (cf. 3 sur la Figure 7) : collaboratives ou non, présentielles, semi-distanciées ou distanciées. Ces activités peuvent être de **disciplines** variées (cf. 4 sur la Figure 7) et correspondre à différents **niveaux** (cf. 5 sur la Figure 7), scolaires, universitaires ou de formation continue. Les profils d'apprenants peuvent être créés à la demande de différents **initiateurs** (cf. 6 sur la Figure 7) : l'enseignant, afin de suivre l'évolution de l'apprentissage de ses élèves dans l'année ; l'institution, pour suivre celle de l'ensemble des apprenants (par exemple le collège ou le ministère [M.E.N._EducEval, 2008] dans un contexte scolaire, l'entreprise dans un contexte de formation continue) ; ou encore l'apprenant lui-même afin de suivre l'évolution de ses connaissances. De plus, les profils d'apprenants peuvent être constitués par différents **créateurs** (cf. 7 sur la Figure 7) : certains sont constitués de façon automatique ou semi-automatique par un logiciel comportant un modèle de l'apprenant comme dans [Jean-Daubias, 2002b], d'autres sont issus des pratiques des enseignants, pouvant s'appuyer sur des documents de référence (programmes scolaires ou référentiels de compétences par exemple [M.E.N._éduscol, 2005]) comme dans [Moulet, 2011], le plus souvent sous forme papier, mais parfois sous forme numérique (tableur par exemple), d'autres encore sont établis par l'apprenant lui-même, en situation d'autoévaluation, que ce soit sous forme papier-crayon ou logicielle [Cogne et al., 1998] [Eyssautier et Jean-Daubias, 2004]. Par ailleurs, les profils sont constitués dans le but d'être exploités par différents **destinataires** (cf. 8 sur la Figure 7), humains ou logiciels [Moulet, 2011]. Les profils créés par un enseignant sont en général destinés à être exploités par ce même enseignant, mais également par l'institution scolaire, parfois par l'apprenant concerné ou sa famille. Les profils créés par un système informatique sont la plupart du temps destinés à être exploités par le système lui-même. Toutefois, certains logiciels « externalisent » leurs profils, c'est-à-dire qu'ils les rendent visibles de l'extérieur, ce principalement à destination de l'apprenant et de l'enseignant [Paiva et al., 1995] ; d'autres créent même des profils avec pour but principal de les communiquer aux acteurs humains, c'est l'approche adoptée par les recherches sur les modèles de l'apprenant ouverts [LeMoRe, 2005] [McCalla et al., 2007b] [McCalla et al., 2007a] [Bull et Kay, 2010]. Nous pouvons en outre différencier les profils selon le **type** (cf. 11 sur la Figure 7) des informations qu'ils contiennent. Il peut s'agir d'une part de profils d'utilisation, qui rendent compte de l'utilisation qu'a faite l'apprenant du logiciel, tel que le temps qu'il a mis pour effectuer l'activité, ce qui correspond au modèle de comportemental de l'apprenant. Il peut s'agir d'autre part de profils d'apprentissage, qui correspondent au modèle cognitif de l'apprenant [Balacheff, 1994]. Il peut s'agir également de profils de caractéristiques [Self, 1988]. Notons toutefois que modèle du domaine, traces et productions de l'apprenant sont hors du champ de la notion de profils d'apprenants, car ne correspondant pas à la définition des profils. La **nature** (cf. 12 sur la Figure 7) des informations que comportent les profils d'apprenants est également variable [VanLehn, 1988] [Dillenbourg et Self, 1992] [Vassileva, 1997] [Py et Hibou, 2006] [Woolf, 2009] chapitre 13. Il peut s'agir de connaissances (« la terminaison de la première personne est -ai au futur ») ou méta-connaissances de l'apprenant (« je pense maîtriser la conjugaison du futur », « pour conjuguer un verbe au futur, il faut connaître son groupe ») [Clancey, 1982], de compétences (« savoir identifier le radical à partir de l'infinitif d'un verbe »), de stratégies (« identifier le radical du verbe, puis ajouter la terminaison ») ou de conceptions (qui peuvent couvrir des connaissances erronées de type « la terminaison de la première personne est -ais au futur »), mais aussi de comportements (« travail par essais-erreurs »). La **valuation** (cf. 13 sur la Figure 7) utilisée peut également varier. Une compétence peut être évaluée par une note (« 3/7 »), un taux de réussite (« 87% »), une évaluation textuelle (« connaissance partiellement maîtrisée »), une appréciation (« en progrès »), ou encore un commentaire d'ordre métacognitif (« je pense maîtriser cette compétence »). Dans un profil créé par un logiciel, il faut distinguer sa **représentation interne** (cf. 14 sur la Figure 7), celle qu'utilise le logiciel pour manipuler le profil (sous forme de couples attribut/valeur, de faits, de règles, de réseaux bayésiens...) [Vassileva, 1997], de sa **représentation externe** (cf. 15 sur la Figure 7), celle qui est utilisée pour stocker le profil ou encore de sa **visualisation** (cf. 16 sur la Figure 7), celle qui est proposée aux destinataires : sous forme textuelle, numérique, symbolique ou graphique. Nous identifions également les **normes** ou standards éducatifs utilisés pour l'échange de données (cf. 17 sur la Figure 7) [Pernin, 2006], comme LOM [LOM, 2002], SCORM [SCORM, 2001], PAPI [PAPI, 2002], IMS-LIP [IMS-LIP, 2001] MLR [Bourda et al., 2010], le **format** de

stockage (cf. 18 sur la Figure 7), qui peut être de type texte, tableur, base de données, fichier XML, ainsi que les **plateformes** informatiques compatibles (cf. 19 sur la Figure 7), qu'elles soient associées à des **dispositifs** fixes ou mobiles (cf. 20 sur la Figure 7). Pour compléter, notons que pour un même apprenant, il est possible de disposer de **plusieurs profils** qui représentent l'état de ses connaissances dans des domaines différents, selon des points de vue différents, dans des contextes différents, avec des objectifs différents [Bull et al., 2003], pour des usages différents [Vassileva et al., 2003], informations qui **évoluent** (cf. 10 sur la Figure 7) pour un même élément évalué [Vassileva, 1997] [Moulet et al., 2008b] [Moulet, 2011], soit pour prendre en compte l'évolution des connaissances de l'apprenant qui peut refléter l'apprentissage ou l'oubli [Mendelsohn et Dillenbourg, 1991] [Brusilovsky et Millán, 2009], soit pour corriger l'évaluation qui a été faite. En effet, les informations contenues dans les profils ne sont pas certaines, elles sont le reflet des croyances du créateur du profil, qu'il soit humain ou logiciel, sur l'apprenant [Dimitrova et al., 1999]. Si elle est prise en compte, cette évolution des données du profil peut l'être, soit en remplaçant les anciennes valeurs du profil (les profils sont alors modifiables), soit en gardant trace de l'évolution (les profils sont alors évolutifs). En complément, il est en outre intéressant d'avoir dans les profils des informations **temporelles** permettant d'identifier la période concernée ou le temps passé sur les activités (cf. 9 sur la Figure 7).

2.1.5 Exemples de profils d'apprenants

Afin d'illustrer la variété des profils d'apprenants, prenons maintenant quelques exemples de profils d'apprenants pour lesquels nous précisons chacune des 20 dimensions que nous venons de spécifier. Les exemples ont été choisis pour leurs caractéristiques variées. Le profil de PÉPITE a un contenu particulièrement riche ; celui de Tables au trésor a la particularité d'être disponible dans différents formats ; celui de MoreMaths est ouvert et dispose d'une version mobile ; le profil de Maxicours reflète des activités de soutien scolaire en ligne ; celui de Narcissus se concentre sur la collaboration ; enfin, le profil de l'école Antoine Rémond est un profil évolutif sous forme papier qui tient compte de l'évolution des compétences.

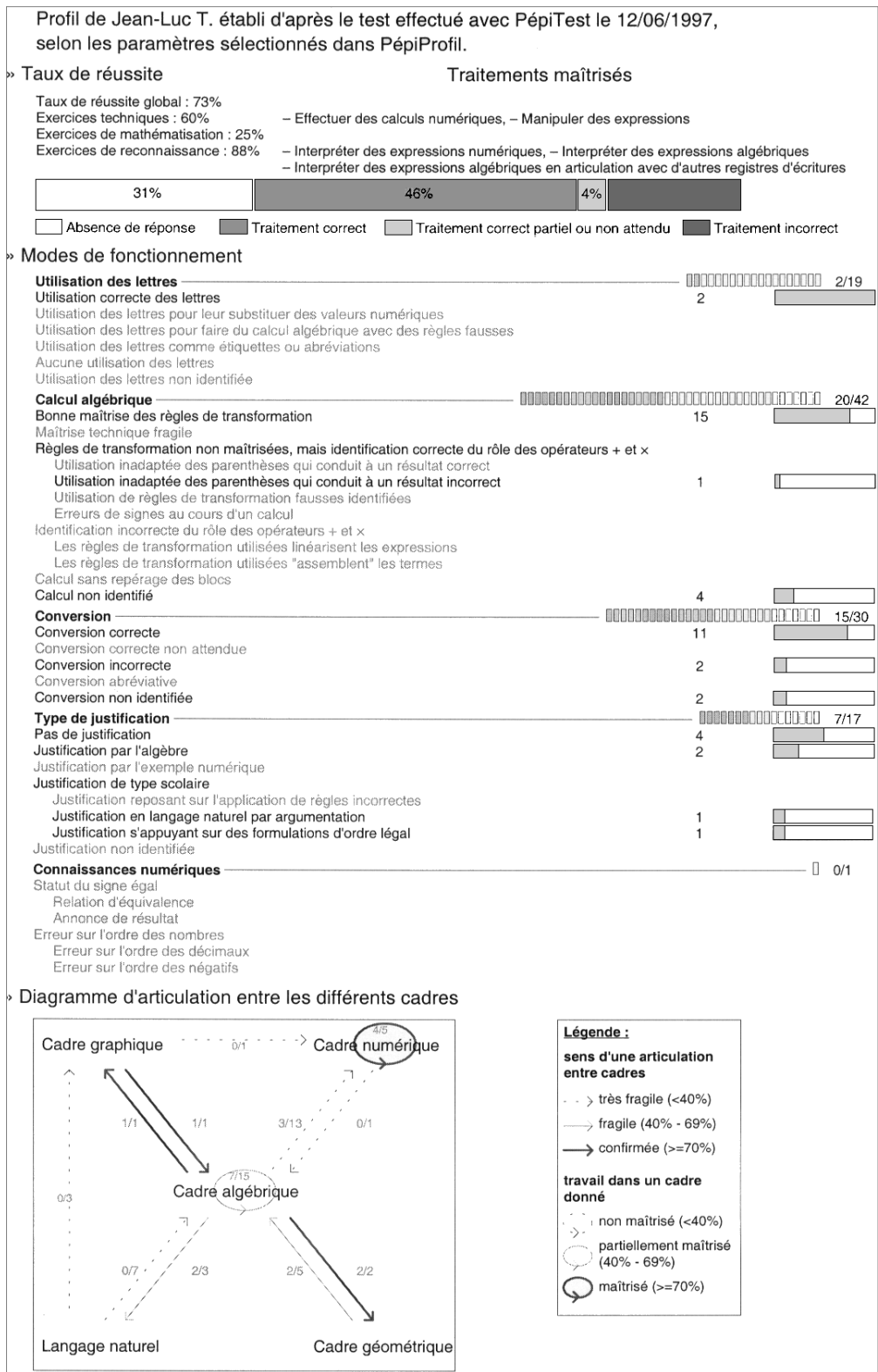


Figure 8 : Version imprimable du profil de PÉPITE [Jean, 2000a].

PÉPITE [Jean et al., 1999b] [Jean, 2000a] [PÉPITE, 1996] définit un profil cognitif riche pour un apprenant de fin de 3^{ème} de l'enseignement français en algèbre élémentaire. Ce profil est établi par un système informatique par diagnostic des réponses à un test informatisé effectué en classe. La version imprimable de ce profil (cf. Figure 8) en donne un résumé sous forme papier (taux de réussite, traitements maîtrisés, modes de fonctionnement et articulations entre cadres). Étudions maintenant ce profil du point de vue de nos 20 dimensions des profils d'apprenants. Le sujet est un apprenant seul (1),

les activités sont individuelles (2) et présentielles (3). Il s'agit d'un profil d'algèbre élémentaire (4) destiné à l'articulation entre la 3^{ème} et la 2^{de} de l'enseignement français (5). L'initiateur est un chercheur en didactique des mathématiques (6), le créateur du profil est un système d'assistance au diagnostic associé à un enseignant (7), les destinataires sont principalement les enseignants (8). Le profil de PÉPITE prend en compte le temps uniquement en datant l'évaluation (9), mais il ne prend pas en compte l'évolution des données (10). Il s'agit d'un profil d'apprentissage (11) rendant compte des connaissances et compétences (12). Plusieurs valuations (13) y sont utilisées : notamment taux de réussite, nombre d'erreurs de différents types, notes sur différents totaux (note sur 13, note sur 5, etc.), indications textuelles (« connaissance maîtrisée »). Le profil est représenté en interne sous forme d'un tableau à deux dimensions (14), en externe sous forme de listes de valeurs (15) et visualisé (16) sous des formes variées (représentations textuelle, numérique, graphique). Le profil de PÉPITE ne respecte aucun standard pédagogique (17). Il est stocké sous forme d'un fichier texte (18) qui est multiplateforme, mais la visualisation proposée par le logiciel n'est compatible qu'avec Windows (19), elle est possible à la fois sur papier et sur ordinateur (20).

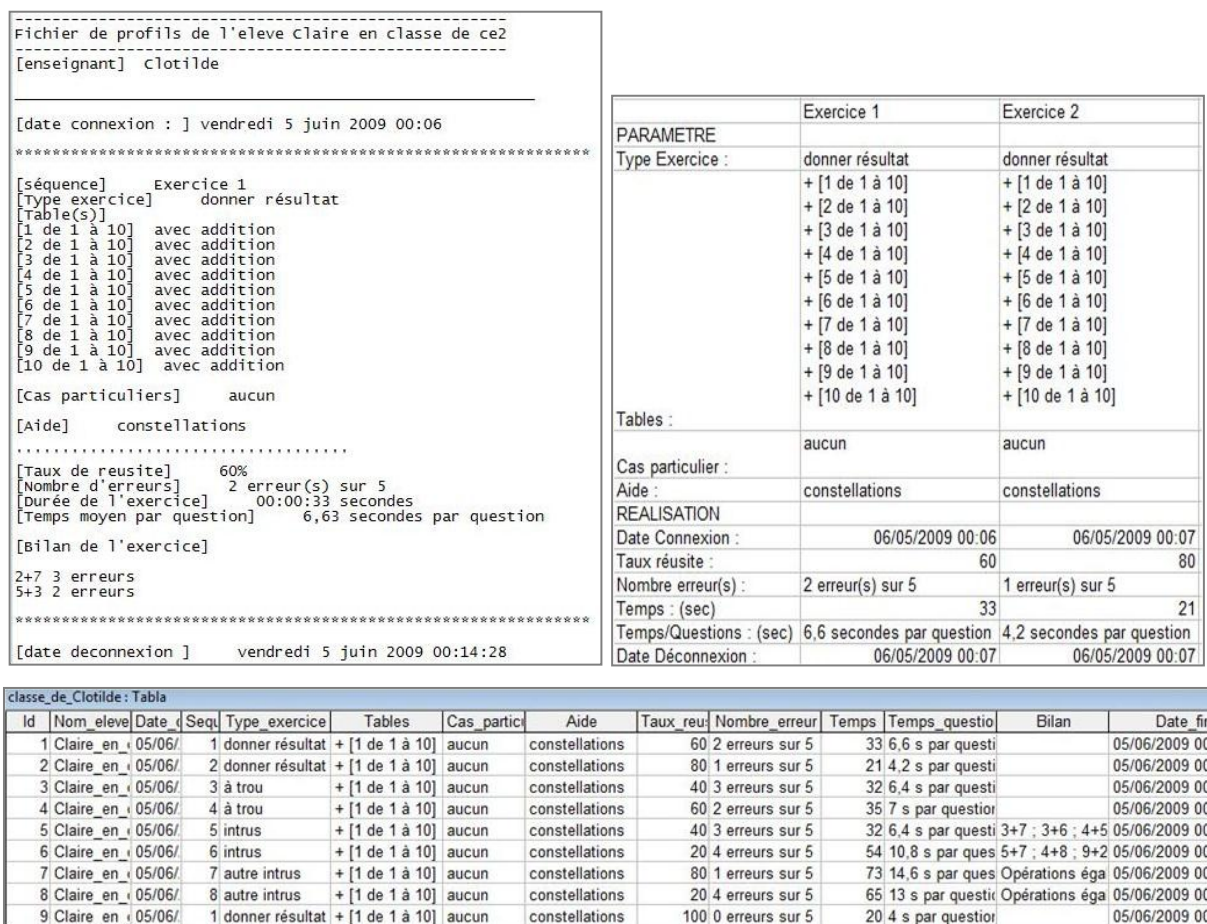


Figure 9 : Extrait d'un profil d'apprenant de Tables au trésor dans trois formats [Jean-Daubias, 2011b].

Tables au trésor [Jean-Daubias, 2011b] [Tables_au_trésor, 2009] propose un bilan de l'activité d'apprenants du primaire sur ce logiciel d'entraînement aux tables d'addition, de soustraction et de multiplication utilisable individuellement en classe ou à la maison, avec différents formats de sortie (cf. Figure 9). Pour ce profil, les valeurs des 20 dimensions des profils d'apprenants diffèrent du profil précédent pour certaines dimensions et sont identiques pour d'autres. Tout d'abord, le sujet est également un apprenant seul (1), les activités sont individuelles (2) et présentielles (3). Mais il s'agit d'un profil traitant du calcul mental (4) concernant des élèves d'école primaire dans l'enseignement français (5). L'initiateur est un chercheur en informatique (6), le créateur du profil est l'EIAH lui-même (7), les destinataires sont, d'une part l'élève lui-même pendant l'activité, et d'autre part, après l'activité, les adultes encadrant l'activité : enseignant ou parents (8). Le profil des Tables au trésor prend en compte le temps en datant chaque session de l'apprenant, en stockant le temps passé par exercice et le temps

moyen par question, ainsi qu'en affichant à l'élève pendant l'activité une partie de son profil de façon synchrone (9), il prend également en compte l'évolution dans la mesure où toutes les valeurs du profil d'un même apprenant sont stockées (10). Il s'agit d'un profil d'apprentissage (11) rendant compte des connaissances (12). Plusieurs valuations (13) y sont utilisées : taux de réussite, nombre d'erreurs, temps passé, temps moyen. Le profil est représenté en interne sous forme de texte (14), en externe sous forme d'un fichier texte, d'un tableur et d'une base de données (15) et visualisé partiellement sous forme graphique et textuelle pendant l'activité, mais aucune visualisation destinée aux adultes n'est intégrée au logiciel (16). Le profil ne respecte aucun standard pédagogique (17). Il est stocké sous forme d'un fichier texte, d'un fichier Excel et d'un fichier Access (18), compatibles avec tous les environnements pour le premier type, uniquement avec Windows pour le dernier (19). Ces fichiers sont consultables sur ordinateur, et éventuellement sur dispositifs mobiles (20).

MoreMaths (cf. Figure 20 page 62) [Bull et al., 2003] propose un tutoriel individualisé en mathématiques. Il conduit à la constitution d'un profil ouvert qui existe sous forme mobile. Pour ce profil, toutes les dimensions ne sont pas documentées. Le sujet est un apprenant seul (1), les activités sont individuelles (2) et présentielles (3). Il s'agit d'un profil de mathématiques (4) concernant des élèves de lycée de l'enseignement britannique (5). L'initiateur est un chercheur en sciences de l'éducation (6), le créateur du profil est l'EIAH lui-même (7), les destinataires sont les apprenants (8). Nous ne connaissons pas la prise en compte du temps dans ce profil (9), il ne prend pas en compte l'évolution (10). Il s'agit d'un profil d'apprentissage (11) rendant compte des connaissances et connaissances erronées des apprenants (12). La valuation (13) utilisée est un nombre de questions. La représentation interne (14) et la représentation externe (15) ne nous sont pas connues. La visualisation est faite sous forme graphique et textuelle (16). Nous n'avons pas d'information permettant de savoir si le profil respecte un standard pédagogique (17). Nous ne connaissons pas non plus son format de stockage (18). Il est compatible avec Windows et Palm OS (19) et consultable sur ordinateur, et PALM (20).

Le site web Maxicours [Maxicours, 2000] propose des activités de soutien scolaire en ligne. Il dispose d'un bilan des activités de l'élève indiquant sa réussite dans les différents exercices qui peut être considéré comme un profil. Le sujet est un apprenant seul (1), les activités sont individuelles (2) et distancielles (3). Ce profil concerne les différentes matières suivies par l'élève (4) pour des élèves du CP au bac professionnel de l'enseignement français (5). L'initiateur est la société Maxicours (6), le créateur du profil est l'EIAH lui-même (7), les destinataires sont les apprenants et leurs familles (8). La période prise en compte dans ce profil est la journée (9). Le profil prend en compte l'évolution des connaissances dans la mesure où il garde trace des différents états successifs des connaissances, jour par jour (10). Il s'agit d'un profil d'apprentissage (11) rendant compte des activités effectuées avec indication de succès (12). La valuation (13) utilisée est un nombre d'exercices. La représentation interne (14) et la représentation externe (15) ne nous sont pas connues. La visualisation est faite sous forme textuelle arborescente (16). Nous n'avons pas d'information permettant de savoir si le profil respecte un standard pédagogique (17). Nous ne connaissons pas non plus son format de stockage (18). Il est compatible avec tous les systèmes d'exploitation (19) et est consultable sur ordinateur et dispositifs mobiles connectés à Internet (20).



Figure 10 : Extraits du bilan de l'élève de Maxicours [Maxicours, 2000].

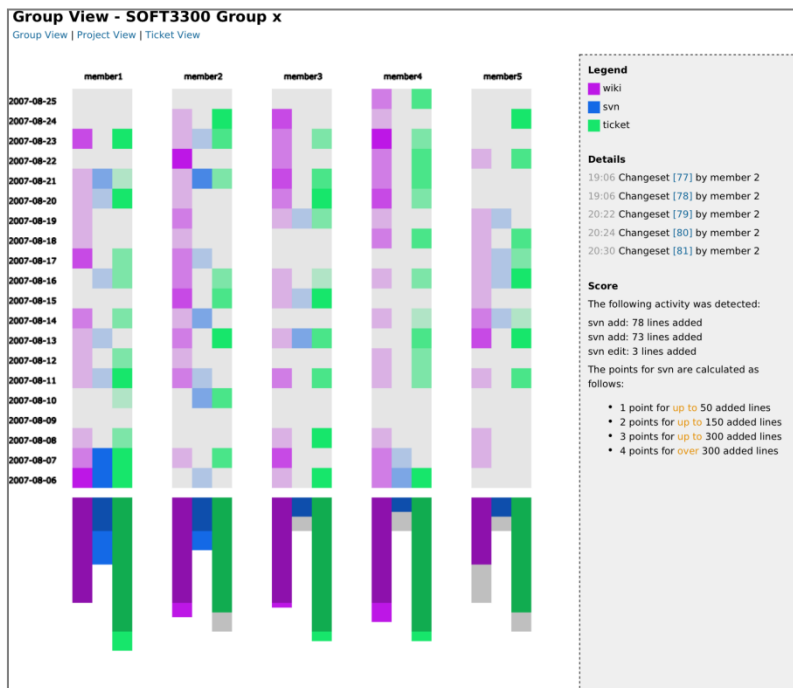


Figure 11 : Visualisation du profil de Narcissus [Upton et Kay, 2009].

Narcissus définit un profil de collaboration entre membres d'un groupe travaillant au développement d'une application [Narcissus, 2008] [Upton et Kay, 2009] (cf. Figure 11). La visualisation est faite sous forme graphique : pour une date donnée (en ordonnée sur la Figure 11), Narcissus représente, pour chaque membre du groupe observé (en abscisse sur la Figure 11), son activité au sein du groupe. Cette représentation permet à l'utilisateur de saisir à la fois l'ensemble de l'activité des groupes et leur évolution. Étudions plus précisément ce profil du point de vue de nos 20 dimensions d'analyse. Le sujet

est cette fois un groupe d'apprenants (1). Les activités sont collaboratives (2) et semi-distancielles (3). La discipline concernée est le développement d'applications (4), au niveau universitaire australien (5). L'initiateur du profil est un chercheur en informatique (6), le créateur du profil est le système (7), ses destinataires sont les apprenants (8). Le temps est pris en compte en affichant la date de chacun des événements qui constituent le profil (9) et en montrant l'évolution des situations (10). Il s'agit d'un profil d'utilisation (11) qui rend compte des activités des apprenants sur la plateforme (12). La valuation est faite grâce à une échelle croissante de 1 à 4 (13). Les représentations interne (14) et externe (15) ne sont pas connues. La visualisation est faite sous forme graphique (16). Nous n'avons pas d'information sur l'éventuel respect d'une norme (17). Le format de stockage du profil n'est pas connu non plus (18). Le profil est multiplateforme (19) et utilisable sur tout dispositif informatique connecté à Internet et disposant d'un écran suffisamment grand pour afficher la représentation graphique du profil (20).

		VIVRE ENSEMBLE		
		PS	MS	GS
Attitudes scolaires générales	Trouve sa place dans le groupe	ECA		A A
	Adapte son comportement aux différentes activités de la journée	A		A A
	Ecoute attentivement lorsque quelqu'un parle (enfant ou adulte)	A		A A
	Mène son travail à terme	A		A A
	Soigne son travail			A A
Règles du groupe	Accepte les règles de fonctionnement du groupe	A		A A
Coopération dans le groupe	Joue avec les autres	EA		A A
	Prend et partage des responsabilités (ranger, préparer le matériel d'une activité)	A		A A
		LANGUE ORALE		
Compétences de base	Articule et prononce correctement	A		A A
	Utilise le « je »	A		A A
	S'exprime avec des phrases simples	A		A A
	S'exprime avec des phrases complexes			A A
Compétences de communication	Répond aux sollicitations de l'adulte	A		A A
	Recherche la communication avec l'adulte	ECA		ECA ⁺ ECA ⁺
	Recherche la communication avec les autres enfants	EA		EA ⁺ EA ⁺
	Participe à un échange collectif en petit groupe			ECA ⁺ ECA ⁺
	Participe à un échange collectif en grand groupe	ECA		ECA ⁺ ECA ⁺
Compétences concernant le langage de situation	Dans un échange collectif, écoute autrui en attendant son tour			A A
	Comprend les consignes ordinaires de la vie de la classe (applique)	A		A A
Compétences concernant le langage d'évocation	Rappelle en se faisant comprendre un événement qui a été vécu collectivement	A		A A

Figure 12 : Exemple de profil papier-crayon - livret d'évaluation en maternelle.

Le profil du livret d'évaluation de l'école maternelle Antoine Rémond (cf. Figure 12) basé sur le référentiel de compétences de l'Éducation Nationale [M.E.N._EducEval, 2008] a, pour nos dimensions des profils d'apprenants, des valeurs assez différentes de celles des profils précédents. Le sujet est un apprenant seul (1), les activités sont individuelles (2) et présentes (3). L'extrait du profil donné par la Figure 12 concerne la vie collective et la langue (3) pour des élèves d'école maternelle de l'enseignement français (5). L'initiateur est l'institution, le ministère et l'école (6), les créateurs du profil sont les enseignants des différentes années scolaires concernées (7), les destinataires sont l'élève, ses parents et l'institution scolaire (8). La période prise en compte dans le profil est le semestre, deux pour chaque année (PS pour petite section, MS pour moyenne section et GS pour grande section sur la Figure 12) (9). Le profil prend également en compte l'évolution dans la mesure où toutes les valeurs du profil d'un même apprenant sont gardées d'une année sur l'autre (10), notons que pour les composantes non évaluées pendant une période, les cases sont grisées (par exemple la composante « soigne son travail » n'est pas évaluée avant la grande section). Il s'agit d'un profil d'apprentissage (11) rendant compte des compétences, connaissances et comportements (12). La valuation utilisée (13) comporte quatre éléments (A : acquis, en cours d'acquisition précisé en EC+ et EC, ainsi que NA : non acquis), cf. partie gauche de la Figure 12). Le profil n'a pas de représentation interne (14). La représentation externe (15) et la visualisation ne font qu'une et se font sous forme textuelle (16). Le profil ne respecte aucun standard pédagogique (17), ni format informatique (18), et n'est compatible avec aucun système d'exploitation (19), car il est sous forme papier (20).

2.1.6 Échelles

La notion d'échelle, intimement liée à celle de profil d'apprenant, désigne un ensemble de valeurs de même type, généralement ordonnées et sémantiquement liées permettant de valuer des composantes.

Illustrons cette définition de quelques exemples d'échelles associées aux profils décrits dans la section précédente. Le profil papier de l'école Antoine Rémond (cf. Figure 12) utilise une échelle textuelle graduée comportant quatre éléments : acquis, à renforcer, en cours d'acquisition, non acquis. Tables au trésor (cf. Figure 9 et [Jean-Daubias, 2011b]) utilise principalement une échelle numérique allant de 0 au nombre total de questions de l'exercice, par pas de 1. PÉPITE quant à lui (cf. Figure 8 et [Jean, 2000a]) fait appel à plusieurs échelles numériques dont certaines, associées à des seuils, sont converties en échelles textuelles graduées pour l'affichage.

2.2 Cycle de vie des profils d'apprenants

Où que peut-on faire avec des profils d'apprenants et comment ?

Enjeux

Formaliser et expliciter les étapes du cycle de vie des profils d'apprenants souvent implicites et distinguer des processus souvent concomitants, mais pourtant conceptuellement différents.

Résumé

Nous proposons des modèles qui explicitent le cycle de vie des profils d'apprenants.

Le modèle REPro donne les moyens de comprendre le processus de gestion et d'exploitation de profils en modélisant la chaîne des traitements nécessaires pour aller de la situation d'apprentissage initiale jusqu'à l'exploitation des profils par ses différents acteurs. Il identifie les étapes de constitution de profils, d'harmonisation, de transformation et d'exploitation.

Le modèle ACUTE4profiles complète et généralise ce processus linéaire, notamment en l'abordant sous forme d'un cycle. Il permet de modéliser les différentes étapes du cycle de vie des profils d'apprenants depuis les activités pédagogiques, jusqu'à la proposition d'activités pédagogiques personnalisées en fonction du profil de l'apprenant. Il intègre la possibilité, pour des acteurs autres que leurs concepteurs, de réutiliser des profils d'apprenants existants pour les exploiter. ACUTE4profiles part des activités pédagogiques (A) qui peuvent donner lieu à des traces. Ces traces permettent de constituer (C) des profils d'apprenants initiaux. Les profils résultants peuvent ensuite être uniformisés (U) afin d'être intégrés à un système autre que celui qui est à l'origine de leur création. Les profils uniformisés peuvent être transformés (T) si besoin, et les profils transformés peuvent enfin être exploités (E). Parmi les exploitations possibles, la définition d'activités pédagogiques personnalisées en fonction du profil des apprenants conduit à la création de configurations personnalisées, qui alimenteront les activités pédagogiques tracées (A).

Le cycle du modèle ACUTE4profiles nous sert, dans la suite de ce document, de fil conducteur pour la présentation de nos différents travaux.

Mots-clés

Modèle, processus, cycle de vie, profils d'apprenants

Contributions

- ↳ REPro, modèle du processus de gestion de profils d'apprenants
- ↳ ACUTE4profiles, modèle du cycle de vie des profils d'apprenants

Spécificités

Étudier l'objet profil d'apprenants du point de vue de son cycle de vie.

Travaux en relation

[Van Rosmalen et al., 2006] [Catteau et al., 2006]

Validation

- ↳ Fait : situer des travaux existants liés aux profils d'apprenants sur nos modèles
- ↳ À faire : systématiser l'étude effectuée avec des travaux plus nombreux et plus variés

Publications associées

- ↳ Sur REPro : [Eyssautier-Bavay, 2008] [Eyssautier-Bavay et al., 2009a] [Eyssautier-Bavay et al., 2009b]
- ↳ Sur ACUTE4profiles : [Jean-Daubias, 2011a]

En complément de ces définitions, nous détaillons sous forme de deux modèles, REPro et ACUTE4profiles, le cycle de vie des profils d'apprenants, afin d'explicitier les étapes nécessaires à la gestion et à l'exploitation des profils.

2.2.1 Modèle du processus de gestion de profils, REPro

Le modèle REPro (Reuse of External Profiles [Eyssautier-Bavay, 2008] [Eyssautier-Bavay et al., 2009a], cf. Figure 13) donne les moyens de comprendre le processus de gestion et d'exploitation de profils en modélisant la chaîne des traitements nécessaires pour aller de la situation d'apprentissage initiale jusqu'à l'exploitation des profils par ses différents acteurs.

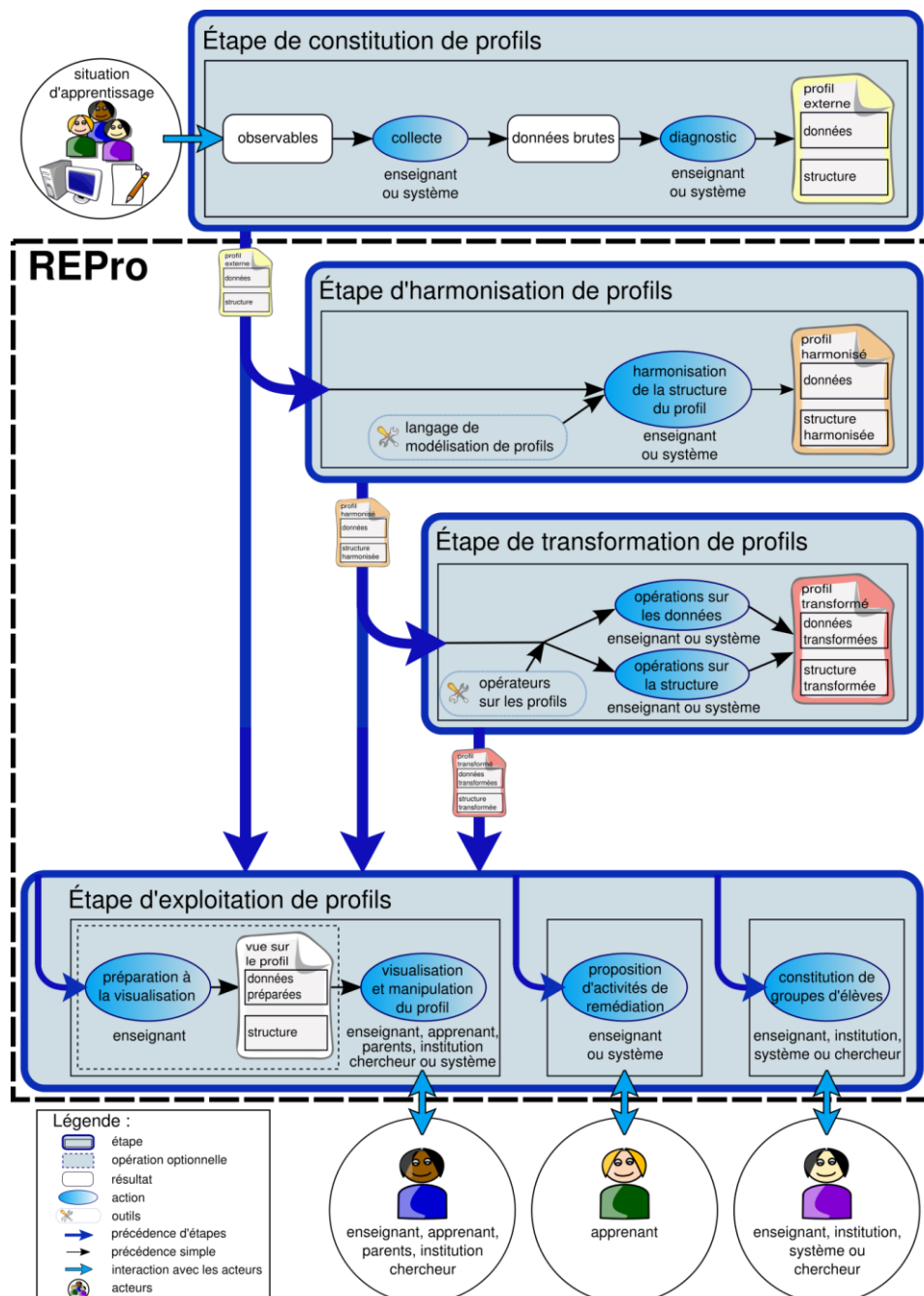


Figure 13 : REPro, modèle du processus de gestion des profils [Eyssautier-Bavay, 2008] [Eyssautier-Bavay et al., 2009a].

L'étape de *constitution de profils d'apprenants*, qui se situe en amont de REPro, représente la constitution d'un profil initial par des logiciels ou des enseignants, à partir d'une situation d'apprentissage particulière, informatisée ou non.

Habituellement, un enseignant ou un système informatique constituant un profil d'apprenant le fait pour l'exploiter lui-même : l'étape de *constitution de profils* est donc directement suivie de l'étape d'*exploitation de profils*.

Dans une perspective de réutilisation de profils existants, créés par d'autres, la nature et la structure des informations recueillies, qui peuvent être hétérogènes, ne sont pas connues. Leur réutilisation nécessite par conséquent une étape d'*harmonisation de profils*. L'harmonisation prend en entrée le *profil externe* que l'on souhaite réutiliser, sous forme papier-crayon ou numérique, et consiste en la réécriture par l'enseignant, assisté ou non d'un système informatique, de la structure du profil selon un formalisme donné prédéfini : le langage de modélisation de profils. Seule la structure du profil est concernée par cette harmonisation, les données n'ayant pas besoin d'être modifiées. À l'issue de cette opération, un *profil harmonisé* est établi : un profil à la structure conforme au langage de modélisation de profils comportant les données du profil initial.

Une fois les profils harmonisés, il est possible de passer soit directement à l'étape d'*exploitation*, soit à l'étape de *transformation de profils*. Cette dernière permet de réaliser des opérations sur les profils, comme filtrer les informations, ou constituer un profil de groupe à partir des profils individuels.

Enfin, l'étape d'*exploitation* des profils permet aux différents acteurs de la situation d'apprentissage d'exploiter les informations du profil de l'apprenant en fonction de leurs rôles respectifs.

REPro aborde la gestion des profils d'apprenants de façon linéaire, avec pour objectif d'identifier les processus qui conduisent à l'exploitation des profils. Il ne prend ainsi pas en compte le caractère cyclique du processus de gestion de profils. De plus, il n'intègre pas pleinement l'étape de constitution de profils, pourtant capitale dans le cycle de vie des profils d'apprenants.

2.2.2 Cycle de vie des profils d'apprenants, ACUTE4profiles

Afin d'expliquer notre approche générale de la gestion de profils d'apprenants, nous avons repris le modèle REPro en le généralisant et le modifiant. Ces évolutions ont donné lieu à la définition du modèle ACUTE4profiles que nous présentons dans cette section.

Nous détaillons en effet sous forme d'un modèle, le cycle de vie des profils d'apprenants, à l'instar de ce qui est couramment fait pour le cycle de vie des logiciels et, plus proche des EIAH, de ce qui a été proposé pour les activités pédagogiques personnalisables [Van Rosmalen et al., 2006]. Notons qu'il ne s'agit en rien d'un cycle de conception et encore moins d'une méthode de conception, mais bien d'un cycle de vie de l'objet profil d'apprenants. Notre cycle de vie des profils d'apprenants est également à distinguer du *student lifecycle*, qui adopte le point de vue des ressources nécessaires à un apprenant dans sa scolarité et non de ses connaissances comme nous le faisons. Notre modèle s'apparente plus à la représentation générique du cycle de vie de l'objet pédagogique et de ses métadonnées proposée par [Catteau et al., 2006], mais il s'en distingue également par l'objet étudié.

Le modèle ACUTE4profiles (Activities, profiles Creation, profiles Uniformization, profiles Transformation, profiles Exploitation) [Jean-Daubias, 2011a] que nous proposons détaille ainsi le cycle de vie des profils d'apprenants depuis les activités pédagogiques, jusqu'à la proposition d'activités pédagogiques personnalisées en fonction du profil de l'apprenant (cf. Figure 14). Sur cette figure, les éléments qui détaillent les étapes du cycle sont consécutifs et se lisent de haut en bas dans le cas où les pavés qui les représentent sont jointifs ; dans le cas contraire, les éléments sont des alternatives. Ce cycle part des *activités pédagogiques* (A) qui peuvent donner lieu à des **traces**. Ces traces permettent de *constituer* (C) des **profils d'apprenants initiaux**. Ces profils peuvent ensuite être *uniformisés*³ (U) en vue d'être intégrés à un système autre que celui qui est à l'origine de leur création. Les **profils uniformisés**

³ Nous ne parlons pas de profils normalisés afin qu'il n'y ait pas de confusion possible avec la notion de normes et standards pédagogiques.

peuvent être *transformés* (T) si besoin, et les **profils transformés** peuvent enfin être *exploités* (E). Parmi les exploitations possibles, la définition d'activités pédagogiques personnalisées en fonction du profil des apprenants conduit à la création de **configurations**, qui alimenteront les activités pédagogiques tracées (A).

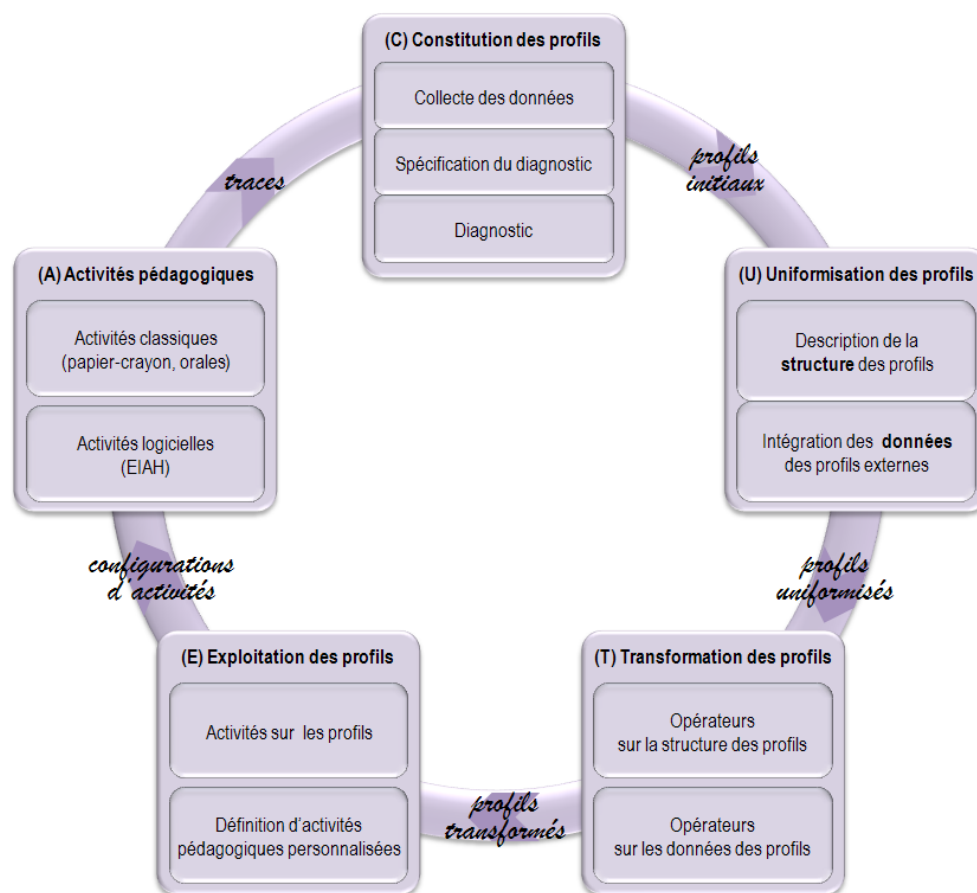


Figure 14 : ACUTE4profiles, modèle du cycle de vie des profils d'apprenants.

Notons que plusieurs points d'entrée sont possibles sur ce cycle et que toutes les étapes ne sont pas obligatoires. Ainsi, certaines étapes pourront être effectuées lors d'un premier parcours du cycle (typiquement la spécification du diagnostic), mais pas lors des suivants.

Détaillons maintenant les différentes parties du modèle ACUTE4profiles.

2.2.2.1 (A) Activités pédagogiques

Les activités pédagogiques (cf. le (A) d'ACUTE4profiles sur la Figure 14) peuvent être considérées comme point de départ du cycle de vie des profils, même si d'autres points d'entrée sont possibles selon la perspective adoptée. Nous considérons ici les activités individuelles ou collectives, présentesielles ou distancielles, médiées ou non par informatique.

Les activités pédagogiques effectuées par les apprenants, qu'elles soient sous forme classique (orales ou papier-crayon) ou informatisées (au travers d'EIAH ou d'autres logiciels), donnent lieu à un certain nombre d'observables.

Nous distinguons deux types d'observables : d'une part les traces (les différentes étapes du travail de l'apprenant), et d'autre part les productions (les résultats finaux de l'apprenant pour l'activité pédagogique observée), même si ces deux types d'observables sont la plupart du temps assimilées et souvent techniquement semblables [Woolf, 2009] chapitre 3.

Dans le cas d'activités pédagogiques classiques, les observables sont généralement les productions de l'élève (sa copie, sa production orale), éventuellement complétées d'informations d'ordre métacognitif ou temporel. Ces informations sont principalement sous forme papier (parmi lesquelles les notes

d'observations), mais peuvent aussi être sous forme d'enregistrements, audio ou vidéo. À des fins de simplification, nous parlerons de traces informelles pour qualifier l'ensemble de ces observables.

Dans le cas d'activités pédagogiques logicielles, les observables sont principalement des enregistrements numériques internes (des traces informatiques, c'est-à-dire un ensemble d'observés temporellement situés [Laflaquière, 2009]). Ces observables peuvent également être complétés, comme le sont les traces informelles, d'enregistrements numériques externes (audio ou vidéo) ou d'enregistrements effectués par des humains (notes d'observations). La spécification de ce qui sera trace dans une activité pédagogique logicielle est particulièrement importante dans le cycle de vie des profils d'apprenants, car du choix des observables dépend la qualité des profils qui pourront ensuite être établis et des traitements qui pourront être effectués [Jean, 2000a]. Nous revendiquons ainsi que la spécification des traces fait partie intégrante de la démarche de personnalisation.

2.2.2.2 (C) Constitution des profils (collecte – spécification – diagnostic)

L'étape de constitution des profils à partir des traces (cf. le (C) d'ACUTE4profiles sur la Figure 14) commence par la collecte des traces, avant l'élaboration des profils. Dès lors que l'on distingue, comme nous le faisons, les données des profils de leur structure, on doit également distinguer dans l'élaboration des profils, le diagnostic sur les traces à proprement parler qui permet d'identifier les données des profils, de la spécification du diagnostic qui conduit à la définition du modèle des profils et permet d'établir l'organisation des données des profils.

Nous distinguons là encore deux cas : d'une part la constitution de profils à partir de traces informelles, qui correspond au cas des activités pédagogiques, généralement papier-crayon, produisant des résultats non tracés informatiquement (productions papier, observations), et d'autre part la constitution de profils à partir de traces formelles (les traces informatiques), qui correspond au cas des activités pédagogiques informatisées tracées informatiquement.

Dans le cas d'activités tracées informellement, la collecte des traces et l'élaboration des profils se font la plupart du temps également informellement. Les acteurs concernés, généralement des enseignants, collectent manuellement les informations qui tiennent lieu de traces (des productions spécifiquement destinées à l'évaluation, ou les productions des apprenants destinées à l'apprentissage, mais également utilisées pour l'évaluation des compétences). Ces acteurs élaborent ensuite les profils par analyse et interprétation des productions (le diagnostic) qu'ils structurent sous forme d'un bilan de la maîtrise des connaissances concernées. Ce profil lui-même peut être informel (une image mentale de l'enseignant sur les connaissances des apprenants, mais non inscrite dans un document, qu'il soit papier ou informatique), ou formalisé dans un document, qui peut être papier (un profil papier) ou informatique (un profil sur support informatique). Ces deux types de documents comportent une structure et des données. Les profils informatiques listant les connaissances des apprenants peuvent prendre la forme d'un fichier non spécifique à l'objet profil, établi par exemple avec un éditeur de texte, un tableur ou une base de données, ou peuvent prendre la forme d'un fichier spécifique à l'objet profil, établi à l'aide d'un logiciel spécifique d'édition ou de manipulation de profils.

Dans le cas d'activités tracées informatiquement, la collecte des traces et l'élaboration des profils se font la plupart du temps également au moins en partie informatiquement. En effet, si collecte et élaboration des profils peuvent être informatisées, une phase d'initialisation peut être nécessaire dans un premier temps. La collecte consiste en le transfert, soit par l'un des systèmes informatiques concernés, soit par un humain, des fichiers de traces de leur source (le logiciel qui les a produits) vers leur destination (le logiciel qui va les analyser pour établir le diagnostic). Cette collecte peut être implicite si source et destination sont identiques, dans le cas où le logiciel qui gère l'activité pédagogique gère également le diagnostic ou dans celui où les logiciels sont configurés pour éviter tout transfert de fichiers. Dans ce dernier cas, une initialisation est préalablement nécessaire pour configurer la collecte. Les données des profils sont ensuite identifiées grâce au diagnostic par analyse et interprétation des traces, ce qui nécessite le calcul d'indicateurs à partir de diverses informations issues des traces [Settouti et al., 2010] [Djouad et al., 2010]. Par ailleurs, ces données sont structurées en respectant la définition du modèle des profils qui a été établi. Le diagnostic peut être établi manuellement par un acteur humain (un enseignant), automatiquement par un système informatique, ou semi-automatiquement en coopération entre un

système et un humain. La structuration peut quant à elle être établie par un acteur humain au moyen d'un logiciel (soit en amont par un programmeur qui implémente un modèle de profils, qui peut lui-même être spécifié par un enseignant, dans ce cas le modèle existe mais peut être plus ou moins transparent pour l'utilisateur enseignant, soit en aval par un enseignant qui utilise un système lui permettant de spécifier son propre modèle de profils, dans ce cas le modèle de profils est plus explicite).

Cette étape d'élaboration des profils, quoique nécessaire, est parfois totalement implicite. En effet, dans le cas d'activités classiques, l'enseignant peut passer directement de l'observation des apprenants pendant les activités pédagogiques à l'élaboration du profil des apprenants.

Insistons sur le fait que, quoique décrits successivement dans cette section, la spécification du diagnostic et le diagnostic ne sont généralement pas consécutifs. La spécification du diagnostic est usuellement établie une seule fois (pour tous les apprenants et pour toutes les utilisations), même si elle peut faire l'objet de modifications. Le diagnostic quant à lui est effectué pour chaque apprenant et pour chaque utilisation (création d'un nouveau profil, mise à jour d'un profil existant).

À l'issue de cette étape constitution des profils, nous disposons de profils comportant une structure adaptée aux éléments observés et des données représentant les informations sur les connaissances des apprenants. Nous qualifions ces profils de profils initiaux.

2.2.2.3 (U) Uniformisation des profils (description de la structure – intégration des données)

Dans une perspective de réutilisation de profils par des acteurs (humains ou logiciels) autres que leurs créateurs, il est nécessaire d'uniformiser les profils d'apprenants (cf. le (U) de ACUTE4profiles sur la Figure 14). Pour cela il convient d'adapter l'organisation des données des profils initiaux à la structure des profils uniformisés, ce afin d'exprimer dans un même langage de modélisation de profils qui peuvent initialement être hétérogènes, c'est-à-dire être écrits dans des langages de modélisation de profils différents. Notons que le modèle des profils n'est pas forcément connu, ni même parfois explicite, ce qui complique cette étape d'uniformisation.

Dans le cas fréquent où les acteurs constituant un profil d'apprenant le font pour l'exploiter eux-mêmes, l'étape d'uniformisation des profils est inutile. Toutefois, dans ces situations, le modèle des profils et le langage qui permet de le décrire, même s'ils sont implicites, existent.

L'uniformisation des profils nécessite la description de la structure du profil initial dans le langage de modélisation de profils cible, puis l'intégration des données du profil initial selon ce modèle, constituant ainsi le profil uniformisé, respectant le langage de modélisation de profils cible.

En pratique, le profil initial et le profil uniformisé ne diffèrent pas nécessairement uniquement en raison de la différence de langages de modélisation de profils : des transformations peuvent être faites concomitamment à l'uniformisation des profils. Ainsi, des parties du profil initial peuvent par exemple ne pas apparaître dans le profil uniformisé (si l'on souhaite exploiter uniquement les parties du profil d'un EIAH qui concernent l'apprentissage, à l'exclusion de celles qui concernent le comportement du point de vue du jeu), certaines valeurs peuvent avoir été converties dans d'autres échelles (afin d'être comparées à celles provenant d'un autre profil), d'autres valeurs peuvent avoir été sommées (si l'on souhaite une synthèse des résultats d'un EIAH). Dans ACUTE4profiles, ces transformations sont modélisées dans l'étape suivante, celle de transformation des profils.

2.2.2.4 (T) Transformation des profils (opérations sur structure – opérations sur données)

L'étape de transformation des profils (cf. le (T) de ACUTE4profiles sur la Figure 14) permet d'effectuer des modifications tant sur la structure des profils que sur leurs données. Cela nécessite la définition d'opérateurs de transformation de profils compatible avec le langage de modélisation de profils utilisé dans l'étape d'uniformisation du modèle ACUTE4profiles. Ces opérateurs peuvent si besoin être combinés afin d'effectuer des transformations complexes sur les profils, transformations pouvant associer l'utilisation d'opérateurs sur structure et d'opérateurs sur données. Nous qualifions de profils transformés les profils issus de cette étape.

Ces transformations sont par exemple nécessaires pour adapter le profil au besoin d'un utilisateur différent de son créateur, pour faire évoluer la structure d'un profil dans le temps, pour effacer des données trop anciennes.

2.2.2.5 (E) Exploitation des profils (activités sur les profils – définition d'activités personnalisées)

L'étape d'exploitation des profils d'apprenants (cf. le (E) d'ACUTE4profiles sur la Figure 14) donne tout leur sens aux étapes précédentes : c'est en effet la raison d'être du traçage des activités, de la constitution, de l'uniformisation et de la transformation des profils d'apprenants. Nous distinguons ici deux types d'exploitations principales : les activités sur les profils d'apprenants et l'utilisation des profils d'apprenants pour personnaliser les activités pédagogiques à venir.

Les activités sur les profils d'apprenants sont une exploitation directe des profils. Elles visent à permettre aux différents acteurs de l'apprentissage (enseignants, apprenants, familles, institutions, chercheurs) de visualiser les profils d'apprenants, mais également d'effectuer des activités sur ces profils (comme comparer un profil à la moyenne du groupe, poser des objectifs pour les évaluations à venir, voire négocier le profil). Ces activités sur les profils d'apprenants pourraient être assimilées à des activités pédagogiques comme les autres et donc apparaître en (A) sur la Figure 14, mais dans le cadre du modèle ACUTE4profiles, la centration sur l'objet profil d'apprenants nous amène à traiter ces activités différemment, comme exploitation directe des profils, donc en (E) sur la Figure 14.

La définition d'activités pédagogiques personnalisées en fonction du profil des apprenants est l'autre exploitation possible des profils d'apprenants. Nous considérons ici la définition d'activités pédagogiques adaptées aux connaissances et lacunes des apprenants, identifiées dans leur profil, mais également la définition du parcours pédagogique associé, définissant l'enchaînement des activités proposées, et les éventuelles spécifications concernant des variables d'environnement ou variables pédagogiques associées à ce parcours et ces activités (possibilité pour l'apprenant d'utiliser ou non l'aide ou le diagnostic, spécificités d'interfaces liées à des handicaps par exemple).

Par ailleurs, d'autres exploitations des profils d'apprenants existent [Self, 1988], comme le fait d'alimenter, de compléter, de corriger les valeurs associées au modèle de l'apprenant maintenu par l'EIAH à l'aide des informations contenues dans le profil, ou le fait d'aider à prévoir le comportement futur de l'apprenant à l'aide de l'état actuel de ses connaissances. Enfin, les profils d'apprenants peuvent être utilisés pour évaluer l'efficacité de l'EIAH dont sont issues les traces, notamment dans le cadre de l'évaluation du système par la méthode comparative [Nogry et al., 2004b]. Ces dernières exploitations, en marge de notre approche, ne sont volontairement pas explicites dans le modèle ACUTE4profiles, elles sont toutefois compatibles avec notre modèle. En effet, les exploitations concernant l'enrichissement du modèle de l'apprenant maintenu par l'EIAH initial correspondent au passage direct des profils transformés à l'élaboration des profils dans l'étape de constitution de profils, et l'utilisation des profils à des fins d'évaluation de l'EIAH initial correspond aux activités des chercheurs sur les profils d'apprenants.

2.2.2.6 (A) Activités pédagogiques personnalisées

La définition d'activités pédagogiques personnalisées établies dans l'étape d'exploitation fournit soit les configurations nécessaires pour personnaliser les activités pédagogiques, soit les activités elles-mêmes, activités qui seront effectuées par les apprenants (cf. de nouveau le (A) d'ACUTE4profiles sur la Figure 14).

Ces activités personnalisées peuvent donner lieu à un traçage, ce qui permet d'utiliser les activités effectuées par les apprenants pour établir un nouveau profil ou compléter le profil précédent, permettant ainsi de boucler sur la suite du cycle de vie des profils d'apprenants proposé par ACUTE4profiles. Cette boucle correspond notamment au cas des EIAH qui établissent un profil par diagnostic des activités de l'EIAH et utilisent ce profil pour personnaliser les activités proposées ensuite et/ou leur enchaînement dans ce même EIAH, les nouvelles activités étant à nouveau utilisées pour alimenter le profil.

Notons que les activités pédagogiques sur les profils (situées en (E) dans ACUTE4profiles sur la Figure 14) peuvent également être tracées et s'inscrire dans cette boucle.

2.3 Constitution de profils d'apprenants

Ou comment établir des profils d'apprenants pertinents ?

Enjeux

Établir un diagnostic des connaissances des apprenants fiable, pertinent et exploitable.

Aborder la question délicate du diagnostic cognitif en EIAH de manière générique et non plus uniquement de manière *ad hoc* comme elle est traitée généralement.

Résumé

Dans nos travaux, nous n'avons pas abordé l'étape de constitution des profils d'apprenants de manière générique. Nous n'avons traité cette question qu'au travers de différents systèmes mettant en œuvre un diagnostic et intégrant des profils d'apprenants.

Mots-clés

Diagnostic de compétences

Contributions

Différents EIAH établissant un diagnostic *ad hoc* (et donc non générique).

Spécificités

Sur PÉPITE : diagnostic cognitif très fin, mais *ad hoc*.

Travaux en relation

Adoptant un point de vue générique : [Settouti et al., 2010] [Settouti et al., 2011]

Validation

- ↪ Vérification de la pertinence des profils établis
- ↪ Expérimentation des systèmes conçus

Publications associées

- ↪ Sur PÉPITE : [Jean, 2000a] [Jean et al., 1999b] [Jean-Daubias, 2002b] [PÉPITE, 1996]
- ↪ Sur AMBRE-add : [Guin et al., 2005] [Guin et al., 2011]
- ↪ Sur TRI : [Jean-Daubias, 2011c] [TRI, 2007]
- ↪ Sur Tables au trésor : [Combet et al., 2010] [Jean-Daubias, 2011b] [Tables_au_trésor, 2009]

Contrairement aux autres étapes du cycle de vie des profils d'apprenants que nous abordons de manière générique dans nos travaux, nous avons travaillé à la constitution de profils d'apprenants de manière spécifique, ce dans le cadre du projet PÉPITE [Jean, 2000a] [Jean et al., 1999b] [Jean-Daubias, 2002b] [PÉPITE, 1996], et depuis, avec la réalisation de différents EIAH : AMBRE-add [Guin et al., 2005] [Guin et al., 2011], TRI [Jean-Daubias, 2011c] [TRI, 2007] et Tables au trésor [Combet et al., 2010] [Jean-Daubias, 2011b] [Tables_au_trésor, 2009].

Les travaux sur PÉPITE concernaient de manière spécifique (pour un test donné en algèbre élémentaire étudiant la transition entre la troisième et la seconde de l'enseignement français) la collecte, le diagnostic, l'élaboration, puis la présentation des profils. Ces travaux ont montré la richesse potentielle des profils d'apprenants, tout en mettant en évidence la nécessité d'une démarche plus générique.

Les autres logiciels cités ci-dessus ont notamment donné lieu à la constitution de profils différents tant par leur contenu que par leur forme, le format de stockage ou leur type de fichier, ce qui nous a entre autres permis d'enrichir notre corpus de profils d'apprenants avec des profils plus atypiques que ceux disponibles dans les travaux existants.

La constitution de profils d'apprenants, phase qui se situe en amont du processus de réutilisation de profils, si elle n'est pas traitée d'un point de vue théorique et générique dans nos travaux sur la personnalisation de l'apprentissage basée sur des profils d'apprenants, fait l'objet de tels travaux au sein de l'équipe Silex du LIRIS afin d'établir un cadre conceptuel au processus d'élaboration de profils d'apprenants à partir de traces d'interactions [Settouti et al., 2010] [Settouti et al., 2011].

2.4 Uniformisation de profils d'apprenants pour permettre leur réutilisation

Ou comment gérer des profils d'apprenants hétérogènes ?

Enjeux

Uniformiser les profils d'apprenants pour permettre la réutilisation de profils hétérogènes par des acteurs autres que leurs créateurs. Une telle uniformisation est une tâche complexe, dès lors que l'on souhaite l'aborder de manière générique. L'enjeu est de proposer une technique d'uniformisation qui soit applicable à tous types de profils, existants ou à venir, logiciels ou papier-crayon.

Résumé

Pour traiter de façon générique la question de la réutilisation de profils d'apprenants hétérogènes, nous proposons un langage de modélisation de profils d'apprenants, PMDL/PMDLe, qui sert de pivot entre les différents profils à réutiliser et les exploitations personnalisées que nous souhaitons proposer. Ce langage s'appuie sur la définition de quatre éléments de base qui se combinent et s'instancient pour définir des modèles de profils. Ces modèles de profils seront ensuite instanciés pour former les profils de chaque apprenant. Notre langage de modélisation de profils permet ainsi de réutiliser des profils extrêmement variés, sans contrainte sur la discipline ou le niveau, sans distinction entre profils papier et profils logiciels. Nous décrivons l'articulation entre la généralité du langage et la spécificité du profil de chaque apprenant dans le modèle LMPA1234.

Pour convertir les profils existants dans notre langage de modélisation de profils, nous avons défini un processus permettant d'établir la mise en correspondance du modèle de profils existant vers le modèle de profils respectant notre langage.

Mots-clés

Réutilisation de profils, langage de modélisation de profils, intégration de données, mise en correspondance de modèles

Contributions

- ↳ LMPA1234, modèle décrivant l'articulation entre la généralité d'un langage de modélisation de profils et les spécificités des profils des apprenants
- ↳ PMDL, langage de modélisation de profils, indépendant de toute mise en œuvre
- ↳ PMDLe, langage de modélisation de profils évolutifs, indépendant de toute mise en œuvre
- ↳ pPMDLe, définition de mises en correspondance de modèles

Spécificités

Approche générique permettant de prendre en compte avec souplesse les profils les plus variés (intégrant les normes et standards existants), mais aussi des profils dont le modèle sous-jacent n'est pas connu et donc des profils qui n'existaient pas lors de la définition du langage. Notre langage peut de plus être étendu pour intégrer d'éventuels nouveaux besoins.

Uniformisation des profils associée à des exploitations mutualisées des profils (traitées dans les étapes suivantes du cycle de vie des profils d'apprenants).

Travaux en relation

Critères	Approches		Approches <i>a priori</i>			Approches <i>a posteriori</i>				
	standard	langage	ontologie	Nosma	e-portfolio	VisMod	DynMap+	IRIT-SIERA	hypermédias adaptatifs	PMDLe
Généricité										✓
Souplesse					✓					✓
Extensibilité			✓	✓	✓			✓	✓	✓
Norme	✓				✓			✓	✓	✓
Exploitations			✓	✓		✓	✓		✓	✓
Profils détaillés			✓	✓	✓			✓		✓
Réutilisation	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Réutilisation de profils variés								✓		✓
Réutilisation de profils à venir								✓		✓

Figure 15 : Comparaison des approches de réutilisation de profils.

Validation

- ↳ Pour PMDL/PMDLe : définition du cadre l'application des langages et évaluation de l'expressivité des langages dans ce cadre
- ↳ Pour pPMDLe : création de nombreux parsers correspondant à une grande variété de profils d'apprenants

Publications associées

- ↳ Sur PMDL : [Eyssautier-Bavay, 2008] [Eyssautier-Bavay et al., 2009c] [Jean-Daubias et al., 2009b] [Eyssautier-Bavay et Jean-Daubias, 2011]
- ↳ Sur PMDLe : [Ginon et Jean-Daubias, 2010] [Jean-Daubias et Ginon, 2010] [Ginon et al., 2011]
- ↳ Sur pPMDLe : [Lefevre et Jean-Daubias, 2011]

Les modèles REPro et ACUTE4profiles mettent en évidence la nécessité d'utiliser un formalisme de modélisation de profils commun explicite, dès lors que l'on souhaite réutiliser des profils hétérogènes, notamment s'ils sont issus de sources différentes ou créés par des acteurs différents. Après une rapide présentation des différentes approches alternatives, nous proposons un tel formalisme à travers le langage de modélisation de profils PMDL (Profiles MoDeling Language) [Eyssautier-Bavay, 2008] [Jean-Daubias et al., 2009b] [Eyssautier-Bavay et Jean-Daubias, 2011] que nous avons ensuite étendu en PMDLe [Jean-Daubias et Ginon, 2010] [Ginon et al., 2011], langages que nous présentons dans cette section. PMDL a été défini dans la thèse de Carole Eyssautier-Bavay [Eyssautier-Bavay, 2008] et étendu en PMDLe dans le cadre du projet de master de Blandine Ginon [Ginon et Jean-Daubias, 2010]. Nous commençons par une description de notre méthodologie concernant la définition de ces formalismes, nous présentons ensuite les principes de ces langages de modélisation de profils, puis les éléments de base de ces langages, avant d'exposer la structuration générale de PMDL illustrée d'un exemple. Nous nous appuyons enfin sur les limites du langage PMDL pour proposer une évolution de ce langage avec PMDLe, avant de conclure par une évaluation de l'expressivité de ce nouveau langage.

2.4.1 Les approches de réutilisation de profils

Il est possible d'identifier deux types d'approches en ce qui concerne la réutilisation de profils d'apprenants : les approches *a priori* et les approches *a posteriori*.

2.4.1.1 Approches *a priori*

Une des solutions au problème de la réutilisation de profils hétérogènes existants par des acteurs autres que leur créateur consiste en la définition consensuelle *a priori* de ce qu'est un ensemble d'informations sur l'apprentissage d'un individu. C'est l'approche choisie par les travaux sur la normalisation des données personnelles des apprenants, dans laquelle la réutilisation des profils ne nécessite pas d'étape d'uniformisation. Cette étape est en effet rendue inutile par la normalisation qui précède la constitution des profils. Cette approche favorise la réutilisation des profils, mais uniquement pour ceux qui respectent la norme concernée. En l'absence de norme universelle, cette approche n'est pas suffisante pour permettre la réutilisation de tous types de profils. Par ailleurs, les informations les plus pertinentes dans notre contexte de travail ne sont pas décrites suffisamment précisément dans les normes ou standards existants. En effet, un profil d'apprenant représente des informations sur les connaissances de l'apprenant à un niveau de granularité fin, alors que les standards cherchent plutôt à faciliter le stockage et l'échange des données pour fournir une aide à la gestion des institutions éducatives, ce qui explique qu'ils s'intéressent à des informations de niveau de granularité plus élevé [Keenoy et al., 2004]. Ainsi, le standard PAPI ne fait pas mention des compétences, connaissances ou conceptions de l'apprenant, ni des structures que peuvent avoir ces informations [PAPI, 2002]. Le standard IMS_RDCEO permet quant à lui de décrire précisément des compétences [IMS_RDCEO, 2001], mais ne contient pas de données individuelles. Le standard IMS-LIP permet de représenter les différentes compétences et connaissances acquises par un apprenant particulier, mais ne décrit pas les relations des compétences entre elles, ni leur association à un ou plusieurs résultats d'évaluation [IMS-LIP, 2001]. La proposition par Oubahssi d'un modèle de données apprenant plus riche pour pallier ces manques permet certes de faciliter les échanges entre systèmes de formation à distance, mais la granularité proposée est encore trop importante pour gérer finement des informations sur les profils d'apprenants [Oubahssi, 2005]. Enfin, nous partageons l'avis de [Keenoy et al., 2004] pour qui ces informations, stockées sous forme de texte libre, ne sont pas facilement exploitables par un système informatique, ce qui est une limite importante au vu de notre approche. Ces normes sont toutefois de plus en plus utilisées et certains chercheurs y adossent leurs approches [Santos et al., 2004] [Ramandalahy et al., 2009].

Une autre possibilité consiste à imposer un langage permettant le stockage des profils d'utilisateurs. C'est le cas de UserML [Heckmann et Krüger, 2003]. Là encore, même si l'approche est plus ouverte et permet une plus grande souplesse que les approches fondées sur des normes, ces travaux ne concernent que les profils écrits dans ce langage, écartant de fait les profils papier issus des pratiques des enseignants et même la plupart des profils issus d'EIAH existants.

L'utilisation d'ontologies pédagogiques [Desmoulins et Grandbastien, 2006] [Woolf, 2009] chapitre 9 [Paquette, 2007] pourrait être une approche intéressante pour représenter des profils d'apprenants. Une

telle approche a l'avantage de permettre une interopérabilité forte s'appuyant sur une conceptualisation préétablie. GUMO, par exemple, propose une telle démarche [Heckmann et al., 2005], en visant, comme nous le faisons, à décentraliser le profil de l'apprenant. Mais comme les autres approches *a priori*, GUMO a le défaut d'imposer une ontologie et donc une structure et surtout une sémantique aux profils « candidats ». Quant à Nosma, le prototype mettant en œuvre le modèle de l'apprenant de [Moulet, 2011], il s'appuie également sur des ontologies, mais pour plus de souplesse il est connectable à différentes ontologies. Que l'ontologie soit imposée ou choisie, ces approches contraignent fortement les profils compatibles : un grand nombre de profils existants, notamment ceux issus des pratiques des enseignants, ne le sont pas.

L'approche e-portfolio [Mason et al., 2004] [Eyssautier-Bavay, 2004] [Moulet, 2005] [Eyssautier-Bavay, 2008] ne peut être prise en compte dans notre contexte, car elle diffère de l'approche profils. Le e-portfolio concerne en effet les productions brutes des apprenants reflétant sa production, alors que le profil traite de données analysées, interprétées reflétant ses connaissances et compétences. Quant aux travaux, parfois proches, qui visent à favoriser le suivi des échanges interuniversitaires [EuroLMAI, 2010] ou à favoriser l'échange d'informations sur les différentes formations suivies par un individu, notamment dans un contexte de mobilité [Najjar et al., 2010], ils restent ciblés sur leur objectif de gestion des qualifications et ne permettent pas un traitement plus global de profils d'apprenants variés.

Ainsi, ces différentes approches *a priori*, qu'elles s'appuient sur la normalisation, sur des ontologies ou sur un e-portfolio nécessitent que les profils d'apprenants soient écrits dans le formalisme spécifié. Le fait même qu'il s'agisse d'approches *a priori* est un frein à une exploitation large d'outils s'appuyant sur ces travaux. En effet, seuls les profils conformes aux spécifications pourraient être traités, alors que les profils existants sont très hétérogènes et pour la plupart ne respectent pas de telles spécifications.

2.4.1.2 Approches *a posteriori*

Une autre approche, dans laquelle nous nous inscrivons, vise à réutiliser des profils externes au sein d'un environnement informatique unique en les réécrivant *a posteriori* selon un formalisme interne.

Le système ViSMod [Zapata-Rivera et Greer, 2004] est ainsi plus ouvert que les approches *a priori* quant à la source des profils pris en charge, puisqu'il permet la visualisation par l'apprenant et l'enseignant d'un modèle de l'apprenant provenant d'un autre système informatique. Toutefois VisMod impose que les profils soient représentés sous forme de réseau bayésien, ce qui exclut nombre de profils issus d'EIAH, ainsi que la plupart des profils papier-crayon créés par des enseignants.

Le système DynMap+ [Rueda et al., 2006], qui a un certain nombre de points communs avec le précédent, permet quant à lui la visualisation sous forme de cartes conceptuelles d'un modèle de l'apprenant de type réseau bayésien constitué par d'autres systèmes informatiques. Les données sont traduites par DynMap+, au moyen d'un traducteur implémenté spécifiquement et manuellement pour chaque EIAH source, dans un formalisme XML interne à DynMap+. Ce formalisme est composé de deux parties : la définition des données du domaine et la définition des données d'apprentissage de l'apprenant. S'il prévoit une traduction automatique des profils externes connus, ce système ne prévoit toutefois pas de procédure automatisée pour la prise en compte de nouveaux profils externes. De plus, il se limite, comme le précédent, aux réseaux bayésiens.

[Ramandalahy et al., 2009] adoptent une approche légèrement différente des précédentes. Ils proposent un modèle du profil de l'apprenant intégrant IMS-LIP [IMS-LIP, 2001], ainsi qu'un certain nombre d'éléments d'ordre cognitif et métacognitif, pouvant être étendu. Ce modèle est mis en œuvre de manière à enrichir les profils d'apprenants du système principal à partir d'applications externes hétérogènes. La limite principale de cette approche du point de vue de notre problématique est son manque de souplesse : la prise en compte d'un élément de profil non prévu initialement demande la modification par les concepteurs du modèle en amont et de l'application.

D'autres approches s'intéressent à l'interopérabilité entre les modèles de l'utilisateur (et pas forcément spécifiquement entre les modèles de l'apprenant) issus de différents systèmes. Ces approches, parmi lesquelles [Celik et al., 2008] [Brusilovsky et al., 2008] [Conlan et al., 2004] [Walsh et Wade, 2009] [Tortarolo et Cena, 2009], s'appuient sur la mise en correspondance de modèles de l'utilisateur. Les

limites principales de ces systèmes proviennent des types de profils pris en charge assez limités, souvent issus d'une plateforme de formation à distance et imposant parfois un format de représentation : principalement une ontologie ou un standard, ce qui exclut les profils papier-crayon, mais également un grand nombre de profils issus d'EIAH. De plus, ces approches traitent généralement uniquement de la mise en correspondance des modèles (et souvent seulement de deux modèles donnés), mais ne proposent pas d'exploitation des profils.

Ainsi, s'il existe des systèmes permettant de gérer des profils d'apprenants, aucun n'adopte une démarche suffisamment générique pour traiter et exploiter facilement et de façon riche tous les types de profils.

2.4.2 Description de profils hybrides évolutifs

Une façon d'adopter une démarche générique dans la gestion des profils d'apprenants est de s'appuyer sur un langage de modélisation de profils pour définir le modèle des profils de l'apprenant [Jean-Daubias et al., 2009b] [Jean-Daubias et al., 2009a]. Ce langage est un modèle théorique qui peut être mis en œuvre de façon opérationnelle. Il sert de pivot avec les différents formalismes utilisés par les différents profils externes.

2.4.2.1 Méthodologie

Pour définir un tel langage, nous nous sommes appuyées sur une revue de l'existant en termes de profils que nous avons conduite à partir de logiciels issus de la recherche, du marché et de pratiques d'enseignants. Nous avons notamment travaillé avec sept enseignants, de l'école primaire à l'université, en passant par la formation continue, afin de recueillir leurs pratiques, ainsi que les pratiques institutionnelles (telles les évaluations nationales) concernant les profils. À partir de cette étude, nous avons sélectionné une vingtaine de profils que nous avons estimés particulièrement intéressants. Nous avons étudiés ces profils de façon détaillée afin de proposer une catégorisation des informations qu'ils contenaient. Nous avons répertorié quatre catégories d'informations : les informations sur les connaissances des apprenants sous forme de texte, sous forme de listes de composantes, sous forme de listes de répartition et sous forme de graphe, catégories auxquelles s'ajoutent les informations générales sur l'élève. Cette catégorisation nous a permis d'établir un langage de modélisation de profils, qui permet de décrire les profils à l'aide des catégories identifiées.

2.4.2.2 Principe du langage de modélisation de profils, le modèle LMPA1234

Un langage de modélisation de profils est un modèle théorique, qui peut être mis en œuvre de façon opérationnelle. La Figure 16, que nous décrivons dans la suite de cette section, illustre les différents niveaux de modélisation dans le mécanisme d'articulation entre généralité du langage de modélisation de profils et spécificités des apprenants, que nous formalisons dans le modèle LMPA1234 [Eyssautier-Bavay, 2008] [Jean-Daubias et Phan, 2011].

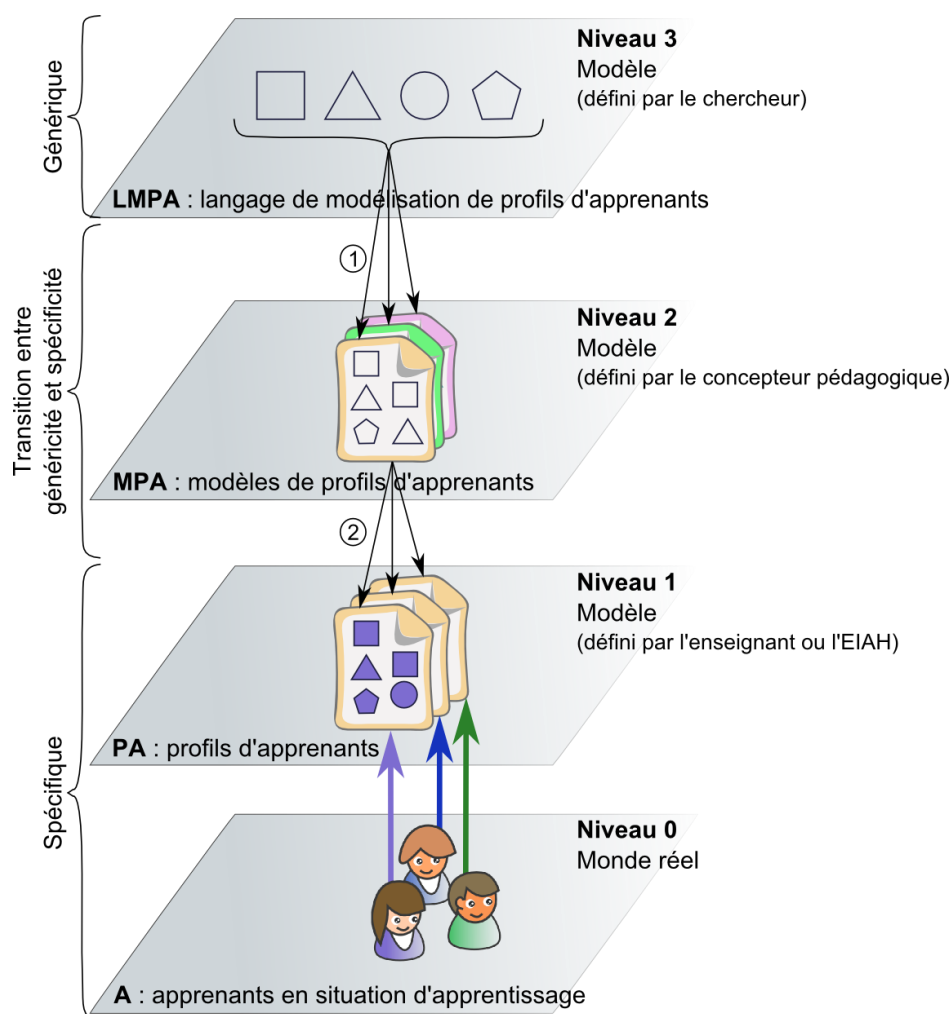


Figure 16 : Le modèle LMPA1234, du langage de modélisation de profils aux profils d'apprenants.

Nous retrouvons dans cette figure différents niveaux de modélisation qui résonnent avec les travaux sur l'ingénierie dirigée par les modèles [Bézivin et al., 2004] [Nodenot, 2005] [Choquet, 2007]. Nous reviendrons sur la comparaison entre notre approche et celle de l'IDM dans la partie consacrée à la discussion (cf. section 4.1). Nous détaillons maintenant le modèle LMPA1234.

2.4.2.2.1 Niveau 3 : langage de modélisation de profils d'apprenants

Le langage de modélisation de profils (cf. niveau 3 de modélisation sur la Figure 16) est un modèle, défini dans le cadre de recherches en EIAH, spécifiant les éléments de base, représentés par quatre formes géométriques sur la Figure 16, permettant de constituer tous les profils d'apprenants couverts par le modèle. Plus précisément, nous pouvons considérer qu'il s'agit d'un méta-modèle : un modèle qui définit l'organisation des modèles de profils d'apprenants (cf. niveau 2 sur la Figure 16).

Ce langage possède un niveau d'abstraction élevé, garant de généralité. Il ne contient pas d'information disciplinaire ou liée à un niveau scolaire donné, ni même liée aux types d'informations qui y seront stockés (connaissances, compétences ou méta-connaissances par exemple).

2.4.2.2.2 Niveau 2 : modèles de profils d'apprenants

Les éléments de base du langage de modélisation de profils sont combinables et instanciables pour constituer les différents modèles des profils d'apprenants souhaités (cf. niveau 2 de modélisation sur la Figure 16). Les modèles de profils sont définis par l'exploitant du langage (par exemple un concepteur pédagogique), chaque modèle étant adapté à un domaine donné, à un niveau scolaire donné, dans un contexte donné. C'est lors de l'instanciation des éléments de base du langage que la sémantique des profils est introduite. Un modèle de profils est une description de l'organisation et de la structure des

profils d'apprenants. Ainsi, pour créer un modèle de profils à partir du langage de modélisation de profils, le concepteur utilise différents éléments de base du langage, en instanciant chacun pour l'adapter à son contexte. Un élément de base peut naturellement être utilisé plusieurs fois et tous les éléments de bases ne sont pas obligatoirement utilisés.

Le modèle de profils possède un niveau d'abstraction plus faible que le langage de modélisation de profils, ce qui lui permet de prendre en compte la spécificité des besoins pour un contexte donné, tout en restant indépendant des données d'un apprenant donné. Il s'agit d'un modèle général des profils d'apprenants qui vont ensuite être établis.

2.4.2.2.3 Niveau 1 : profils d'apprenants

Un modèle de profils est instancié avec les données des apprenants, constituant ainsi les profils des différents apprenants. Le profil d'apprenant (cf. niveau 1 de modélisation sur la Figure 16), défini par l'enseignant ou par le système informatique ayant fait le diagnostic, a par définition la même structure que le modèle de profils qu'il instancie, mais ses données diffèrent d'un apprenant à un autre.

Le profil d'apprenant possède un niveau d'abstraction plus faible que le modèle de profils : c'est un modèle de l'état des connaissances d'un apprenant donné dans un contexte donné à un moment donné. La Figure 17 sur laquelle nous reviendrons dans la suite, donne un exemple d'un tel profil d'apprenant, dans lequel à chaque élément défini aux niveaux supérieurs est associé à la valeur pour cet apprenant (en couleur sur la figure).

2.4.2.2.4 Niveau 0 : apprenants en situation d'apprentissage

Seuls les apprenants en situation d'apprentissage (cf. niveau 0 de modélisation sur la Figure 16) sont la réalité et non une modélisation de celle-ci.

2.4.2.2.5 Articulation entre généralité et spécificité

L'articulation entre la généralité du méta-modèle, le langage de modélisation de profils, et la spécificité du profil d'un apprenant donné, qui représente les connaissances de cet apprenant, est établie en deux temps.

Le passage du niveau 3 au niveau 2 est le premier lieu de l'articulation entre généralité et spécificité (cf. ① sur la Figure 16). C'est là en effet que l'organisation des profils est déterminée et que la sémantique est introduite.

Le passage du niveau 2 au niveau 1 est le deuxième lieu de l'articulation entre généralité et spécificité (cf. ② sur la Figure 16). C'est là que les spécificités liées à un apprenant donné sont introduites.

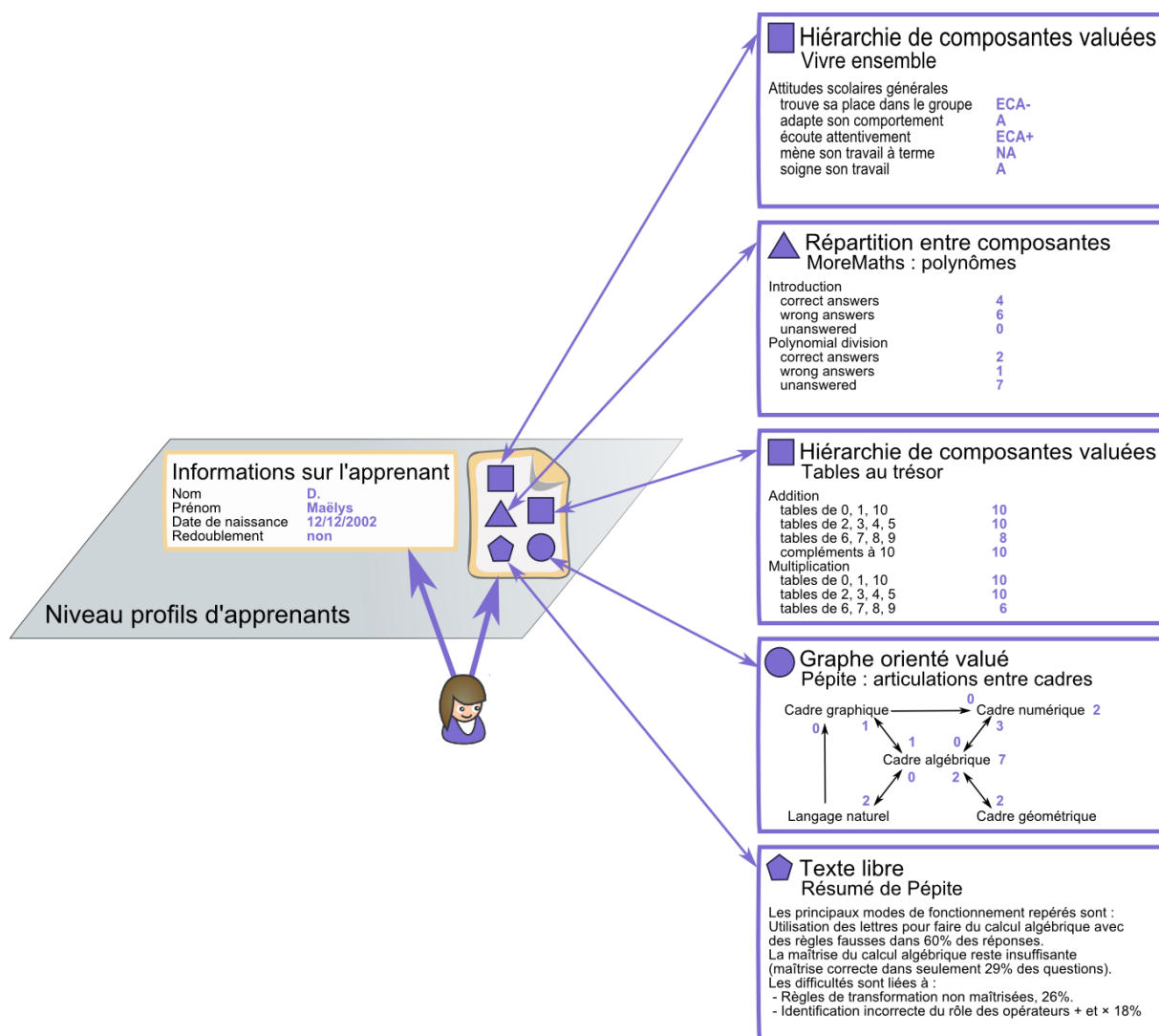


Figure 17 : Exemple de profil d'apprenant s'appuyant sur un langage de modélisation de profils.

2.4.2.3 Les éléments de notre langage de modélisation de profils

Comme nous venons de le voir, le langage de modélisation de profils que nous proposons s'appuie sur la spécification d'un certain nombre d'éléments de base, qu'il est nécessaire de combiner et d'instancier en deux temps pour créer les profils d'apprenants. À ces éléments de base, sont associés des échelles. Il s'agit d'éléments clés du langage de modélisation de profils, car elles définissent comment les différentes composantes du profil pourront être valuées. À l'issue de notre revue de l'existant, nous avons identifié quatre types de tels éléments, ainsi que trois types d'échelles, synthétisés dans la Figure 18.

Notons qu'un profil d'apprenant doit comporter un certain nombre d'informations sur l'élève correspondant à des éléments d'identification, mais aussi éventuellement à des caractéristiques qui peuvent être pertinentes pour son suivi (existence d'un redoublement ou d'une dyslexie par exemple). La structure de ces informations doit être intégrée, au moins en partie, à la structure de profils. Pour cela, il est possible de représenter ces informations à l'aide des quatre éléments de base du langage de modélisation de profils.

	Élément	Description	Pour représenter
Éléments de base	Hiérarchie de composantes valuées <i>liste_composantes</i> formes carrées dans la Figure 17	Ensemble de composantes organisées hiérarchiquement, où chaque composante est associée à un intitulé et à un certain nombre de valeurs, potentiellement pondérées, chacune associée à une échelle et éventuellement à une unité. Seules les composantes terminales sont valuées.	Informations sous forme de couples attribut / valeur
	Répartition entre composantes <i>liste_répartition</i> formes triangulaires dans la Figure 17	Ensemble de composantes organisées hiérarchiquement, où chaque composante est associée à un intitulé et à un nombre de valeurs, potentiellement pondérées, correspondant à des occurrences. Seules les composantes terminales sont valuées.	Répartition des comportements d'un apprenant entre différentes possibilités
	Graphe de composantes orienté valué <i>graphe</i> formes circulaires dans la Figure 17	Ensemble de composantes organisées sous forme de graphe orienté valué, où chaque composante est associée à un intitulé. Composantes et arcs sont associés à un certain nombre de valeurs, chacune associée à une échelle et éventuellement à une unité.	Composantes (les nœuds du graphe) et liens (les arcs du graphe) qui peuvent exister entre elles
	Texte libre <i>texte</i> formes pentagonales dans la Figure 17	Texte libre, c'est-à-dire sans aucune contrainte de forme ou de sémantique.	Texte
Échelles	numérique	Ensemble de valeurs numériques définies par des bornes inférieure et supérieure et un pas.	Valeurs numériques croissantes ou décroissantes
	textuelle ordonnée	Ensemble de valeurs ordonnées, avec une graduation dans les valeurs.	Valeurs non numériques ordonnées
	textuelle non-ordonnée	Ensemble de valeurs non ordonnées, sans graduation dans les valeurs .	Valeurs non numériques non ordonnées

Figure 18 : Description synthétique des éléments de notre langage de modélisation de profils.

2.4.2.4 Structuration générale du langage PMDL

Nous avons proposé un langage de modélisation de profils respectant ces spécifications : le langage PMDL (Profiles MoDeLing Language) [Eyssautier-Bavay, 2008] [Jean-Daubias et al., 2009b] [Eyssautier-Bavay et Jean-Daubias, 2011].

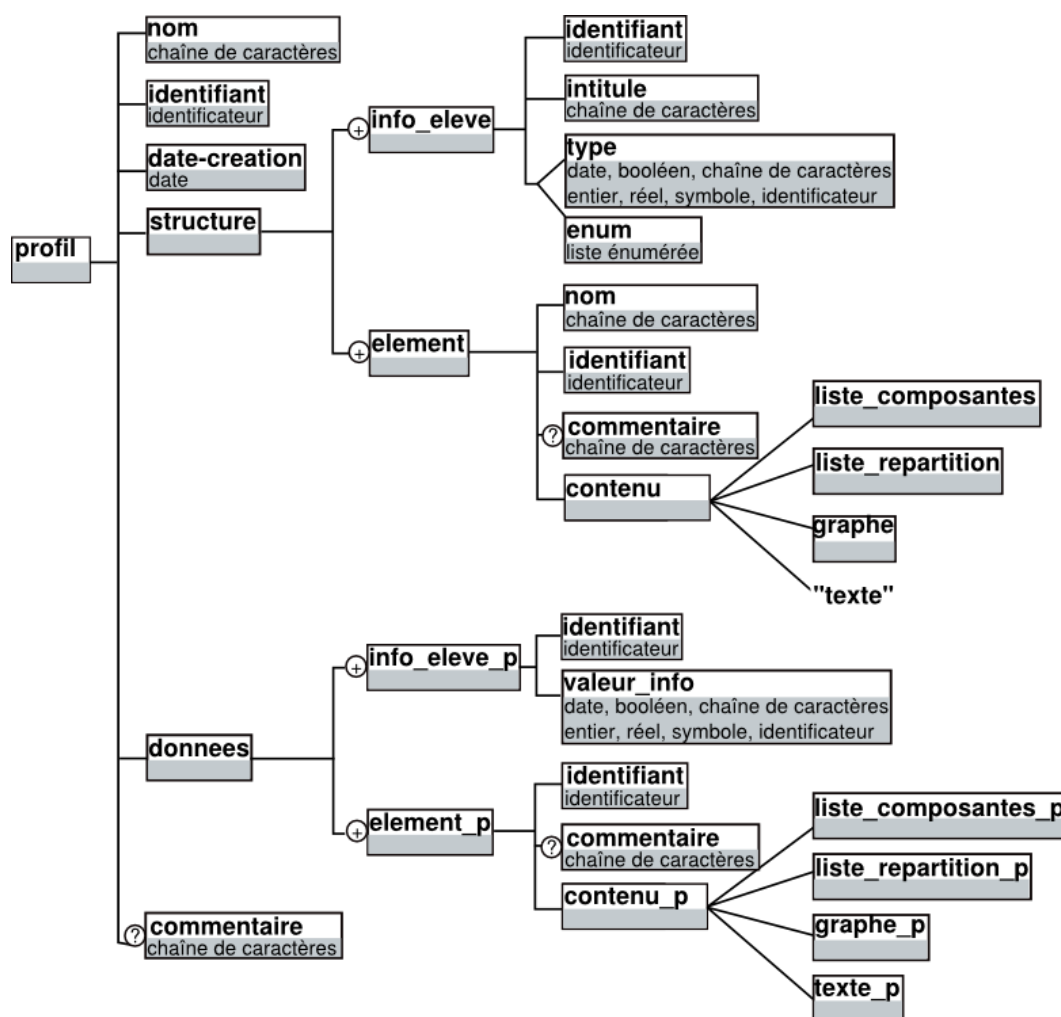


Figure 19 : Structuration générale simplifiée de PMDL [Eyssautier-Bavay, 2008] [Jean-Daubias et al., 2009b].

La Figure 19 présente la structuration générale du langage PMDL⁴. Ce langage décrit un *profil* comme étant constitué d'un *nom*, d'un *identifiant*, d'une *date-creation*, d'une partie *structure*, d'une partie *donnees* et éventuellement d'un *commentaire*. Nous retrouvons ici la dualité *structure / données* mise en évidence dans la section 2.2.

La partie *structure* est composée d'une ou plusieurs informations générales sur l'élève, *info_eleve*. Une *info_eleve*, considérée comme élément de base de PMDL, est constituée d'un *identifiant*, d'un *intitule* de type chaîne de caractères (par exemple « ville de résidence ») et soit d'un *type* (« chaîne de caractère » dans cet exemple), soit d'une liste énumérée, *enum* (par exemple « Lyon, Villeurbanne, Bron »). La partie *structure* de profils est également composée d'un ensemble non vide d'*element*. Un *element* est constitué d'un *nom* (par exemple « algèbre » ou « MoreMaths »), d'un *identifiant*, éventuellement d'un *commentaire* et d'un *contenu*, qui peut être de quatre types : *liste_composantes*, *liste_repartition*, *graphe* et *texte*. Ces quatre types, auxquels s'ajoute *info_eleve*, correspondent aux cinq catégories d'informations que nous avons identifiées suite à notre étude de l'existant (cf. section 2.4.2.1). Chacune de ces catégories donne lieu à des spécifications dans le langage PMDL.

⁴ Le langage PMDL a été décrit formellement selon une notation BNF doublée d'une notation graphique issue des spécifications d'IMS, moins précise mais plus lisible.

La partie *donnees* du *profil* est composée, comme la partie *structure*, d'un ensemble d'informations sur l'élève, ainsi que d'un ensemble d'*element_p*. Une *info_eleve_p* est constituée d'un *identifiant* et d'une *valeur_info*. Il existera autant d'*info_eleve_p* (respectivement *element_p*) que d'*info_eleve* (respectivement *element*) précédemment déclarés. Par ailleurs, pour chaque *identifiant* d'*element* déclaré, il existera un *element_p* qui reprendra cet *identifiant* en lui associant un *contenu_p* de même type que le *contenu* précédemment déclaré. Il en sera de même pour les *info_eleve*.

2.4.2.5 Exemple d'un *element* de type *liste_repartition* en PMDL

Pour illustrer ce langage, prenons l'exemple de la version mobile du profil MoreMaths [Bull et al., 2003] qui comporte des informations de type *liste_repartition* (cf. Figure 20).

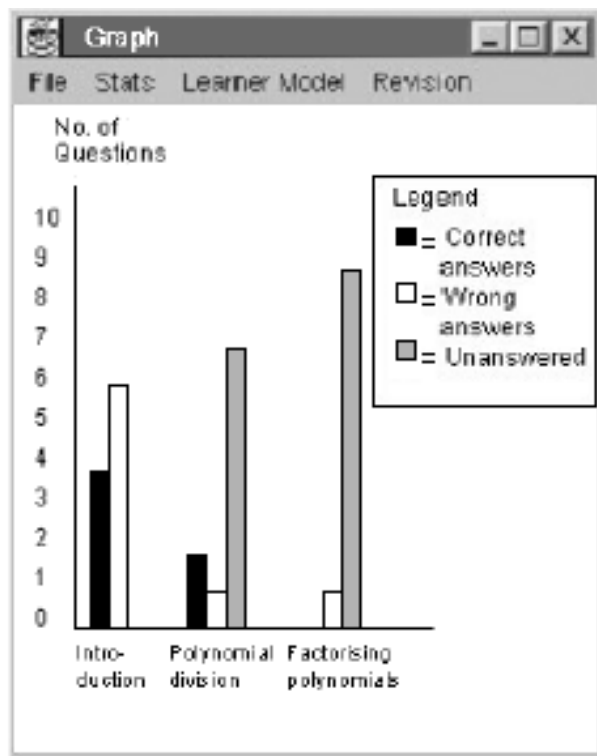


Figure 20 : MoreMaths version mobile [Bull et al., 2003].

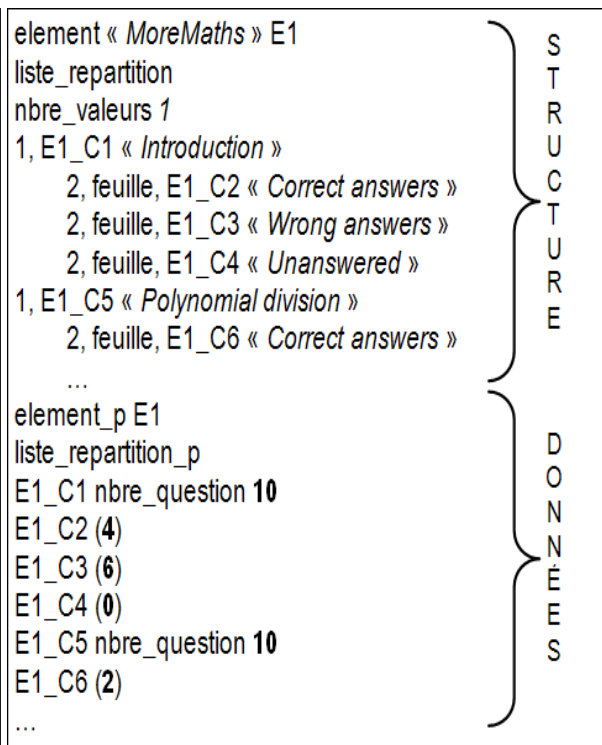


Figure 21 : Extrait du profil MoreMaths en PMDL [Jean-Daubias et al., 2009b].

Ce profil comporte trois composantes : « Introduction », « Polynomial division » et « Factorising polynomials », chacune ayant les trois mêmes sous-composantes « Correct answers », « Wrong answers » et « Unanswered ». Ce profil permet de représenter la répartition des réponses de l'apprenant entre non réponse, réponse correcte et réponse fautive pour chacune des composantes. Ici, l'apprenant concerné a donné 6 réponses fausses et 4 correctes pour la composante « Introduction ». La Figure 21 représente un extrait de ce même profil réécrit (à la main) selon les spécifications du langage PMDL pour ce type d'*element*.

Nous trouvons en premier lieu dans l'extrait de cette réécriture la description de la structure de ce profil, et en second lieu la description des données de l'apprenant concerné. Dans la partie structure, les composantes sont décrites telles que définies dans MoreMaths : au niveau 1, nous trouvons les composantes « Introduction », « Polynomial division » et au niveau 2, comme feuilles de l'arbre des composantes, les sous-composantes « Correct answers », « Wrong answers » et « Unanswered » pour chacune des composantes. Un identifiant est associé à chaque composante et sous-composante (par exemple E1_C1 pour la première composante). Dans la partie données, le nombre de questions parmi lesquelles s'effectue la répartition des réponses de l'apprenant est associé aux composantes (dans cet exemple : 10). Enfin, les valeurs sont associées aux composantes de niveau terminal. Nous retrouvons ainsi les 6 réponses fausses et les 4 réponses correctes de l'apprenant de l'exemple de la Figure 20 pour la composante « Introduction ».

Le langage PMDL permet ainsi de réécrire les profils externes selon un formalisme commun.

2.4.2.6 Évaluation de l'expressivité du langage PMDL

Nous avons réalisé une évaluation de l'expressivité du langage PMDL en prenant en compte deux aspects : le cadre d'application du langage et l'expressivité de PMDL dans ce cadre [Eyssautier-Bavay, 2008].

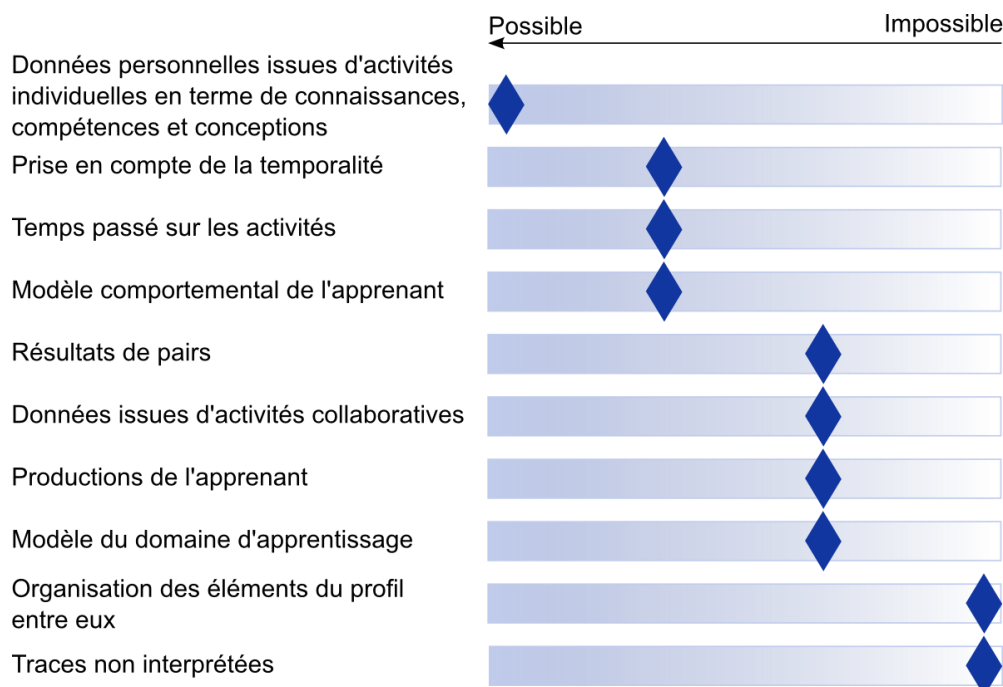


Figure 22 : Cadre d'application de PMDL [Eyssautier-Bavay, 2008].

Le cadre d'application du langage PMDL précise les informations que le langage prend en charge ou pas, à l'aide de dix critères auxquels sont associés des degrés de prise en compte (cf. Figure 22). Ainsi, les *traces non interprétées* sont impossibles à exprimer à travers PMDL, alors que les *données personnelles issues d'activités individuelles en termes de connaissances, compétences et conceptions* sont parfaitement exprimables. Entre les deux, les huit autres critères (*temporalité, temps passé sur les activités, modèle comportemental de l'apprenant, données de pairs, données issues d'activités collaboratives, productions de l'apprenant, modèle du domaine, organisation des éléments du profil entre eux*) sont exprimables à des degrés intermédiaires par PMDL [Eyssautier-Bavay, 2008].

Nous avons ensuite évalué l'expressivité de PMDL au sein de ce cadre d'application pour les vingt-cinq profils de notre étude préalable, profils issus de la littérature, de logiciels du marché et de pratiques d'enseignants. Nous avons donc exprimé ces différents profils avec le langage PMDL afin de tester les limites d'expression du langage.

Tout d'abord, l'*element informations_eleve* est présent dans la totalité des profils, puisque tous les profils comportent au minimum une identification de l'élève. *liste_composantes* est un autre *element* très répandu : il est présent dans la totalité des profils étudiés issus du marché et des pratiques. Ceci s'explique par l'utilisation qui est faite, dans ces profils, de référentiels de compétences, très utilisés par les enseignants. L'*element texte* est couramment utilisé dans les pratiques des enseignants pour leurs commentaires sur les élèves et dans certains profils issus de la recherche pour exprimer des conceptions erronées. L'*element graphe* n'est utilisé que dans certains profils issus de la recherche, la plupart du temps basés sur des réseaux bayésiens. Enfin, l'*element liste_repartition* est très rarement utilisé (seulement deux des vingt-cinq profils étudiés). Ces deux derniers *element* étant plus complexes, moins intuitifs et de surcroît absents des référentiels de compétences, il n'est pas étonnant de ne pas les retrouver dans les profils issus de logiciels du marché ou dans les pratiques des enseignants.

Les seules informations présentes dans les profils étudiés et ne pouvant pas être entièrement représentées par PMDL se situent en dehors du cadre d'application précédemment défini. Ainsi, les profils représentant des réseaux bayésiens, tels ceux de Hylite+ [Bontcheva, 2001], ne peuvent pas être représentés en intégralité par PMDL : en effet, nous nous intéressons dans ce travail uniquement aux données de l'apprenant, indépendamment du système de diagnostic qui les a générées. PMDL est donc en mesure de représenter les données de l'apprenant à un instant t, mais ne peut pas gérer les données liées à la modélisation des connaissances du domaine. Les résultats de cette évaluation sont détaillés dans [Eyssautier-Bavay, 2008].

2.4.2.7 Extension du langage PMDL en PMDL_e

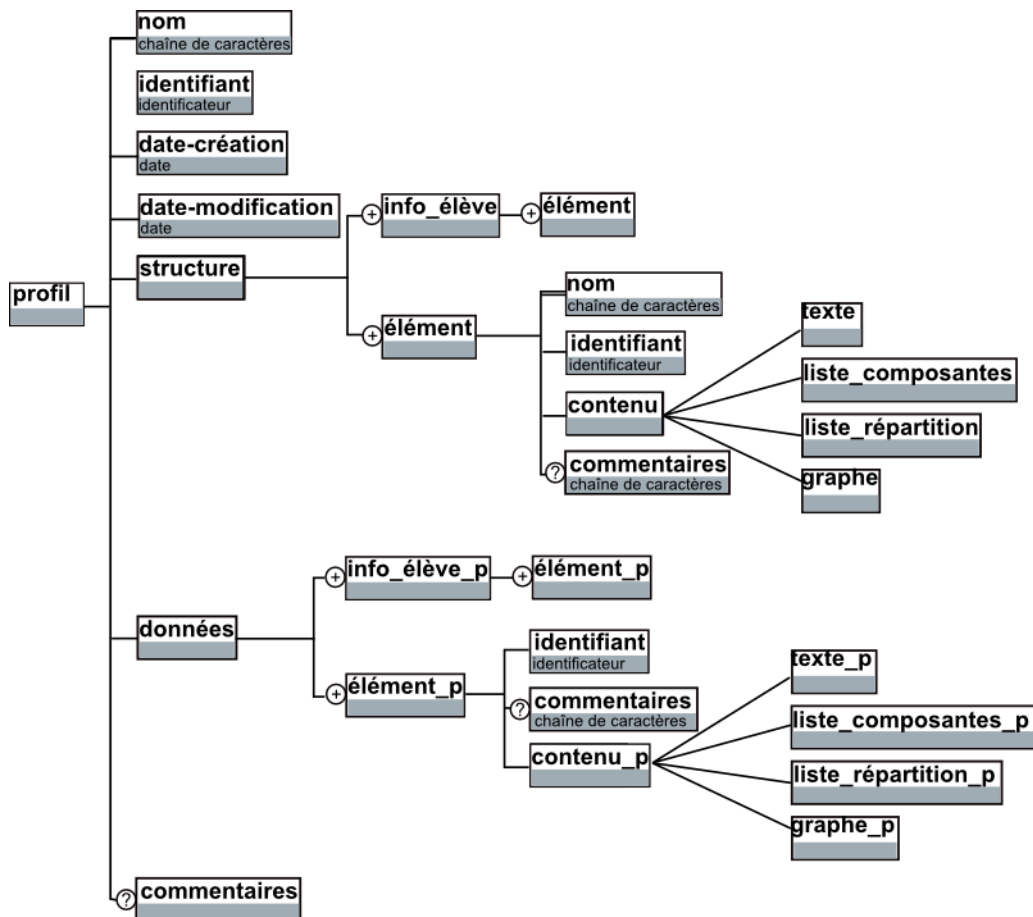


Figure 23 : Structuration générale simplifiée de PMDL_e [Ginon et Jean-Daubias, 2010].

L'évaluation de l'expressivité de PMDL pointe un certain nombre de manques qui limitent la portée de ce langage, notamment en ce qui concerne la prise en compte du temps. Pour pallier en partie ces manques, nous avons étendu le langage PMDL en PMDL_e, pour PMDL évolutif. PMDL_e propose un certain nombre d'améliorations, principalement concernant la prise en compte de la temporalité via le concept de profil évolutif d'apprenant défini dans la section 2.1.2, ce qui explique son nom [Jean-Daubias et Ginon, 2010] [Ginon et al., 2011].

L'évolution entre PMDL et PMDL_e est visible sur la structuration générale simplifiée des langages (cf. Figure 19 page 61 et Figure 23 ci-dessus), principalement en ce qui concerne les *info_élève* : spécifiques dans PMDL, elles sont désormais définies de la même manière que les autres éléments du profil dans PMDL_e. Cette modification permet d'un point de vue théorique une simplification et une plus grande généralité du langage, et d'un point de vue pratique une possibilité de représentation d'informations sur l'apprenant d'une plus grande richesse.

Pour voir la principale évolution du langage de modélisation de profils, qui concerne la prise en compte de la temporalité dans les profils, il est nécessaire de rentrer plus en détail dans le langage que nous l'avons fait jusqu'à maintenant. Pour respecter le concept de profil évolutif d'apprenant et donc

permettre à un profil de contenir des informations portant sur différentes périodes pour un même élément évalué, il est nécessaire de conserver dans le profil d'un apprenant chaque valeur et chaque commentaire, en les associant à une date et éventuellement à une source d'évaluation. C'est pourquoi certains éléments du langage PMDL ont été modifiés. Ainsi, le contenu de l'élément *valeur_p* de PMDL dont la représentation graphique est donnée en Figure 24, a été modifié dans PMDLé (cf. Figure 25). Il contient désormais zéro, une ou plusieurs *évaluation*. Les *évaluation* contenues dans les éléments *valeur_p* sont associées à une *date*, une *valeur*, éventuellement une *source*, ce qui permet d'associer à *valeur_p* une nouvelle *valeur*, correspondant à une nouvelle valeur, sans supprimer les précédentes. L'élément optionnel *commentaire* est remplacé dans PMDLé par l'élément optionnel *commentaires*. En effet, dans PMDL, une *valeur_p* contenait un unique *commentaire* sous forme d'une chaîne de caractères : ainsi, chaque nouveau *commentaire* associé à *valeur_p* remplaçait le précédent, dont il n'était gardé aucune trace. Au contraire, *commentaires* de PMDLé contient zéro, un ou plusieurs *commentaire*. Chaque *commentaire* de PMDLé est associé à une *date*, à un *texte* et éventuellement à une *source*, ce qui permet d'associer un nouveau *commentaire* à *valeur_p* sans supprimer les *commentaire* précédents.

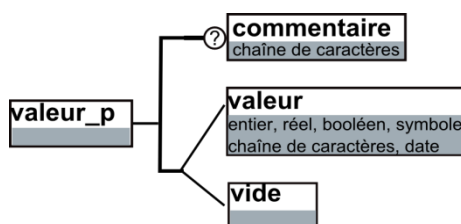


Figure 24 : Représentation graphique de *valeur_p* dans PMDL [Eyssautier-Bavay, 2008].

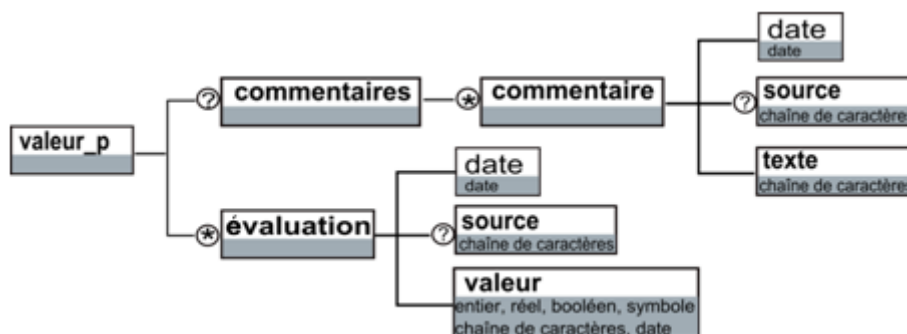


Figure 25 : Représentation graphique de *valeur_p* dans PMDLé [Jean-Daubias et Ginon, 2010].

Ainsi, PMDLé permet maintenant de représenter non seulement les données personnelles des apprenants, mais permet aussi de prendre en compte la temporalité dans les profils, le temps passé sur les activités, le lien vers les productions associées aux évaluations.

2.4.2.8 Exemple d'un élément de type *liste_répartition* en PMDLé

Reprenons l'exemple de la version mobile du profil MoreMaths [Bull et al., 2003] qui comporte des informations de type *liste_répartition* (cf. Figure 20 page 62). Imaginons maintenant que le profil MoreMaths de l'apprenant de notre exemple a évolué (la Figure 26 est une modification faite à la main de la copie d'écran initiale afin d'illustrer cette hypothèse).

Ce profil comporte toujours les trois composantes : « Introduction », « Polynomial division » et « Factorising polynomials », chacune ayant les trois mêmes sous-composantes « Correct answers », « Wrong answers » et « Unanswered ». Pour la nouvelle évaluation, l'apprenant concerné a donné seulement 4 réponses fausses et 6 réponses correctes pour la composante « Introduction ». La Figure 27 représente maintenant un extrait de ce même profil réécrit (à la main) selon les spécifications du langage PMDLé pour ce type d'élément.

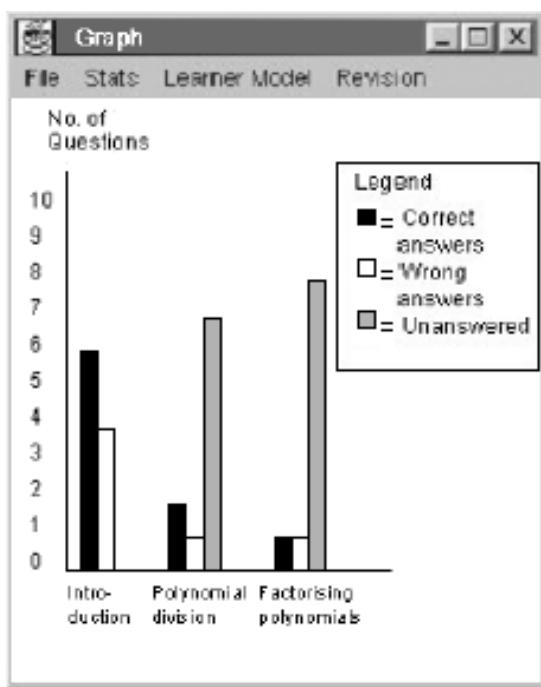


Figure 26 : MoreMaths version mobile, deuxième série de valeurs, d'après [Bull et al., 2003].

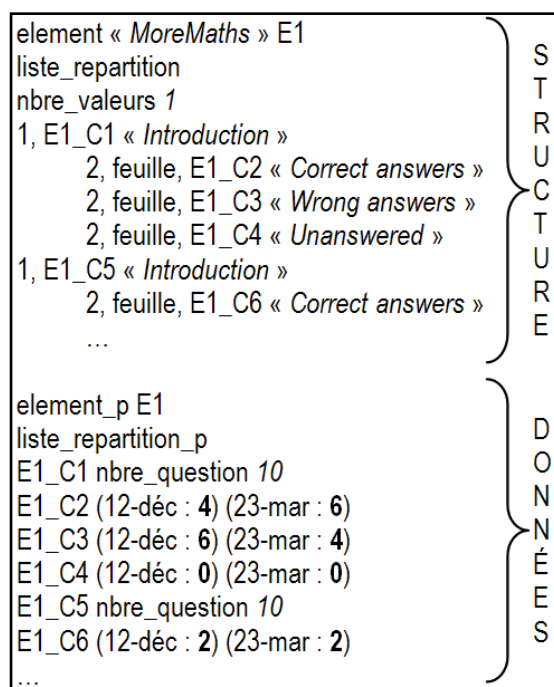


Figure 27 : Extrait du profil MoreMaths en PMDLe.

La partie structure de la réécriture en PMDLe de ce profil n'a pas changé par rapport à sa réécriture en PMDL. Dans la partie données, le nombre de questions n'a pas changé, mais en ce qui concerne les valeurs associées aux composantes de niveau terminal, nous retrouvons pour la composante « Introduction » les 6 réponses fausses et les 4 réponses correctes de l'apprenant correspondant à l'exemple initial (cf. Figure 20), désormais associées à la date de cette évaluation, mais également les 4 réponses fausses et les 6 réponses correctes de l'apprenant correspondant à la deuxième évaluation, ainsi que la date de cette dernière (cf. Figure 26).

Le langage PMDLe permet ainsi de réécrire des profils externes selon un formalisme commun, en tenant compte du caractère évolutif des profils : il permet de garder trace de la valeur initiale des profils, tout en ajoutant les valeurs d'évaluations plus récentes.

2.4.2.9 Évaluation de l'expressivité du langage PMDLe

Comme pour PMDL, nous avons réalisé une évaluation de l'expressivité du langage PMDLe en prenant en compte deux aspects : le cadre d'application du langage et l'expressivité de PMDLe dans ce cadre.

La Figure 28 synthétise le cadre d'application de PMDLe en reprenant cette fois les 20 dimensions du profil d'apprenant identifiées dans la section 2.1.4 (cf. Figure 7 page 34). Pour chacune de ces dimensions nous donnons dans la figure le degré de prise en compte par PMDLe de plusieurs éléments représentatifs et pertinents dans notre contexte, ce à l'aide d'une échelle graphique comportant quatre niveaux (un triangle positionné à gauche – niveau 0 – indique un élément non pris en charge dans PMDLe, un triangle positionné à droite – niveau 3 – indique un élément entièrement pris en charge, et les positions intermédiaires – niveaux 1 et 2 – correspondent à des éléments partiellement pris en charge par le langage). Certaines dimensions sont peu pertinentes pour la définition du cadre d'application du langage (par exemple l'initiateur du profil), car triviales, mais à des fins de clarté et d'exhaustivité, nous reprenons toutefois systématiquement les 20 dimensions du profil d'apprenant.

ÉCHELLE		0	1	2	3	
1. sujet	apprenant	-				+
	binôme groupe					
2. collaboration	individuelles	-				+
	collaboratives					
3. distance	présentielles	-				+
	semi-distancielles					
	distancielles					
4. discipline	mathématiques	-				+
	français					
	musique					
	sport					
5. niveau	informatique	-				+
	école élémentaire					
	secondaire(collège, lycée)					
	université, formation continue					
6. initiateur	institution	-				+
	enseignant					
	apprenant chercheur					
7. créateur	acteur humain	-				+
	logiciel (EIAH)					
8. destinataire	enseignant	-				+
	apprenant					
	famille					
	institution chercheur					
9. temps	date ou période des évaluations	-				+
	temps passé sur les activités					
10. évolution	modification des données	-				+
	évolution des données					
11. type	modèle du domaine	-				+
	traces	-▲				+
	productions	-▲				+
	modèle comportemental	-				+
	modèle cognitif	-				+
	profil d'apprentissage	-				+
	profil d'utilisation	-				+
	profil de motivation	-				+
	profil d'émotions	-				+
	profil de capacités	-				+
profil de handicaps	-				+	
12. nature	connaissance	-				+
	méta-connaissance					
	compétence					
	conception					
13. valuation	lien entre éléments du profil	-				+
	note					
	taux de réussite					
	évaluation appréciation					

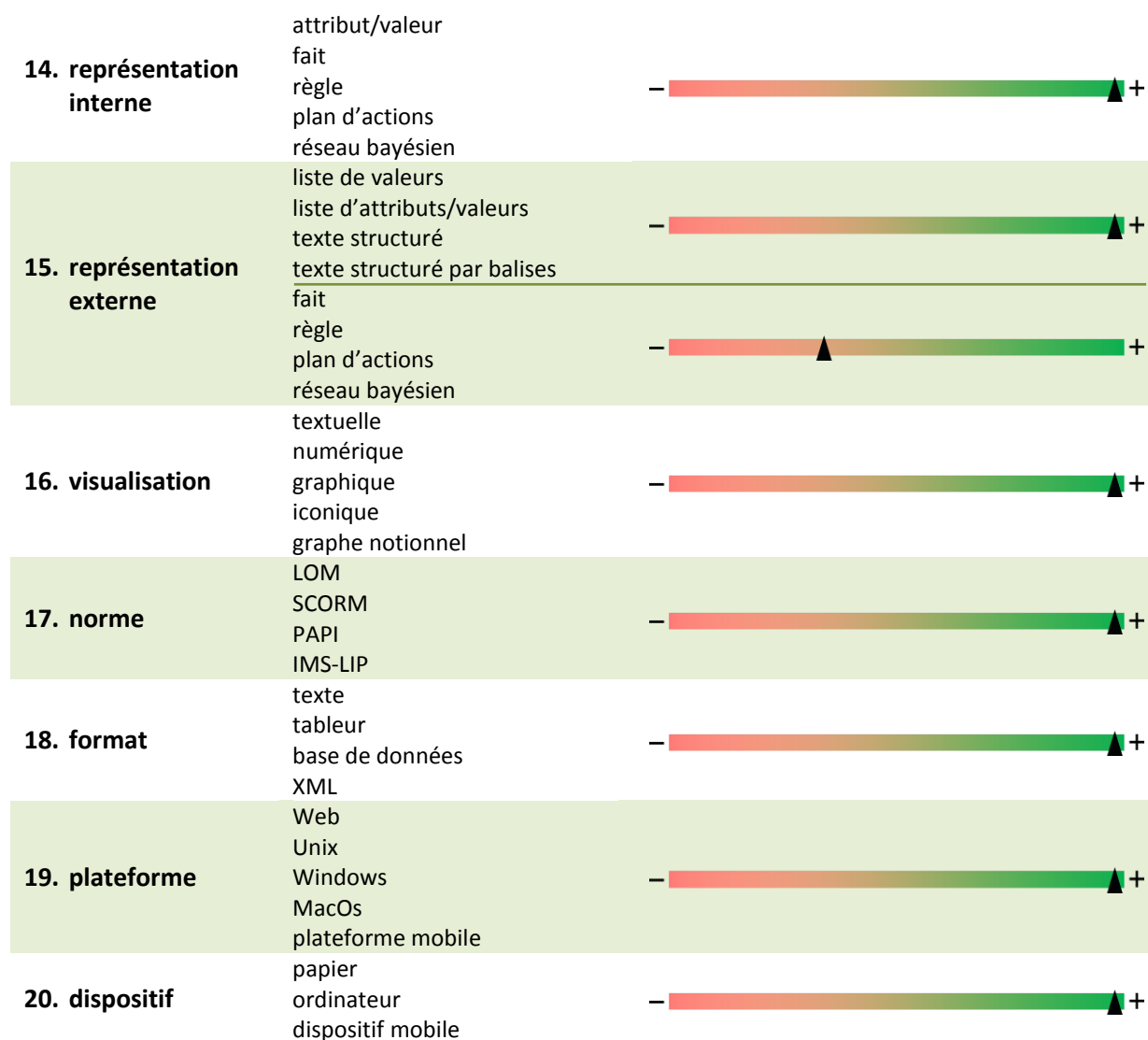


Figure 28 : Cadre d'application de PMDLe.

PMDLe permet tout d'abord d'établir le profil de n'importe quel **sujet** (niveau 3, cf. 1 sur la Figure 28 : apprenant, groupe d'apprenants, classe...). Par contre, il est nécessaire de nuancer en ce qui concerne les activités. En effet, du point de vue de la **distance** (cf. 3 sur la Figure 28), les activités présentielles, semi-distancielles ou distancielles sont indifféremment prises en compte par le langage de modélisation de profils (niveau 3). Mais du point de vue de la **collaboration** (cf. 2 sur la Figure 28), si PMDLe permet parfaitement de représenter des activités individuelles (niveau 3), la représentation d'activités collaboratives semble moins évidente. Il est toutefois difficile d'établir définitivement si PMDLe permet ou non de représenter pleinement de telles activités, car nous n'avons pas trouvé de profils d'apprenants intégrant des spécificités structurelles liées au caractère collaboratif des activités empêchant sa représentation en PMDLe, cette incertitude explique le niveau 2 choisi, alors que rien ne prouve que le niveau 3 n'est pas atteint. PMDLe permet de représenter (niveau 3) des profils de toutes **disciplines** (cf. 4 sur la Figure 28) et de tous **niveaux** (cf. 5 sur la Figure 28). Par ailleurs PMDLe prend en charge tous les types d'**initiateurs** (cf. 6 sur la Figure 28), de **créateurs** (cf. 7 sur la Figure 28) et de **destinataires** du profil (cf. 8 sur la Figure 28). En effet, que le profil soit créé à l'initiative d'une institution ou d'un enseignant, par un enseignant ou un EIAH, à destination d'un enseignant ou d'un apprenant, n'a pas de conséquence sur le fait qu'il peut être représenté avec PMDLe (niveau 3 pour ces trois dimensions). Comme nous l'avons montré dans la section précédente, PMDLe prend en compte le **temps** dans l'apprentissage (niveau 3, cf. 9 sur la Figure 28). Il permet ainsi de garder trace de la date des évaluations et du temps passé sur les activités. Il gère également l'**évolution** des données (niveau 3, cf. 10 sur la Figure 28) en gardant trace des différentes valeurs successives des éléments du profil. En ce qui concerne le **type** des

informations traitées (cf. 11 sur la Figure 28), il est également nécessaire de nuancer. Si PMDLe est fait pour traiter le modèle cognitif des apprenants (niveau 3), il est également capable de prendre en partie en charge le modèle comportemental (niveau 2), si ses différentes composantes sont préalablement explicitées, mais aussi le modèle du domaine, notamment s'il est représenté par un réseau bayésien. Par contre, il ne gère ni les traces, ni les productions des apprenants (niveau 0), dont l'organisation n'est pas adaptée à la structure d'un profil. Par ailleurs, si PMDLe est prévu pour gérer les profils d'apprentissage, il permet également de prendre en charge les profils de capacités et profils de handicaps (niveau 3), ainsi que, partiellement (niveau 2), les profils d'utilisation. En effet, si les profils de capacités, de handicap ou de motivation ont des organisations comparables à celles des profils d'apprentissage, les profils d'utilisation peuvent être plus proches des modèles comportementaux, et peuvent, comme ces derniers, poser des problèmes pour être représentés avec PMDLe si leurs différents éléments ne sont pas préalablement définis. Quelle que soit la **nature** (cf. 12 sur la Figure 28) des informations à porter dans le profil, PMDLe permet de le faire (niveau 3), qu'il s'agisse de connaissances, de méta-connaissances, de compétences, de conceptions ou même de liens entre des éléments du profil. En raison de la définition générique de la notion d'échelle qu'ils proposent (cf. section 2.4.3), PMDL et PMDLe permettent de gérer les différentes **valuations** (niveau 3, cf. 13 sur la Figure 28) possibles. Le cas de la **représentation interne** des profils (cf. 14 sur la Figure 28) nécessite des explications. En effet, sur la Figure 28, tous les types de représentations internes sont considérés comme gérés par PMDLe (niveau 3), même les faits, règles, plans d'actions et réseaux bayésiens. Cela s'explique par le fait que, dans le cadre d'un langage de modélisation de profils, c'est la représentation externe qui est prise en compte pour la modélisation et non la représentation interne. Toutefois il n'existe pas toujours de **représentation externe** dans les EIAH maintenant un profil de l'apprenant. Pour évaluer la pertinence de PMDLe dans ce cadre, il est nécessaire d'étudier la représentation interne en lieu et place de la représentation externe inexistante ; dans ce cas, les représentations internes sous forme de faits, règles, plans d'actions et réseaux bayésiens ne sont que faiblement pris en charge par PMDLe (niveau 1, cf. partie basse du 15 sur la Figure 28). Par contre, lorsqu'une représentation externe existe, le langage de modélisation de profils sait parfaitement la prendre en charge (niveau 3 sur la partie haute du 15 de la Figure 28). La forme prise par la **visualisation** du profil (niveau 3, cf. 16 sur la Figure 28) n'affecte pas sa structure et ne pose pas de problème de prise en charge dans PMDLe. En ce qui concerne le **format** (cf. 18 sur la Figure 28), PMDLe est également capable de les gérer tous (niveau 3). En effet, que le profil soit dans un format texte, tableur, base de données ou XML ne change rien à la structure intrinsèque des informations qu'il contient. De même, les différents **normes** ou standards éducatifs éventuellement employés (cf. 17 sur la Figure 28) sont entièrement compatibles avec l'utilisation de PMDLe (niveau 3). Enfin, PMDLe est utilisable quels que soient la **plateforme** (cf. 19 sur la Figure 28) et le **dispositif** (cf. 20 sur la Figure 28) employés pour la visualisation.

Après avoir défini ce cadre d'application de PMDLe, nous avons évalué l'expressivité du langage dans ce cadre, en étudiant notamment les changements par rapport à l'expressivité de PMDL. Les résultats sont en toute logique assez proche de ceux de l'évaluation de l'expressivité de PMDL. En effet, tous les profils pris en charge par PMDL le sont également naturellement par PMDLe. Mais la plupart des profils sortant du cadre d'application de PMDL peuvent désormais être pris en charge par PMDLe. En ce qui concerne les profils s'appuyant sur un réseau bayésien, le profil résultant peut être représenté sans problème, mais le réseau bayésien lui-même ne peut être représenté que partiellement par PMDLe. Un langage de modélisation de profils ne visant pas à la modélisation de l'étape de constitution des profils, mais uniquement à la modélisation des profils eux-mêmes, la prise en charge des profils résultants est suffisante pour la validation de PMDLe.

Ainsi, dans le cadre d'application du langage, PMDLe permet de représenter tous les profils que nous avons pu étudier. Dans la suite du document, nous faisons désormais référence à PMDLe, puisqu'il remplace PMDL.

2.4.3 Représentation des échelles associées à PMDLe, sPMDLe

La valuation (cf. 13 dans la Figure 7) est possible dans les profils grâce à l'utilisation de différentes échelles. Les échelles associées au langage de modélisation de profils PMDLe sont formalisées dans sPMDLe (s pour *scale*), un complément du langage. Les échelles sont caractérisées par un type

(numérique / textuel ordonné / textuel non-ordonné), une borne inférieure b_i , une borne supérieure b_s et un pas p . Si l'enseignant veut valuer une composante grâce à une note sur 20, il utilisera donc l'échelle « 0..20 » définie par $S[\text{numérique} ; (b_i=0, b_s=20, p=0,1)]$. Les échelles textuelles quant à elles listent l'ensemble E des valeurs possibles. Ainsi l'échelle textuelle ordonnée « maîtrise (3 niveaux) » est définie par $S[\text{ordonnée} ; E=(\text{maîtrisé, partiellement maîtrisé, non maîtrisé})]$, tandis que l'échelle textuelle non ordonnée « Comportement » est définie par $S[\text{non-ordonnée} ; E=(\text{Attentif, Passif, Bavard})]$.

Nous avons évalué l'expressivité de sPMDLe en exprimant avec succès les échelles les plus variées que nous avons identifiées suite à notre état de l'art.

2.4.4 Intégration de données

Dans un but de réutilisation de profils d'apprenants existants, la disponibilité d'un langage de modélisation de profils, qui sert de langage pivot entre les profils existants et leur réutilisation, permet d'envisager l'intégration de données issues de profils externes, ne respectant pas ce langage. Nous distinguons deux cas : l'intégration de données papier et l'intégration de données issues de logiciels.

L'intégration des données des profils externes est le lieu de la transformation du modèle de profils de chacun des EIAH concernés en un modèle conforme au langage de modélisation de profils. Il s'agit donc d'aligner le modèle de profils source (en partie implicite dans le cas de profils non écrits, exprimé par l'organisation des données du profil dans le cas de profils écrits), sur le modèle de profils destination (respectant PMDLe).

Pour l'intégration de profils logiciels externes, l'alignement des modèles se fait explicitement. Il nécessite la connaissance, non seulement du modèle de profils destination (le modèle de profils respectant PMDLe), mais également du modèle de profils source (les règles régissant l'organisation des données du profil externe à intégrer) pour chaque logiciel dont seront issus des profils à traiter.

Pour l'intégration des profils papier-crayon, cet alignement se fait au contraire implicitement lors de la saisie des profils dans un profil conforme à PMDLe. Dans ce cas, c'est l'interface du module de saisie des profils qui est le lieu de l'alignement des modèles, et c'est l'utilisateur enseignant qui est l'acteur de cet alignement. Nous ne détaillons donc pas cette étape pour laquelle nous ne proposons pas de modèle spécifique.

Dans la suite de cette section, après un état de l'art concernant l'intégration de données, nous présentons notre approche pour l'intégration de profils externes issus de logiciels qui a été proposé dans le cadre du stage de master de Marie Lefevre [Buthod, 2005].

2.4.4.1 Les approches de l'intégration de données

L'intégration de données issues de sources hétérogènes est un problème informatique abordé dans de multiples domaines : recherche d'information, aide à la décision, web sémantique, profils d'apprenants ubiquitaires et de manière plus générale, gestion des connaissances. L'hétérogénéité des données est due aux différents formats et structures de stockage. Ainsi, les données peuvent être issues de sources structurées comme des bases de données relationnelles, de sources semi-structurées comme des documents XML ou de sources non structurées comme des documents texte.

L'approche des *systèmes médiateurs* consiste à définir une interface permanente entre l'agent (humain ou logiciel) effectuant une requête et l'ensemble des sources de données accessibles [Wiederhold, 1992]. Le médiateur comporte un schéma global (modèle du domaine d'application et vocabulaire structuré pour l'expression des requêtes), des vues abstraites (décrivant le contenu des différentes sources de données à l'aide du vocabulaire structuré) et des adaptateurs. Lorsqu'une requête est faite au médiateur, celui-ci la traduit en termes de vues et se sert des adaptateurs pour traduire ces vues dans le langage de requêtes accepté par chaque source de données. Un tel système donne l'impression d'interroger un système centralisé contenant des sources homogènes, alors que les sources sont réparties et hétérogènes. La correspondance entre le schéma global et les schémas des sources de données à intégrer peut être fait de deux manières [Hacid et Reynaud, 2004] : en définissant le schéma global en fonction des schémas des sources de données à traiter, ou au contraire en définissant les schémas des sources en fonction du schéma global.

Dans notre contexte, nous disposons d'un langage qui permet de définir des schémas, PMDLe. Les sources de données existent déjà puisque nous voulons intégrer des profils d'apprenants issus de logiciels existants, mais non connus à l'avance. Toutefois, nous ne pouvons pas agir sur les schémas des sources de données externes sur lesquelles nous n'avons pas d'emprise. De plus, notre approche ne nécessite pas de lien permanent entre les sources et notre schéma global, car nous n'intégrons qu'un sous-ensemble des sources à un instant t. Nous ne retenons donc pas cette approche, mais conservons l'idée qu'il est nécessaire de définir un adaptateur entre le schéma global et chaque source de données.

L'approche des *entrepôts de données* consiste à intégrer et stocker dans un environnement les sources issues de systèmes distribués [Hacid et Reynaud, 2004]. Pour cela, un adaptateur est défini pour chaque source de données de manière à en extraire les données et à les transformer pour qu'elles soient compatibles avec le format de l'entrepôt. Des requêtes sur ces données peuvent ensuite être faites via l'entrepôt de données.

Un environnement de gestion de profils comme le nôtre peut être considéré comme un entrepôt de données, toutefois, nous ne souhaitons pas extraire, convertir et stocker toutes les données contenues dans les profils sources, mais seulement traiter les données nécessaires au moment opportun pour remplir les structures de profils utilisées par les enseignants, ce qui peut se faire en plusieurs fois : soit en fonction des besoins de l'enseignant, soit au fur et à mesure de la création ou de la mise à jour des profils externes. Un entrepôt de données est ainsi surdimensionné par rapport à nos besoins.

Dans le domaine des EIAH, des techniques de *transformation de modèles* ont été proposées pour la spécification de scénarios pédagogiques. Laforcade propose par exemple une traduction entre CPM, le langage qu'il a créé (s'appuyant sur des modèles UML), et des modèles IMS-LD (en XML) [Laforcade, 2005]. Cette transformation revient conceptuellement à une transformation de modèles UML vers des modèles XML conformes à une DTD donnée. Une première technique consiste à exporter les modèles CPM en modèles XML, puis à transformer un modèle XML vers un autre, en établissant les relations entre les deux DTD correspondantes. Une seconde technique s'appuie sur l'idée qu'un modèle UML outillé peut être interprété comme un système d'information. Ainsi les informations contenues dans les modèles doivent être conservées et synchronisées et un langage permet de faire des requêtes sur ces informations de manière à construire le XML correspondant au modèle UML initial. Cette approche ne peut pas être utilisée dans notre contexte, car si nous avons bien en sortie des profils dans un format unique (profils au format XML respectant le langage PMDLe), les modèles à convertir sont variés et peuvent être dans différents formats, non connus à l'avance.

Certains travaux sur le profil de l'utilisateur ubiquitaire [Berkovsky et al., 2008] [Berkovsky et al., 2009] établissent une conversion de profils afin de permettre l'interopérabilité entre les profils d'utilisateurs de différents systèmes ou entre les différentes éléments d'un profil d'apprenant distribué. Mais, là encore, ces approches s'appuient sur le fait que les différents modèles de profils sont connus à l'avance, ce qui n'est pas le cas dans notre contexte. Nous ne pouvons donc pas utiliser de telles approches.

Ces différentes approches sont connexes à la nôtre, mais n'y sont pas entièrement adaptées, notamment en raison de la généralité du point de vue que nous adoptons et du fait que nous ne maîtrisons pas les formats des données à traiter.

2.4.4.2 Principe d'intégration de données externes à des profils PMDLe

Notre approche pour l'intégration à des profils PMDLe de données externes issues de profils logiciels consiste à définir puis utiliser des convertisseurs (des parsers) qui permettent de convertir les profils externes afin qu'ils respectent le formalisme cible.

L'intégration de données externes selon un modèle conforme au langage de modélisation de profils se décompose en trois étapes principales (cf. Figure 29) : le *prétraitement des données* permet de spécifier et uniformiser l'organisation des données dans les profils (cf. ① sur la Figure 29), la *mise en correspondance des modèles* permet d'associer les éléments des profils externes au modèle de profils cible (cf. ② sur la Figure 29), et l'*exécution du convertisseur* ainsi constitué complète les profils destination respectant le langage de modélisation de profils (cf. ③ sur la Figure 29).

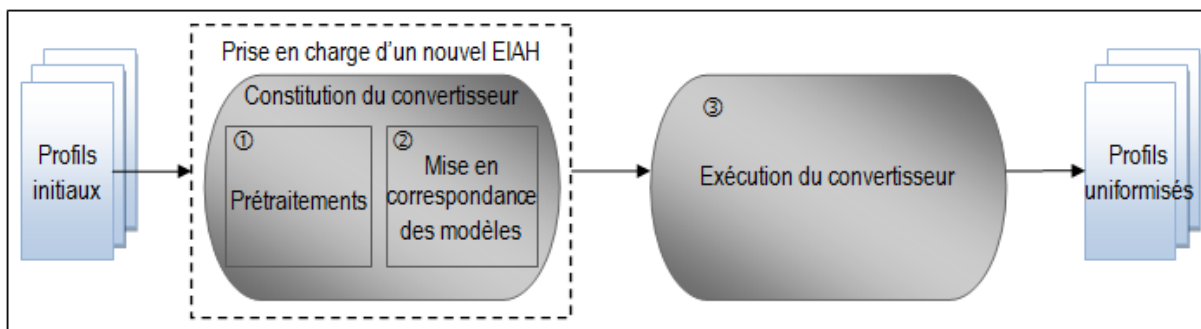


Figure 29 : Principe du processus d'intégration de données externes à des profils PMDLe.

Les *prétraitements* des profils des EIAH externes concernés (cf. ① de la Figure 29) sont un ensemble de transformations portant sur la forme des profils sources visant à représenter ces profils de manière unifiée, ce afin de simplifier la mise en correspondance des modèles. Il s'agit par exemple, dans le cas d'un profil externe unique contenant les données de tous les apprenants, de séparer ce fichier en autant de fichiers qu'il y a d'apprenants.

La *mise en correspondance des modèles* (cf. ② de la Figure 29) a pour but de définir l'alignement de modèles en créant le convertisseur qui sera capable de faire la conversion entre le modèle des profils externes en entrée et le modèle des profils PMDLe en sortie. Plusieurs éléments de base de ce modèle de profils peuvent concerner l'EIAH externe dont les données doivent être intégrées. Ce sont ces différents éléments de base que le convertisseur à créer doit savoir remplir dynamiquement. Le traitement d'un élément est générique et s'adapte automatiquement à tous les types d'éléments de base de PMDLe. Ce traitement pourrait s'exprimer plus formellement sous la forme d'une extension de PMDLe dédiée à la mise en correspondance de modèles : pPMDLe (p pour *parser*). Créer un convertisseur nécessite d'associer des éléments du profil source, celui de l'EIAH externe, à des éléments du modèle de profils cible.

L'*exécution du convertisseur* (cf. ③ sur la Figure 29) est le lieu de la conversion de modèles. Elle permet d'instancier, grâce au convertisseur créé, le modèle de profils avec les données des profils externes pour chaque apprenant, sans que l'utilisateur n'intervienne. Cette étape peut être vue comme l'exploitation du parser défini à l'aide de pPMDLe.

Contrairement à son exécution, la constitution d'un convertisseur, qui correspond à la prise en charge d'un nouvel EIAH (cf. zone en pointillés sur la Figure 29), n'est effectuée qu'une fois pour un EIAH donné.

2.5 Transformation de profils d'apprenants

Ou comment faire évoluer des profils d'apprenants ?

Enjeux

Proposer des processus génériques de transformation de profils d'apprenants. Ces processus sont rendus nécessaires par la réutilisation de profils d'apprenants externes qui ne sont pas forcément parfaitement adaptés aux besoins de leurs utilisateurs et par le caractère non figé des profils qui évoluent notamment selon les connaissances des apprenants, leur cursus.

Résumé

Pour traiter de façon générique la question de la transformation de profils d'apprenants, nous proposons une extension de notre langage de modélisation de profils d'apprenants. Cette extension définit comment transformer des profils d'apprenants écrit en PMDLe en établissant un certain nombre d'opérateurs qui portent sur la structure ou les données des profils.

Mots-clés

Transformation de profils, opérateurs, structure, données

Contributions

↳ oPMDLe, définition d'opérateurs sur des profils PMDLe

Spécificités

Distinguer opérations sur structure et opérations sur données.

Adopter une approche générique : oPMDLe permet de traiter tous les profils respectant PMDLe, quelles que soient leur structure ou leurs données.

Validation

- ↳ Fait : vérification de l'adéquation aux besoins des enseignants
- ↳ À faire : vérification de l'exhaustivité des opérateurs identifiés

Publications associées

[Eyssautier-Bavay, 2008] [Ginon et Jean-Daubias, 2010] [Jean-Daubias et Ginon, 2010] [Truong et Jean-Daubias, 2010]

L'expression des profils d'apprenants selon un formalisme commun à travers les langages PMDL et PMDLe rend possible la définition d'opérateurs permettant de manipuler et de transformer ces profils. Nous avons défini de tels opérateurs, sous la forme d'un complément à PMDLe consacré aux opérateurs, oPMDLe (o pour operator), ainsi qu'un mécanisme de fonctions permettant de combiner ces opérateurs. S'il existe bien un autre type de transformations qui réside dans la définition de différentes vues d'un même profil, nous avons choisi de le présenter dans la section consacrée aux exploitations des profils pour faciliter la compréhension. Dans cette section, nous commençons donc par présenter les opérateurs de transformation associés à PMDLe, avant de montrer comment nous proposons de combiner ces opérateurs. Ce travail est issu du stage de M2 recherche de Hoang Phuoc Truong [Truong et Jean-Daubias, 2010], qui complétait une première ébauche faite dans le cadre de la thèse de Carole Eyssautier-Bavay [Eyssautier-Bavay, 2008] et dans le projet de master de Blandine Ginon [Ginon et Jean-Daubias, 2010].

2.5.1 Opérateurs de transformation de profils, oPMDLe

Nous avons défini quatre types d'opérateurs de transformation des profils d'apprenants exprimés en PMDLe : opérateurs de consultation, opérateurs de manipulation, opérateurs de filtrage et opérateurs statistiques [Truong et Jean-Daubias, 2010]. Pour les trois premiers types d'opérateurs, en nous appuyant à nouveau sur la distinction que nous avons mise en évidence entre la structure d'un profil et ses données, nous différencions les opérateurs sur la structure des profils, des opérateurs sur les données des profils. Le dernier type, celui des opérateurs statistiques, ne comporte que des opérateurs sur les données. Ainsi, nous distinguons les opérations réalisables de manière générique sur la structure des profils, des opérations portant sur les profils instanciés. La Figure 30 donne une synthèse des opérateurs définis dans oPMDLe, répartis par types, en distinguant les opérateurs sur structure, des opérateurs sur données.

Dans la suite de cette section, nous décrivons succinctement les opérateurs associés à PMDLe pour donner une vue d'ensemble de la typologie proposée, puis nous détaillons l'opérateur d'union entre profils afin de montrer le fonctionnement des opérateurs sur un exemple. Une présentation plus complète des opérateurs de transformation de profils est donnée dans [Truong et Jean-Daubias, 2010].

Les **opérateurs de consultation** permettent de récupérer certains éléments des profils en fonction des conditions spécifiées. À l'exception de l'opérateur *str-GetElementByID* qui renvoie la composante d'un modèle de profils correspondant à l'identifiant donné, les opérateurs de consultation concernent uniquement les données des profils. Ainsi, les opérateurs de ce type permettent de récupérer les données d'une composante en fonction de son identifiant (opérateur *data-GetValueByID*), de la date (*data-GetValueByDate*), des valeurs recherchées (*data-GetValueByValue*), ou encore les données correspondant à la plus grande (*data-GetMaxValue*) ou la plus petite valeur (*data-GetMinValue*).

Les **opérateurs de manipulation** permettent des transformations sur les profils, tant de leur structure que de leurs données. Les manipulations sur les structures permettent l'union (opérateur *str-Union*) ou l'intersection (*str-Intersection*) de modèles de profils, l'identification des différences entre modèles (*str-Difference*), l'ajout (*str-AddElement*), la suppression (*str-DeleteByIDs*, *str-DeleteByLevel*) ou la modification d'éléments (*str-ReplaceElementByID*). Les opérateurs de manipulation des données permettent également l'ajout (*data-AddValue*), la suppression (*data-DeleteValueByDate*, *data-DeleteValueByValue*) et différents types de modifications d'éléments : le remplacement de valeurs (*data-ReplaceValueByDate*, *data-ReplaceValueByValue*), la compression de valeurs, c'est-à-dire le remplacement d'une partie de l'arborescence d'un profil par la somme ou la valeur moyenne de chacun des nœuds qui la composent (*data-CompressByAvg*, *data-CompressBySum*), la conversion des valeurs du profil selon une fonction donnée (*data-ConvertProfile*), ainsi que la constitution du profil d'un groupe d'apprenants (*data-GroupProfile*) à partir du profil de chacun des membres du groupe.

Les **opérateurs de filtrage** permettent de ne conserver dans un profil que les informations souhaitées, qui peuvent concerner la structure ou les données des profils. Le filtrage sur la structure se fait par identifiant, par niveau de profondeur dans l'arborescence des composantes ou selon l'échelle (*str-FilterByID*, *str-FilterByLevel*, *str-FilterByScale*). Les filtrages sur les données peuvent se faire selon ces mêmes critères, mais aussi selon les valeurs, les dates ou encore en ne conservant que les éléments du

profil dont les valeurs sont supérieures, inférieures ou égales à une valeur donnée (*data-FilterMoreThan*, *data-FilterLessThan*, *data-FilterEqual*).

Les **opérateurs statistiques** permettent d'établir différents calculs sur les données des profils : valeur moyenne ou somme, fréquence, variance ou coefficient de variation (*data-GetAvgValue*, *data-GetFeqValue*, *data-GetSumValue*, *data-GetVoVValue*, *data-GetCVProfile*). Enfin, l'opérateur *data-CompareProfile* permet de comparer des profils basés sur le même modèle.

TYPES D'OPÉRATEURS	OPÉRATEURS SUR LA STRUCTURE	OPÉRATEURS SUR LES DONNÉES
opérateurs de consultation	<i>str-GetElementByID</i>	<i>data-GetValueByID</i> <i>data-GetValueByDate</i> <i>data-GetValueByValue</i> <i>data-GetMaxValue</i> <i>data-GetMinValue</i>
opérateurs de manipulation	<i>str-Union</i> <i>str-Intersection</i> <i>str-Difference</i> <i>str-AddElement</i> <i>str-DeleteByIDs</i> <i>str-DeleteByLevel</i> <i>str-ReplaceElementByID</i>	<i>data-CompressByAvg</i> <i>data-CompressBySum</i> <i>data-GroupProfile</i> <i>data-ConvertProfile</i> <i>data-AddValue</i> <i>data-DeleteValueByDate</i> <i>data-DeleteValueByValue</i> <i>data-ReplaceValueByDate</i> <i>data-ReplaceValueByValue</i>
opérateurs de filtrage	<i>str-FilterByID</i> <i>str-FilterByLevel</i> <i>str-FilterByScale</i>	<i>data-FilterByID</i> <i>data-FilterByValue</i> <i>data-FilterByScale</i> <i>data-FilterByDate</i> <i>data-FilterMoreThan</i> <i>data-FilterLessThan</i> <i>data-FilterEqual</i>
opérateurs statistiques		<i>data-GetAvgValue</i> <i>data-GetFeqValue</i> <i>data-GetSumValue</i> <i>data-GetVoVValue</i> <i>data-GetCVProfile</i> <i>data-CompareProfile</i>

Figure 30 : Typologie des opérateurs sur profils d'apprenants, d'après [Truong et Jean-Daubias, 2010].

Illustrons maintenant l'utilisation de l'opérateur sur structure *str-Union*, qui établit l'union de deux modèles de profils. La Figure 31 représente les structures de profils initiales : *Struct CE2* sur la partie gauche et *Struct CE2_V2* sur la partie droite. Ces deux structures comportent un certain nombre de similitudes (par exemple prénom et date de naissance dans *informations_élève*), mais également plusieurs différences (par exemple l'élément Français et les sous-composantes Multiplication et Fractions sont présentes dans *Struct CE2_V2*, mais pas dans *Struct CE2*).

La structure de profils *Struct Union CE2* (cf. Figure 32) est le résultat de l'union des structures *Struct CE2* et *Struct CE2_V2*. Elle intègre tous les éléments de *Struct CE2* et tous ceux de *Struct CE2_V2*, ce qui permet par exemple de fusionner la structure de profils issue des évaluations nationales et celle utilisée habituellement par l'enseignant. Pour l'élément Algèbre, nous retrouvons notamment dans *Struct Union*

CE2, en plus du contenu de *Struct CE2*, la composante Multiplication et la sous-composante Fractions de Addition qui étaient présentes dans *Struct CE2_V2*, mais pas dans *Struct CE2*.

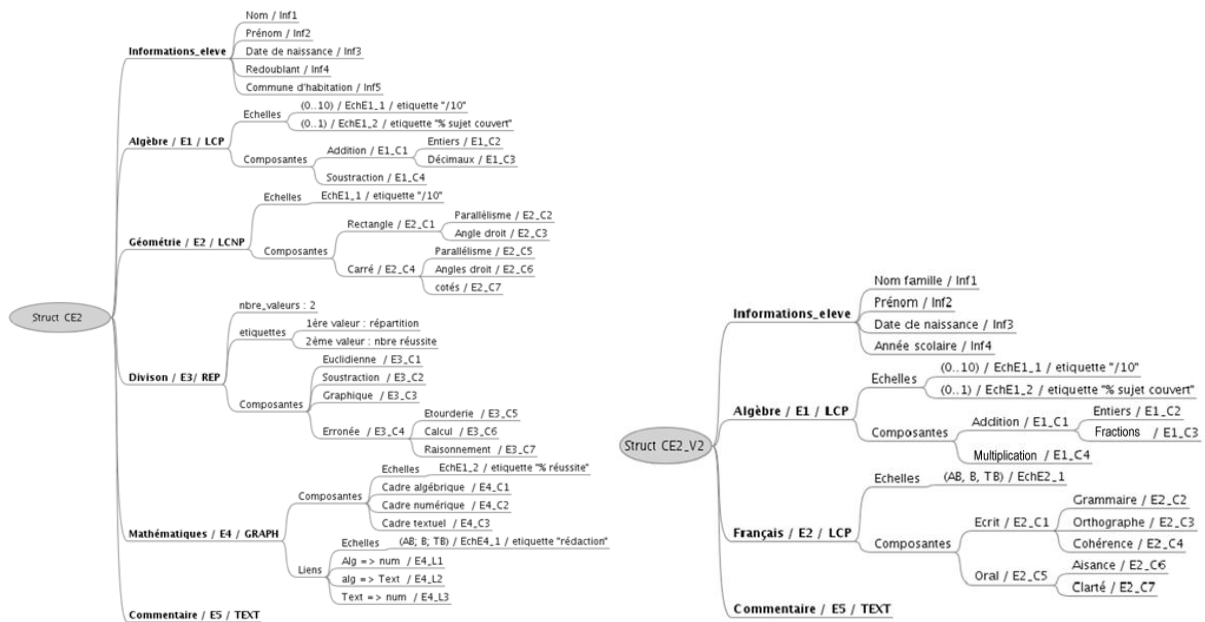


Figure 31 : Exemples de modèles de profils respectant PMDL.

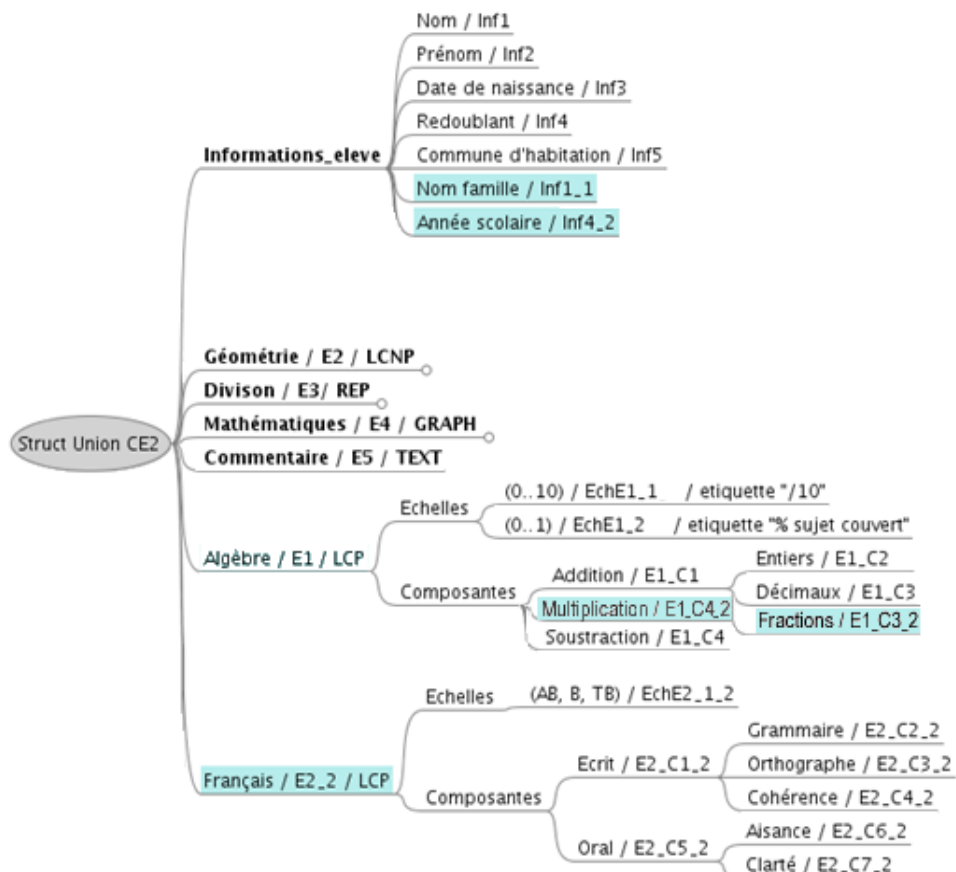


Figure 32 : Modèle de profils résultant de l'union de deux modèles de profils PMDL.

La définition semi-formelle de l'ensemble des opérateurs, ainsi que des exemples d'application de ces opérateurs sont donnés dans [Truong et Jean-Daubias, 2010].

2.5.2 Fonctions de combinaison d'opérateurs sur profils d'apprenants

La définition d'opérateurs élémentaires sur les profils d'apprenants exprimés en PMDLe, qu'ils concernent leur structure ou leurs données, permet un grand nombre de transformations.

Il est parfois nécessaire de combiner ces opérateurs afin d'établir une transformation complexe nécessaire pour répondre à un besoin. Pour faciliter cette combinaison de transformations et le partage entre utilisateurs, nous proposons un mécanisme de fonctions. Une fonction combine un certain nombre d'opérateurs dont les entrées (par exemple deux structures de profils) et les sorties (par exemple la fusion de ces deux structures ne conservant que les deux premiers niveaux d'arborescence des composantes), qui doivent être compatibles et s'enchaînent. Ainsi, les entrées de la fonction (cf. Figure 33) sont également les entrées de l'opérateur 1 de la fonction, les sorties de l'opérateur n-1 incluent les entrées de l'opérateur n, intégrant si besoin d'autres éléments, et les sorties de l'opérateur n sont les sorties de la fonction.

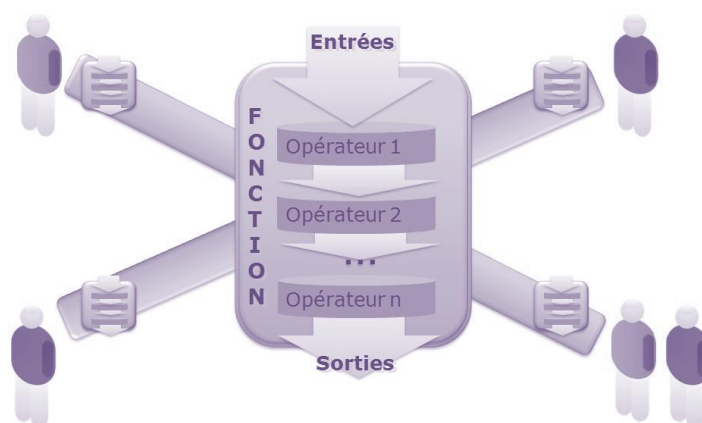


Figure 33 : Composition d'opérateurs sur profils sous forme de fonctions [Truong et Jean-Daubias, 2010].

La combinaison des opérateurs n'est possible que si les différentes entrées et sorties respectent des règles de compatibilité résumées sur la Figure 34. Par exemple, les sorties de l'opérateur n-1 doivent être compatibles en nombre et en type avec les entrées de l'opérateur n.



Figure 34 : Règles de composition des opérateurs sur profils [Truong et Jean-Daubias, 2010].

L'intérêt de ces fonctions, outre le fait de disposer de fonctionnalités plus complètes, adaptées à une situation donnée, réalisant toutes les transformations nécessaires, réside dans leur simplicité d'utilisation et dans les possibilités de partage entre utilisateurs.

Ainsi, une fonction pourrait effectuer les différents traitements nécessaires au transfert des profils à l'enseignant de la classe supérieure en fin d'année : synthétiser les résultats de l'année (remplacer les différentes notes de chaque élément par leur moyenne, réduire la profondeur de l'arbre des composantes) et ajouter des éléments correspondant à la nouvelle année.

2.6 Exploitation des profils d'apprenants

Ou comment exploiter toute la richesse des profils d'apprenants ?

Enjeux

Exploiter les profils d'apprenants, principalement mais pas uniquement, pour la personnalisation de l'apprentissage. La personnalisation de l'apprentissage consiste à proposer à chaque apprenant des ressources, une interface, des interactions adaptées à sa situation particulière. La difficulté réside selon nous à la fois dans l'automatisation de ce processus, dans la prise en compte des souhaits des enseignants, et dans l'adoption d'une démarche générique.

Résumé

Pour traiter de façon générique la question de l'exploitation des profils d'apprenants, nous continuons de nous appuyer sur notre langage de modélisation de profils d'apprenants.

Nous avons défini d'une part des générateurs d'activités papier, et d'autre part une approche permettant la définition de sessions personnalisées sur des EIAH externes, c'est-à-dire dont nous ne maîtrisons pas *a priori* le fonctionnement, mais également un ensemble d'activités réflexives sur des profils d'apprenants s'appuyant sur PMDLe. L'ensemble de ces activités est personnalisable par nos modèles de personnalisation unifiée. Ces modèles donnent les moyens aux acteurs de la personnalisation, EIAH ou enseignant, d'adapter les activités proposées à leurs stratégies pédagogiques et à leur contexte d'utilisation, ainsi qu'aux connaissances des apprenants. PERSUA2 permet de personnaliser des activités pédagogiques, tant papier que logicielles, et PERSUMAP permet de personnaliser des activités sur les profils en prenant en compte plusieurs facettes du profil de l'apprenant : non seulement ses connaissances et compétences, mais aussi ses capacités et préférences.

Mots-clés

Exploitation de profils d'apprenants, activités pédagogiques, activités sur les profils, génération d'exercices, personnalisation de l'apprentissage, contexte d'utilisation, stratégie pédagogique

Contributions

- ↳ Typologie des activités pédagogiques papier
- ↳ Typologie des activités sur les profils d'apprenants
- ↳ Classification des EIAH selon la manière de les personnaliser
- ↳ PERSUA2, modèle pour la personnalisation unifiée des activités pédagogiques
- ↳ PERSUMAP, modèle pour la personnalisation unifiée multi-aspects des activités sur les profils
- ↳ GEPPETO, approche générique de personnalisation des activités pédagogiques en fonction des souhaits des enseignants
- ↳ GEPPETO_p, GEPPETO_s, déclinaisons pour activités papier et logicielles de l'approche GEPPETO
- ↳ cPMDL/cPMDLe, contraintes sur profils PMDL/PMDLe
- ↳ vPMDLe, vues sur profils PMDLe
- ↳ rPMDLe, représentations d'éléments de profils PMDLe

Spécificités

Généricité : la personnalisation proposée n'est pas spécifique à une activité, mais à une grande gamme d'activités couvrant l'essentiel des disciplines et des niveaux, tant pour les activités pédagogiques que pour les activités sur les profils.

Proposition de méta-modèles, modèles et processus articulés avec les besoins spécifiques des enseignants d'une part, et des apprenants d'autre part.

Prise en compte de profils d'apprenants variés, potentiellement très détaillés et abordant différentes facettes de l'apprenant, gage de qualité pour la personnalisation.

Travaux en relation

Approches / Critères	Personnalisation selon l'apprenant				Personnalisation selon l'enseignant				Affectation des activités			Approches transversales		
	stéréotypes	profils d'apprenants	profils d'utilisateurs	hypermédiat adaptatifs	outils auteurs	scénarios pédagogiques	manuelle	KBT-MIM	automatique système	manuelle enseignant	manuelle apprenant	aIFanet	PERSUA2	PERSUMAP
Généricité		~	~		✓			✓	✓				✓	✓
Souplesse		~	~		✓		✓			✓	✓		✓	✓
Extensibilité	✓	✓	✓		✓		✓	✓					✓	✓
Norme		~	~	✓		✓						✓	✓	✓
Exploitations	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Personnalisation selon l'apprenant		✓	~	✓	~		✓		~	✓	✓	✓	✓	✓
Personnalisation selon l'enseignant	✓	~	~	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
Personnalisation dynamique	✓	✓	✓	✓	~	~			~			✓	~	~
Profils détaillés	✓	✓	✓				✓		✓	✓	✓		✓	✓
Réutilisation	~	✓	✓			~							✓	✓

Légende
 gris : approche générale
 noir : une approche donnée
 ✓ : pris en charge
 ~ : potentiellement pris en charge

Figure 35 : Comparaison des approches d'exploitation de profils.

Validation

- ↳ Typologies, fait : confrontation à des exemples nombreux et variés
- ↳ Typologies, à faire : études didactiques approfondies
- ↳ Modèles, fait : mise en œuvre et mises à l'essai auprès d'enseignants et d'apprenants
- ↳ Modèles, à faire : expérimentation contrôlée complète

Publications associées

- ↳ Sur la typologie des activités pédagogiques papier : [Lefevre, 2009] [Lefevre et al., 2009d] [Jean-Daubias et al., 2009d]
- ↳ Sur PERSUA2, cPMDL : [Lefevre, 2009] [Lefevre et al., 2011c]
- ↳ Sur GEPPETO : [Lefevre, 2009] [Lefevre et al., 2011a]
- ↳ Sur PERSUMAP, cPMDLe, vPMDLe, rPMDLe : [Ginon et Jean-Daubias, 2011a] [Ginon et Jean-Daubias, 2011b]

L'étape d'exploitation des profils d'apprenants est celle qui donne tout son sens à la démarche de réutilisation et donc d'uniformisation des profils dans le cycle de vie des profils d'apprenants. Rappelons que cette démarche de réutilisation de profils permet une mutualisation de leurs exploitations : les exploitations des profils prévues dans ce contexte pourront être faites, de façon unifiée, pour tous les profils réutilisés, permettant ainsi à des EIAH de déléguer la phase d'exploitation des profils à un EIAH dédié. Personnaliser l'apprentissage permet de proposer à chaque apprenant des activités adaptées à ses compétences. L'exploitation des profils concerne d'une part l'utilisation des profils d'apprenants pour personnaliser les activités pédagogiques à venir, exploitation présentée dans la section 2.6.1, et d'autre part les activités sur les profils d'apprenants, exploitation directe des profils présentée dans la section 2.6.3. La difficulté principale de ce travail réside selon nous dans l'automatisation de ce processus et dans la prise en compte des souhaits des enseignants. Après un rapide état de l'art des différents aspects de la personnalisation des activités, nous présentons ces deux aspects, en respectant la chronologie de la définition des modèles sous-jacents, afin de faciliter la compréhension de ces modèles.

Quelles que soient les exploitations des profils d'apprenants, elles doivent être adaptées d'une part aux besoins des enseignants et d'autre part aux spécificités des utilisateurs, qu'il s'agisse de spécificités liées aux types d'utilisateurs en ce qui concerne les activités sur les profils ou de spécificités liées aux connaissances des apprenants en ce qui concerne les activités pédagogiques. Nous étudions par ailleurs la possibilité de prendre également en compte les handicaps des utilisateurs, afin de rendre ces différentes représentations accessibles à tous, approche que nous présentons plus en détail dans la section 2.6.3.

2.6.1 Les approches pour la personnalisation des activités

Nous présentons les approches existantes dans le domaine des EIAH pour la personnalisation de l'apprentissage en distinguant trois facettes : la prise en compte des individualités des apprenants, la prise en compte des besoins et habitudes pédagogiques des enseignants et l'affectation d'une activité à un apprenant. Nous terminons par des approches globalement assez similaires à la nôtre.

La prise en compte des individualités des apprenants peut être mise en œuvre à travers l'utilisation de stéréotypes [Kay, 2000] [Vincent et al., 2005] [Girard et Johnson, 2007] ou de profils, qu'il s'agisse de profils d'apprenants [Mitrovic, 1998] [Sørmo et Aamodt, 2002] [Czarkowski et al., 2005] [Van Rosmalen et al., 2006] dans le domaine des EIAH ou de profils d'utilisateurs [Habieb-Mammar et Tarpin-Bernard, 2004] [Héraud, 2004] [Samaan, 2006] dans le domaine des hypermédias adaptatifs [Brusilovsky, 2001]. Un stéréotype contient un ensemble de caractéristiques correspondant à plusieurs apprenants [Rich, 1983]. Cette factorisation de la représentation ne permet pas une prise en compte fine des individualités des apprenants. À l'inverse, un profil est spécifique à un individu. Il encode plus finement les informations données par l'utilisateur lui-même ou, dans le cas d'un profil d'apprenant, par le prescripteur de la formation (la famille ou l'employeur par exemple) sur ses souhaits de formation ou son niveau (approche gestion de compétences) ou déduites sur les apprenants suite aux différentes activités pédagogiques qu'ils ont réalisées (approche Intelligence Artificielle). Néanmoins, le processus de construction des profils d'apprenants n'est pas certain et des erreurs de diagnostic peuvent conduire à la prise en compte d'informations erronées. Dans les deux cas – stéréotypes ou profils –, toute la difficulté consiste à capturer les données pertinentes concernant 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 lorsque que ceux-ci utilisent des outils auteurs [David et al., 1996] [Van Joolingen et De Jong, 2003], définissent des scénarios pédagogiques [Guéraud et al., 2004] [Pernin et Lejeune, 2004a] [Pernin et Lejeune, 2006] ou paramètrent eux-mêmes les logiciels pédagogiques [Murray, 2003b] [Duclosson et al., 2005]. Les outils auteurs existants 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 permettant de définir un scénario 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 de cette approche est que peu de logiciels possèdent une partie réservée à l'enseignant. De plus, ces parties, si elles existent, sont différentes d'un logiciel à l'autre. Ainsi, un enseignant voulant utiliser plusieurs systèmes devra maîtriser les différents outils de paramétrage correspondants. L'hétérogénéité de ces systèmes constitue en soi 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. De plus, il n'existe pas d'approche unifiée permettant d'assister l'enseignant dans cette tâche d'adaptation des activités.

L'affectation d'une activité à un apprenant peut être faite automatiquement par le système [Burton, 1982] [Mitrovic, 1998], ou manuellement soit par l'apprenant [Melis et al., 2001] [VanLehn et al., 2005], soit par l'enseignant [Leroux, 2002] [Duclosson et al., 2005]. Dans le cas où 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 ses méthodes de travail. Dans le cas où l'enseignant personnalise les logiciels, nous avons vu 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. Or, rares sont les systèmes qui permettent de prendre en compte ces besoins.

L'approche la plus proche de la nôtre du point de vue général du projet PERLEA, est probablement celle adoptée dans le projet aLFanet (active learning for adaptive internet) [Santos et al., 2004] [aLFanet, 2005]. Ce projet vise à proposer une plateforme de formation à distance à la fois interactive, adaptative et permettant de personnaliser l'apprentissage. Dans aLFanet, la personnalisation vise à proposer aux apprenants des contenus, une interaction et une présentation différents selon les spécifications faites par l'enseignant. Une des spécificités de cette plateforme, est son association à des standards pédagogiques. Toutefois, sa dépendance, à IMS-LD notamment, limite sa portée. Quant à l'approche la plus proche de la nôtre du point de vue de la personnalisation, c'est probablement celle adoptée par [Murray, 2003a] avec KBT-MM. Cette approche générique fournit un guide pour construire des outils auteurs de tuteurs intelligents. Elle a été appliquée avec l'outil auteur Eon [Murray, 2003b]. KBT-MM adopte un principe intéressant d'indépendance entre contenus et stratégies pédagogiques, toutefois il ne permet de gérer que les stratégies pédagogiques des tuteurs qu'il a créés, ce qui limite, là encore, sa portée.

Ainsi, cette analyse de l'existant ne nous a pas permis de trouver d'approche permettant de répondre entièrement à nos problématiques de personnalisation, tant des activités pédagogiques que des activités sur profils, d'une part en fonction des connaissances des apprenants et éventuellement des capacités et préférences des utilisateurs, et d'autre part en fonction des souhaits des enseignants, tout en adoptant une démarche générique.

2.6.2 Personnalisation d'activités pédagogiques à partir des profils d'apprenants

La définition d'activités pédagogiques personnalisées, qu'elle soit faite par un agent humain, généralement l'enseignant, ou par un agent informatique au sein d'un EIAH, est au cœur des recherches en EIAH. Dans notre contexte de réutilisation de profils d'apprenants et de mutualisation d'exploitations, l'intérêt est d'établir une personnalisation des activités pédagogiques proposées aux apprenants, en tenant compte des souhaits des enseignants et en s'appuyant sur les connaissances des apprenants données par leur profil.

Pour cela nous avons défini un modèle pour la personnalisation unifiée des activités pédagogiques et un processus de création de séquences personnalisées d'activités que nous présentons dans la section 2.6.2.1, qui utilise le modèle de contraintes sur profils présenté dans la section 2.6.2.2, ainsi que

les modèles et processus permettant d'adapter des activités pédagogiques présentés dans la section 2.6.2.3 [Lefevre et al., 2011a]. Ce travail est issu de la thèse de Marie Lefevre [Lefevre, 2009]⁵.

2.6.2.1 Modèle pour la personnalisation unifiée des activités pédagogiques, PERSUA2

Pour permettre une personnalisation d'une séance de travail, il est nécessaire d'avoir des informations sur l'apprenant auquel la séance de travail est destinée, mais également sur la situation dans laquelle cette séance va se dérouler. À partir de ces deux types d'informations, il est possible de créer une séance de travail adaptée d'une part à l'apprenant et d'autre part aux buts pédagogiques de l'agent de la personnalisation, qu'il s'agisse d'un enseignant ou du module pédagogique d'un EIAH.

Le modèle PERSUA2 (PERSONnalisation Unifiée des Activités d'Apprentissage) [Lefevre et al., 2009c] que nous proposons, défini formellement dans [Lefevre, 2009], concerne deux éléments distincts : d'une part la stratégie pédagogique à mettre en place, c'est-à-dire les règles permettant d'affecter une activité à un apprenant, et d'autre part le contexte d'utilisation de la stratégie pédagogique, c'est-à-dire l'ensemble des informations permettant de caractériser la situation de l'apprenant au moment de la séance de travail – apprenants concernés, nombre d'exercices, durée... – (cf. Figure 36). Nous parlons de personnalisation unifiée, car notre modèle permet de gérer la personnalisation d'activités variées et hétérogènes, tant papier-crayon que logicielles, ce en fonction de tout profil respectant le langage PMDL.

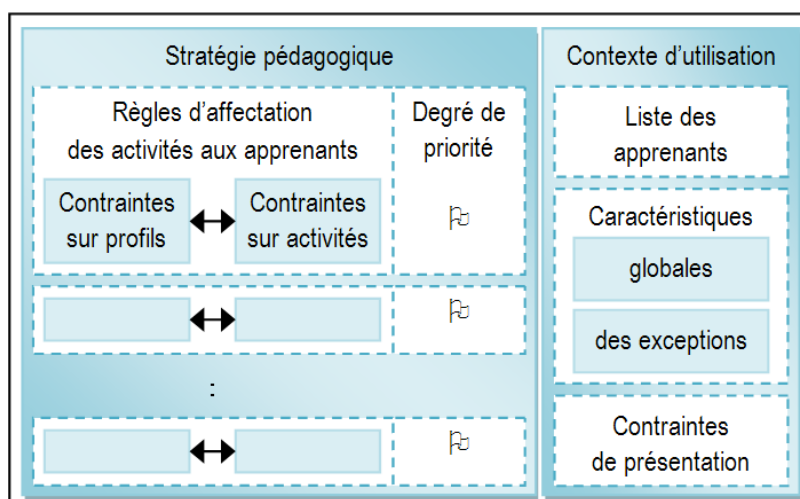


Figure 36 : Principe du modèle PERSUA2 (Lefevre, 2009).

Dans le modèle PERSUA2, la stratégie pédagogique de l'enseignant définit comment affecter des activités aux apprenants. Cette affectation est décrite à l'aide d'un ensemble de liens hiérarchisés : les règles d'affectation. Une règle d'affectation lie des contraintes sur le profil des apprenants à des contraintes sur une ou plusieurs activités pédagogiques. Les contraintes sur le profil permettent de sélectionner pour la stratégie pédagogique certaines valeurs du profil des apprenants, écrit en PMDL. Les contraintes sur les activités permettent de spécifier les activités (exercices papier à imprimer ou activités sur un logiciel pédagogique) correspondant à la stratégie pédagogique à mettre en place.

L'indépendance des deux parties du modèle de personnalisation permet d'associer une même stratégie pédagogique à plusieurs contextes d'utilisation. Par ailleurs, un enseignant peut définir plusieurs stratégies pédagogiques pour un même contexte d'utilisation.

Pour exploiter ce modèle, nous proposons un processus qui permet de l'appliquer pour créer des séquences d'activités personnalisées en fonction du contenu des profils des apprenants (cf. Figure 37). L'utilisation du modèle de personnalisation se fait en deux temps.

⁵ Pour toute cette section, le texte est en grande partie retravaillé à partir du texte de [Lefevre, 2009].

Dans un premier temps (cf. partie supérieure de la Figure 37), l'agent de la personnalisation crée son modèle de personnalisation selon ses objectifs pédagogiques et ses contraintes d'utilisation. Pour cela, il définit des règles d'affectation des activités aux apprenants en créant des filtres permettant de ne garder que les valeurs du profil qui lui semblent pertinentes (cf. ① sur la Figure 37) et en spécifiant des contraintes sur les activités à fournir aux apprenants (cf. ② sur la Figure 37). L'agent de la personnalisation hiérarchise ensuite ces règles d'affectation (cf. ③ sur la Figure 37) avant de définir un contexte d'utilisation de la stratégie pédagogique contenant notamment la liste des apprenants pour lesquels il souhaite établir une séquence personnalisée (cf. ④ sur la Figure 37).

Dans un second temps (cf. partie centrale de la Figure 37), ce modèle de personnalisation est appliqué, pour chaque apprenant, en quatre étapes. Les règles d'affectation sont tout d'abord filtrées selon les valeurs contenues dans le profil de l'apprenant (cf. ⑤ sur la Figure 37). Les activités à générer, listées dans les règles activées lors de la première étape sont ensuite filtrées en fonction du contexte d'utilisation (cf. ⑥ sur la Figure 37). Enfin, les activités personnalisées sont créées à partir de la liste des activités à générer (cf. ⑦ sur la Figure 37).

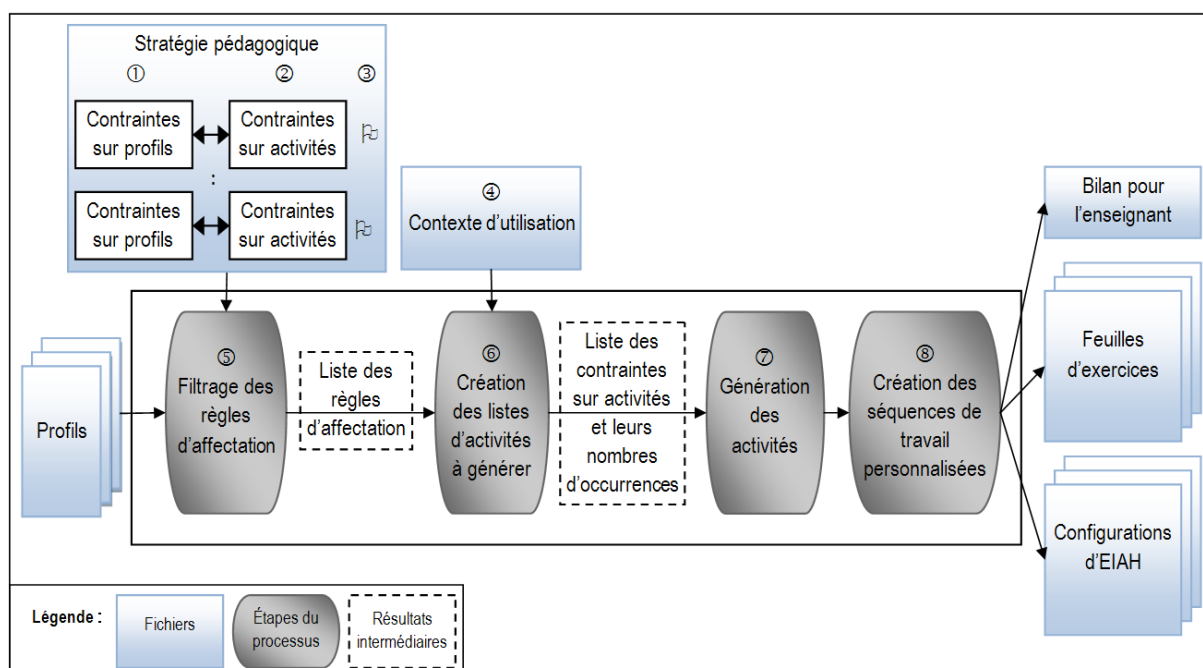


Figure 37 : Principe du processus d'exploitation du modèle PERSUA2 [Lefevre, 2009].

L'exploitation du modèle de personnalisation permet de créer autant de séquences personnalisées qu'il y a de profils d'apprenants, ainsi qu'un bilan pour l'enseignant (cf. ⑧ sur la Figure 37) qui donne la liste et la description des activités papier ou logicielles fournies à chaque apprenant, et pour les activités papier, leur correction.

Le modèle PERSUA2 permet ainsi à un enseignant, quel que soit le domaine dans lequel il enseigne, de créer des séquences de travail propres à chaque apprenant, séquences pouvant être effectuées sur plusieurs supports, papier et/ou logiciels. Ce modèle est de plus utilisable par un EIAH, toujours quel que soit le domaine concerné, pour définir des séquences de travail personnalisées qui seront effectuées par les apprenants dans ce même EIAH.

2.6.2.2 Modèle de contraintes sur profils

Afin d'établir une personnalisation des activités proposées aux apprenants, nous nous appuyons sur les connaissances de ces derniers, données par leur profil d'apprentissage. Nous cherchons donc à établir des contraintes sur les valeurs de ces profils. Dans notre contexte de réutilisation de profils variés, nous traitons des profils réécrits dans le langage de modélisation de profils PMDL. Nous proposons une extension des langages PMDL/PMDLe : les modèles cPMDL/cPMDLe, des modèles de contraintes sur

profils définissant les différentes contraintes qui peuvent être associées à un profil d'apprenant défini selon le formalisme PMDL/PMDLe.

2.6.2.2.1 Modèle de contraintes sur des profils écrits en PMDL, cPMDL

Le modèle de contraintes sur profils cPMDL (c pour *constraint*) permet de contraindre des éléments d'un profil décrit en PMDL. Pour les données décrites sous forme de texte libre, il n'est pas possible de définir de contrainte, puisqu'il est impossible de connaître l'organisation de ces données. Pour les autres types de données, il est possible de définir plusieurs types de contraintes sur profils : des contraintes portant sur une valeur, CP_v , des contraintes portant sur un élément, CP_e et des contraintes portant sur un nombre d'occurrences, CP_o . La définition formelle de ces trois types de contraintes est donnée dans [Lefevre, 2009].

Il est parfois nécessaire de combiner plusieurs contraintes, quel que soit leur type, pour sélectionner plusieurs éléments du profil. Le modèle de personnalisation permet pour cela de définir des expressions booléennes combinant les contraintes sur profils grâce aux opérateurs de conjonction « ET », de disjonction « OU », de négation « NON » et aux parenthèses « () ».

2.6.2.2.2 Modèle de contraintes sur des profils écrits en PMDLe, cPMDLe

cPMDL étant basé sur PMDL, une évolution de ce modèle a été nécessaire pour prendre en compte l'évolutivité des profils permise par PMDLe [Ginon et Jean-Daubias, 2010]. Ainsi, cPMDLe, pour cPMDL évolutif, basé sur PMDLe, intègre trois nouveaux types de contraintes : contraintes d'évolution sur profils portant sur une valeur CPE_v , contraintes d'évolution sur profils portant sur un élément CPE_e et contraintes d'évolution sur profils portant sur un nombre d'occurrences CPE_o . Ces types de contraintes correspondent aux types existant dans cPMDL, lesquels étant toujours valables avec les profils évolutifs, mais portent, eux, spécifiquement sur le caractère évolutif des profils.

Les contraintes d'évolution permettent de contraindre l'évolution des éléments (qu'il s'agisse de valeurs, d'éléments ou d'occurrences) en spécifiant le type d'évolution (progression, stabilité ou régression), l'écart de valeurs attendues (par exemple +2 ou augmentation d'un niveau dans l'échelle dans le cas d'une progression), la période concernée (toutes les dates disponibles, deux dates particulières ou un intervalle donné).

Ainsi, avec une contrainte sur une valeur définie par cPMDL, il est possible de sélectionner les profils d'apprenants pour lesquels cette valeur se situe dans un intervalle, par exemple une note comprise entre 10 et 15. Avec une contrainte d'évolution portant sur une valeur définie par cPMDLe, il est possible de sélectionner par exemple les profils d'apprenants pour lesquels cette valeur a augmenté d'au moins 3 points entre deux dates données. L'enseignant pourra ainsi personnaliser l'apprentissage de ses élèves, en se basant non plus uniquement sur leurs connaissances, mais aussi sur l'évolution de leurs connaissances.

La définition formelle des contraintes d'évolution sur profils de cPMDLe est donnée en annexe 4 de [Ginon et Jean-Daubias, 2010].

2.6.2.3 Modèles et processus pour adapter des activités pédagogiques

Comme les contraintes sur les profils permettent de sélectionner certains apprenants, les contraintes sur les activités permettent de sélectionner ou de créer des activités correspondant aux habitudes pédagogiques d'un enseignant. Par activité, nous entendons d'une part des exercices papier à imprimer, et d'autre part des activités sur un logiciel pédagogique, associées à la configuration de l'environnement logiciel. De la même façon que pour les profils, pour contraindre la sélection ou la création d'une activité, il est nécessaire de connaître le modèle de cette activité. Nous proposons pour cela l'approche GEPPEO (GÉnerics models and processes to Personalize learners' PEdagogical activities according to Teaching Objectives) permettant d'obtenir les modèles des activités à personnaliser, de contraindre ces modèles et de générer les activités en respectant ces contraintes. L'approche GEPPEO est générique, elle se décline selon deux points de vue : papier et EIAH, correspondant aux deux grandes familles d'activités pédagogiques.

2.6.2.3.1 L'approche GEPPETO

L'approche GEPPETO propose des modèles et des processus permettant de personnaliser les activités pédagogiques proposées aux apprenants en respectant les objectifs pédagogiques de chaque agent de la personnalisation. Comme il n'est pas possible d'établir un modèle générique pour n'importe quelle activité à personnaliser, nous proposons un méta-modèle qui guidera la modélisation de l'activité à personnaliser.

Ainsi, le **méta-modèle d'activités** (cf. ① sur la Figure 38) contraint l'expression des connaissances qu'un expert doit fournir pour pouvoir décrire des activités pédagogiques. Ces connaissances, une fois fournies par l'expert, forment soit le modèle d'une activité papier, soit le modèle d'un EIAH permettant sa personnalisation. À partir d'un **modèle d'activités** (cf. ② sur la Figure 38), il est possible de définir des contraintes permettant de contraindre le choix des activités. Ces **contraintes sur activités** (cf. ③ sur la Figure 38) sont définies par chaque agent en fonction de ses besoins de personnalisation. Ces contraintes sont ensuite interprétées par un système pour personnaliser les **activités pédagogiques** fournies aux apprenants (cf. ④ sur Figure 38).

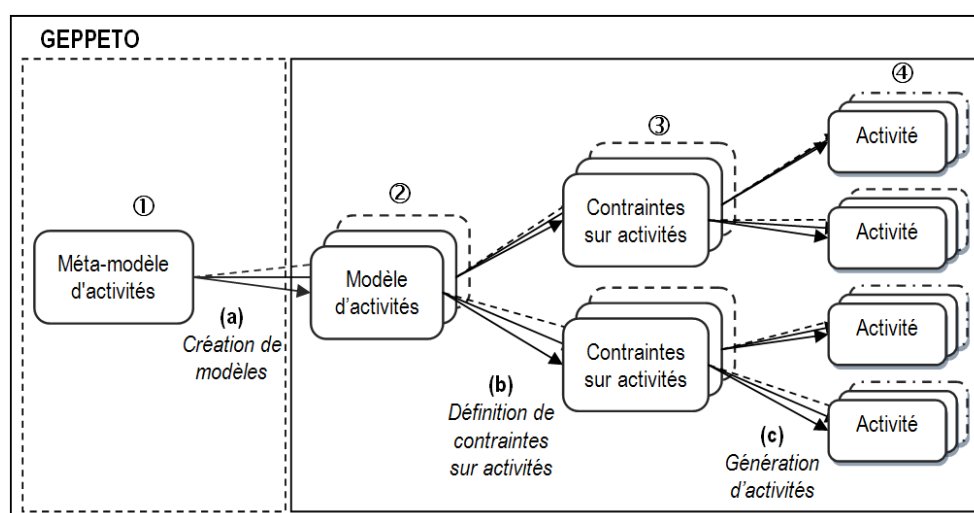


Figure 38 : Représentation graphique de l'approche GEPPETO [Lefevre, 2009].

Les processus de l'approche GEPPETO se décomposent en deux phases.

La première, la phase d'initialisation (cf. cadre en pointillé sur la Figure 38), n'est effectuée qu'une seule fois. Dans cette phase, un expert utilise le méta-modèle d'activités pour définir pour chaque type d'activités papier ou de l'EIAH à personnaliser, un modèle d'activités. Ce **processus de création de modèles d'activités** est représenté par les flèches (a) sur la Figure 38.

La seconde phase concerne l'utilisation courante de GEPPETO (cf. cadre plein sur la Figure 38). Dans cette phase, un agent se sert d'un modèle d'activités créé par l'expert dans la phase précédente pour contraindre la personnalisation des activités proposées aux apprenants qu'il gère. Ce **processus de définition de contraintes sur activités** (cf. (b) sur la Figure 38) se décompose en deux étapes : la proposition d'une interface adaptée au modèle d'activités permettant de limiter les possibilités lors de la définition des contraintes sur activités, et l'enregistrement de ces contraintes. Les contraintes sur activités sont ensuite utilisées pour personnaliser les activités pédagogiques proposées aux apprenants. Ce **processus de génération d'activités** (cf. (c) sur la Figure 38) se décompose lui-aussi en deux étapes : l'utilisation des contraintes pour créer une activité et sa mise en forme pour impression ou intégration à un logiciel.

L'approche GEPPETO peut être utilisée pour personnaliser soit des activités papier, soit des EIAH. Nous détaillons à présent chacune de ces deux utilisations de l'approche en indiquant ce qui peut être personnalisé et comment. Avant cela, nous présentons les classifications des activités que nous avons définies à partir desquelles nous instancions les modèles et processus de l'approche.

2.6.2.3.2 Personnalisation d'activités papier

La première utilisation de l'approche GEPPETO concerne la personnalisation de la première famille d'activités : les activités papier, quel que soit le domaine enseigné ou le niveau concerné (scolaire, universitaire ou formation continue). Nous définissons les activités papier comme un ensemble d'exercices rassemblés dans une feuille à imprimer. Dans un contexte de personnalisation de ces activités, le nombre d'exercices contenus dans une feuille, ainsi que leurs types, vont différer selon le profil de l'apprenant pour lequel la feuille est créée.

Nous avons commencé par établir une typologie des activités papier, qui regroupe quinze types d'activités papier pouvant être proposées à des apprenants de tous niveaux scolaires ou universitaires et dans les disciplines les plus variées. Certains types d'activités sont spécifiques à des disciplines scientifiques, mais ils restent, pour la majorité, communs à plusieurs niveaux et plusieurs domaines d'enseignement [Lefevre, 2009] [Lefevre et al., 2009d] [Jean-Daubias et al., 2009d].

Pour disposer de générateurs d'exercices indépendants du domaine correspondant à ces types d'activités, nous avons décliné l'approche GEPPETO (cf. section 2.6.2.3.1) pour les activités papier. Nous nommons cette déclinaison de l'approche GEPPETO pour la personnalisation d'activités papier GEPPETO_P (P pour *Paper*) [Lefevre et al., 2007] [Lefevre, 2009].

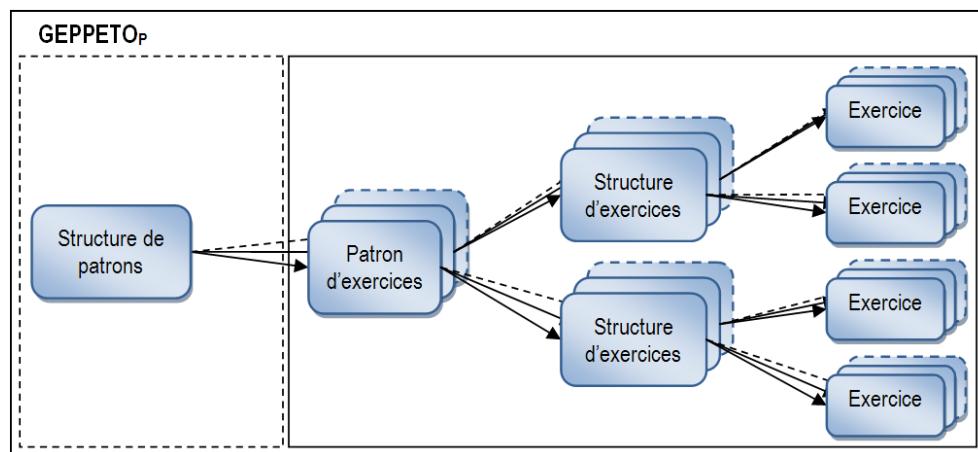


Figure 39 : Représentation graphique de l'approche GEPPETO_P [Lefevre, 2009].

L'approche GEPPETO_P (cf. Figure 39) fait appel à une structure de patrons qui décrit huit patrons d'exercices. Chacun des patrons d'exercices peut être utilisé par un générateur d'exercices pour définir des structures d'exercices. Chaque structure d'exercices peut à son tour être utilisée par le générateur pour créer un ensemble d'exercices.

La structure des patrons et les patrons d'exercices sont indépendants du domaine pour lequel un exercice va être généré. Ce sont des modèles génériques, en quelque sorte des boîtes vides qui donnent un cadre de travail, que les enseignants configurent avec les contenus correspondant à leurs besoins. Ainsi, lorsqu'un enseignant va utiliser un générateur qui fait appel à un patron d'exercices, il va créer une structure d'exercices contenant ses propres contraintes. Ces structures d'exercices ne sont donc pas génériques. Elles contiennent des données propres à un enseignant, pour une discipline donnée et pour un niveau d'étude donné. Les exercices créés à partir d'une structure d'exercices ne seront donc pas non plus génériques et porteront sur la discipline correspondant à la structure d'exercices [Lefevre, 2009] [Lefevre et al., 2009d] [Jean-Daubias et al., 2009d].

À chacun des huit patrons d'exercices correspond un générateur d'exercices semi-automatiques, respectant une architecture générique qui est déclinée pour chacun des huit générateurs [Lefevre, 2009] [Libelin et al., 2011].

2.6.2.3.3 Personnalisation d'activités logicielles

La seconde utilisation de l'approche GEPPETO concerne la personnalisation de la seconde famille d'activités : les activités logicielles, que nous définissons comme une séquence d'activités sur un logiciel

pédagogique. Personnaliser une activité logicielle revient donc à personnaliser le contenu de la séquence, mais aussi le logiciel pour qu'il soit adapté à l'apprenant.

Nous avons tout d'abord identifié ce qui est personnalisable dans un EIAH et comment cette personnalisation est possible, puis proposé une classification des EIAH que nous souhaitons personnaliser.

Pour permettre la personnalisation d'EIAH externes, nous avons décliné l'approche GEPPEO (cf. section 2.6.2.3.1) pour les activités logicielles. Nous nommons cette déclinaison de l'approche GEPPEO pour la personnalisation d'activités logicielles GEPPEO_s (S pour *Software*) [Lefevre et al., 2009b] [Lefevre et al., 2009e]. GEPPEO_s est ainsi l'équivalent pour la personnalisation des activités logicielles, de l'approche GEPPEO_p permettant la personnalisation des activités papier.

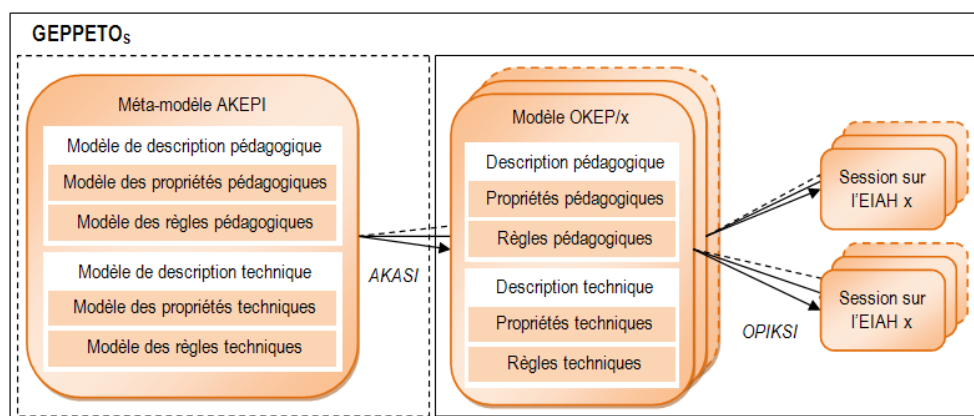


Figure 40 : Représentation graphique de l'approche GEPPEO_s (Lefevre, 2009).

Dans un premier temps, l'approche GEPPEO_s fait appel à un expert pour définir une fois pour toute, à l'aide du méta-modèle AKEPI qui définit les types d'informations nécessaires pour personnaliser un EIAH, le modèle OKEP/x permettant la personnalisation de l'EIAH x. Dans un second temps, l'agent de la personnalisation utilise, chaque fois qu'il le souhaite, le modèle OKEP/x afin de personnaliser l'EIAH x. Ces méta-modèle, modèles et processus sont détaillés dans [Lefevre, 2009].

2.6.2.3.4 Personnalisation des activités : une même approche pour deux contextes

De manière synthétique, GEPPEO est une approche proposant des modèles et des processus permettant d'adapter les activités pédagogiques proposées aux apprenants en fonction des objectifs d'apprentissage de l'agent mettant en place la personnalisation de l'apprentissage (enseignant ou module pédagogique d'un EIAH). Nous avons décliné cette approche en GEPPEO_p pour la personnalisation des activités papier et en GEPPEO_s pour la personnalisation des EIAH (cf. Figure 41).

Le méta-modèle de GEPPEO est instancié pour donner une structure de patrons dans GEPPEO_p et le méta-modèle AKEPI dans GEPPEO_s. La structure de patrons des activités papier est donc le pendant du méta-modèle AKEPI pour les activités logicielles.

Le processus de création des modèles d'activités de GEPPEO est manuel dans GEPPEO_p et correspond au processus AKASI dans GEPPEO_s. Jusqu'à ce niveau, seuls les experts sont concernés (cf. partie base de la Figure 41 pour l'indication des différents acteurs). Ce processus est la première étape de la transition entre la généralité des méta-modèles et la spécificité des activités finales (cf. partie haute de la Figure 41 pour les indications de spécificité et de généralité).

Les modèles d'activités de GEPPEO se déclinent en patrons d'exercices dans GEPPEO_p et en modèles OKEP/x dans GEPPEO_s.

Les deux processus de GEPPEO utilisant ces modèles d'activités pour adapter les activités sont regroupés dans les générateurs d'exercices de GEPPEO_p et dans le processus OPIKSI de GEPPEO_s. Dans les deux cas, le passage du modèle d'activités à l'activité adaptée se fait en quatre étapes.

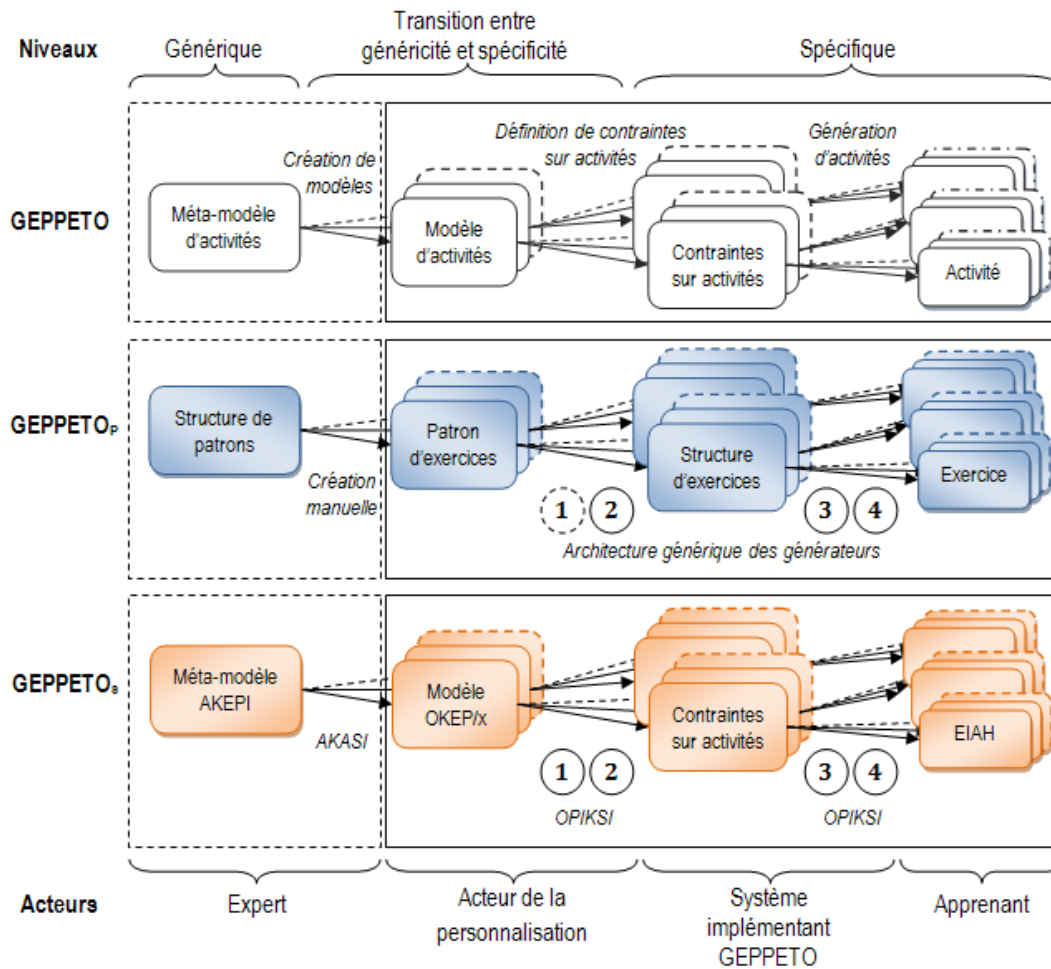


Figure 41 : Synthèse de l'approche GEPPETO et de ses deux déclinaisons permettant de personnaliser des activités papier et logicielles, adapté de [Lefevre, 2009].

La première étape consiste à proposer une interface permettant de définir des contraintes sur la création des activités. Dans GEPPETO_p, cette interface est associée aux patrons d'exercices et la sélection de l'interface est donc associée à la sélection du générateur correspondant au patron d'exercices. Cette première étape du processus de génération se fait donc en dehors du générateur. À l'inverse, dans GEPPETO_s, l'interface est générée dynamiquement en fonction du modèle OKEP/x lors du processus de génération. La seconde étape du processus de génération consiste à enregistrer les contraintes sur les activités. C'est à ce moment que se fait la deuxième étape de la transition entre la généralité du méta-modèle et la spécificité des contraintes adaptées aux besoins des enseignants (cf. partie haute de la Figure 41). C'est l'acteur de la personnalisation qui gère ces parties (modèles des activités et étapes 1 et 2).

La troisième étape utilise les contraintes sur activités pour créer ou sélectionner l'activité adéquate et la dernière étape crée les documents (feuilles d'exercices à imprimer, fichiers de configuration ou listes d'instructions à suivre) permettant de proposer les activités à chaque apprenant. Ces étapes sont équivalentes dans les deux déclinaisons de GEPPETO. Ce n'est qu'à ce moment que les apprenants sont concernés dans GEPPETO, les contraintes sur activités, ainsi que les étapes 3 et 4, étant gérées par le système implémentant GEPPETO.

2.6.2.3.5 Processus de conversion d'exercices vers une norme pédagogique

Afin de résoudre le problème du respect d'une norme pédagogique pour la représentation des exercices produits par le processus précédent, nous avons fait un choix permettant d'assurer la compatibilité entre ces exercices et non pas une, mais toutes les normes pédagogiques existantes et à venir. Pour cela, devant l'absence de tels modules adoptant une approche générique, nous avons défini le

principe d'un processus de conversion d'exercices vers des normes pédagogiques. Ce travail a été fait dans le cadre de projets d'étudiants de master [Rizea et Sivamalnessane, 2007] [Masclaux et Culicchia, 2011].

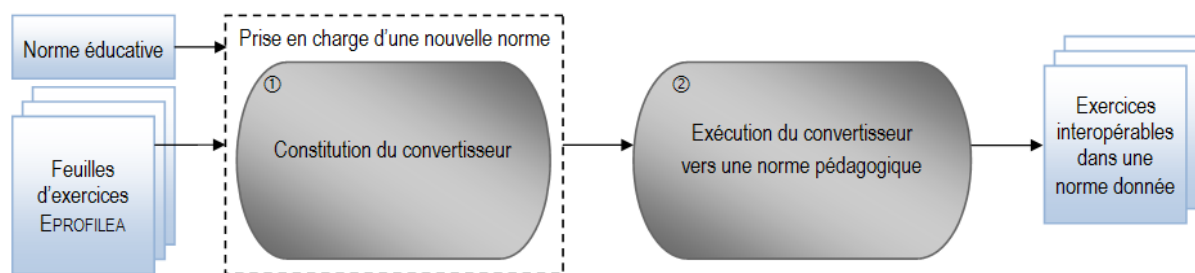


Figure 42 : Principe du processus de conversion d'exercices vers une norme pédagogique.

Ce principe (cf. Figure 42) peut être rapproché du processus d'intégration de données externes à des profils PMDL (cf. Figure 29 page 72). Le processus comporte une étape de prise en charge d'une nouvelle norme et une étape d'exécution d'un convertisseur. La prise en charge d'une norme revient à constituer un convertisseur entre des feuilles d'exercices générées par le système implémentant GEPPETO_p et une norme pédagogique donnée. La conversion des feuilles d'exercices consiste à exécuter le convertisseur associé à la norme vers laquelle l'utilisateur souhaite convertir les exercices. Pour cela, il est nécessaire de séparer la feuille d'exercices en autant de fichiers qu'il y a d'exercices et de réécrire chacun de ces fichiers dans la norme concernée en spécifiant notamment les différentes métadonnées correspondantes. Un traitement identique est possible pour convertir la correction associée à la feuille d'exercices.

Dans cette section, nous avons vu les modèles génériques que nous proposons pour permettre un premier type d'exploitations des profils d'apprenants : la définition d'activités pédagogiques, tant papier-crayon que logicielles, entièrement personnalisées selon les souhaits de l'enseignant et selon les connaissances des apprenants données par leur profil.

2.6.3 Personnalisation d'activités sur les profils d'apprenants

La proposition d'activités sur les profils d'apprenants, si ce n'est pas l'exploitation la plus courante, est néanmoins une exploitation capitale en EIAH et plus généralement en apprentissage. Nous distinguons ici les activités réflexives sur les profils, effectuées par les apprenants eux-mêmes, des activités, principalement de visualisation, faites par les autres acteurs de l'apprentissage : essentiellement les enseignants, mais aussi les familles, les institutions et les chercheurs. Les activités réflexives sur les profils permettent aux apprenants, en les engageant dans une réflexion d'ordre métacognitif, de se positionner par rapport à leurs connaissances, ce qui est un facteur d'amélioration de l'apprentissage. La visualisation des profils d'apprenants par les acteurs de l'apprentissage autres que les apprenants eux-mêmes (enseignants, familles, institutions et chercheurs) visent à permettre aux acteurs concernés de s'approprier les profils qui les concernent. Ainsi un enseignant cherchera à visualiser le profil de sa classe et plus particulièrement de certains de ses élèves, une famille consultera le profil de ses enfants, une institution souhaitera disposer d'une synthèse des profils des apprenants qu'elle administre, un chercheur exploitera des statistiques sur l'ensemble des apprenants de son étude et/ou visualisera le profil détaillé de certains de ses participants.

Nous abordons ce travail en cherchant à proposer des activités sur les profils d'apprenants, personnalisables en fonction du type d'utilisateurs, des connaissances et compétences des apprenants, des capacités et préférences des utilisateurs, et de manière adaptée à des profils ayant une structure générique décrite dans le langage de modélisation de profils PMDL (cf. section 2.4.2.7).

Nous avons dans un premier temps établi une typologie des activités sur les profils présentée en section 2.6.3.1. Nous avons ensuite proposé un modèle de personnalisation unifiée de ces activités qui prend en compte différents aspects dans la personnalisation : le modèle PERSUMAP présenté en section 2.6.3.2. Ce modèle précise comment un enseignant peut préparer des séances d'activités sur les profils en définissant des vues qui spécifient comment le profil pourra être visualisé. Une vue, respectent le modèle vPMDL, présenté dans la section 2.6.3.4, est constituée d'un ensemble d'associations entre

des éléments d'un profil PMDL et un ensemble de représentations d'éléments du profil décrites par le modèle rPMDL, présenté dans la section 2.6.3.5. Chacune de ces représentations peut être soumise à un ensemble de conditions, respectant le modèle de contraintes sur profils cPMDL (cf. section 2.6.2.2), dont nous présentons les compléments que nous avons apportés dans la section 2.6.3.3. Ce travail est issu du stage de M2 recherche de Blandine Ginon [Ginon et Jean-Daubias, 2011a] [Ginon et Jean-Daubias, 2011b].

2.6.3.1 Typologie des activités sur les profils d'apprenants

Une étude bibliographique détaillée [Eyssautier-Bavay et Ollagnier-Beldame, 2006] [Eyssautier-Bavay, 2008] [Ginon et Jean-Daubias, 2011a], notamment sur les recherches concernant le modèle ouvert de l'apprenant [LeMoRe, 2005] [McCalla et al., 2007b] [McCalla et al., 2007a] [Bull et Kay, 2010], complétée par une étude de logiciels commerciaux et de logiciels issus de pratiques d'enseignants, nous a permis de définir une typologie des activités sur les profils d'apprenants (cf. Figure 43). Cette typologie est établie en adoptant comme axe d'analyse principal les types d'activités sur les profils (les cinq colonnes de la Figure 43). Mais nous y précisons également les acteurs concernés par chaque activité (cf. AapFfaEeaIC au-dessous du nom de chaque activité sur la Figure 43), ainsi que les niveaux d'apprenants privilégiés pour chaque activité (cf. MPCLUF au-dessus du nom de chaque activité sur la Figure 43).

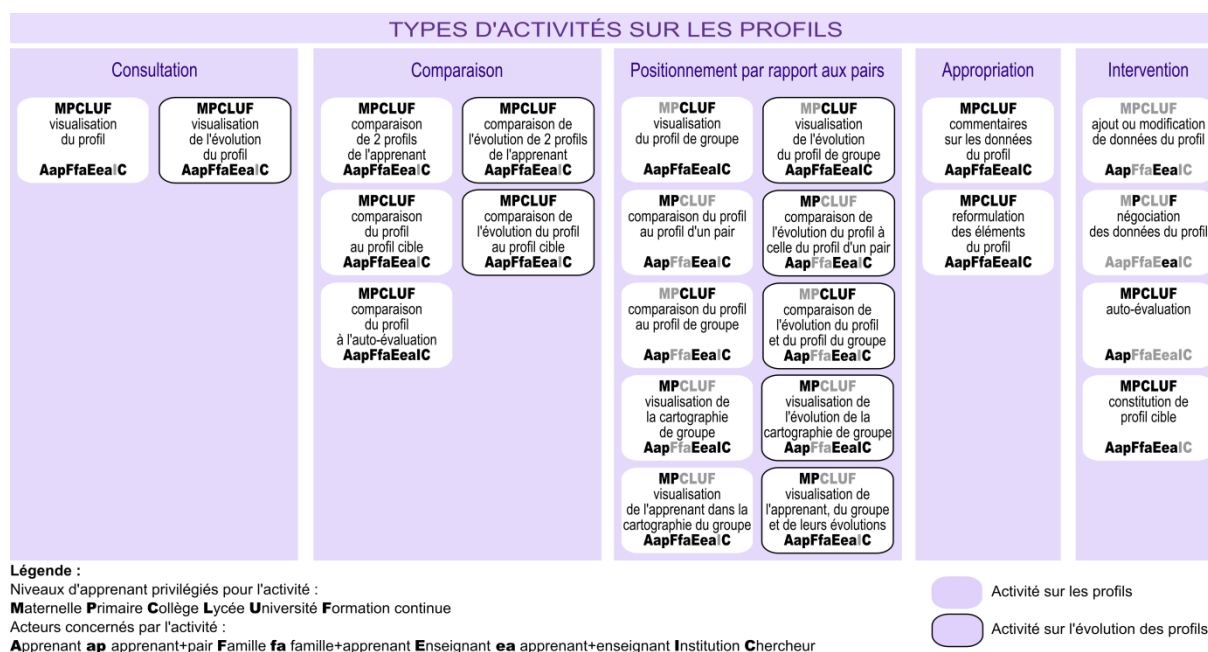


Figure 43 : Typologie des activités sur les profils d'apprenants.

Le premier axe d'analyse permet de distinguer cinq types d'interventions sur les activités. Dans les trois premiers types, la partie gauche concerne les activités portant sur un profil et la partie droite concerne celles portant sur l'évolution d'un profil. Le premier type d'activités sur les profils d'apprenants, la **consultation** du profil (cf. première colonne de la Figure 43), regroupe les activités de visualisation des informations du profil, activités très fréquentes dans les EIAH [Hartley et Mitrovic, 2002] [Zapata-Rivera et Greer, 2004] [Bull et al., 2005]. Ce sont des activités qui permettent aux apprenants de prendre connaissance du contenu de leur profil et d'intégrer ces informations pour se situer par rapport à leur apprentissage. Ces activités concernent le profil de l'apprenant lui-même, ou éventuellement son évolution [Bull et al., 2005] [Lazarinis et Retalis, 2007] et ne comportent pas de modification de ce profil. Le deuxième type d'activités rassemble les activités de **comparaison** de plusieurs profils du même apprenant, avec, là encore, une prise en compte de l'évolution des profils. Il s'agit d'engager l'apprenant à prendre du recul sur son apprentissage en lui permettant par exemple de comparer son profil à son profil cible (un profil qu'il a préalablement établi comme objectif à atteindre) définissant ses objectifs en termes d'apprentissage ou de résultats [Bull et Mabbott, 2006b], ou de comparer son profil à son profil d'autoévaluation (un profil qu'il a préalablement établi en s'auto-évaluant sur les activités concernées), afin de confronter son point de vue à celui de son enseignant ou du système qui l'a évalué [Bull et Pain,

1995]. Le troisième type d'activités regroupe les activités permettant un **positionnement de l'apprenant par rapport à ses pairs** (cf. troisième colonne de la Figure 43). Il concerne des activités de comparaison de l'apprenant à l'un de ses pairs [Bull et al., 2007b] et les activités impliquant d'une part le profil du groupe (c'est-à-dire généralement le profil de la classe) [Bull et McKay, 2004] [Lazarinis et Retalis, 2007] ou une cartographie des profils du groupe [Upton et Kay, 2009], et d'autre part la place de l'apprenant dans le groupe [Bull et al., 2007b] [Bull et Mabbott, 2006b]. Les activités de type **appropriation** visent à donner les moyens à l'apprenant de mieux assimiler son profil en le commentant ou le reformulant [Vygotski, 1997] [Vermersch et Maurel, 1997]. Quant aux activités d'**intervention** sur les profils, largement traitées dans les recherches sur le modèle ouvert de l'apprenant, elles permettent à l'enseignant [Lazarinis et Retalis, 2007], à l'apprenant [Bull et Mabbott, 2006a] ou à ces deux acteurs conjointement sous forme d'une négociation [Bull et al., 2007b] [Bull et Pain, 1995] [Dimitrova et al., 2001] [Zapata-Rivera et Greer, 2004], de modifier les données du profil. Ce type d'activités concerne également l'autoévaluation [Zapata-Rivera et Greer, 2004] [Eyssautier et Jean-Daubias, 2004] et la constitution d'un profil cible [Eyssautier-Bavay, 2008] page 170, que l'apprenant tentera d'atteindre pour la prochaine période d'évaluation.

Le deuxième axe pris en compte dans notre typologie concerne les acteurs de l'apprentissage concernés par les activités (l'apprenant, l'apprenant et un pair, la famille, l'apprenant et sa famille conjointement, l'enseignant, l'enseignant et l'apprenant conjointement, l'institution, le chercheur, notés respectivement A, ap, F, fa, E, ea, I et C sur la Figure 43). Notons que nous ne faisons volontairement figurer à ce niveau ni le système, ni l'assistance que celui-ci peut apporter parmi les acteurs, afin de ne pas complexifier la présentation. Certaines activités, comme la reformulation du profil, peut être effectuée par tous les acteurs : l'apprenant (aidé ou non d'un pair, de sa famille ou de l'enseignant) pour s'approprier son profil, l'enseignant par exemple pour adopter une formulation plus proche de celle demandée par l'éducation nationale, la famille pour reformuler le profil en termes plus accessibles, l'institution et le chercheur au contraire pour faire correspondre le vocabulaire à celui, scientifique, qu'ils emploient habituellement. À l'opposé, d'autres activités sont très restrictives du point de vue des acteurs concernés. Ainsi, la négociation concerne uniquement le couple apprenant enseignant, l'autoévaluation s'adresse uniquement à l'apprenant et au couple formé par l'apprenant et un de ses pairs.

Le troisième axe pris en compte dans notre typologie est le niveau scolaire des apprenants concernés par les activités sur les profils (maternelle, primaire, collège, lycée, université et formation continue, notés respectivement M, P, C, L, U et F sur la Figure 43). En effet, toutes ces activités ne sont pas adaptées à tous les types d'apprenants. Certaines conviennent à tous, mais d'autres uniquement aux élèves du primaire, alors que d'autres encore seront seulement adaptées à des apprenants plus âgés. Ainsi, si la visualisation des profils et de leur évolution est adaptée à tous les niveaux (MPCLUF sur la Figure 43), la visualisation de la cartographie du groupe, qu'elle soit ou non associée à la visualisation de la position de l'apprenant dans le groupe, n'est adaptée qu'aux apprenants de maternelle et de primaire (MP sur la Figure 43), car au-delà de ce niveau scolaire il est délicat de présenter les résultats de ses pairs à un apprenant. Notons qu'il s'agit ici des niveaux scolaires privilégiés pour les activités : rien n'empêche en effet de proposer certaines activités à des apprenants auxquelles elles ne sont pas directement destinées, plusieurs recherches rapportent d'ailleurs de tels travaux.

2.6.3.2 Modèle de personnalisation des activités sur les profils, PERSUMAP

Pour permettre d'une part de définir les règles de personnalisation des activités sur les profils, et d'autre part de mettre en œuvre cette personnalisation, nous proposons un modèle de personnalisation des activités sur les profils : le modèle PERSUMAP (PERSONnalisation Unifiée Multi-aspects des Activités sur les Profils), cf. Figure 44. Nous parlons de personnalisation unifiée, car notre modèle supporte tous les profils respectant le langage PMDL et permet de personnaliser l'ensemble des activités sur les profils d'apprenants définies dans notre typologie. Nous qualifions de plus cette personnalisation de multi-aspects dans la mesure où elle prend en compte, à la fois les connaissances et compétences des apprenants, mais aussi les capacités et préférences des utilisateurs.

Ce nouveau modèle de personnalisation est rendu nécessaire par les spécificités de ce travail non prises en charge par PERSUA2. En effet, d'une part nous souhaitons personnaliser les activités non plus seulement selon les besoins des enseignants et les connaissances des apprenants, mais également selon

les capacités et préférences des apprenants. Pour ce premier point, une extension de PERSUA2 aurait pu suffire. Mais d'autre part, les activités sur profils sont particulières, car basées sur la visualisation des profils. Il était dès lors préférable de s'appuyer sur PMDLe pour personnaliser ces activités par rapport à les aborder comme n'importe quelle activité externe personnalisable par PERSUA2. Un modèle différent de PERSUA2 était donc nécessaire.

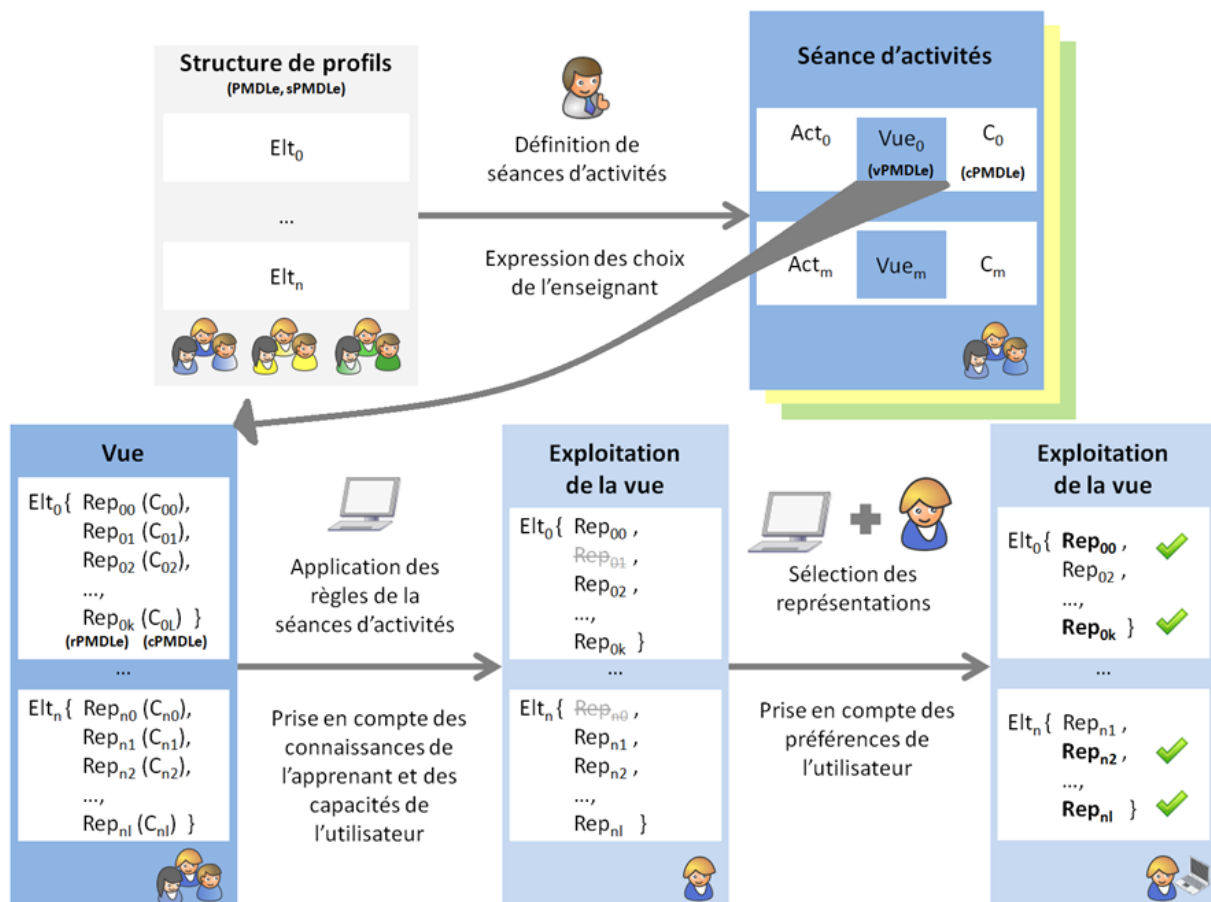


Figure 44 : Principe du modèle de personnalisation des activités sur les profils PERSUMAP [Ginon et Jean-Daubias, 2011a].

Ce modèle définit les règles qui donnent la possibilité à l'enseignant de proposer des activités sur les profils par la création de séances d'activités personnalisées pour chaque type d'utilisateurs. Une séance d'activités est associée à une structure de profils décrite dans le langage PMDLe et concerne un type d'utilisateurs (cf. partie haute de la Figure 44). Une séance d'activités associe aux activités *Act* choisies parmi celles identifiées dans notre typologie des activités sur profils d'apprenants (cf. section 2.6.3.1 page 90), une vue *Vue* respectant vPMDLe, notre modèle de définition de vues sur profils présenté en section 2.6.3.4, et une condition *C*, créée par combinaison de contraintes respectant le modèle de contraintes sur profils cPMDLe, présenté en section 2.6.2.2 page 83. Zoomons maintenant sur la vue (cf. partie basse de la Figure 44). Une vue associe à chaque élément *Elt* d'un modèle de profils, un ensemble de représentations *Rep* respectant notre modèle de représentations rPMDLe, présenté en section 2.6.3.5, et une condition *C* respectant cPMDLe (cf. sections 2.6.2.2 et 2.6.3.3). L'application des règles définies par l'enseignant dans une séance d'activités permet de personnaliser les activités, d'une part en fonction des connaissances et compétences d'un apprenant, et d'autre part en fonction des capacités de l'utilisateur (cf. partie centrale basse de la Figure 44). Notons que dans le cas où un apprenant effectue une activité sur son profil, l'utilisateur et l'apprenant ne font qu'un. Le modèle PERSUMAP permet également la prise en compte des préférences des utilisateurs lors de la visualisation. Pour cela, le système propose à chaque utilisateur des représentations adaptées à ses préférences et respectant les choix de l'enseignant. L'utilisateur peut également modifier cette personnalisation, en sélectionnant d'autres représentations parmi celles disponibles, toujours de façon cohérente avec les choix de l'enseignant (cf. partie droite basse de la Figure 44). Ainsi, en définissant, grâce à une approche

générique, toute sa stratégie pédagogique dans une séance d'activités, l'enseignant établit les modèles qui permettront à chaque utilisateur d'effectuer les activités qui le concernent de façon adaptée aux connaissances et compétences de l'apprenant concerné, ainsi qu'aux capacités et préférences de l'utilisateur qui réalise l'activité.

2.6.3.3 Définition de conditions utilisant le modèle, extension de cPMDLe

Pour personnaliser les activités sur les profils pour chaque utilisateur, il est nécessaire de créer les conditions, éventuellement combinables à l'aide de formules logiques, qui permettront de proposer des représentations ou des activités différentes pour chaque utilisateur en fonction des connaissances de l'apprenant (l'activité de comparaison du profil avec le profil de classe peut par exemple être disponible uniquement pour les apprenants dont la moyenne est supérieure à 12/20) et des capacités de l'utilisateur (une représentation textuelle peut par exemple être proposée uniquement aux utilisateurs qui maîtrisent la lecture).

Dans notre contexte de personnalisation unifiée multi-aspects des activités sur les profils, nous avons identifié trois types de contraintes : les contraintes sur une liste d'apprenants, les contraintes sur le profil d'apprentissage de l'apprenant et les contraintes sur le profil de capacités de l'utilisateur. Pour les contraintes portant sur un profil, qu'il s'agisse d'un profil d'apprentissage ou d'un profil de capacités, nous utilisons dans PERSUMAP le modèle de contraintes sur profils cPMDLe (cf. section 2.6.2.2). Afin de pouvoir gérer, toujours de manière générique, des contraintes de type « pour tous les apprenants sauf Julie et Thomas » et « uniquement pour Alice », nous avons complété cPMDLe avec des contraintes portant sur une liste d'apprenants, définies formellement dans [Ginon et Jean-Daubias, 2011a].

2.6.3.4 Modèle de vues sur profils, vPMDLe

Afin de proposer à chaque utilisateur une visualisation personnalisée d'un profil, il est nécessaire de déterminer quels éléments du profil seront visualisables par quels utilisateurs et de quelles manières. Pour cela, nous proposons le modèle de vues sur profils vPMDLe (*v* pour *view*, cf. Figure 45) [Ginon et Jean-Daubias, 2011b]. Ainsi, vPMDLe consiste à associer à un modèle de profils PMDLe, un ensemble de représentations possibles pour un type d'utilisateurs donné.

$$\mathbf{View}(strLP, strCP, userT, llist, actT) = ((elt_0, R_{00}\{C_{00}\}, \dots, R_{0l}\{C_{0l}\}), \dots, (elt_n, R_{n0}\{C_{n0}\}, \dots, R_{nq}\{C_{nq}\}))$$

Figure 45 : Définition de vues sur profils, vPMDLe [Ginon et Jean-Daubias, 2011a].

Plus formellement, vPMDLe permet de définir des vues, pour un modèle de profils d'apprentissage définissant sa structure *strLP* respectant PMDLe, un modèle de profils de capacités définissant sa structure *strCP* respectant PMDLe, un type d'utilisateurs *userT*, une liste d'apprenants *llist* et une catégorie d'activités sur les profils *actT*. Une vue permet d'associer à chaque élément *elt* d'un modèle de profils respectant PMDLe, zéro, une ou plusieurs représentations *R* respectant rPMDLe, elles-mêmes pouvant être associées à une condition *C*. Une représentation ne sera disponible que si la condition qui lui est associée est vérifiée. Il est également possible d'attribuer à un élément un intitulé, afin que cet élément soit désigné par cet intitulé lors de l'activité.

2.6.3.5 Modèle de représentations d'éléments d'un profil, rPMDLe

Afin de permettre la spécification de représentations adaptées aux éléments de profils écrits dans le langage de modélisation de profils PMDLe, nous avons défini le modèle rPMDLe (*r* pour *representation*) [Ginon et Jean-Daubias, 2011b]. Ce modèle consiste à associer à un élément d'un profil respectant PMDLe, la spécification de représentations. Pour représenter la valeur associée à un élément d'un profil PMDLe, rPMDLe définit formellement dans [Ginon et Jean-Daubias, 2011a], offre trois catégories de représentations : (1) une représentation générale applicable à tous les éléments, (2) des représentations pour les éléments associés à une échelle numérique et des représentations pour les éléments associés à une échelle textuelle, différentes selon que la représentation est numérique, graphique, symbolique ou audio, qui prennent en compte les intervalles définis par l'utilisateur, ainsi que (3) des représentations composées qui permettent de représenter simultanément plusieurs valeurs associées à une composante ou l'évolution de la valeur associée à une composante.

rPMDLe permet ainsi de définir des représentations extrêmement variées qui recouvrent les représentations identifiées dans notre étude bibliographique détaillée de la représentation des profils disponible dans [Ginon et Jean-Daubias, 2011a].

2.6.3.6 Définition de séances d'activités sur les profils

Pour permettre à un enseignant de choisir quelles activités sur les profils seront disponibles par quels utilisateurs, nous avons défini la notion de séance d'activités (cf. Figure 46).

$$\text{Session}(\text{strLP}, \text{strCP}, \text{strPP}, \text{userT}, \text{lIist}) = (\text{Act0}\{\text{View0}, \text{C0}\}, \dots, \text{Actn}\{\text{Viewn}, \text{Cn}\})$$

Figure 46 : Définition de séances d'activités sur les profils [Ginon et Jean-Daubias, 2011a].

Une séance d'activités est définie à partir du modèle de profils du profil d'apprentissage. Elle consiste à associer chaque activité à une vue en respectant un certain nombre de contraintes. Plus formellement, une séance d'activités concerne un modèle de profils d'apprentissage définissant sa structure *strLP*, un modèle de profils de capacités définissant sa structure *strCP*, un modèle de profils de préférences définissant sa structure *strPP*, un type d'utilisateurs *userT* et une liste d'apprenants *lIist*. Une séance d'activités est composée d'un ensemble d'activités *Act*, associées à une vue *View* et éventuellement à une condition *C*. Une activité ne sera disponible que si la condition qui lui est associée est vérifiée.

Dans cette section, nous avons vu les modèles que nous proposons pour permettre aux différents acteurs de l'apprentissage d'effectuer des activités variées sur les profils, entièrement personnalisées selon les souhaits de l'enseignant et selon d'une part les connaissances et compétences des apprenants, et d'autre part les capacités et préférences des utilisateurs.

2.6.4 Prise en compte des capacités des utilisateurs

Nous souhaitons désormais adopter de manière transversale un point de vue complémentaire à notre approche de la personnalisation pour ces différents types d'exploitations de profils (activités sur les profils d'apprenants et proposition d'activités pédagogiques personnalisées) : ajouter à l'adaptation des activités aux besoins des enseignants, aux types d'utilisateurs, aux connaissances des apprenants données par leur profil, l'adaptation des activités aux capacités des utilisateurs concernés. Si cette deuxième facette de la personnalisation a déjà été prise en compte dans nos travaux sur les activités sur les profils, elle peut être étendue à nos travaux sur la personnalisation des activités pédagogiques, voire à l'ensemble de nos travaux. Cette prise en compte pourrait permettre d'adapter la forme et le type des activités proposées aux particularités ou handicaps de certains apprenants (adapter par exemple la mise en forme des activités papier fournies aux apprenants malvoyants ou dyslexiques, proposer exclusivement des activités sur logiciels à des apprenants non-voyants, ou encore ne proposer aux apprenants sourds des activités dans un EIAH que si le son n'est pas indispensable pour effectuer les exercices).

Nous désignons par capacités un ensemble de facteurs d'ordre physique (vue, audition...), ou cognitif (attention, mémoire...), qui peuvent constituer une gêne pour l'individu, dans un contexte donné.

Nous prétendons qu'il est possible de représenter ces capacités dans un profil spécifique, profil que nous appelons profil de capacités, différent du profil d'apprenant dont il était question jusqu'ici, que nous pouvons qualifier de nouveau de profil d'apprentissage pour éviter toute ambiguïté. Ce profil de capacités de l'utilisateur spécifie pour chaque variable concernée (par exemple la modalité sonore), un degré de capacité de l'utilisateur (dans le cas de la modalité sonore, nous aurons ainsi 0% pour un sourd, par exemple 10% pour un malentendant et 100% pour un entendant). Il conviendra de modéliser plus précisément ce profil de capacités, mais aussi de déterminer comment l'initialiser de façon pertinente et non contraignante et comment le mettre à jour. Le calcul des capacités d'un individu intègrera la notion de gêne qui peut diminuer la capacité de l'individu dans un contexte donné, une gêne pouvant être permanente ou temporaire, augmenter ou au contraire diminuer dans le temps.

L'utilisation d'un profil de capacités dans les exploitations des profils d'apprenants permettra d'adapter les activités aux spécificités des différents acteurs concernés, en s'appuyant non seulement sur leur type ou leurs connaissances, mais aussi sur leurs capacités physiques ou cognitives. Il serait

intéressant d'adapter les différentes architectures, non seulement pour intégrer cette notion de profil de capacités, mais plus généralement pour prendre en compte plusieurs profils de types différents.

Dans ce but, nous avons d'ores et déjà défini les grandes lignes d'un modèle de profils d'apprenants introduisant la notion de facettes dans les profils [Jean-Daubias et Phan, 2011]. Ce modèle, IPACOME (Informations personnelles – Préférences – Apprentissage – Capacités – Objectifs – Motivations – Emotions), s'appuie sur le modèle de profils d'apprenants LMPA1234 (cf. Figure 16 page 57), en le précisant.

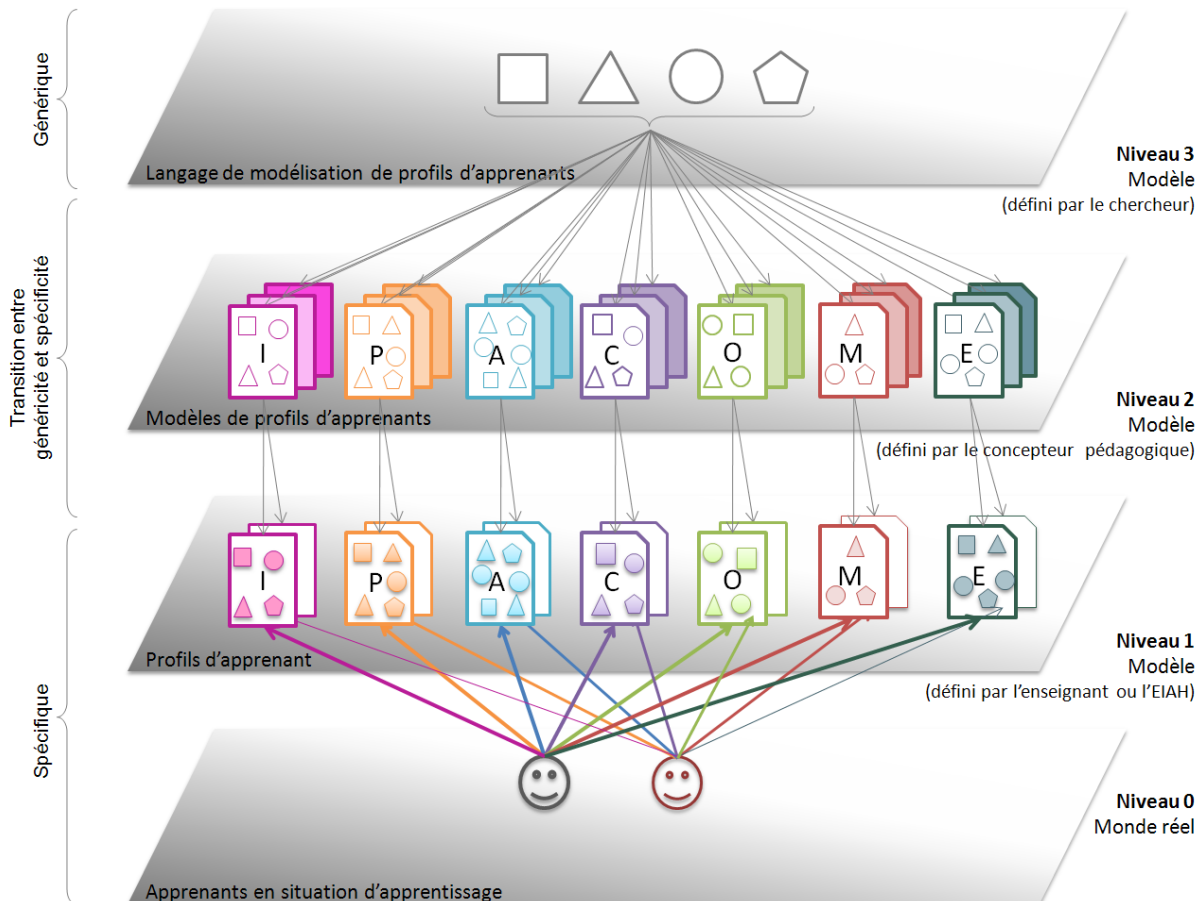


Figure 47 : Modèle de profils d'apprenants multi-facettes IPACOME, adapté de [Jean-Daubias et Phan, 2011].

La Figure 47 montre ainsi l'articulation entre le langage de modélisation de profils générique, les modèles de profils, les profils d'apprenants et le monde réel, en précisant pour les modèles de profils et les profils d'apprenants les différents types de profils concernés, afin de tenir compte des différentes facettes des profils d'apprenants : informations personnelles [Self, 1988], préférences (pouvant intégrer la notion de styles d'apprentissage [Felder et Silverman, 1988]) [Carchiolo et al., 2007] [Sampson et al., 2002] [Lin et al., 2003] [Czarkowski et al., 2005], apprentissage (au sens où nous l'avons défini dans la section 2.1.2), capacités [OMS_CIF, 2001], objectifs d'apprentissage [Brusilovsky et Millán, 2009] [Bull et al., 2009] [Vincent et al., 2005], motivations [Pintrich et Schunk, 2002] et émotions [Nkambou et al., 2007] [Frasson et Chalfoun, 2010]. Ce modèle a pour objectif, en proposant des profils d'apprenants plus détaillés, mieux structurés et en mettant en avant leurs multiples facettes, d'inciter à une personnalisation de l'apprentissage plus fine.

Certains auteurs prennent en compte plusieurs facettes dans les profils qu'ils manipulent [Sampson et al., 2002] [Rosselle et al., 2010], mais il n'aborde pas la question de façon générique comme nous le faisons : nous ne proposons pas un profil multi-facettes, mais un modèle adossé à un langage de modélisation de profils permettant de définir de tels profils.

2.6.5 Évaluation des modèles liés aux exploitations des profils d'apprenants

Nos différents travaux abordant l'exploitation des profils d'apprenants ont donné lieu à la proposition de plusieurs modèles : modèles de personnalisation unifiée des activités, pédagogiques avec PERSUA2 et sur les profils avec PERSUMAP, l'approche GEPPETO d'adaptation d'activités pédagogiques, tant papier-crayon que logicielles, ainsi que les extensions du langage de modélisation de profils PMDLe que nous proposons (cPMDLe, le modèle de définition de contraintes sur profils et listes d'apprenants, vPMDLe, le modèle de définition de vues sur profils et rPMDLe, le modèle de définition de représentations de profils). La validation de ces modèles est assurée d'une part par le fait qu'ils sont implémentables dans des logiciels opérationnels (cf. sections 3.1.4.2 et 3.1.4.1 dans la partie suivante) et d'autre part par le fait qu'ils permettent aux enseignants de définir leurs besoins (cf. sections 3.1.4.1.4 et 3.1.4.2.2).

2.7 Bilan sur les modèles proposés

En guise de bilan, reprenons le modèle du cycle de vie des profils d'apprenants, ACUTE4profiles (cf. Figure 14 page 46). Nous pouvons maintenant y positionner les différents modèles que nous proposons (cf. Figure 48).

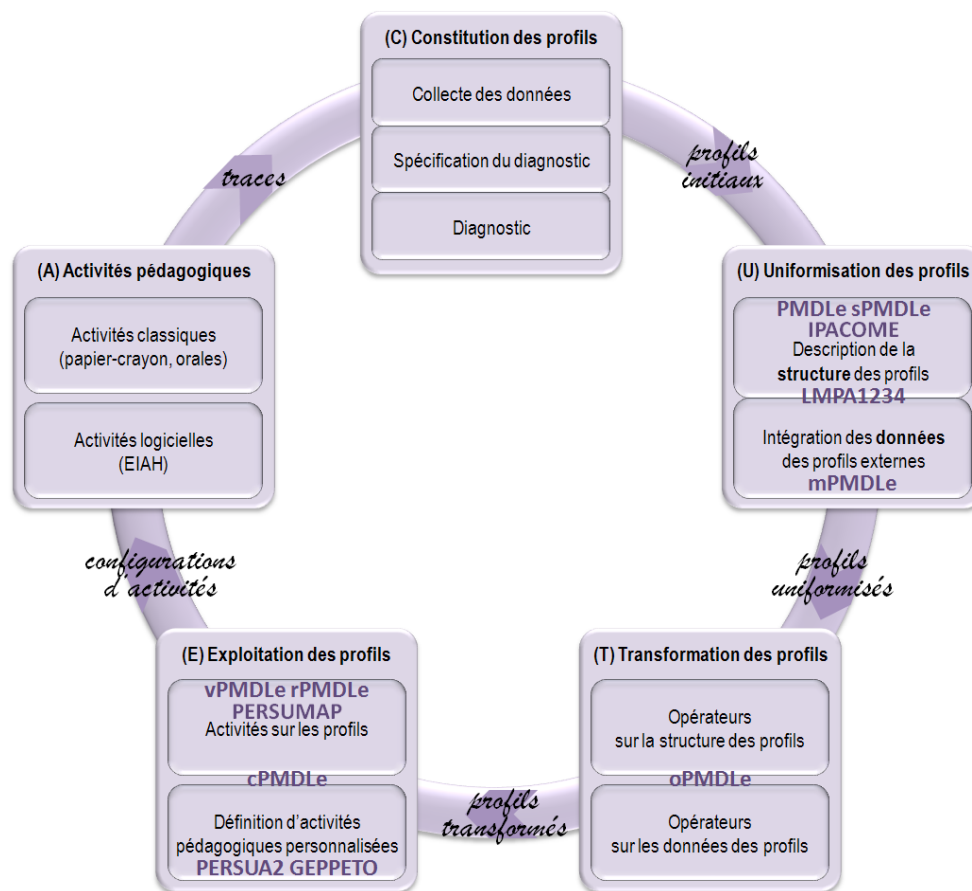


Figure 48 : ACUTE4profiles et les différents modèles que nous proposons.

LMPA1234, qui définit l'articulation entre la généralité d'un langage de modélisation de profils et les spécificités d'un profil d'apprenant (cf. section 2.4.2.2 page 56) est associé à l'étape d'uniformisation des profils (cf. (U) sur la Figure 48) : ce modèle concerne à la fois la description de la structure et l'intégration des données des profils externes. Cette articulation se fait en deux temps : création du modèle des profils par la description de leur structure, puis complétion des profils par intégration des données des profils externes. Le modèle IPACOME (cf. 2.6.4 page 94) se place également au niveau de l'étape d'uniformisation des profils et plus précisément de la description de la structure des profils, dans la mesure où cette distinction entre différentes facettes des profils joue sur la structure et la sémantique des profils à créer. PMDL/PMDLe et sPMDLe, le langage de modélisation de profils d'apprenants (cf. section 2.4.2.4 page 60 et section 2.4.2.7 page 64) et la spécification des échelles associée (cf. section 2.4.3 page 69) sont également associés à cette étape, puisqu'ils correspondent au méta-modèle qui rend possible la définition des modèles de profils d'apprenants. Quant au modèle définissant la mise en correspondance des modèles de profils, pPMDLe (cf. section 2.4.4.2 page 71), il concerne la spécification de la conversion de profils externes en profils conformes au langage de modélisation de profils et se retrouverait donc à l'étape d'intégration des données des profils externes (toujours (U) sur la Figure 48).

Les opérateurs sur des profils PMDLe, spécifiés dans oPMDLe (cf. 2.5.1 page 74), sont associés à l'étape de transformation des profils (cf. (T) sur la Figure 48).

vPMDLe, qui spécifie les vues sur des profils PMDLe (cf. section 2.6.3.4 page 93), ainsi que rPMDLe, qui définit les représentations d'éléments d'un profil PMDLe (cf. section 2.6.3.5 page 93), correspondent aux

activités sur les profils de l'étape d'exploitation des profils d'ACUTE4profiles (cf. (E) sur la Figure 48). Alors que PERSUMAP, le modèle de personnalisation unifiée multi-aspects des activités sur les profils d'apprenants (cf. section 2.6.3.2 page 91) concerne cette partie, son pendant destiné à la personnalisation des activités pédagogiques, PERSUA2 (cf. section 2.6.2.1 page 82), correspondant à la partie définition d'activités pédagogiques personnalisées, toujours dans l'étape d'exploitation des profils, de même que GEPPETO, l'approche permettant d'obtenir les modèles des activités à personnaliser, de contraindre ces modèles et de générer les activités respectant ces contraintes (cf. section 2.6.2.3.1 page 85). Enfin, cPMDLe, notre modèle de contraintes sur profils PMDLe, est utilisé à la fois dans la partie activités sur profils et dans la partie définition d'activités pédagogiques personnalisées, dans cette étape d'exploitation des profils d'apprenants (cf. (E) sur la Figure 48).

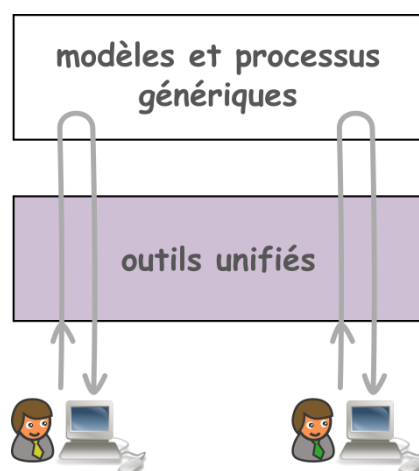
Notons que parmi les modèles que nous proposons, ceux qui concernent directement PMDLe peuvent être vus comme les pièces d'un puzzle, chaque modèle traitant d'un aspect particulier de la modélisation des profils d'apprenants, tout en adoptant tous la même approche qui combine généricité des modèles et spécificité des productions qu'ils permettent d'établir (cf. Figure 49).



Figure 49 : Représentation schématique de PMDLe et de ses extensions.

PARTIE 3

Un environnement unifié de gestion et d'exploitation de profils d'apprenants adapté aux acteurs de l'apprentissage



Sommaire de la partie 3

3.1	EPROFILEA, UN ENVIRONNEMENT RÉUTILISANT DES PROFILS D'APPRENANTS.....	103
3.1.1	<i>Bâtitisseur – description de la structure des profils</i>	105
3.1.1.1	Principe de fonctionnement du module Bâtitisseur	105
3.1.1.2	Les quatre types de briques de Bâtitisseur	106
3.1.1.3	Exemple d'une brique de type Répartition	107
3.1.1.4	La notion d'échelle	108
3.1.1.5	Mise à l'essai du module Bâtitisseur	109
3.1.2	<i>Intégration de données issues de profils externes</i>	109
3.1.2.1	Tornado – intégration de données issues de profils logiciels externes	109
3.1.2.1.1	Principe de fonctionnement du module Tornado	110
3.1.2.1.2	Évaluation du module Tornado	113
3.1.2.2	Prose – intégration de données issues de profils papier-crayon.....	114
3.1.2.2.1	Principe de fonctionnement du module Prose	114
3.1.2.2.2	Mise à l'essai du module Prose	115
3.1.2.3	Des profils hybrides et évolutifs	115
3.1.3	<i>Transformation des profils</i>	115
3.1.3.1	Groupe – opérations sur les profils	115
3.1.3.1.1	Principe de fonctionnement du module Groupe	116
3.1.3.1.1	Évaluation du module Groupe	117
3.1.4	<i>Exploitation des profils</i>	117
3.1.4.1	Regards et Perl – activités personnalisées sur les profils d'apprenants	118
3.1.4.1.1	Principe de fonctionnement des modules Regards et Perl	118
3.1.4.1.2	Regards – préparation des visualisations des profils	119
3.1.4.1.3	Perl – visualisation des profils et activités sur les profils	122
3.1.4.1.4	Évaluation des modules Regards et Perl	125
3.1.4.2	Adapte – personnalisation d'activités pédagogiques.....	125
3.1.4.2.1	Principe du fonctionnement du module Adapte	126
3.1.4.2.2	Évaluation du module Adapte	134
3.2	BILAN SUR LA MISE EN ŒUVRE PROPOSÉE.....	135
3.2.1	<i>L'environnement EPROFILEA</i>	135
3.2.2	<i>Les autres logiciels auxquels nous avons travaillé</i>	136
3.3	BILAN SUR LES ACTEURS CONCERNÉS PAR LA MISE EN ŒUVRE	137
3.4	BILAN SUR LES MÉTADONNÉES	139
3.5	BILAN SUR L'ÉVALUATION DE L'ENVIRONNEMENT EPROFILEA	140

Enjeux

Proposer des outils unifiés opérationnels accordant une place importante à l'humain et mettant en œuvre notre démarche générique (cf. Figure 50).

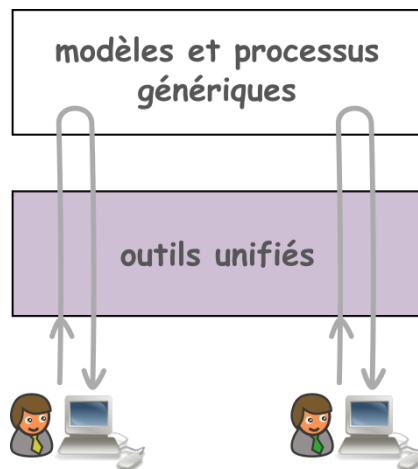


Figure 50 : Une approche unifiée.

Proposer un environnement informatique unifié permettant de réutiliser des profils d'apprenants hétérogènes pour en faire des exploitations riches entièrement personnalisables.

Résumé

Nous proposons un environnement informatique unifié qui met en œuvre nos différentes contributions théoriques. C'est au travers de cet environnement que les utilisateurs, principalement les enseignants, utilisent, complètent et exploitent les modèles génériques présentés dans la partie précédente.

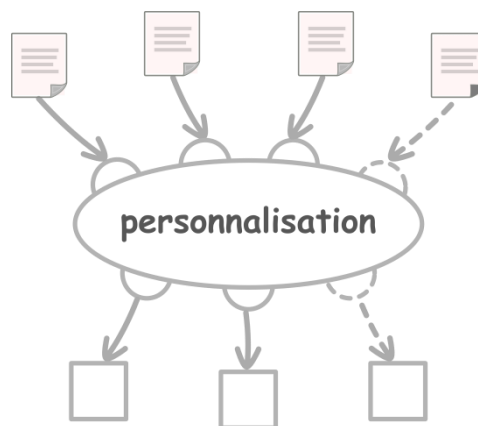


Figure 51 : Schématisation de notre problématique générale.

Reprenons la schématisation de notre approche générale (cf. Figure 51). Nous y retrouvons la personnalisation, centrale dans notre approche. En amont se trouvent les profils d'apprenants à réutiliser et le processus d'intégration associé. En aval se trouvent les activités pédagogiques à personnaliser et le processus de gestion associé.

Notre environnement informatique unifié s'appuie sur une opérationnalisation de notre langage de modélisation de profils PMDL et de ses extensions.

La personnalisation (au centre de la Figure 51) est gérée par les modules Adapte et Regards que nous présentons en sections 3.1.4.2 et 3.1.4.1.2. En amont, l'intégration des profils d'apprenants nécessaires à la personnalisation (représentée par les demi-disques de la partie haute de la Figure 51) est permise par les modules Bâtitseur (pour la définition de la structure des profils, cf. section 3.1.1), Prose (pour la saisie des données des profils papier, cf. section 3.1.2.2) et Tornade (pour l'intégration des données des profils logiciels, mais aussi pour la prise en charge de nouveaux profils d'apprenants externes, cf. section 3.1.2.1). En aval, la gestion des activités pédagogiques (représentée par les demi-disques de la partie basse de la

Figure 51) est faite par le module Adapte pour les activités papier-crayon et les activités logicielles (cf. section 3.1.4.2.1.2), par le module Perl pour les activités sur les profils (cf. section 3.1.4.1.3). La prise en charge des activités d'un nouvel EIAH est gérée par la partie d'Adapte correspondante (cf. section 3.1.4.2.1.1). Notons que notre environnement unifié permet également des transformations sur les profils d'apprenants intégrés, grâce au module Groupe (cf. section 3.1.3.1), ainsi que la conversion des activités générées vers une norme pédagogique (cf. section 3.1.4.2.1.3).

Cet environnement s'adresse principalement aux enseignants, mais il concerne également différents autres acteurs de l'apprentissage, notamment les apprenants. Il donne les moyens aux différents utilisateurs d'exploiter la généralité et la richesse de nos propositions théoriques en les adaptant à leurs besoins spécifiques. Les connaissances du système doivent en effet être complétées par des connaissances représentant les spécificités du contexte et des besoins des enseignants, puis par les données représentant les spécificités de chaque apprenant. Du point de vue des enseignants, EPROFILEA peut être vu comme une sorte de boîte vide qui sert de guide et qu'il faut remplir pour adapter l'environnement à ses besoins.

Mots-clés

Environnement informatique unifié, opérationnalisation, profils d'apprenants, réutilisation, exploitation, personnalisation

Contributions

- ↳ EPROFILEA, environnement de réutilisation, gestion et exploitation de profils d'apprenants prenant en charge les profils évolutifs
- ↳ Bâtitteur, module de définition de modèles de profils
- ↳ Tornade, module d'intégration de données issues de profils externes
- ↳ Groupe, module de transformation de profils
- ↳ Regards, module de préparation des activités sur les profils d'apprenants
- ↳ Perl, module de visualisation interactive de profils d'apprenants entièrement personnalisée selon différentes facettes
- ↳ Adapte, module de personnalisation des activités pédagogiques, tant papier-crayon que logicielles
- ↳ Norme, module de conversion vers une norme pédagogique

Spécificités

Généricité de l'approche adoptée, qui permet de couvrir des besoins très variés.

Possibilité pour les utilisateurs d'adapter très finement l'environnement à ses besoins.

Association de la réutilisation de profils hétérogènes à des exploitations mutualisées.

Travaux en relation

[Zapata-Rivera et Greer, 2004] [Rueda et al., 2006] [Ramandalahy et al., 2009] [Santos et al., 2004]

[Murray, 2003a]

[EuroLMAI, 2010] [Moulet, 2011]

Validation

- ↳ Fait : vérification de la validité de chacun des modèles
- ↳ Fait : évaluations ergonomiques
- ↳ Fait : mise à l'essai des différents modules
- ↳ Fait : mise à l'essai de l'ensemble de l'environnement
- ↳ À faire : évaluation complète contrôlée en situation réelle de l'ensemble de l'environnement
- ↳ À faire : passer d'un ensemble de prototypes à un environnement en ligne utilisable à grande échelle

Publications associées

- ↳ Sur Bâtitteur, Prose et Tornade : [Jean-Daubias et al., 2009a] [Jean-Daubias et al., 2009b] [Lefevre et Jean-Daubias, 2011]
- ↳ Sur Adapte : [Lefevre et al., 2011b]
- ↳ Sur Regards et Perl : [Ginon et Jean-Daubias, 2011b]

Nos propositions théoriques présentées dans la partie précédente ont été mises en œuvre de façon opérationnelle au sein de l'environnement EPROFILEA, environnement associé au projet PERLEA. Dans cette partie, nous présentons tout d'abord cet environnement, avant de détailler chacun des modules qui le composent. Nous adoptons pour cela, comme nous l'avons fait dans la partie précédente, l'ordre défini par ACUTE4profiles, le modèle du cycle de vie des profils d'apprenants que nous avons proposé dans la section 2.2.2. Nous présentons les modules d'EPROFILEA du point de vue de ses utilisateurs, sans toutefois perdre de vue les modèles qu'ils mettent en œuvre. En outre, nous exposons brièvement pour chaque module les évaluations qui ont été conduites.

3.1 EPROFILEA, un environnement réutilisant des profils d'apprenants

L'environnement EPROFILEA (environnement d'Exploitation de PROFILs par les Enseignants et les Apprenants) propose un ensemble d'outils génériques de gestion et d'exploitation de tous types de profils d'apprenants permettant à chaque enseignant de travailler avec ses propres profils selon ses besoins et ses habitudes de travail. Les différents modules de cet environnement prennent place dans les différentes étapes des modèles REPro (cf. section 2.2.1 page 49) et ACUTE4profiles (cf. section 2.2.2 page 43). Dans notre approche de réutilisation de profils existants, les profils utilisés peuvent être issus de sources diverses, évaluations papier ou profils logiciels externes, et contenir des informations caractérisant les connaissances, méta-connaissances, compétences et/ou comportements des apprenants, pour tous niveaux, de l'école élémentaire à l'université sans oublier la formation continue, ce, dans les disciplines les plus variées.

L'articulation entre la généralité de l'environnement EPROFILEA et la spécificité des besoins de chaque enseignant se fait par la définition, par les enseignants, de la structure décrivant les profils qu'ils souhaitent manipuler et la sémantique associée. C'est l'instanciation de ce modèle de profils (nous parlons de structure de profils pour désigner les modèles de profils dans l'environnement EPROFILEA, terme plus adapté aux enseignants, principal public cible de l'environnement), avec les données correspondant aux connaissances de ses élèves (données issues de profils externes : logiciels ou papier-crayon), qui crée les profils d'apprenants conformes au formalisme de l'environnement. Une même structure de profils permet donc de créer autant de profils que l'enseignant a d'élèves. Par ailleurs, EPROFILEA permet de créer autant de structures de profils que nécessaire, chacune adaptée aux besoins et aux spécificités de son utilisateur, comme spécifié dans le modèle LMPA1234. Un professeur principal créera ainsi par exemple deux structures de profils : l'une donnant une vue d'ensemble de chaque discipline suivie par ses élèves et l'autre détaillant tous les points traités dans la discipline qu'il enseigne, intégrant son travail papier-crayon et les profils des EIAH qu'il utilise.

L'environnement EPROFILEA comporte deux parties : d'une part la préparation de profils conformes à l'environnement, c'est-à-dire exprimés selon un même formalisme qui rend possible leur réutilisation et d'autre part l'exploitation des profils ainsi uniformisés (cf. Figure 52). La phase de constitution de profils présente dans les modèles REPro et ACUTE4profiles est absente de l'architecture d'EPROFILEA car elle se situe en amont du champ d'action de notre environnement. Quant aux transformations des profils, elles se retrouvent sur les deux parties de l'environnement [Jean-Daubias et al., 2009a].

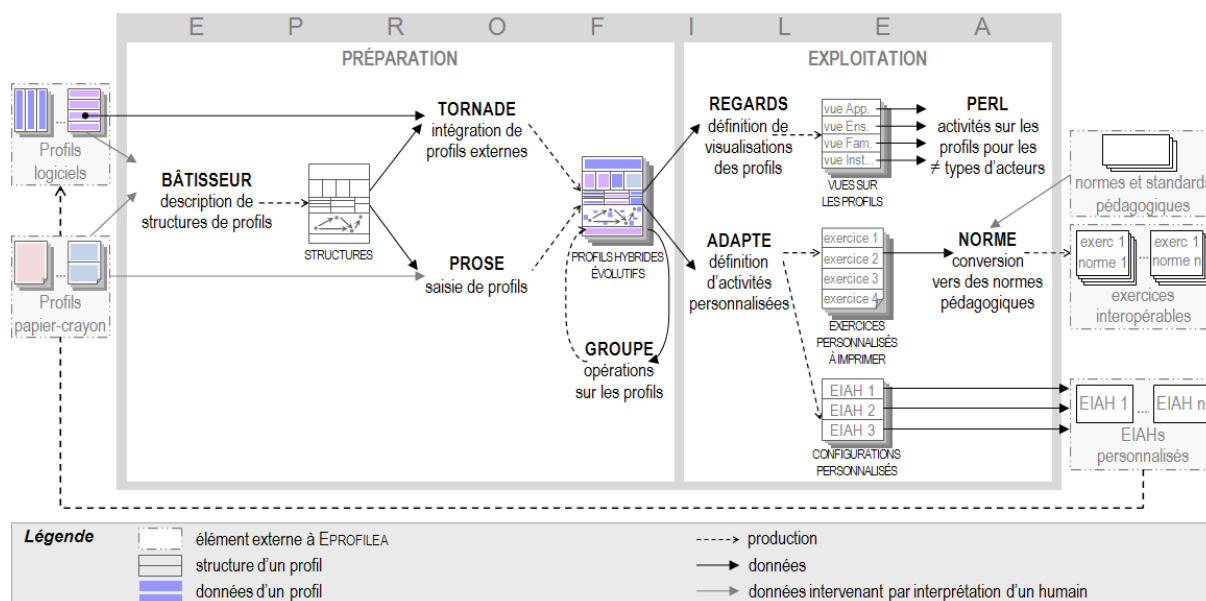


Figure 52 : Architecture de l'environnement EPROFILEA.

La première partie de l'environnement [Jean-Daubias et al., 2009a], consacrée à la préparation des profils, correspond à l'étape d'harmonisation du modèle REPro et à celle d'uniformisation des profils du modèle ACUTE4profiles. Elle consiste pour l'enseignant à établir la structure des profils qu'il souhaite manipuler, avant d'y intégrer les données issues des profils externes. Cette étape permet de constituer des profils d'apprenants conformes au souhait de l'enseignant et respectant le formalisme interne à EPROFILEA, c'est-à-dire l'opérationnalisation du langage de modélisation de profils PMDL. La description de la structure des profils est élaborée par l'enseignant dans le module Bâtitseur (cf. section 3.1.1) qui opérationnalise PMDL (cf. sections 2.4.2.4 page 60 et 2.4.2.7 page 64) dans EPROFILEA. En opérationnalisant ce langage, Bâtitseur permet à l'enseignant d'exprimer la structure des profils préexistants ou qu'il souhaite créer ou combiner, qu'ils soient issus d'EIAH ou papier-crayon, quels que soient les types d'informations qu'ils contiennent.

Compléter la structure de profils créée dans Bâtitseur avec les données personnelles des apprenants pour constituer les profils se fait de façons différentes selon que les données sont issues de profils papier-crayon ou d'un EIAH. Dans le cas de profils papier-crayon, EPROFILEA comporte un assistant, Prose (cf. section 3.1.2.2), aidant l'enseignant à saisir les données de chacun de ses apprenants selon la structure de profils définie dans Bâtitseur. Dans le cas de profils issus de logiciels, EPROFILEA propose des systèmes de conversion de profils, interfaces entre les logiciels externes et EPROFILEA, ainsi qu'un module, Tornado (cf. section 3.1.2.1), assistant un enseignant-expert dans la constitution de convertisseurs adaptés aux EIAH dont nous souhaitons réutiliser les profils. Les profils ainsi créés peuvent être hybrides, c'est-à-dire provenir de plusieurs sources (différents EIAH et/ou différentes activités papier-crayon), la structure de profils sera alors instanciée à la fois dans Prose avec des données papier-crayon et dans Tornado avec des données provenant de profils logiciels externes.

Les profils ainsi uniformisés peuvent faire l'objet de transformations (étape de transformation des modèles REPro et ACUTE4profiles), avec le module Regards (cf. section 3.1.4.1.2) qui sera évoqué dans le paragraphe suivant, et le module Groupe (cf. section 3.1.3.1) qui fournit à l'enseignant la possibilité d'appliquer des opérateurs aux profils pour les modifier.

Les profils résultants reposant sur un formalisme commun, ils donnent accès aux deux types d'exploitations proposées par EPROFILEA dans sa deuxième partie (étape d'exploitation des profils des modèles REPro et ACUTE4profiles) : activités sur les profils et propositions d'activités personnalisées. Pour les activités sur les profils, l'enseignant commence par établir dans le module Regards la liste des activités sur les profils, ainsi que les différentes vues d'un même profil, adaptées à chaque acteur de la situation d'apprentissage, ces opérations sur les profils font partie de l'étape de transformation des profils dans les modèles REPro et ACUTE4profiles. Pour construire ces vues, l'enseignant choisit les éléments du profil qui

seront consultables par l'acteur concerné, le vocabulaire utilisé ou encore le mode de présentation des informations à l'interface. Le module Perl (cf. section 3.1.4.1.3) met ensuite à la disposition des différents acteurs concernés les activités interactives sur les profils selon les vues déterminées par l'enseignant dans Regards. Pour l'apprenant, le module Perl propose en effet, en plus de leur visualisation, des activités sur les profils (présentées dans la section 2.6.3.1 page 90, par exemple reformulation ou négociation des éléments du profil) permettant à l'apprenant d'entrer dans une démarche réflexive par rapport à son apprentissage [Eyssautier-Bavay et Ollagnier-Beldame, 2006] [Eyssautier-Bavay, 2008] [Ginon et Jean-Daubias, 2011b] [Ginon et Jean-Daubias, 2011a]. Pour la proposition d'activités personnalisées, le module Adapte (cf. section 3.1.4.2) propose aux apprenants des activités adaptées aux compétences et connaissances mises en évidence par leur profil [Lefevre, 2009] [Lefevre et al., 2009c] selon les préférences pédagogiques de l'enseignant : activités papier-crayon [Lefevre et al., 2009d] ou activités logicielles gérées par un EIAH externe [Lefevre et al., 2009e]. Pour proposer des activités papier-crayon, Adapte crée une feuille d'exercices pour chaque profil d'apprenant en générant les exercices qui la composent. Dans le cas d'activités logicielles, Adapte personnalise l'interface de l'EIAH, ainsi que les séquences de travail proposées aux apprenants. Cette personnalisation passe par l'utilisation des générateurs d'exercices éventuellement contenus par les EIAH et par le paramétrage des fichiers de configuration de chaque EIAH. Le module Norme (cf. section 3.1.4.2.1.3) est complémentaire à Adapte : il permet la conversion vers une norme pédagogique des exercices fournis par Adapte. Notons que les activités personnalisées proposées par Adapte peuvent conduire à de nouveaux profils, qui pourront intégrer le cycle d'EPROFILEA et entraîner de nouvelles activités personnalisées (cf. flèches en pointillés en bas de la Figure 52).

Nous revenons maintenant plus en détails sur les différents modules d'EPROFILEA.

3.1.1 Bâtitseur – description de la structure des profils

Le module Bâtitseur (l'idée, pour le nom de ce module, est qu'il permet de construire le mur des connaissances étudiées chez les apprenants) permet à l'enseignant de décrire la partie *structure* du profil telle que spécifiée dans le langage PMDL, complété de sPMDL (cf. section 2.4.2). La partie *données* contenant les informations personnelles d'un apprenant est renseignée séparément et ultérieurement au sein des modules Tornade et Prose présentés dans la section suivante.

Dans cette section, nous présentons le principe de fonctionnement du module Bâtitseur en adoptant le point de vue de l'utilisateur. Nous exposons notamment les quatre types de briques disponibles. Nous développons ensuite un exemple, avant de revenir sur la notion d'échelle. Nous terminons par une présentation des tests que nous avons effectués concernant ce module.

3.1.1.1 Principe de fonctionnement du module Bâtitseur

Dans la section 2.4.2.3 page 59, nous avons identifié quatre types de structures d'informations contenues dans un profil pour exprimer les informations issues de l'analyse de l'activité de l'apprenant auxquelles s'ajoutent les informations générales sur celui-ci. À l'aide du module Bâtitseur, les enseignants décrivent la structure des profils qu'ils souhaitent manipuler (correspondant au modèle des profils). Chaque structure de profils est décrite par un ensemble d'attributs : un identifiant unique, un nom, sa date de création, sa date de dernière modification, un statut (public ou privé), le nom de son créateur, etc. Les attributs de chaque structure de profils sont reportés sur les profils issus de cette structure.

Pour permettre la description de la structure de profils, Bâtitseur s'appuie sur la métaphore de la construction d'un mur de briques, où chaque brique est un élément de la structure de profils et représente un thème pour lequel l'enseignant dispose d'un certain nombre d'informations sur les connaissances des apprenants (cf. Figure 53). Quatre types de briques sont proposés : *commentaire*, *liste*, *répartition* et *graphe* chacun associé à une couleur qui permet l'identification de ce type dans le module Bâtitseur, mais également dans tous les autres modules de l'environnement EPROFILEA. Ces types de briques respectent les spécifications des quatre types d'*élément* du langage PMDL.

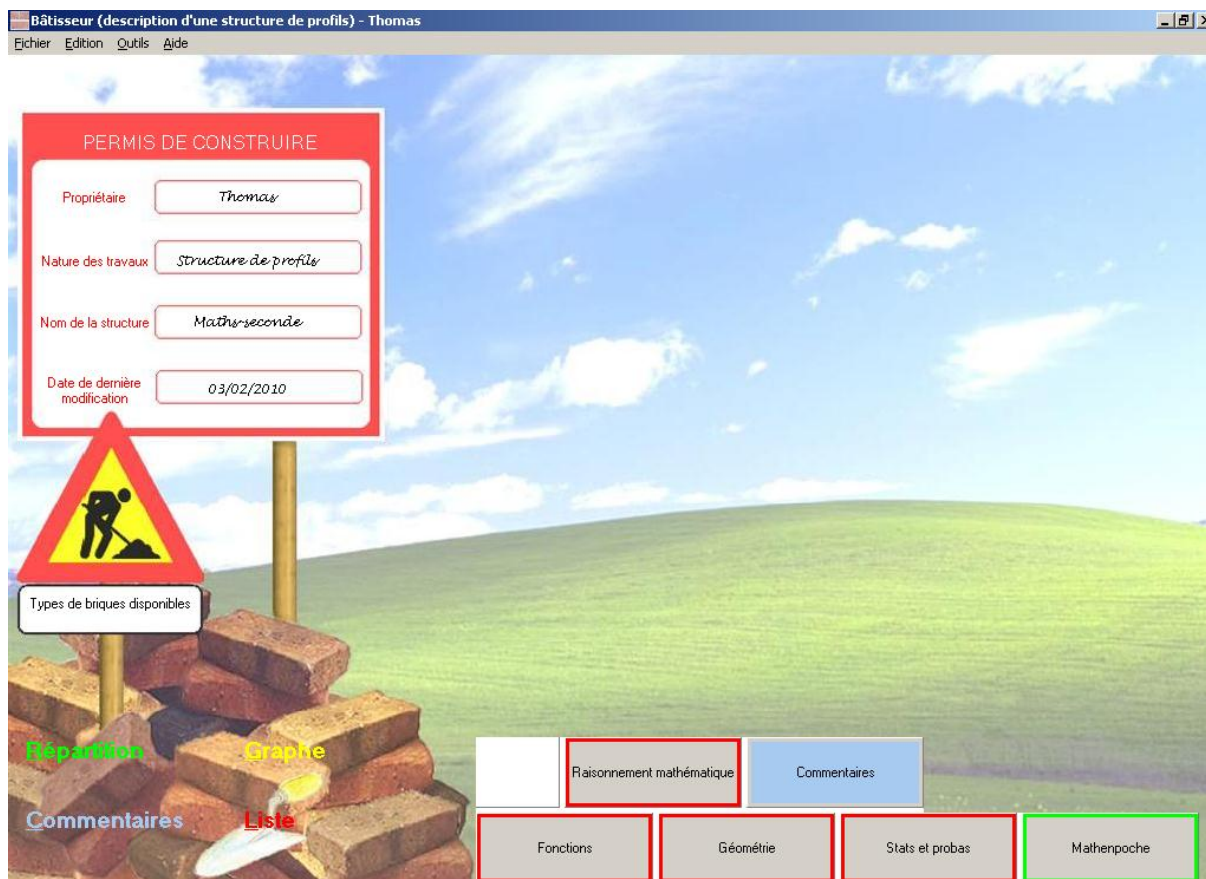


Figure 53 : Description d'une structure de profils avec Bâtisseur.

Quant aux informations concernant l'identification de l'apprenant, nous avons choisi de les gérer de manière globale au sein d'EPROFILEA, nous ne les retrouvons donc pas dans Bâtisseur. Ainsi, un enseignant utilisant EPROFILEA peut créer dans l'environnement ses classes et associer ses apprenants à une classe donnée en fournissant les informations relatives à chacun : nom, prénom, âge, etc. De cette manière, un apprenant pourra avoir plusieurs profils, par exemple un par matière étudiée, et chaque enseignant n'aura pas à ressaisir ou à réimporter les informations générales de l'apprenant pour chacun des profils, limitant ainsi les risques liés à la duplication d'informations.

Cette séparation entre informations personnelles et informations liées aux connaissances et compétences permet également d'envisager une gestion de la sécurité des données [Butoianu et al., 2011] [Aïmeur et Hage, 2010]. Nous n'avons pas traité ce point pour l'instant, car il ne s'agit pas d'une problématique centrale de notre travail. Mais dans le cadre d'un déploiement de notre environnement à grande échelle, une telle étude sera nécessaire, elle pourrait être conduite en collaboration avec des équipes de recherche travaillant dans ce domaine, notamment l'équipe SIERA de l'IRIT [IRIT-SIERA] et l'équipe BD du LIRIS [LIRIS-BD, 2003].

3.1.1.2 Les quatre types de briques de Bâtisseur

Les briques de type **Commentaire**, qui correspondent à l'*élément texte* dans le langage de modélisation de profils PMDL_e, permettent de représenter des informations sous forme textuelle. Elles correspondent à des zones de texte libre, sans aucune contrainte sur l'organisation des données qui y sont portées.

Les briques de type **Liste** (*liste_composantes* dans PMDL_e) permettent de décrire des informations sous forme de liste hiérarchique. Avec ce type de briques, un enseignant peut décrire les informations sur ses apprenants sous forme d'un ensemble de *composantes*, chacune pouvant être détaillée en *sous-composantes*. Le nombre de niveaux possibles dans la liste hiérarchique est une variable globale à l'environnement EPROFILEA que chaque enseignant peut modifier selon ses habitudes de travail. Cette variable est fixée à trois par défaut : cela permet de représenter la majorité des profils que nous avons pu

étudier, tout en limitant la profondeur de la hiérarchie afin de simplifier l'utilisation de l'environnement. Dans le profil de l'apprenant (partie *données*), les *valeurs* seront attribuées aux composantes de niveau hiérarchique le plus bas. Ces valeurs seront caractérisées par les informations définies par l'enseignant lors de la création de la brique (partie *structure*) : le nombre de valeurs associées à chacune des composantes (par exemple deux valeurs), leurs *échelle* (par exemple une note entre 0 et 20 pour la première valeur et un nombre entier positif pour la seconde) et éventuellement l'*unité* correspondante (par exemple aucune pour la première valeur et « minutes », correspondant à une durée de travail, pour la seconde valeur). Nous revenons sur cette notion d'échelles dans la section 3.1.1.4.

Les briques de type **Répartition** permettent de décrire la répartition des réponses d'un apprenant entre différentes possibilités listées. Ces briques correspondent à l'*élément liste_répartition* du langage PMDLe. De la même manière que dans les briques de type Liste, les alternatives sont définies avec des *composantes* qui peuvent être détaillées en *sous-composantes*. Ce type de briques permet par exemple de représenter le comportement d'un apprenant par rapport à des comportements attendus, en comptant le nombre de fois où celui-ci a mis en œuvre les différents comportements. Les valeurs associées à ce type de briques sont ainsi des valeurs de comptage et donc des valeurs numériques sans échelle. Les composantes peuvent être exclusives, dans ce cas il n'est possible d'observer qu'un seul comportement à la fois chez l'apprenant. Un exemple de brique de type Répartition est donné par la Figure 54.

Les briques de type **Graphe**, correspondant à l'*élément graphe* de PMDLe, permettent de décrire des informations sur l'apprenant sous forme de graphe. Les briques de ce type représentent des *composantes* (les sommets du graphe), mais également les *liens* qui peuvent exister entre elles (les arcs du graphe). Ces composantes ne sont pas décomposables en sous-composantes contrairement aux briques des deux types précédents. Avec ce type de briques, il est possible d'associer aux composantes et/ou aux liens entre composantes un certain nombre de *valeurs*, associées à des *échelle* et éventuellement complétées d'*unité*.

3.1.1.3 Exemple d'une brique de type Répartition

Reprenons ici l'exemple de la brique MoreMaths décrite dans la section 2.4.2.5. La Figure 54 présente l'écran proposé par Bâtitseur à un enseignant pour construire une brique de type Répartition. Notons que l'interface de Bâtitseur est générée dynamiquement en fonction d'une description opérationnelle de PMDLe, sous forme d'un fichier XML.

Pour créer la brique « MoreMaths », de type répartition, l'enseignant indique le nom de celle-ci (le *nom* de l'*élément* dans PMDLe, cf. ① sur la Figure 54), puis précise si des commentaires ② seront associés à chaque niveau de l'arbre des composantes et/ou globalement pour la brique (champs *commentaire* de l'*élément* et de la *composante* dans PMDLe). Ici la répartition est exclusive ③ car un apprenant ne pourra pas avoir une réponse correcte en même temps qu'une réponse fautive (cette notion de réponses exclusives, spécifique à l'implémentation, n'existe pas dans PMDLe). Une fois ces informations fournies, l'enseignant peut créer l'arbre des composantes ④ (expression du *niveau* de chaque *composante* dans PMDLe) en précisant pour chacune son nom (champ *intitule* de chaque *composante* dans PMDLe).

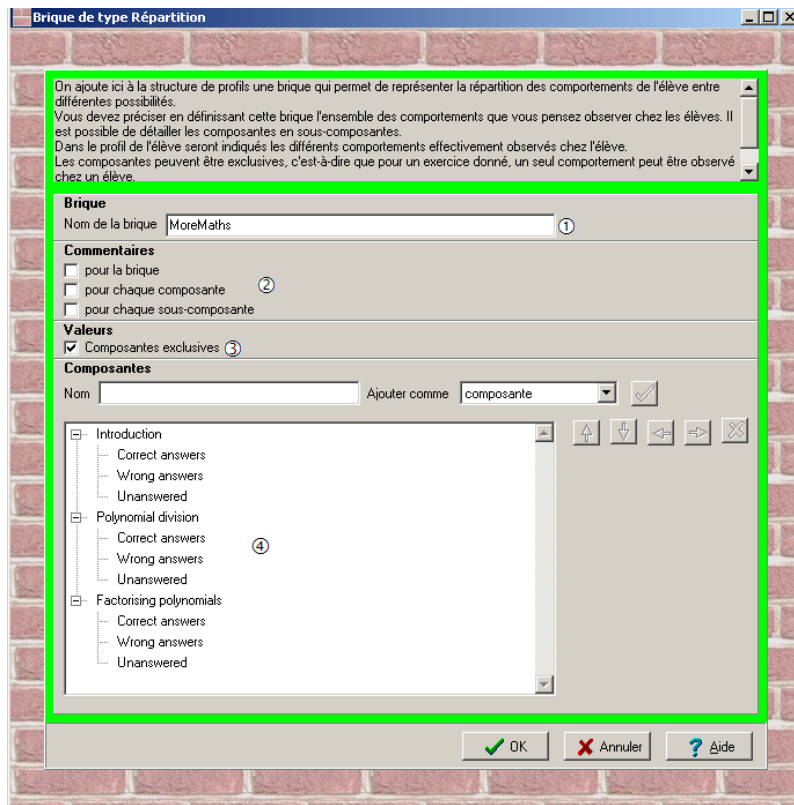


Figure 54 : Brique "MoreMaths" de type Répartition dans Bâtisseur [Jean-Daubias et al., 2009a].

La Figure 55 montre le résultat de la création de cette structure de profils MoreMaths, stocké sous forme d'un fichier XML par Bâtisseur. Nous retrouvons bien la brique « MoreMaths » (cf. ① sur la Figure 55) contenant un arbre de composantes à deux niveaux ②, avec des composantes exclusives ③. Nous retrouvons également les intitulés des composantes et des sous-composantes ④ décrites par l'enseignant dans Bâtisseur. Cette structure de profils sera ensuite instanciée dans le module d'intégration de données logicielles de l'environnement EPROFILEA en complétant le nom du logiciel concerné ①, le nb de questions ②, puis les différentes valeurs ③, avec les données de chaque apprenant.

```

- <structure id="68" nom="Maths" créateur="Marie" date_création="17/07/2008"
date_dernière_modif="17/07/2008" nom_élève="" prenom_élève="" >
- <brique id="1" type="1" nom="MoreMaths" ① logiciel_extern="①" date_évaluation=""
évaluation_source="" nbquestions="②" indice="0">
- <arbre_des_composantes ② niveaux="2" cumul="faux" ③>
- <composante nom="Introduction"> ④
- <sous_composante nom="Correct answers"> ④
<valeur>③</valeur>
</sous_composante>
- <sous_composante nom="Wrong answers"> ④
<valeur>③</valeur>
</sous_composante>
- <sous_composante nom="Unanswered"> ④
<valeur>③</valeur>
</sous_composante>
</composante>

```

Figure 55 : Extrait de la structure de profils de la brique "MoreMaths" [Jean-Daubias et al., 2009a].

3.1.1.4 La notion d'échelle

Dans les profils des apprenants, les valeurs qui seront affectées aux composantes, sous-composantes, ainsi qu'aux sommets et arcs des graphes, sont caractérisées par des échelles que les enseignants

choisissent lors de la création de la structure de profils dans Bâtitseur. Dans PMDLe, les échelles sont spécifiées à l'aide d'*échelle* et définies formellement dans sPMDLe.

EPROFILEA propose par défaut un certain nombre d'échelles numériques et textuelles, respectant sPMDLe. Les enseignants peuvent également créer leurs propres échelles. Les échelles, fournies avec le système ou créées par les enseignants, sont stockées dans un fichier XML.

3.1.1.5 Mise à l'essai du module Bâtitseur

Nous avons testé Bâtitseur, le module d'EPROFILEA destiné aux enseignants, opérationnalisant PMDLe, sur des profils très variés : il permet de créer tous les profils compatibles avec le cadre d'application de PMDLe.

Après une étude ergonomique, Bâtitseur a également été mis à l'essai en laboratoire auprès de quatre enseignants avec lesquels nous avons travaillé pendant la phase de conception. Nous l'avons ensuite expérimenté auprès de deux enseignantes extérieures au projet et d'une centaine d'étudiants en informatique dans une UE dédiée aux EIAH.

Tout d'abord, cette étude a montré que les concepts de profil, de composante, de valeur et d'échelle n'ont pas posé de problème de compréhension aux enseignants. La notion de structure de profils a été bien comprise par ceux qui utilisent dans leurs pratiques des référentiels de compétences. Par contre, un enseignant de lycée n'en utilisant pas et ne créant pas non plus de profils a eu besoin de rappels concernant cette notion lors de nos différents entretiens. Ensuite, la métaphore de la construction du mur de briques a été bien acceptée et bien comprise par les enseignants. Elle leur a permis de comprendre l'objectif de ce module et a favorisé une prise en main relativement rapide de l'outil. Les types de briques les plus naturellement utilisées ont été *Commentaire* et *Liste* pour lesquelles les enseignants ont trouvé de nombreux exemples. Les types de briques *Graphe* et *Répartition* ont été plus difficilement assimilés, les exemples ayant été difficiles à trouver par les enseignants. Nous retrouvons les mêmes points forts et les mêmes difficultés dans les tests auprès d'étudiants. Ceci est cohérent avec les conclusions de l'évaluation de PMDLe : les référentiels de compétences utilisés par les enseignants ne comportent pas d'informations structurées de cette manière, cette représentation leur est donc peu familière. Le module de description de profils a ainsi été bien accueilli par les enseignants auprès desquels il a été testé, ce malgré l'abstraction de la notion de structure de profils manipulée. Notons que l'une des enseignantes ayant testé ce module a défini la structure de profils correspondant à son travail en classe de 6^{ème} en 20 minutes. Rappelons que ce module est destiné à être utilisé ponctuellement par les enseignants, au moment de la création de structures de profils, par contre, l'intégration de données sera effectuée plus fréquemment.

3.1.2 Intégration de données issues de profils externes

L'uniformisation de la structure de profils hétérogènes est rendue possible par la mise en œuvre du langage de modélisation de profils PMDLe au sein du module Bâtitseur dans EPROFILEA. Cette étape est ensuite complétée par l'intégration des données issues des différents profils dans la structure de profils conforme au langage PMDLe. Dans EPROFILEA, cette intégration se fait avec le module Tornade pour les profils issus de logiciels externes et avec le module Prose pour les profils papier-crayon. Ainsi, à partir d'une structure de profils créée dans Bâtitseur, Tornade et Prose permettent d'intégrer les données de profils issus respectivement d'EIAH et de profils papier-crayon. À la fin de cette phase de préparation des profils, l'enseignant dispose d'autant de profils que d'apprenants, profils respectant la structure de profils définie et donc le formalisme EPROFILEA, ce qui permet de les exploiter dans le reste de l'environnement.

Nous présentons ici les modules d'EPROFILEA dédiés à l'intégration de données issues de profils externes à des profils dont la structure respecte PMDLe : Tornade pour l'intégration de données issues de profils logiciels et Prose pour l'intégration de données issues de profils papier-crayon.

3.1.2.1 Tornade – intégration de données issues de profils logiciels externes

Le module Tornade [Lefevre et Jean-Daubias, 2011] (l'idée, pour le nom de ce module, est que la tornade change l'organisation des données) permet à un enseignant, à l'aide de convertisseurs (que nous appelons tourbillons pour l'utilisateur non informaticien : un tourbillon est issu de Tornade, il réorganise

les données sources en les plaçant dans les profils destination), d'intégrer aux structures de profils qu'il a définies dans Bâtitseur, les données de chacun de ses élèves contenues dans des profils logiciels externes, complétant ainsi le cas échéant les profils déjà en partie renseignés dans Prose. Un convertisseur, noté $C(EIAH_\alpha, StrPro_\beta)$, propre au couple formé de l'EIAH $_\alpha$ et de la structure de profils EPROFILEA StrPro $_\beta$ permet de transformer tout ou partie du modèle de profils de l'EIAH $_\alpha$ en un ensemble de briques contenues dans la structure de profils StrPro $_\beta$. Un convertisseur est défini pour un EIAH $_\alpha$ une fois pour toute par un expert à l'aide du module Tornade, puis utilisé par un enseignant aussi souvent que nécessaire pour remplir automatiquement les profils EPROFILEA des apprenants avec les données contenues dans leur profil de l'EIAH $_\alpha$ selon la structure de profils StrPro $_\beta$.

Dans cette section, nous présentons le principe de fonctionnement du module Tornade du point de vue de ses utilisateurs, puis l'évaluation que nous avons faite de ce module.

3.1.2.1.1 Principe de fonctionnement du module Tornade

Au sein d'EPROFILEA (cf. Figure 52 page 104), dans le module Tornade, l'intégration de données externes selon une structure conforme au formalisme EPROFILEA se décompose en deux étapes principales (cf. Figure 56) : la constitution d'un convertisseur et son exécution. La constitution du convertisseur comporte d'une part des *prétraitements sur les données* pour spécifier et uniformiser l'organisation des données dans les profils et d'autre part la *production du convertisseur* lui-même, qui permet d'associer les éléments des profils externes aux éléments d'une structure de profils donnée. L'*exécution du convertisseur* permet de compléter les profils EPROFILEA associés à la structure de profils donnée.

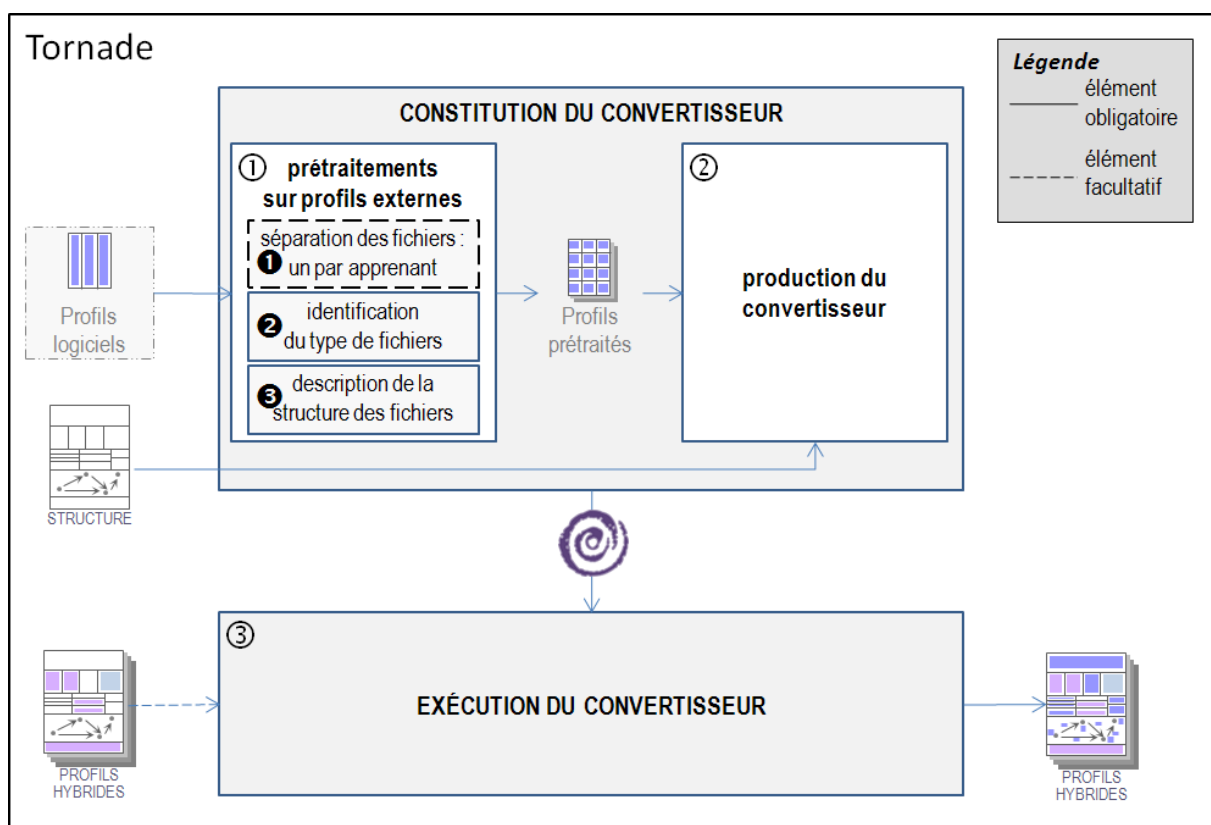


Figure 56 : Architecture du module Tornade.

Les *prétraitements* des profils des EIAH externes concernés (cf. ① sur la Figure 56) consistent tout d'abord à séparer les fichiers externes de telle manière qu'il y ait autant de fichiers que d'apprenants (cf. ① sur la Figure 56 et Figure 57), puis à identifier d'une part le type de fichiers (cf. ② sur la Figure 56 et partie gauche de la Figure 58) et d'autre part l'organisation des données de l'apprenant dans un fichier (cf. ③ sur la Figure 56 et partie droite de la Figure 58). Lors de la description de l'organisation des données de l'apprenant (cf. ③ sur la Figure 56), l'expert décrit les données contenues dans les profils, ce qui permet à Tornade de fractionner chaque profil de manière à organiser les données qu'il contient dans

un tableau. Ces différents prétraitements sur les profils du logiciel externe sont établis une seule fois par EIAH.

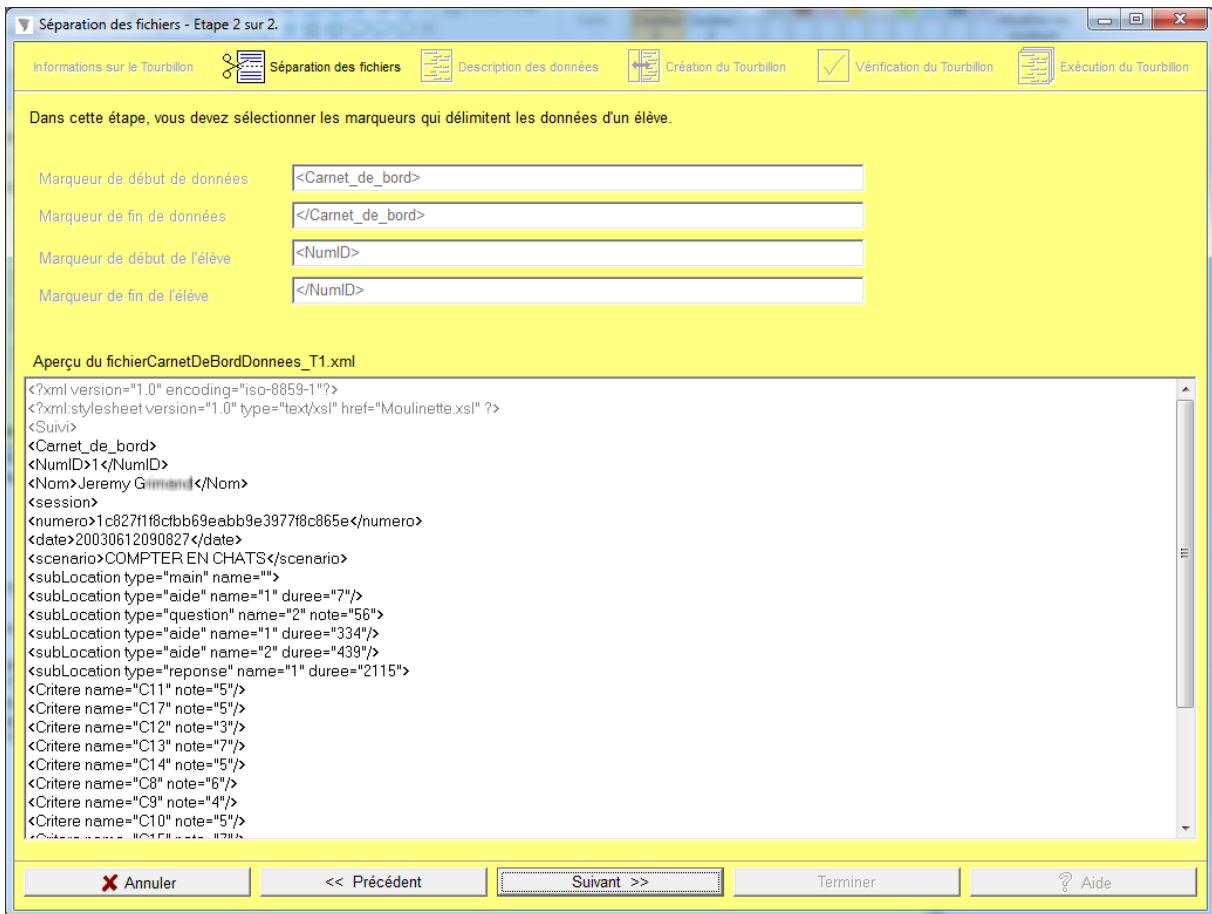


Figure 57 : Prétraitement des profils avec Tornado – séparation d'un fichier unique.

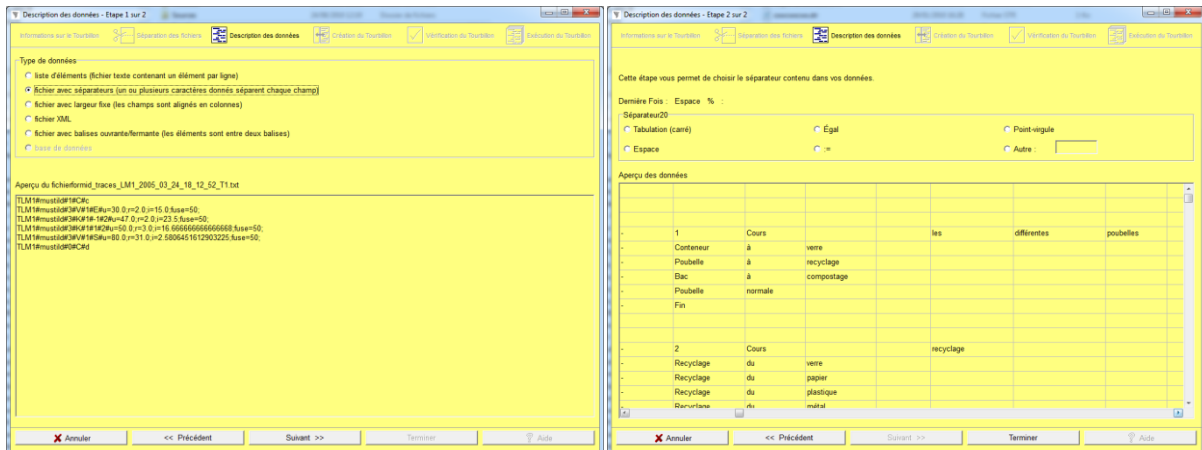


Figure 58 : Prétraitement des profils avec Tornado – identification du type de fichiers et description des données.

La *production du convertisseur* (cf. ② sur la Figure 56 et Figure 59) a pour but de spécifier l'alignement de modèles en créant le convertisseur qui sera capable d'établir la conversion entre le modèle des profils externes en entrée et celui des structures de profils EPROFILEA, c'est-à-dire respectant le langage PMDL, en sortie. Plusieurs briques de cette structure de profils EPROFILEA peuvent concerner l'EIAH externe dont les données doivent être intégrées. Ce sont ces différentes briques que le convertisseur à créer doit savoir remplir dynamiquement. Le traitement d'une brique est générique et s'adapte automatiquement à tous les types de briques conformes au formalisme EPROFILEA opérationnalisant le langage PMDL. Si la

structure de profils est une modification d'une structure déjà traitée, Tornado s'appuie sur le premier convertisseur créé $C(EIAH_{\alpha}, StrPro_{1a})$ pour créer le second $C(EIAH_{\alpha}, StrPro_{1b})$. Pour définir un convertisseur, Tornado associe des éléments du profil source, celui de l'EIAH externe, à des éléments de la structure de profils cible (cf. Figure 59), en appliquant d'une part des conversions d'échelles dans le cas où l'échelle des données du profil source ne correspond pas à l'échelle de la structure de profils cible, et d'autre part des opérations, pour permettre d'associer plusieurs éléments du profil source à un unique élément de la structure de profils cible. Ces opérations permettent par exemple de placer dans un unique élément du profil la somme de différentes valeurs présentes à des emplacements différents dans le profil initial. Afin de traiter plus facilement certains profils, il est toutefois souhaitable d'enrichir le système de nouvelles fonctionnalités, comme la prise en compte dans un profil de toutes les occurrences d'une compétence donnée ou l'ajout d'opérations plus complexes sur les données importées. Conversions d'échelles et opérations sur les données du profil externe correspondent à l'étape de transformation des profils des modèles REPro et ACUTE4profiles, puisqu'elles transforment les données des profils externes pour les rendre conformes à la nouvelle structure de profils issue de l'étape d'uniformisation.

Figure 59 : Production d'un convertisseur avec Tornado.

L'exécution du convertisseur (cf. ③ sur la Figure 56 et partie droite de la Figure 60) est le lieu de la conversion de modèles. Elle permet de remplir la structure de profils avec les données des profils externes, grâce au convertisseur créé, sans que l'utilisateur n'intervienne. Tornado remplit la structure de profils dynamiquement pour chaque apprenant, vérifiant qu'il ne manque aucun apprenant (cf. partie droite de la Figure 60) et que la création des profils EPROFILEA, ou la complétion dans le cas des profils hybrides, se fait sans erreur (cf. partie gauche de la Figure 60).

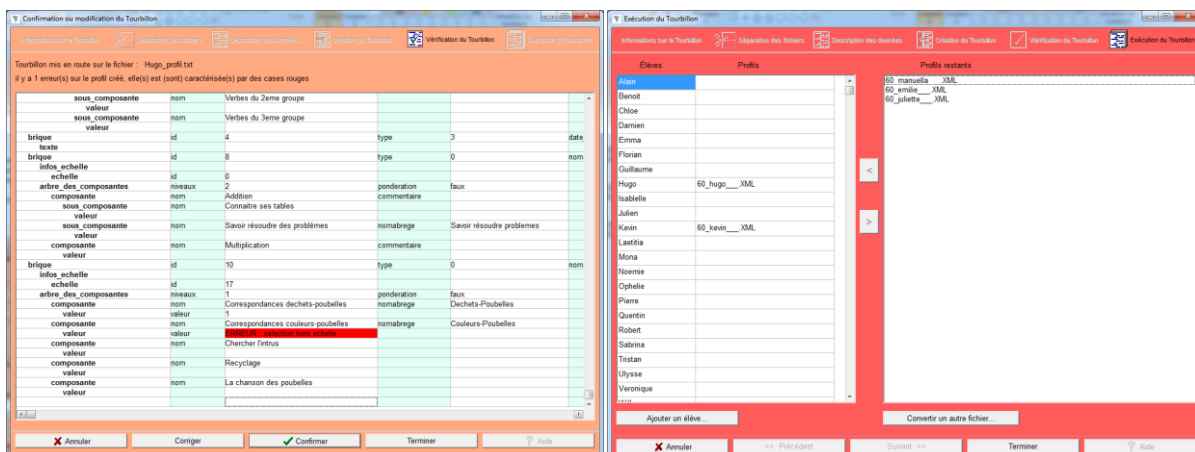


Figure 60 : Vérification et exécution d'un convertisseur avec Tornado.

Pour résumer, lors de l'utilisation de Tornado :

- ① la phase de prétraitement des données n'est faite qu'une seule fois par EIAH par un enseignant-expert ;
- ② la phase de production du convertisseur n'est faite qu'une seule fois pour un couple EIAH / structure de profils par un enseignant-expert ;
- ③ la phase d'exécution du convertisseur sera effectuée par un enseignant chaque fois qu'il voudra créer ou mettre à jour ses profils.

Notons qu'il est possible de remplir un profil en plusieurs fois : soit pour compléter des profils incomplets, soit pour établir un profil évolutif (cf. section 2.4.2.7 page 64) en attribuant aux composantes du profil plusieurs valeurs correspondant aux évaluations de différentes périodes [Lefevre et Jean-Daubias, 2011] [Ginon et Jean-Daubias, 2010] [Jean-Daubias et Ginon, 2010] [Ginon et al., 2011].

3.1.2.1.2 Évaluation du module Tornado

Nous avons testé le module Tornado avec les fichiers de sortie variés (des profils d'apprenants) d'une trentaine d'EIAH différents non conçus pour fonctionner avec l'environnement EPROFILEA. Les tests ont montré que Tornado permet d'intégrer les données contenues dans la plupart des profils correspondants. Les difficultés rencontrées concernent principalement des problèmes de formats de fichiers incompatibles et des répartitions de données non gérées par Tornado.

Par ailleurs, nous avons mis à l'essai la partie exécution du convertisseur de Tornado auprès de deux enseignantes, ainsi que d'une soixantaine d'étudiants. L'une des enseignantes de notre étude a ainsi utilisé avec succès Tornado pour convertir 12 profils issus d'un EIAH externe dans une structure de profils préalablement créée, ce en 10 minutes. Nous avons également présenté le module Tornado à deux enseignants de primaire. Ils en ont compris le principe, mais ont insisté sur le fait que la majorité des enseignants ne sont pas prêts à utiliser de tels outils. Nous sommes donc consciente que ce module, pour sa partie constitution de convertisseurs, contrairement au reste de l'environnement EPROFILEA, doit être utilisé par des experts, qui peuvent être les conseillers informatique de l'établissement scolaire ou des enseignants ayant suffisamment de recul sur les logiciels utilisés et un minimum de compétences en informatique. Ces experts produiront les convertisseurs correspondant aux besoins et aux habitudes de travail des enseignants. Les enseignants pourront ensuite simplement exécuter ces convertisseurs dans Tornado, pour créer ou mettre à jour les profils de leurs élèves, sans avoir à les modifier.

En complément du premier groupe de mises à l'essai, nous avons effectué un test de la partie constitution des convertisseurs de Tornado avec une enseignante de Français de Collège « non-experte ». Notre objectif était d'évaluer les difficultés rencontrées par un enseignant non-expert pour créer un convertisseur, même s'il ne s'agit pas du public cible de cette partie du module. Nous avons pu constater qu'avec un guidage modéré de la part d'une des expérimentatrices, l'enseignante a pu créer un convertisseur adapté à la structure de profils qu'elle avait préalablement créée et à l'EIAH concerné, ce en

50 minutes. Ces observations nous semblent encourageantes pour l'utilisation de Tornade par des enseignants-experts.

Notons enfin qu'une étude ergonomique de Tornade a été conduite afin de simplifier au maximum l'interface de ce module complexe pour ses utilisateurs. Une refonte du module est maintenant nécessaire pour prendre en compte les recommandations produites.

3.1.2.2 Prose – intégration de données issues de profils papier-crayon

Le module Prose (PROfils Saisis par l'Enseignant) permet à un enseignant d'intégrer aux structures de profils qu'il a définies dans Bâtitseur, les données de chacun de ses élèves contenues dans des profils papier-crayon, complétant ainsi le cas échéant les profils déjà en partie renseignés dans Tornade.

3.1.2.2.1 Principe de fonctionnement du module Prose

Le module d'intégration de profils papier, Prose, prend en entrée une structure de profils que l'enseignant remplit grâce aux informations contenues dans des profils papier dont il dispose, ou directement selon la connaissance qu'il a de ses apprenants, et fournit en sortie des profils conformes au formalisme de l'environnement EPROFILEA. Ces profils peuvent n'être que partiellement remplis avec Prose, soit parce que l'enseignant n'a pas toutes les données pour les remplir, soit parce qu'ils seront ou qu'ils ont été complétés par le module Tornade.

Il est en outre possible d'une part de modifier les valeurs contenues dans un profil afin de corriger une éventuelle erreur, et d'autre part de compléter un profil avec les valeurs correspondant à de nouvelles évaluations, comme c'est le cas dans Tornade. Dans ce second cas, il peut simplement s'agir d'ajouter les valeurs manquantes dans le profil, ou d'établir un profil évolutif (cf. section 2.1.2 page 32).

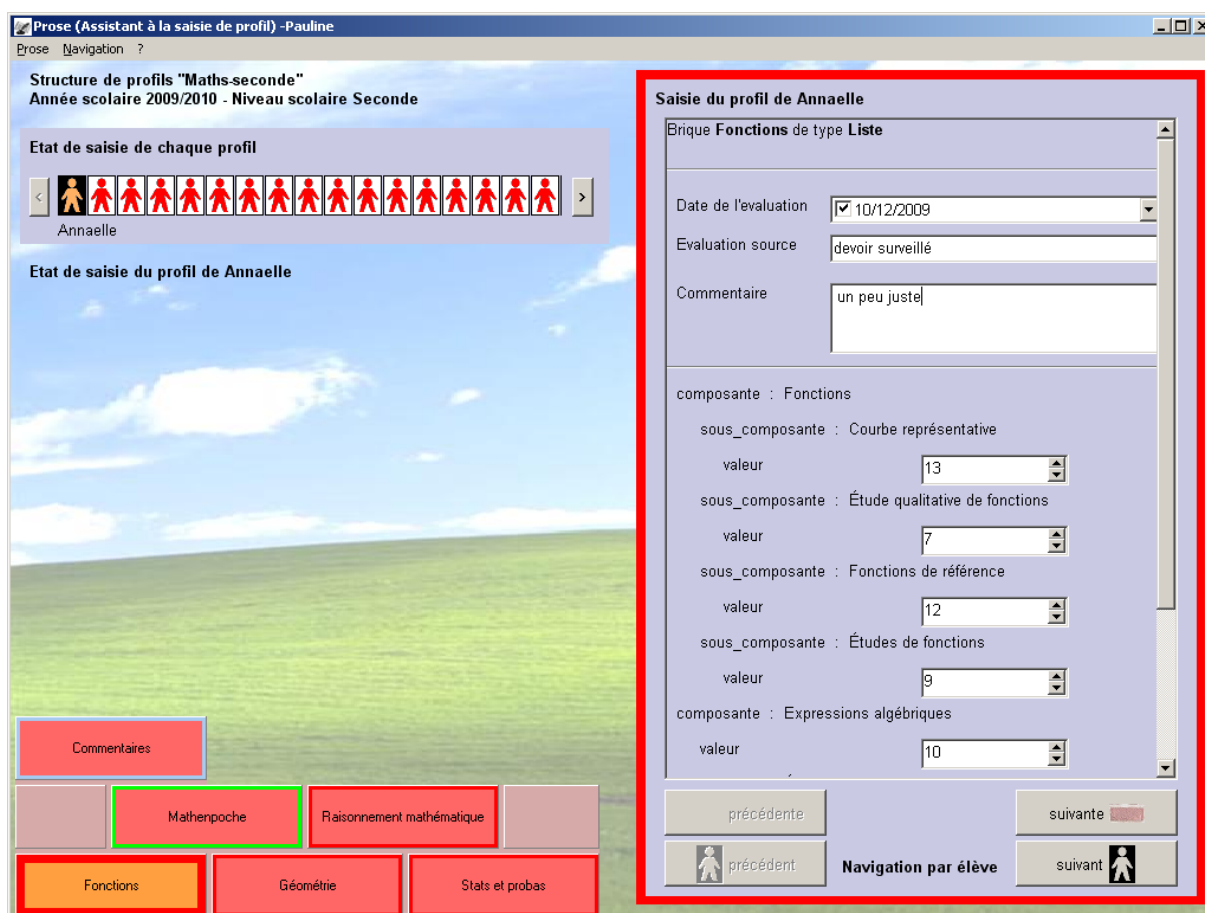


Figure 61 : Intégration de données dans une structure de profils avec Prose.

Le module Prose ne pose pas de difficulté particulière. Il permet de compléter n'importe quelle structure de profils définie dans Bâtitseur, donc respectant le langage de modélisation de profils PMDL.

Ainsi, l'interface est générée dynamiquement en fonction de la structure de profils en entrée. Nous avons essentiellement travaillé sur les différents modes de saisie et sur l'ergonomie du module pour faciliter son usage par l'enseignant.

Le module Prose (cf. Figure 61) dispose de deux modes de navigation, afin de s'adapter aux différentes habitudes d'évaluation des enseignants). La navigation par élève permet à un enseignant de saisir entièrement le profil d'un apprenant avant de passer au profil de l'apprenant suivant. La navigation par brique permet de remplir une brique donnée pour tous les apprenants avant de passer à la brique suivante. Il est également possible de passer d'un mode à l'autre en cours de saisie. Quel que soit le mode de navigation, un code couleur indique l'état de remplissage des profils d'apprenants d'une part et des briques d'autre part.

3.1.2.2.2 Mise à l'essai du module Prose

Prose a été mis à l'essai d'une part auprès de plusieurs enseignants de primaire et de collège et d'autre part auprès d'une centaine d'étudiants. Ce module n'a posé aucune difficulté, ni de prise en main, ni d'utilisation. Notons que l'une des enseignantes ayant testé ce module a complété les profils correspondant à la structure de profils qu'elle avait préalablement créée, pour deux classes complètes. Lors de la première utilisation, elle a mis 55 minutes pour saisir ses appréciations pour les 23 élèves de sa classe. Lors de la deuxième utilisation, elle a mis 40 minutes pour compléter les profils de sa classe de 22 élèves.

3.1.2.3 Des profils hybrides et évolutifs

Notons que les profils EPROFILEA sont potentiellement hybrides, c'est-à-dire qu'ils peuvent comporter des informations provenant de sources différentes. Par exemple, les données d'une brique peuvent provenir d'un $EIAH_{\alpha}$ et avoir été intégrées grâce au convertisseur $C(EIAH_{\alpha}, StrPro_{\beta})$, les données d'une seconde brique peuvent provenir d'un $EIAH_{\gamma}$ et avoir été intégrées grâce au convertisseur $C(EIAH_{\gamma}, StrPro_{\beta})$, et les données d'une troisième brique peuvent provenir d'une évaluation papier-crayon et avoir été saisies dans Prose.

Notons de plus que les profils EPROFILEA sont également potentiellement évolutifs, c'est-à-dire que les données d'un profil peuvent être complétées ou modifiées, par exemple selon l'avancement d'un apprenant ou la disponibilité de nouvelles évaluations au cours d'une année scolaire [Ginon et Jean-Daubias, 2010] [Jean-Daubias et Ginon, 2010] [Ginon et al., 2011].

Ainsi EPROFILEA, grâce aux modules Bâtitteur, Tornade et Prose, permet de gérer des profils à la fois hybrides et évolutifs.

3.1.3 Transformation des profils

Dans l'étape de préparation des profils, au-delà de la description de la structure des profils et de l'intégration de données issues de profils externes, l'environnement EPROFILEA offre aux enseignants la possibilité de transformer les profils qu'ils ont créés. Nous retrouvons cette possibilité dans l'étape de transformation des modèles REPro et ACUTE4profiles. Deux types de telles transformations sont proposés dans EPROFILEA : les opérations sur les profils permises par le module Groupe, que nous présentons ici et la préparation des profils en vue de leurs visualisations établie par le module Regards, que nous présentons pour plus de clarté dans la section consacrée aux exploitations des profils.

3.1.3.1 Groupe – opérations sur les profils

Le module Groupe (Gestion des Regroupements et des Opérations Utiles pour les Profils d'Elèves, qui définit notamment le profil de groupe à partir des profils d'apprenants) permet d'une part à un enseignant de réaliser un certain nombre d'opérations sur les profils : tant sur leur structure que sur leurs données, et d'autre part à un enseignant ou à un expert de créer des fonctions combinant plusieurs opérations.

Les opérations permettent par exemple de filtrer les informations contenues dans les profils, de concaténer des éléments d'un ou plusieurs profils, ou de constituer un profil de groupe à partir de profils

individuels. La section 2.5.1 page 74 donne une description des différentes opérations définies par oPMDLe et la Figure 30 page 75 la typologie des telles activités.

Les fonctions permettent par ailleurs, en combinant plusieurs opérateurs, d'effectuer des opérations plus complexes, qui peuvent ensuite être réutilisées et partagées entre utilisateurs. Une fonction peut par exemple correspondre aux différentes transformations à effectuer sur les profils lors d'un changement d'année scolaire : faire pour chaque brique du profil une moyenne des résultats de l'année, puis remplacer chaque composante du profil par un nœud ayant pour valeur la moyenne de l'apprenant dans toutes les sous-composantes de la composante et ajouter les briques correspondant aux matières étudiées dans la nouvelle année scolaire.

3.1.3.1.1 Principe de fonctionnement du module Groupe

Le module Groupe est mis en œuvre selon une architecture client-serveur. Les opérateurs sur des profils d'apprenants sont centralisés sur le serveur et distribués aux utilisateurs sous forme de services web. Côté client (cf. Figure 62), trois types d'acteurs interagissent avec le module Groupe : l'utilisateur (l'enseignant ou l'expert), les données XML contenant les profils, et les services web. Les services Web EPROFILEA fournissent les opérateurs sur les profils d'apprenants en prenant en entrée les profils initiaux et retournant les résultats, généralement les profils modifiés.

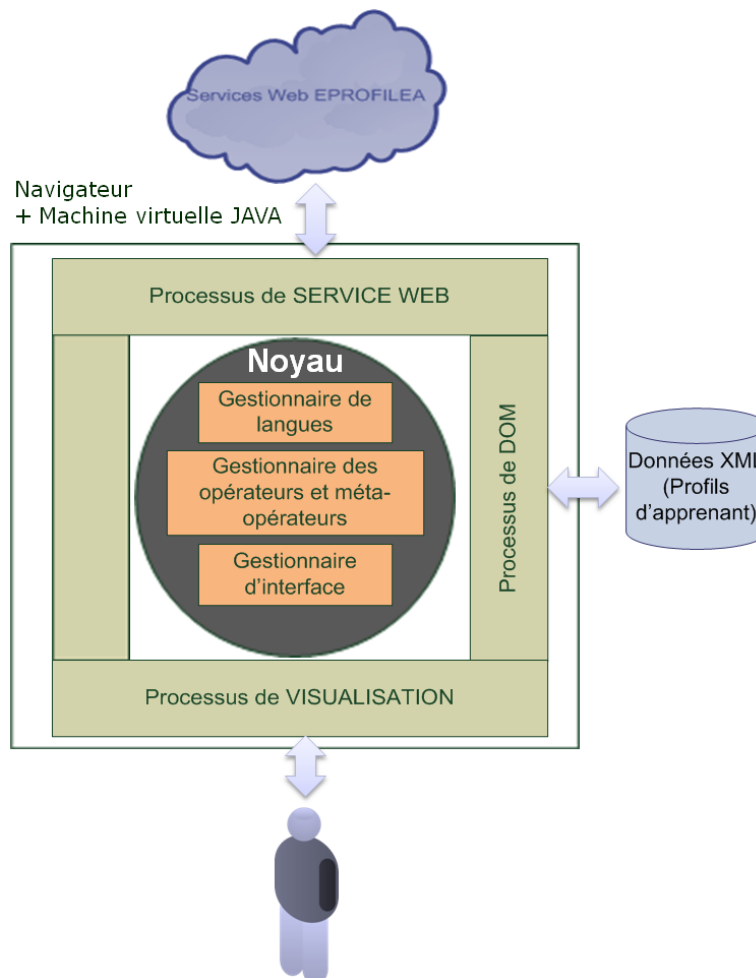


Figure 62 : Architecture du module Groupe côté client [Truong et Jean-Daubias, 2010].

Le module Groupe utilise trois processus pour communiquer avec ces acteurs. Ces processus assurent la communication avec les services web, la gestion des fichiers de profils et la visualisation des différents éléments à l'interface.

Le noyau quant à lui assure la gestion des langues utilisées à l'interface, des différents objets représentés à l'interface, ainsi que les prétraitements effectués sur les opérateurs avant traitement par les services web, notamment ceux qui concernent l'application de fonctions.

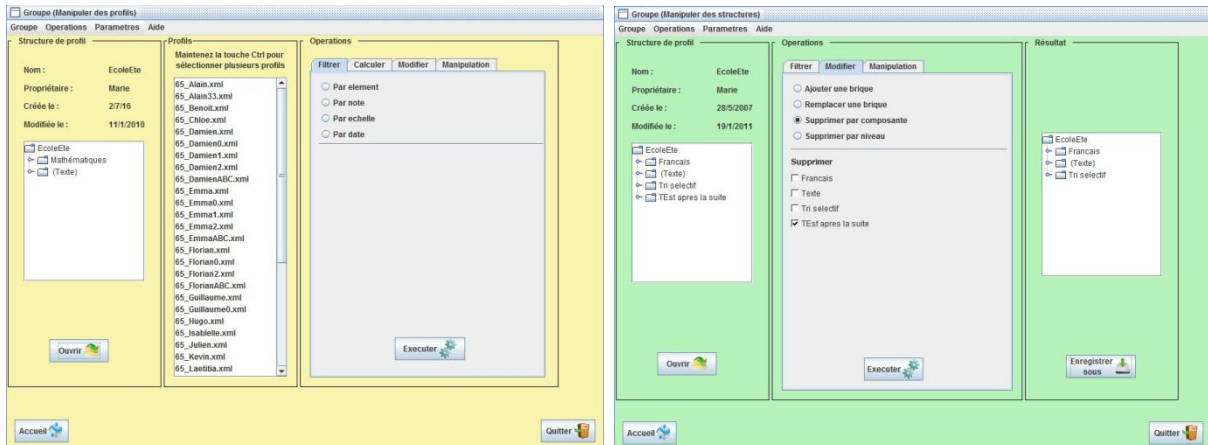


Figure 63 : Opérations sur les profils avec Groupe – sur données et sur structure.

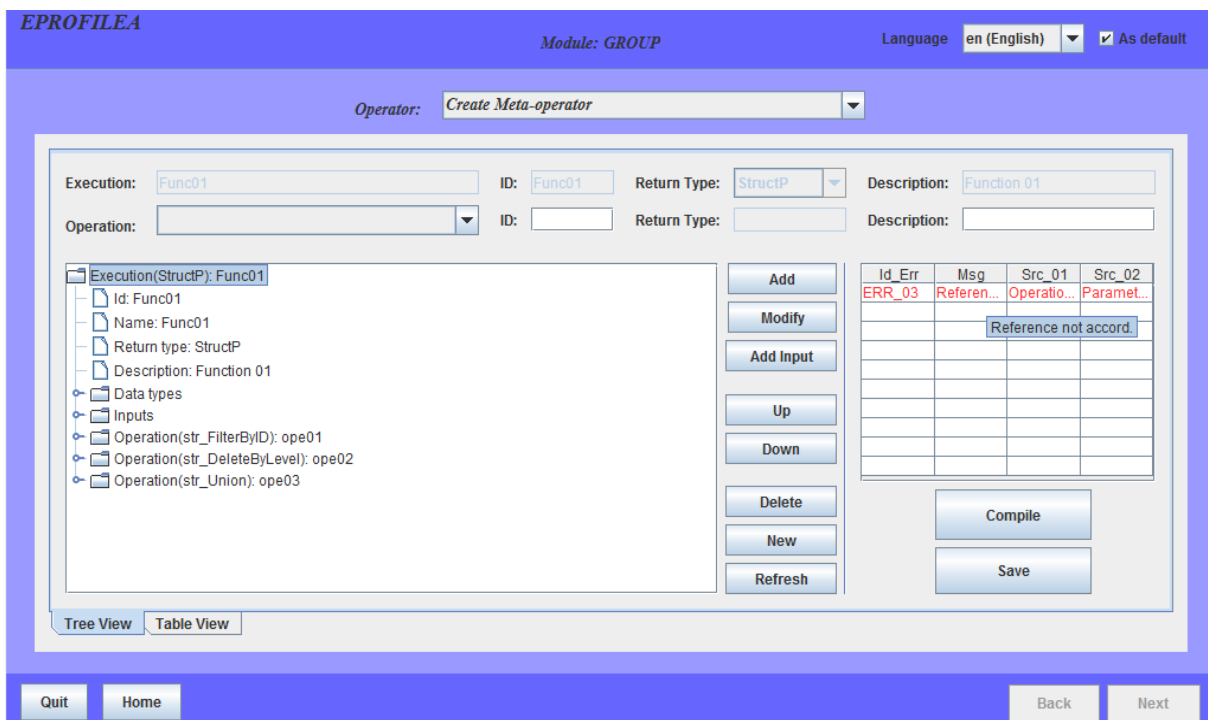


Figure 64 : Création de fonctions de composition d'opérateurs avec Groupe [Truong et Jean-Daubias, 2010].

3.1.3.1.1 Évaluation du module Groupe

Groupe est actuellement à l'état de prototype de recherche. Il met en œuvre l'intégralité des opérateurs sur données (cf. partie gauche de la Figure 63) et une partie des opérateurs sur structure (cf. partie droite de la Figure 63). La possibilité de créer des fonctions est intégrée, mais n'est pas encore pleinement opérationnelle (cf. Figure 64). Le module Groupe n'a pas été mis à l'essai auprès d'enseignants, car il nécessite des modifications, notamment d'ordre ergonomique, avant de pouvoir être utilisé par des enseignants. Le prototype développé permet toutefois de valider l'approche proposée et montre la faisabilité de cette articulation entre opérateurs et fonctions de composition d'opérateurs.

3.1.4 Exploitation des profils

Nous abordons l'exploitation des profils d'apprenants dans EPROFILEA selon deux axes : les activités sur les profils et la définition d'activités pédagogiques. Ces deux types d'activités sont traités

indépendamment, mais toujours avec une approche générique et un accent mis sur la personnalisation en fonction des profils des apprenants et selon les souhaits des enseignants.

Dans cette section, nous abordons tout d’abord la mise en œuvre des activités personnalisées sur les profils d’apprenants au sein d’EPROFILEA, avec les modules Regards et Perl, avant de présenter la mise en œuvre de la définition d’activités pédagogiques externes personnalisées, avec les modules Adapte et Norme, suivant ainsi une progression de l’intérieur vers l’extérieur de l’environnement dans l’exploitation des profils.

3.1.4.1 Regards et Perl – activités personnalisées sur les profils d’apprenants

Les activités personnalisées sur les profils d’apprenants sont mises en œuvre au sein de l’environnement EPROFILEA dans deux modules distincts : le module Regards est dédié à la définition de vues sur les profils qui intègrent les règles de personnalisation souhaitées par l’enseignant, et le module Perl permet la visualisation des profils proprement dite, ainsi que les autres activités sur les profils.

Dans cette section, nous commençons par expliquer le principe de fonctionnement des modules Regards et Perl en adoptant le point de vue de leurs utilisateurs, avant de revenir plus en détail sur ces deux modules tout en établissant des liens avec les modèles, définis dans la partie précédente, sur lesquels s’appuient ces modules. Nous illustrons leur utilisation et nous terminons en présentant les premières évaluations que nous avons conduites sur ces modules.

3.1.4.1.1 Principe de fonctionnement des modules Regards et Perl

Le module Regards permet aux enseignants d’exprimer leurs souhaits pédagogiques dans différentes vues sur les profils d’apprenants. Le module Perl permet aux différents acteurs de l’apprentissage (apprenants, mais aussi enseignants, familles, institutions, chercheurs) d’effectuer les activités sur les profils de manière entièrement personnalisée. La Figure 65 décrit le fonctionnement de ces deux modules du point de vue de leurs utilisateurs, en faisant référence aux modèles sur lesquels s’appuie notre approche.

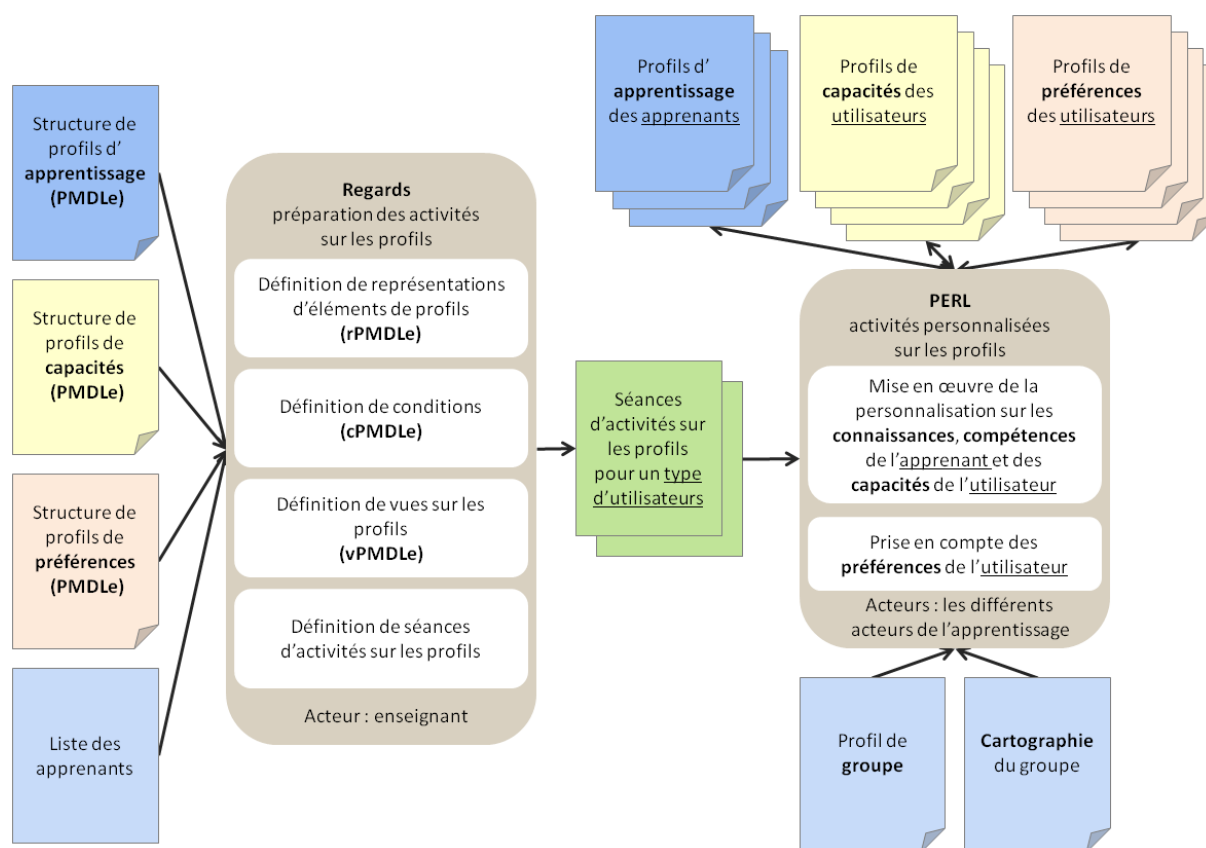


Figure 65 : Fonctionnement des modules Regards et Perl [Ginon et Jean-Daubias, 2011a].

Le module Regards permet à l'enseignant de préparer des séances d'activités sur les profils, adaptées à une structure de profils d'apprentissage, à une structure de profils de capacités et à une structure de profils de préférences, toutes trois respectant le langage de modélisation de profils PMDL (cf. section 2.4.2.4 page 60 et 2.4.2.7 page 64), ainsi qu'à une liste d'apprenants, séances d'activités qui seront réalisées au sein du module Perl. Ces deux modules mettent ainsi en œuvre notre modèle de personnalisation PERSUMAP (cf. section 2.6.3.2 page 91). Lors de la création de séances d'activités, l'enseignant crée des vues sur profils définies en vPMDL (cf. section 2.6.3.4 page 93), qui utilisent des représentations d'éléments définies en rPMDL (cf. section 2.6.3.5 page 93) et éventuellement des conditions définies à l'aide de cPMDL (cf. section 2.6.2.2 page 83 et 2.6.3.3 page 93). Les représentations définies en rPMDL spécifient comment représenter les éléments d'un profil correspondant à une structure de profils donnée pour une activité donnée sur les profils. Les conditions définies en cPMDL permettent de contraindre les représentations et les activités à partir des profils d'apprentissage, des profils de capacités ou de la liste des apprenants. Regards produit des séances d'activités sur les profils définies par types d'utilisateurs.

Le module Perl met ensuite en œuvre cette séance d'activités en fournissant à chaque utilisateur les activités sur les profils dont la personnalisation a été préalablement définie par l'enseignant dans Regards sous forme de règles de personnalisation exprimées dans les vues. Pour cela, Perl prend en compte, non seulement les profils d'apprentissage du ou des apprenants concernés (incluant ses connaissances et compétences), mais également le profil de capacités et le profil de préférences de l'utilisateur qui effectue l'activité. Notons qu'utilisateur et apprenant ne font qu'un dans le cas où c'est l'apprenant qui effectue les activités sur les profils.

3.1.4.1.2 Regards – préparation des visualisations des profils

Revenons maintenant plus en détail sur le module Regards (l'idée, pour le nom de ce module, est qu'il permet d'adopter différents regards sur un même profil). Il permet à l'enseignant de préparer les activités sur les profils pour les différents acteurs concernés (apprenants, enseignants, familles, institutions, chercheurs).

Pour cela, Regards est fourni avec des représentations d'éléments de profils PMDL, représentations déjà créées en respectant rPMDL. Mais ce module permet également à son utilisateur, l'enseignant, de définir ses propres représentations d'éléments de profils, ou de personnaliser les représentations existantes (cf. Figure 66). Pour tous les éléments de profils pris en charge par Regards, c'est-à-dire tous les éléments de profils respectant le langage PMDL, il est possible de définir des représentations textuelles ou numériques. Pour les éléments associés à une échelle numérique ou textuelle, il est possible de définir des représentations graphiques (cf. partie gauche de la Figure 66), symboliques (cf. partie droite de la Figure 66), textuelles ou numériques. Le module Regards permet également à l'enseignant de définir des représentations composées d'éléments de profils : différents diagrammes, courbes ou histogrammes (cf. Figure 67 pour des exemples). Pour ces représentations composées, l'enseignant peut choisir de prendre en compte les préférences de l'utilisateur au niveau du choix des couleurs et des polices d'affichage.

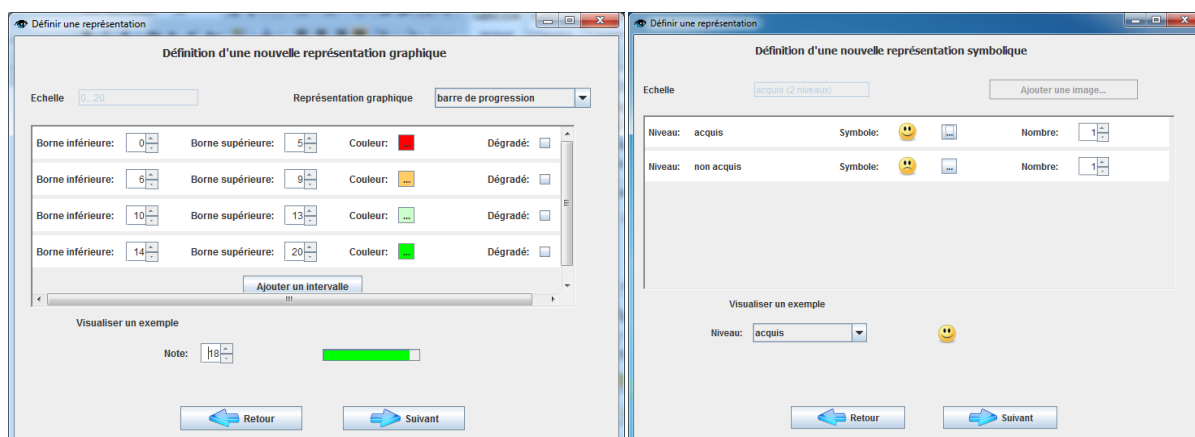


Figure 66 : Définition de représentations d'éléments de profils avec Regards [Ginon et Jean-Daubias, 2011a].

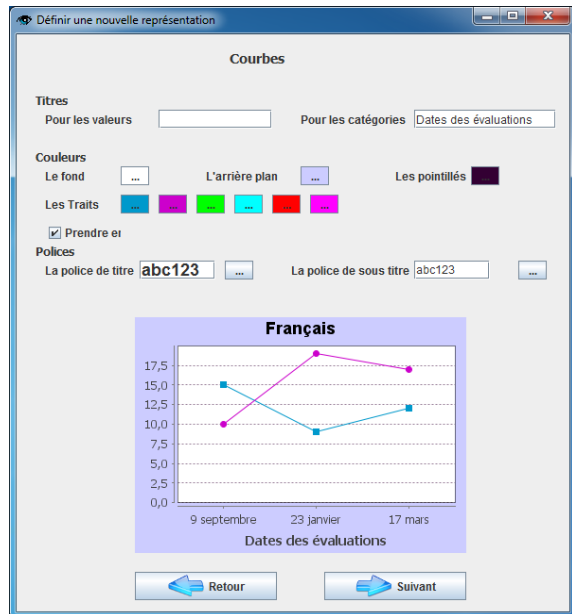
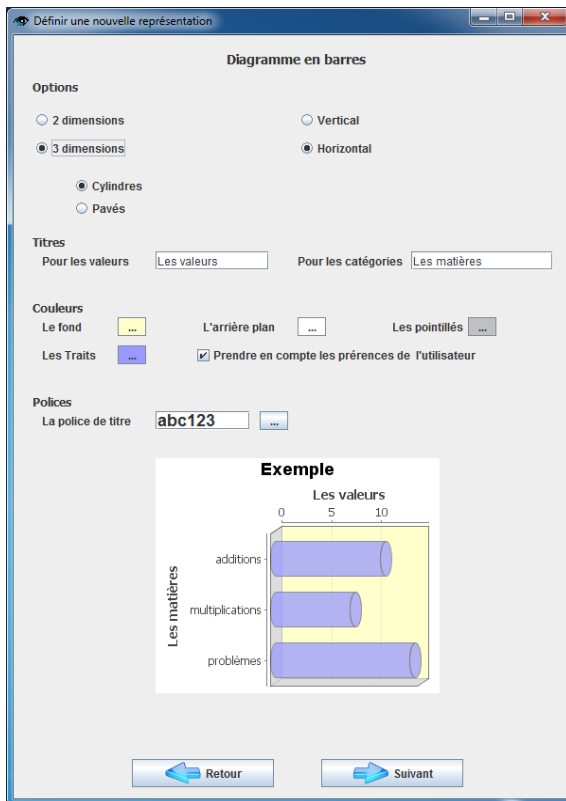


Figure 67 : Définition de représentations composées d'éléments avec Regards [Ginon et Jean-Daubias, 2011a].

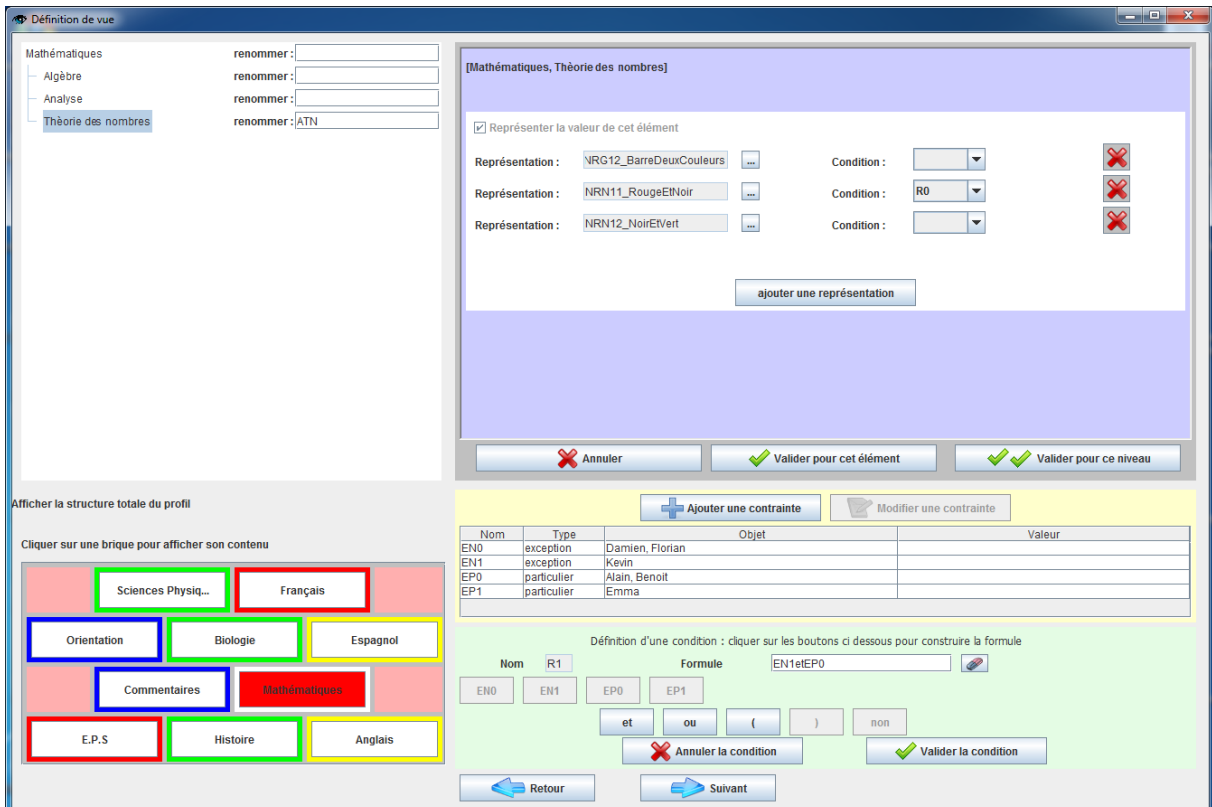


Figure 68 : Définition d'une vue sur profils avec Regards [Ginon et Jean-Daubias, 2011a].

Pour associer de telles représentations aux éléments d'une structure de profils écrite en PMDL, Regards permet à l'enseignant de créer des vues sur profils respectant le modèle vPMDLe (cf. Figure 68). L'enseignant peut ainsi créer des vues sur les profils, en associant les éléments de la structure de profils qu'il souhaite communiquer aux utilisateurs, à des représentations qu'il a préalablement créées, ou à celles fournies par l'environnement.

L'enseignant peut contraindre ces vues en agissant sur le profil d'apprentissage d'un apprenant, le profil de capacités d'un utilisateur ou la liste des apprenants concernés à l'aide de contraintes respectant cPMDLe (cf. Figure 68 et Figure 69). Il peut ensuite combiner ces contraintes pour former des conditions qu'il pourra associer aux représentations (cf. partie basse à droite de la Figure 68).

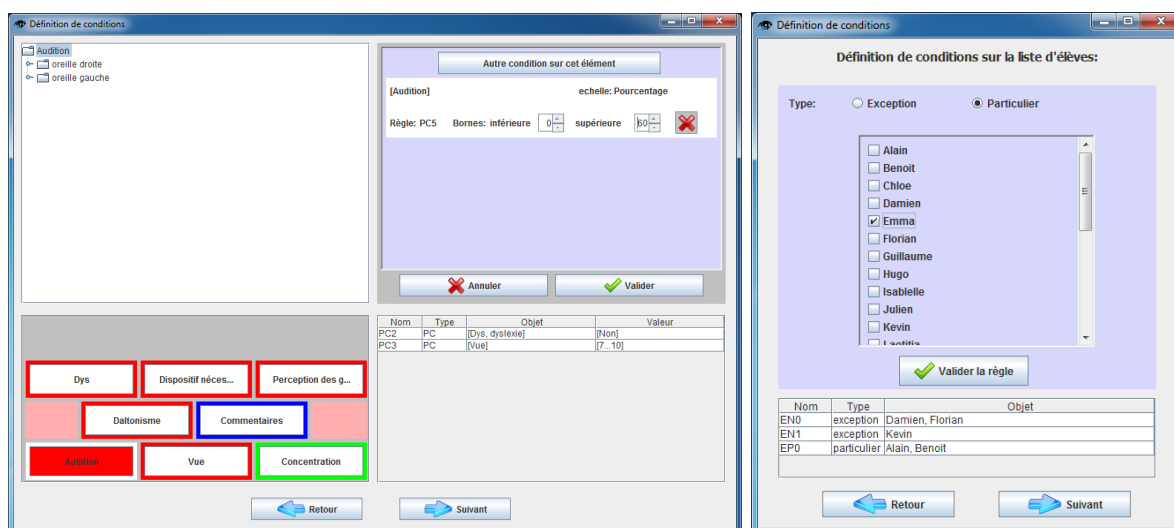


Figure 69 : Définition de contraintes avec Regards – sur profil de capacités et sur liste d'apprenants [Ginon et Jean-Daubias, 2011a].

Enfin, Regards permet à l'enseignant de définir des séances d'activités (cf. Figure 70), pour affecter des activités à un type d'utilisateurs, en précisant quelle vue sera utilisée pour chacune des activités sélectionnées et éventuellement, s'il le souhaite, en conditionnant la disponibilité de ces activités, toujours à l'aide d'une combinaison de contraintes respectant cPMDLe.

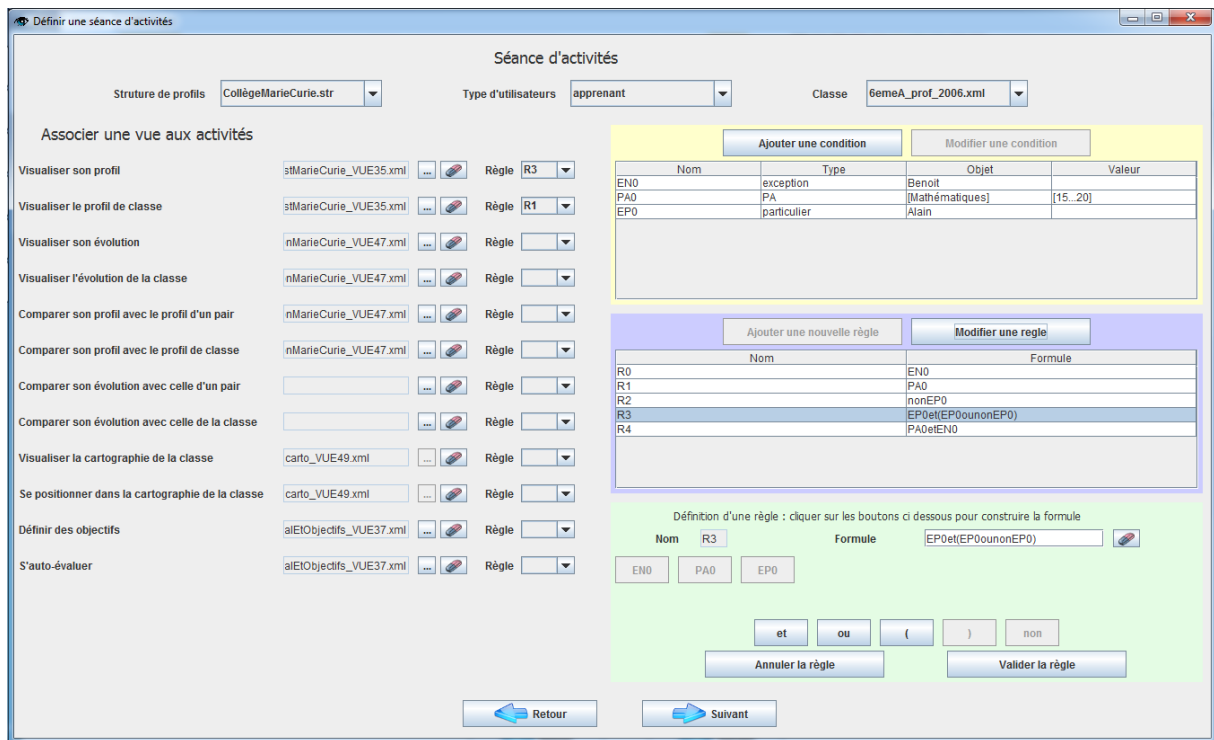


Figure 70 : Définition d'une séance d'activités sur les profils avec Regards [Ginon et Jean-Daubias, 2011a].

Le module Regards permet ainsi à l'enseignant de préparer, pour les différents acteurs de l'apprentissage, les activités sur les profils de ses apprenants. Il pourra ainsi par exemple, pour les apprenants, préparer une séance d'activités sur les profils intégrant la visualisation du profil et de son évolution, la visualisation du profil de la classe, la comparaison du profil de l'apprenant au profil de la classe et la négociation du profil. Pour lui-même, l'enseignant pourra préparer une visualisation qui lui convient pour étudier les profils individuels et leur évolution, le profil de la classe, ainsi que sa cartographie. Pour les familles, il pourra permettre les activités d'appropriation du profil, la comparaison du profil au profil de la classe et la définition d'objectifs. Que ce soit pour les apprenants ou pour les familles, l'enseignant pourra reformuler les intitulés de connaissances présents dans les profils pour les rendre accessibles à ces publics. Pour chaque type d'utilisateurs, la séance d'activités sera associée à un ensemble de règles définissant la personnalisation qui sera faite de ces activités au moment de leur réalisation dans le module Perl.

3.1.4.1.3 Perl – visualisation des profils et activités sur les profils

Le module Perl (Profils d'Elèves Réutilisés) est l'une des exploitations possibles des profils d'apprenants au sein d'EPROFILEA, dans l'étape d'exploitation des profils du modèle ACUTE4profils (cf. (E) Figure 14 page 17).

Le module Perl s'adresse aux différents acteurs de l'apprentissage : apprenants, familles, enseignants, chercheurs, institutions. Il utilise les séances d'activités définies par l'enseignant dans le module Regards pour proposer à chaque acteur de l'apprentissage des activités personnalisées sur les profils des apprenants. Les activités proposées par Perl diffèrent selon le type d'utilisateurs, mais elles peuvent également varier entre utilisateurs du même type grâce aux règles de personnalisation mise en place dans Regards. Chaque utilisateur peut accéder aux activités qui lui sont proposées, à partir des séances d'activités définies par l'enseignant dans Regards (cf. Figure 71). Plusieurs séances d'activités peuvent être disponibles pour un même utilisateur. Par ailleurs, l'enseignant peut accéder à toutes les séances d'activités sur les profils qu'il a définies pour d'autres utilisateurs.

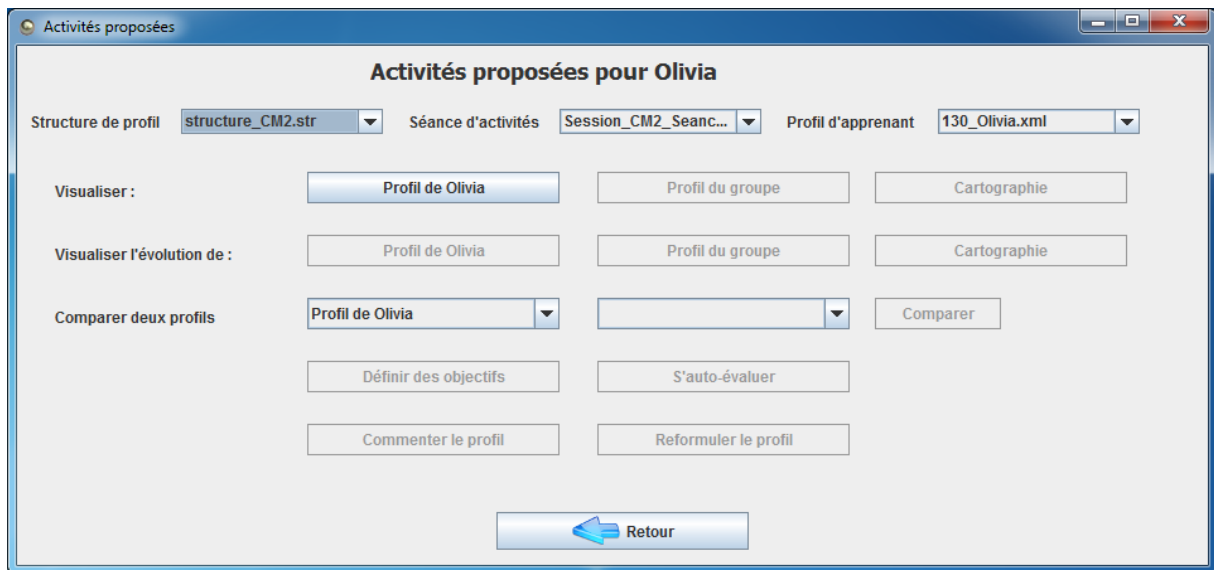


Figure 71 : Choix d'une activité par l'utilisateur de Perl [Ginon et Jean-Daubias, 2011a].

Sur l'écran principal d'une activité sur profils dans Perl (cf. Figure 72), nous retrouvons le mur de briques qui représente, comme dans les autres modules de l'environnement EPROFILEA, l'ensemble du profil. L'utilisateur peut cliquer sur l'une des briques pour obtenir des détails sur un élément donné du profil.

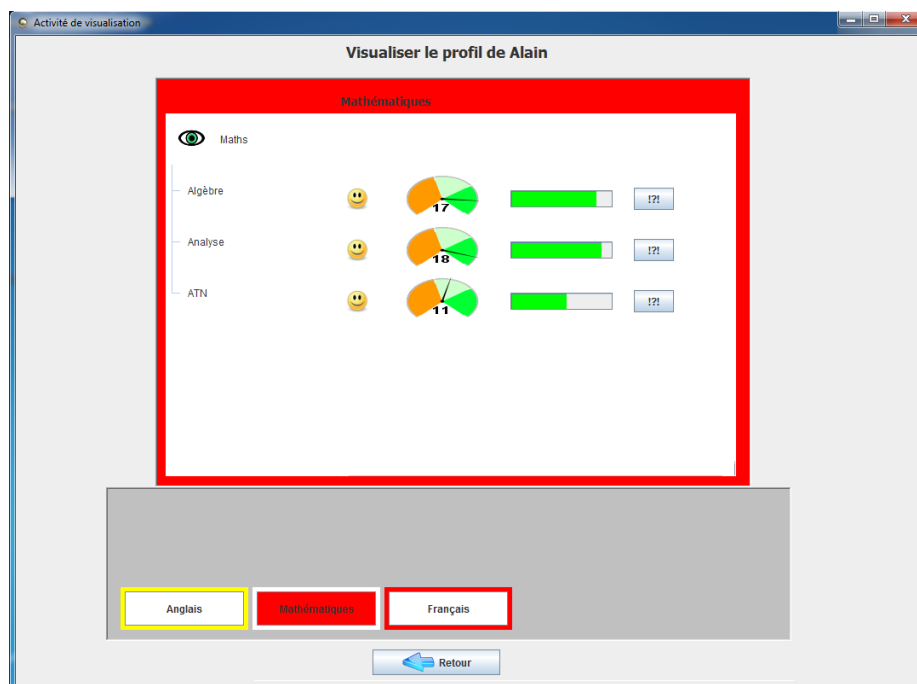


Figure 72 : Activité de visualisation de profil dans Perl [Ginon et Jean-Daubias, 2011a].

Chaque activité proposée par Perl s'appuie sur une vue définie avec Regards, personnalisée pour l'utilisateur par application des règles spécifiées préalablement. La personnalisation se fait d'une part en fonction des choix de l'enseignant, exprimés dans la vue, et d'autre part en fonction des préférences de l'utilisateur exprimées dans le profil correspondant. Pour chaque élément du profil, un ensemble de représentations est disponible pour l'utilisateur (celles qui respectent les règles établies dans Regards) ; l'utilisateur ne peut visualiser que les éléments du profil pour lesquels au moins une représentation est disponible pour lui. En conséquence, deux utilisateurs ne pourront pas nécessairement visualiser les mêmes éléments de leur profil, et pour un même élément, deux utilisateurs n'auront pas toujours accès aux mêmes représentations. Perl sélectionne ensuite parmi les représentations disponibles pour un utilisateur la ou les représentations qui correspondent le mieux à ses préférences, exprimées dans son

profil de préférences. Pour cela, l'utilisateur a préalablement évalué dans ce profil chaque type de représentations à l'aide de l'échelle textuelle « pas du tout apprécié/ peu apprécié/ apprécié/ très apprécié ». Chaque utilisateur a la possibilité de consulter et de modifier son profil de préférences, ainsi que son profil de capacités. Les représentations disponibles pour un utilisateur donné sont classées par ordre de préférence, et Perl propose les premières représentations de ce classement. L'utilisateur a néanmoins la possibilité de choisir toute autre combinaison de représentations disponibles pour lui (cf. Figure 73).

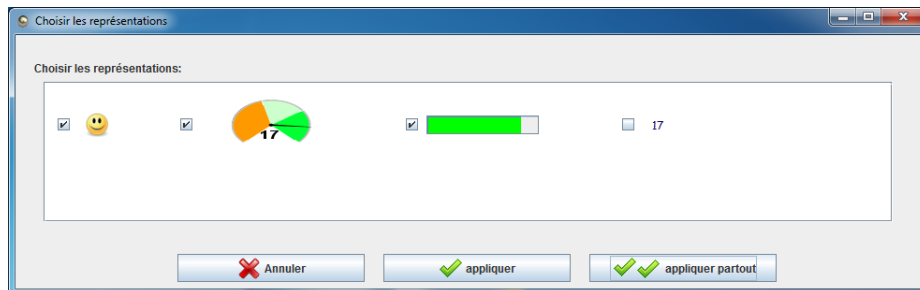


Figure 73 : Choix d'une combinaison de représentations d'éléments dans Perl [Ginon et Jean-Daubias, 2011a].

Lorsque des représentations composées sont disponibles pour un élément de profil, l'utilisateur peut y accéder (cf. Figure 74) à partir de l'icône en forme d'œil de l'écran principal (cf. Figure 72).

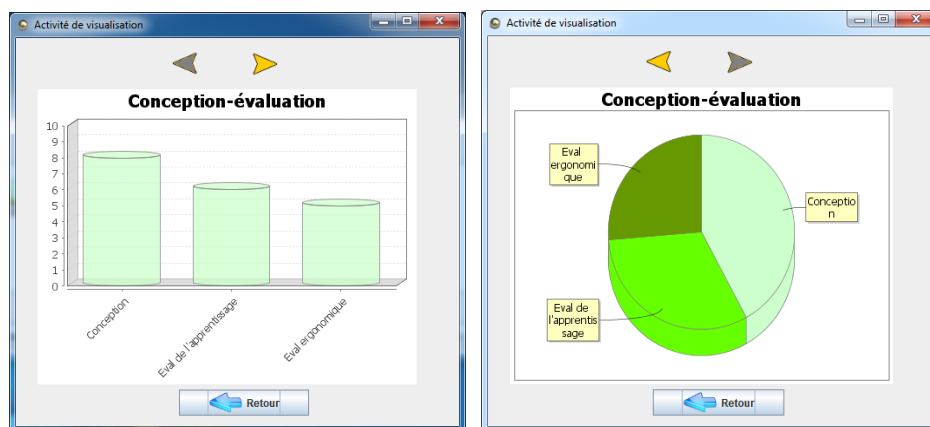


Figure 74 : Visualisation de représentations composées dans Perl [Ginon et Jean-Daubias, 2011a].

Le module Perl permet ainsi aux différents acteurs de l'apprentissage d'effectuer les différentes activités sur les profils préparés par l'enseignant avec Regards, activités entièrement personnalisées en fonction, d'une part des connaissances et compétences des apprenants données par leur profil d'apprentissage, et d'autre part des capacités et préférences des utilisateurs données par les profils qu'ils ont complété.

Reprenons l'exemple que nous avons utilisé pour conclure la section 3.1.4.1.2.

L'enseignante de la classe, Valérie, consulte en détail le profil d'Olivia, en difficulté sur la dernière période, ainsi que l'évolution du profil de Thomas, élève en difficulté dont elle suit très régulièrement les résultats. Pour les autres élèves, elle se contente de travailler sur la cartographie de la classe.

Pour adopter le point de vue des apprenants, prenons le cas de Maëlys, l'une des élèves de Valérie. Maëlys peut effectuer toutes les activités définies pour les élèves, avec un vocabulaire adapté au niveau scolaire de la classe. Elle a un maximum de trois représentations graphiques, de couleur mauve, sa couleur préférée, pour chaque élément (informations données par son profil de préférences). Comme elle a une légère déficience visuelle (indiquée par son profil de capacités), le texte de son profil est affiché légèrement plus gros que celui des représentations par défaut. Prenons maintenant le cas de Timéo, autre élève de la classe. Il peut également effectuer les différentes activités définies par l'enseignante, mais pas celle de négociation du profil, réservée par Valérie aux apprenants ayant suffisamment de recul sur leur apprentissage. Il a une seule représentation par élément de profils, de couleur foncée. Son copain

Baptiste, lui, ne peut consulter qu'une vue d'ensemble de ses résultats et de leur évolution, sans pouvoir les comparer au reste de la classe, choix de l'enseignante pour éviter de le décourager.

Les familles quant à elles peuvent visualiser les profils et définir avec leur enfant un objectif à atteindre pour la prochaine évaluation. Ainsi, Maëlys voudrait améliorer sa vitesse d'écriture. Son profil de connaissances et compétences indique pour l'instant « lente » pour cette compétence. Avec ses parents, elle détermine comme objectif de passer à « assez lente » pour la prochaine évaluation. Les activités destinées aux familles sont également adaptées aux préférences et capacités des familles. Ainsi, la maman de Maëlys choisit des représentations exclusivement textuelles, alors que celle de Baptiste choisit des représentations graphiques. Quant à la maman de Rémi, non-voyante, elle dispose de représentations principalement sonores et elle prend connaissance des parties textuelles du profil de son fils grâce à sa barrette de lecture Braille.

3.1.4.1.4 Évaluation des modules Regards et Perl

Les modules Regards et Perl, en montrant la faisabilité de notre approche, valident notre démarche de personnalisation. Ils permettent en effet respectivement à l'enseignant de définir des vues personnalisées sur les profils d'apprenants et aux acteurs de l'apprentissage d'effectuer les activités correspondantes.

Nous avons effectué de premières mises à l'essai de ces modules auprès d'étudiants.

Nous avons d'une part mis à l'essai les outils de visualisation de profils personnalisables que nous proposons, en permettant à 48 étudiants d'effectuer dans le module Perl les activités sur leurs profils, que nous avons préalablement préparées à l'aide du module Regards. Ces activités ont permis aux étudiants de prendre connaissance de leur profil, contenant leurs résultats pour le cours auquel ils étaient inscrits. Les étudiants ont réalisé sans problème les activités qui leur étaient proposées. Ils ont déclaré avoir compris le contenu de leur profil, et l'intérêt des activités qui leur étaient proposées. Ils ont également apprécié la diversité et la richesse des représentations d'éléments de profils proposées dans Perl.

Nous avons d'autre part étudié plus précisément la personnalisation des activités sur les profils auprès de 66 étudiants ayant utilisé l'environnement EPROFILEA dans sa totalité. Ils ont en particulier utilisé le module Regards en tant qu'enseignants pour créer des représentations d'éléments de profils et des conditions portant sur les profils de connaissances et de capacités. Ils ont ensuite utilisé ces représentations pour créer des vues sur profils et des séances d'activités personnalisées. Les étudiants ont dans un second temps utilisé le module Perl en tant qu'apprenants pour effectuer ces activités. Là encore, les étudiants sont globalement parvenus à créer des séances d'activités personnalisées dans Regards, et à les exploiter dans Perl. Certains étudiants ont toutefois été perturbés par la généricité de l'approche et la grande variété des possibilités offertes par ce module.

Ces mises à l'essai ne sont bien entendu que la première étape d'une série d'expérimentations plus vastes, nécessitant de faire intervenir des utilisateurs correspondant aux différents publics cibles : d'une part pour le module Regards des enseignants de divers niveaux, élémentaire, secondaire, supérieur et formation continue, et d'autre part pour le module Perl des apprenants de différents âges et niveaux, mais également d'autres types d'utilisateurs, des familles notamment. Ces différents utilisateurs devront intégrer des personnes en situation de handicap, afin de tester la prise en compte du profil de capacités dans la personnalisation.

3.1.4.2 Adapte – personnalisation d'activités pédagogiques

Le module Adapte (qui propose des activités adaptées à chaque apprenant) [Lefevre, 2008] [Lefevre et al., 2008] [Jean-Daubias et al., 2009c] [Lefevre et al., 2009a] [Lefevre et al., 2011b] est l'autre exploitation possible des profils au sein d'EPROFILEA dans l'étape d'exploitation des profils du modèle ACUTE4profiles (cf. (E) Figure 14 page 17). Il permet à l'acteur de la personnalisation, enseignant ou module pédagogique d'un EIAH, de fournir à chaque apprenant, des activités adaptées à son profil, tout en respectant les choix pédagogiques de son enseignant. Ces activités peuvent être des activités papier-crayon proposées par le système ou des activités logicielles gérées par un autre EIAH [Lefevre et al., 2009a] [Lefevre et al., 2011b].

Dans cette section, nous présentons le principe du fonctionnement des modules Adapte et Norme en adoptant le point de vue de leurs utilisateurs, tout en établissant des liens avec les modèles définis dans la

partie précédente, sur lesquels s'appuient ces modules. Nous illustrons ce fonctionnement et nous terminons avec les évaluations conduites concernant ces modules.

3.1.4.2.1 Principe du fonctionnement du module Adapte

Le module Adapte comporte trois parties (cf. Figure 75) : la prise en charge d'un nouvel EIAH dans laquelle un expert initialise les bases de connaissances relatives aux EIAH à personnaliser (utilisation ponctuelle), la création de séquences de travail personnalisées (utilisation courante du module), et la conversion vers une norme pédagogique qui permet d'exporter les activités créées dans Adapte vers une norme donnée dans un but d'interopérabilité (utilisation ponctuelle). Pour cela, Adapte met en œuvre les modèles proposés dans l'approche GEPPETO (cf. section 2.6.2.3.1 page 85).

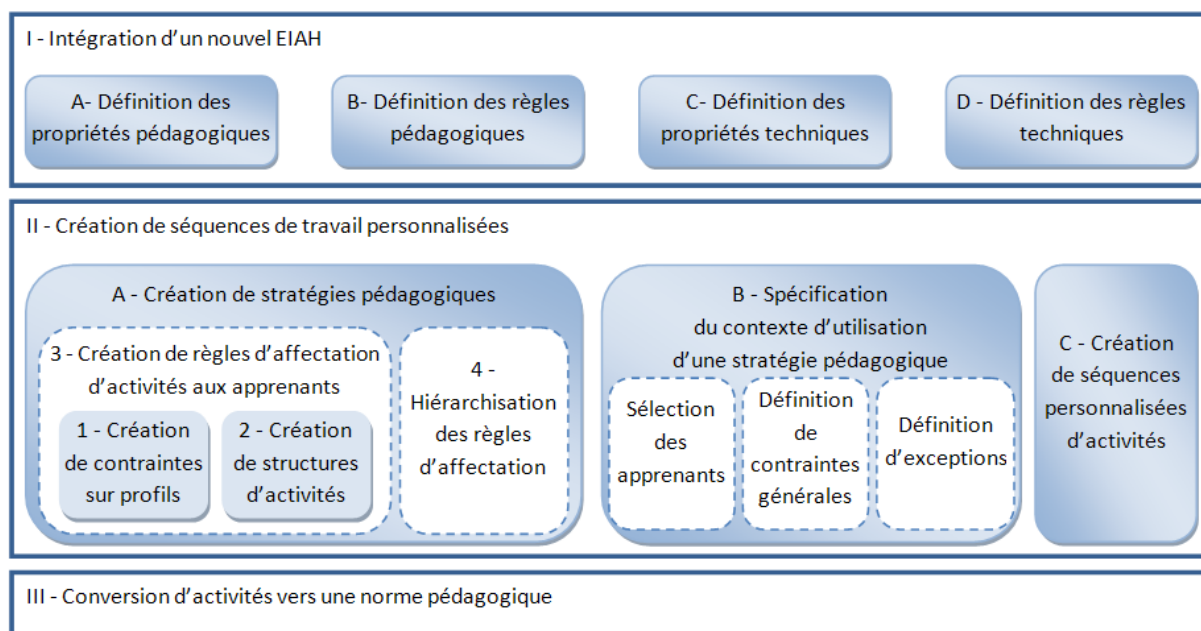


Figure 75 : Fonctionnement du module Adapte [Lefevre, 2009].

3.1.4.2.1.1 Prise en charge d'un nouvel EIAH

La partie *Intégration d'un nouvel EIAH* du module Adapte (cf. I sur la Figure 75) est utilisée par un expert qui peut être le correspondant informatique de l'institution scolaire utilisant Adapte, un concepteur d'Adapte ou un concepteur du nouvel EIAH à personnaliser. Cette partie permet, pour chaque EIAH, d'intégrer les connaissances techniques et pédagogiques nécessaires. Elle est nécessaire pour qu'Adapte puisse personnaliser un EIAH, mais elle n'est utilisée que dans la phase d'initialisation du module. Pour permettre à l'expert de fournir les connaissances utiles à la personnalisation d'un EIAH, Adapte utilise le méta-modèle AKEPI, un méta-modèle pour l'acquisition des connaissances permettant la personnalisation des EIAH. Ce méta-modèle contient quatre parties sur lesquelles la partie *Intégration d'un nouvel EIAH* s'appuie afin de définir les modèles OKEP. Chaque modèle OKEP/x est un modèle des connaissances opérationnelles permettant la personnalisation de l'EIAH x.

Dans la première étape de la prise en charge d'un nouvel EIAH (cf. I-A sur la Figure 75), l'expert définit les propriétés de la description pédagogique de l'EIAH (cf. Figure 76) : le contenu pédagogique de l'EIAH, et si l'EIAH permet leur personnalisation, l'organisation pédagogique (comment combiner des activités pour former des séquences de travail), les fonctionnalités de l'EIAH, les rétroactions proposées à l'apprenant et l'interface du logiciel (langue, couleur, police, etc.).

Dans la seconde étape (cf. I-B sur la Figure 75), l'expert définit les règles permettant de contraindre les propriétés de la description pédagogique du modèle OKEP à l'aide de règles « si-alors ». Cette description pédagogique, contenant l'ensemble des propriétés personnalisables de l'EIAH, ainsi que les règles permettant de contraindre l'utilisation de ces propriétés, est mémorisée dans le modèle OKEP/x de l'EIAH x décrit.

Dans les troisième et quatrième étapes (cf. I-C et I-D sur la Figure 75), toujours en respectant le même méta-modèle, l'expert définit les propriétés et les règles contenues dans la description technique du modèle OKEP de l'EIAH. Pour cela il liste les dossiers, fichiers et menus utiles à la personnalisation et il indique comment créer ou compléter les fichiers de configuration et/ou il précise quels items de menus l'utilisateur de l'EIAH devra utiliser pour personnaliser l'EIAH. Cette partie d'Adapte instancie le processus AKASI, qui utilise le méta-modèle AKEPI pour créer un modèle OKEP/x propre à l'EIAH x.

Une fois le nouvel EIAH pris en charge par Adapte, les enseignants pourront définir des séquences personnalisées intégrant des activités au sein de cet EIAH.

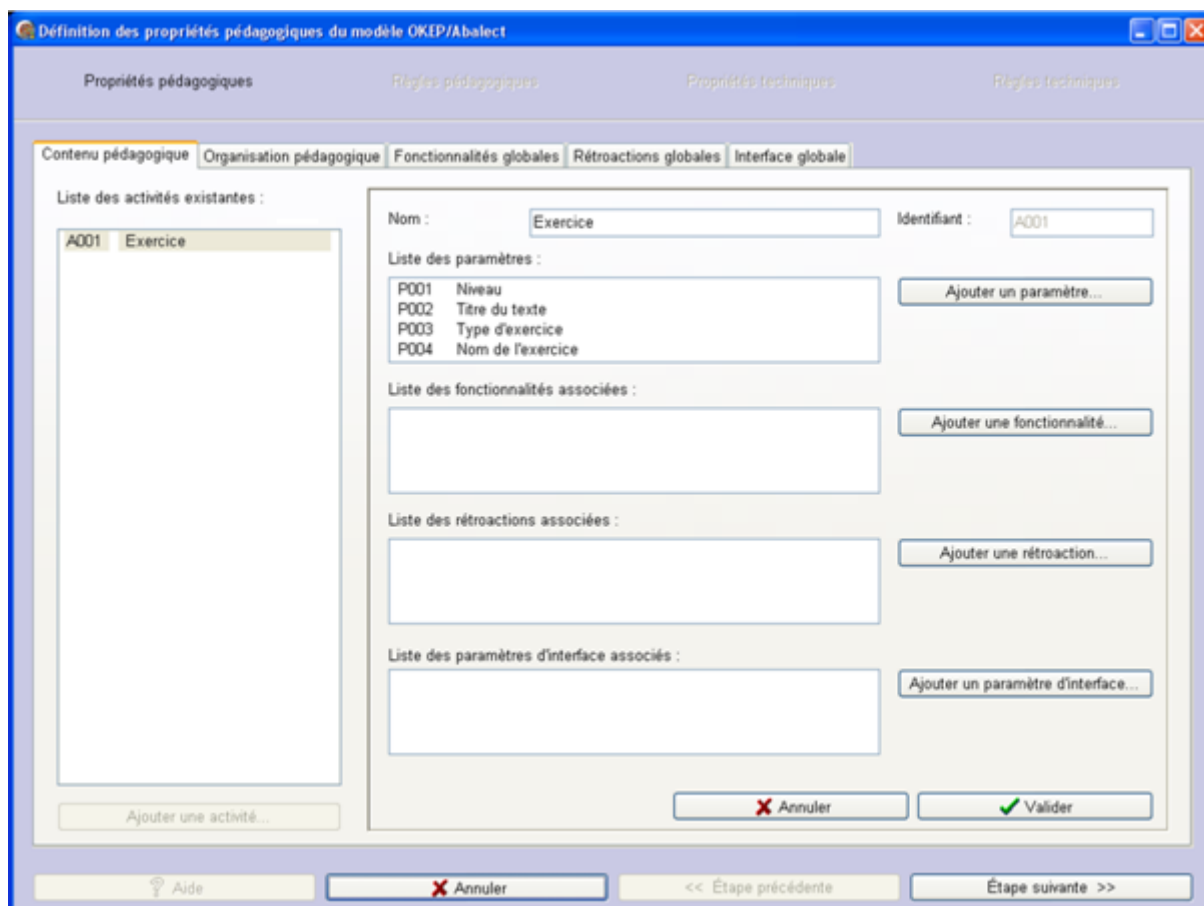


Figure 76 : Prise en charge d'un nouvel EIAH avec Adapte – exemple de la description pédagogique d'Abalect [Lefevre, 2009].

3.1.4.2.1.2 Création de séquences de travail personnalisées

La partie du module Adapte dédiée à la création de séquences de travail personnalisées permet d'obtenir des activités papier ou logicielles [Lefevre et al., 2009c]. Elle peut être utilisée selon plusieurs modes dans lesquels l'enseignant intervient à des degrés divers (allant de l'utilisation du module exclusivement par un enseignant, à son utilisation sans enseignant). Nous détaillons ici l'usage le plus courant : la création de séquences d'activités à partir du profil des apprenants et selon les intentions pédagogiques de l'enseignant. Ce mode d'utilisation nécessite trois étapes (cf. II sur la Figure 75) : la création par l'enseignant de ses stratégies pédagogiques, la spécification par l'enseignant du contexte d'utilisation et la création par le système de séquences d'activités personnalisées.

Créer une stratégie pédagogique (cf. II-A sur la Figure 75) consiste à décrire la manière dont nous souhaitons que les activités soient affectées aux apprenants. Pour modéliser l'affectation d'une activité à un apprenant il est nécessaire de capter l'expertise des enseignants et de la représenter en tant que connaissance dans le système d'assistance. C'est sur la base d'un recueil d'expertises auprès d'enseignants que nous avons retenu des règles permettant à un enseignant d'affecter un type d'exercices à un élément de profil. Ces règles ont été formalisées dans le modèle de personnalisation

PERSUA2 présenté dans la section 2.6.2.1 page 82. Ce modèle a ensuite été mis en œuvre dans le module Adapte. Ainsi, pour créer une stratégie pédagogique dans Adapte, un utilisateur crée des structures d'activités comportant un ensemble de contraintes permettant de générer ou de sélectionner une activité papier ou logicielle (cf. II-A-1 sur la Figure 75). Après avoir créé une structure d'activités, il définit des contraintes sur la structure de profils décrivant le profil des apprenants (cf. II-A-2 sur la Figure 75). Le lien entre ces deux types de contraintes est appelé règle d'affectation d'activités aux apprenants (cf. II-A-a3 sur la Figure 75). C'est l'ensemble de ces règles d'affectation et leur hiérarchisation en fonction de leurs priorités qui constitue la stratégie pédagogique de l'enseignant (cf. II-A-4 sur la Figure 75). Nous détaillons maintenant la façon dont chacune de ces étapes est implémentée dans Adapte.

La **création de structures d'activités** permet à l'utilisateur de définir des activités, papier ou logicielles, correspondant à ses habitudes de travail.

En ce qui concerne la création d'activités papier, l'utilisateur sélectionne un type d'exercices associé à un patron d'exercices parmi les huit patrons d'exercices qui permettent de créer 15 types d'exercices. À partir du type d'exercices choisi, l'utilisateur peut définir les contraintes qu'il souhaite afin que le système génère des exercices qui lui conviennent. Pour cela, le système lui propose l'écran de définition de contraintes adapté au type d'exercices sélectionné (cf. partie gauche de la Figure 77).

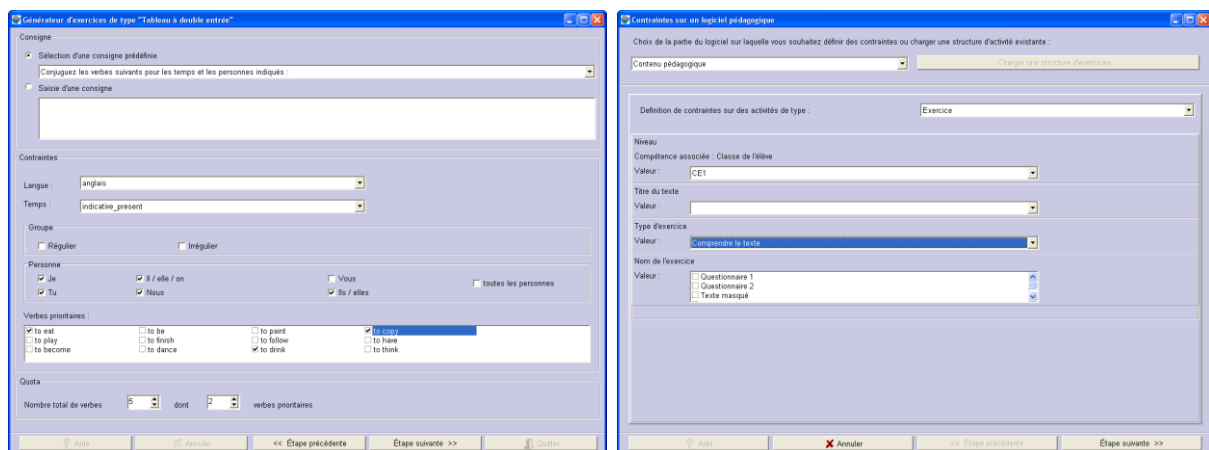


Figure 77 : Définition de contraintes avec Adapte – pour des activités papier à l'aide du patron opérationnel *Table de conjugaison* du générateur *Tableau à double entrée* et pour des activités logicielles [Lefevre, 2009].

En ce qui concerne la création d'activités au sein des EIAH, l'utilisateur définit des contraintes sur activités pouvant porter sur la génération des activités quand l'EIAH à personnaliser contient un générateur, et/ou sur la sélection des activités dans les bases de données du système. Il peut aussi définir des contraintes sur les fonctionnalités, les rétroactions ou l'interface du logiciel. Pour cela, le système génère dynamiquement une interface en fonction du modèle OKEP de l'EIAH concerné (cf. partie droite de la Figure 77).

Toutes ces contraintes, que ce soit sur une activité papier ou une activité logicielle, sont mémorisées dans une structure d'activités. Afin de faciliter la réutilisation des structures d'activités, elles sont enrichies par des métadonnées, en partie proposées par le système et complétées par l'utilisateur.

La **création de contraintes sur profils** permet à l'utilisateur de préciser quels éléments du profil seront discriminants dans la personnalisation des séquences d'activités. Selon la valeur associée à ces éléments, des structures d'activités différentes permettront de faire travailler les apprenants concernés sur des activités différentes.

Les contraintes sur profils respectent cPMDL/cPMDLe, les modèles de contraintes présentés dans la section 2.6.2.2 page 83 : contraintes sur profils portant sur une valeur, contraintes sur profils portant sur un élément et contraintes sur profils portant sur un nombre d'occurrences.

La Figure 78 donne un exemple de définition d'une contrainte sur un élément du profil. La partie gauche de l'écran affiche la structure de profils, respectant PMDL, pour laquelle l'enseignant souhaite définir une stratégie pédagogique. Cet écran s'appuie toujours sur la métaphore du mur de briques :

chaque brique correspond à un élément de la structure de profils. Lorsque qu'une brique est sélectionnée, son contenu s'affiche en haut à gauche de l'écran. Sur cet exemple, l'utilisateur a sélectionné la brique *Conjugaison*. Chaque composante de niveau le plus bas contient une valeur dans le profil des apprenants, valeur donnée selon l'échelle spécifiée (ici [maîtrisé (3 niveaux)]). Pour définir une contrainte sur une composante, l'utilisateur sélectionne la composante dans la partie gauche de l'écran. Il définit ensuite en bas à droite de l'écran l'ensemble des valeurs concernées par la contrainte. Chaque tel ensemble, contenant une ou plusieurs valeurs de la liste énumérée de l'échelle, correspond à une contrainte sur profils portant sur un élément. Une fois les contraintes C_i créées, elles sont ajoutées à la liste des contraintes située en haut à droite de l'écran.

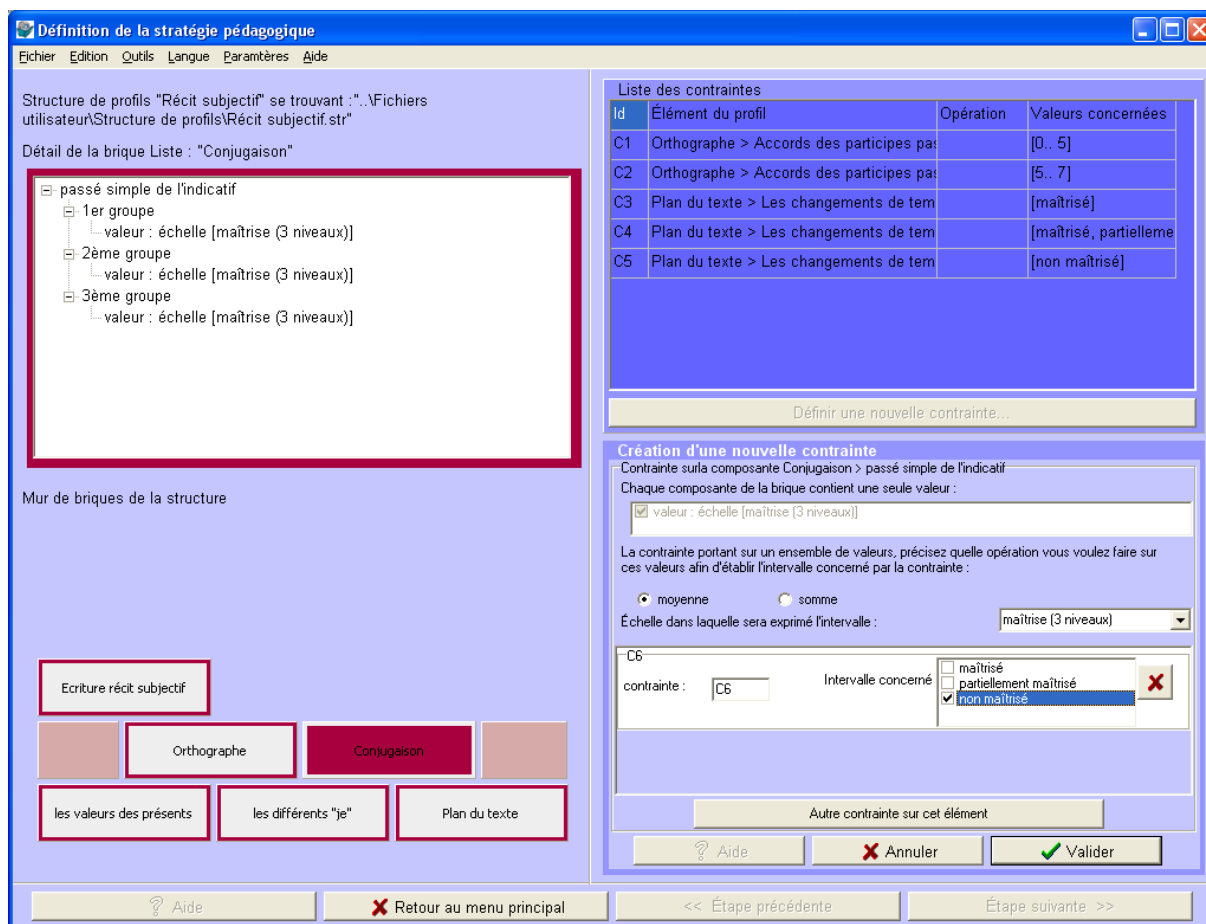


Figure 78 : Définition de contraintes sur profils PMDLe avec Adapte [Lefevre, 2009].

La **création de règles d'affectation d'activités aux apprenants** permet à l'utilisateur d'établir un lien entre des structures d'activités et des contraintes sur le profil des apprenants.

Une règle d'affectation d'activités aux apprenants est donc définie comme le lien entre d'une part des contraintes permettant de sélectionner une partie du profil, et d'autre part une ou plusieurs structures d'activités utilisées pour adapter les activités à fournir aux apprenants dont le profil respecte les contraintes. Une règle d'affectation a le format d'une règle « si-alors-sinon », le « sinon » étant optionnel.

La partie gauche de la Figure 79 présente un zoom sur la définition d'une règle d'affectation des activités aux apprenants au sein d'Adapte. L'utilisateur définit tout d'abord un nom pour la règle et un niveau de priorité. Ce niveau de priorité est utilisé dans les cas où le système a le choix entre deux activités à affecter à l'apprenant : Adapte fournira en priorité les activités associées aux règles ayant un haut niveau de priorité. L'utilisateur crée ensuite la condition de la règle, soit en se servant des contraintes qu'il a définies sur la structure de profils, soit en cochant la case indiquant que cette règle doit s'appliquer à tous les apprenants. L'utilisateur peut combiner les contraintes sur profil à l'aide des opérateurs « et, ou, non » et de parenthèses, comme le précise le modèle présenté dans la section 2.6.2.2 page 83. L'enseignant définit enfin les structures d'activités associées à cette condition.

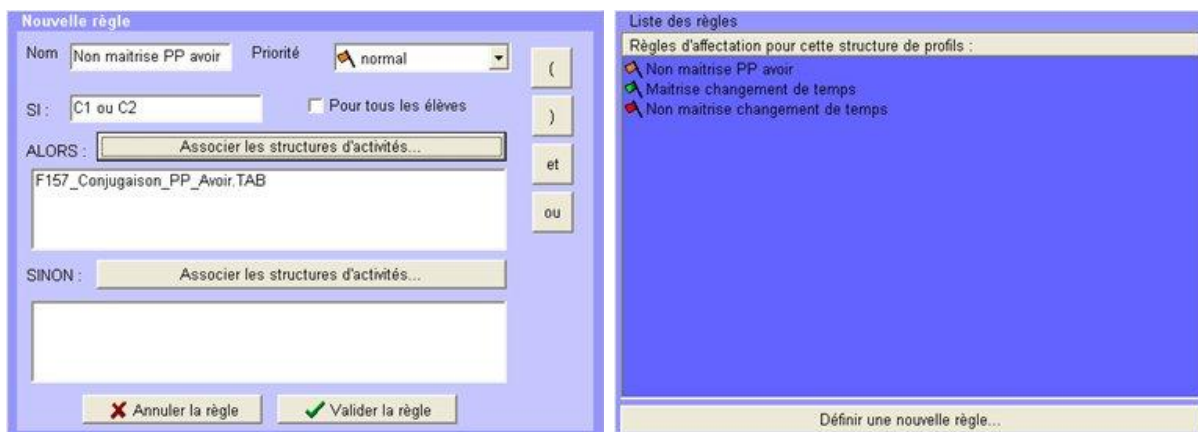


Figure 79 : Définition de règles d'affectation des activités aux apprenants et d'une stratégie pédagogique avec Adapte (Lefevre, 2009).

Une fois la règle d'affectation validée, elle est ajoutée à la liste des règles contenues dans la stratégie pédagogique (cf. partie droite de la Figure 79).

Spécifier le contexte d'utilisation d'une stratégie pédagogique (cf. II-B sur la Figure 75) se fait en décrivant les contraintes d'utilisation des séquences de travail générées (durée de la séquence, nombre d'exercices, etc.) et en fournissant les profils des élèves concernés par les séquences de travail. Les différentes propriétés caractérisant un contexte d'utilisation ont été formalisées dans le modèle de personnalisation PERSUA2 présenté dans la section 2.6.2.1 page 82.

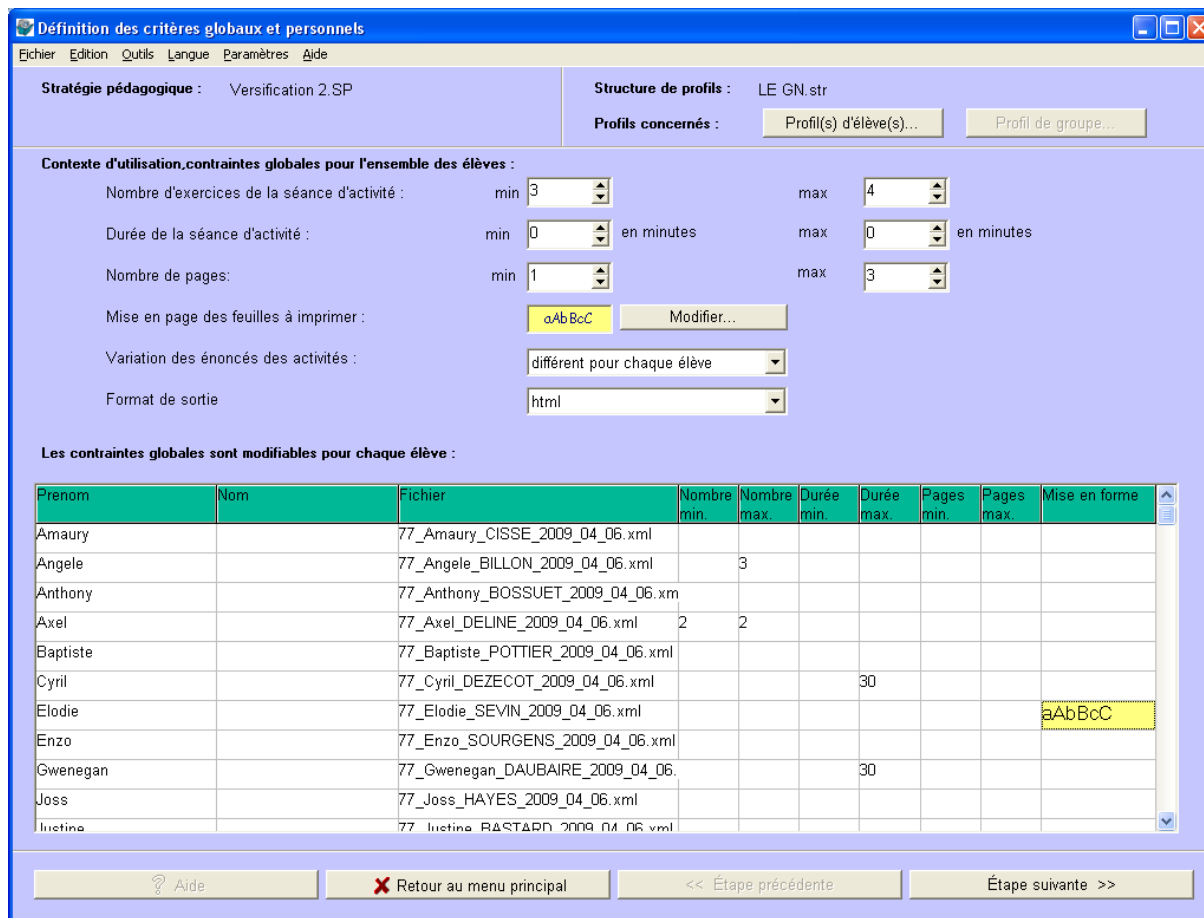


Figure 80 : Définition d'un contexte d'utilisation pour une stratégie pédagogique donnée avec Adapte (Lefevre, 2009).

Dans Adapte, la spécification du contexte d'utilisation d'une stratégie pédagogique est réalisée par l'utilisateur en trois étapes (cf. Figure 80). Tout d'abord, il fournit les profils des apprenants pour lesquels il souhaite obtenir des activités personnalisées. Ensuite, il définit des contraintes générales sur les feuilles d'exercices ou les sessions sur les EIAH : en bornant le nombre d'exercices et la durée de la séance de travail, en limitant le nombre de pages des feuilles d'exercices papier, ce qui dépend de la mise en forme et du format de sortie choisis, mais aussi en spécifiant si plusieurs apprenants doivent avoir une activité issue de la même structure d'activités, si les énoncés devront être identiques ou au contraire différents pour tous les élèves. Enfin, l'utilisateur peut définir des exceptions pour les séquences de travail de certains apprenants, afin par exemple de donner plus d'exercices à des élèves rapides et moins à des élèves lents ou en difficulté.

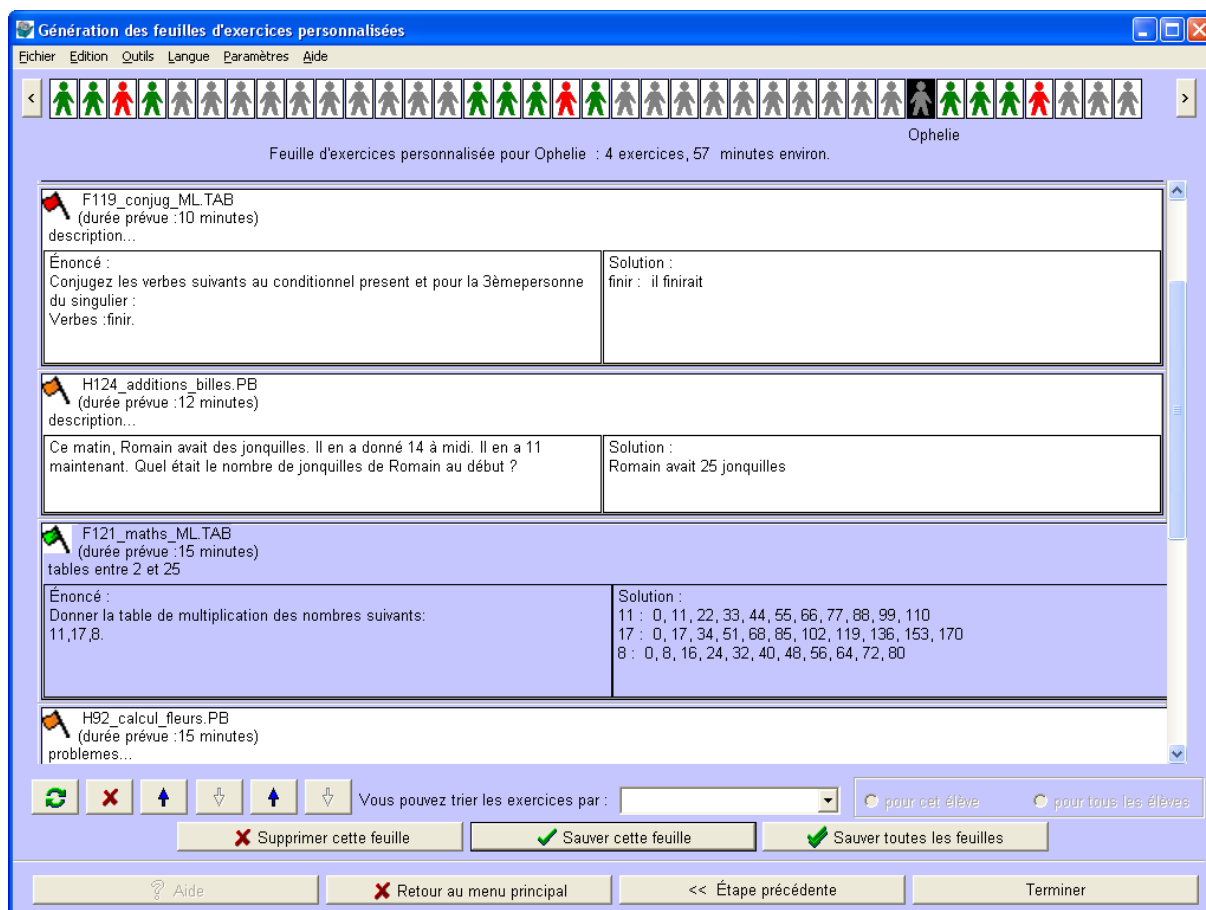


Figure 81 : Validation des séquences de travail personnalisées dans Adapte [Lefevre, 2009].

Créer une séquence personnalisée d'activités (cf. II-C sur la Figure 75) consiste à fournir un ensemble d'activités, qu'elles soient papier ou logicielles, aux différents apprenants. La création des activités nécessaires se fait automatiquement par le système, d'une part en fonction du profil des apprenants, de la stratégie pédagogique et du contexte d'utilisation définis par l'utilisateur, et d'autre part en s'appuyant sur les connaissances relatives à la création d'une feuille d'exercices papier et/ou à la création d'une session sur un EIAH. Une fois qu'Adapte a proposé pour chaque apprenant une séquence personnalisée d'activités, l'enseignant peut valider ou modifier les choix du système (cf. Figure 81).

Pour les activités papier-crayon, Adapte fournit une feuille d'exercices propre au profil de chaque apprenant en générant les exercices contenus dans la feuille (cf. partie gauche de la Figure 82). Il fournit de plus, à l'utilisateur, la correction des exercices.

Ainsi, dans l'exemple de la partie gauche de la Figure 82, Adapte a créé une feuille d'exercices comportant quatre exercices pour Ophélie : comme son profil met en évidence des difficultés en conjugaison et sur les problèmes additifs, elle a deux exercices sur chaque thème à effectuer.

Pour les activités logicielles, Adapte définit une session sur l'EIAH propre au profil de chaque apprenant (cf. partie droite de la Figure 82). Les activités contenues dans la session sont issues de générateurs compris dans l'EIAH ou de bases de données de l'EIAH. Trois cas de figure sont possibles : l'EIAH est paramétrable par des fichiers de configuration, dans ce cas, Adapte génère ces fichiers ; l'EIAH est paramétrable uniquement par une interface enseignant ou administrateur, dans ce cas Adapte génère une feuille d'instructions indiquant à l'enseignant les choix à effectuer sur l'interface ; l'EIAH est paramétrable uniquement par l'élève lors de son utilisation, dans ce cas Adapte génère une feuille d'instructions contenant la liste des exercices que l'apprenant doit effectuer.

Ainsi, dans l'exemple de la partie droite de la Figure 82, Adapte a établi pour Nadège une feuille d'instructions lui permettant de travailler le français, comme le souhaitait son enseignant, ce dans un EIAH et avec un exercice adapté à son niveau dans cette matière, donné par son profil.

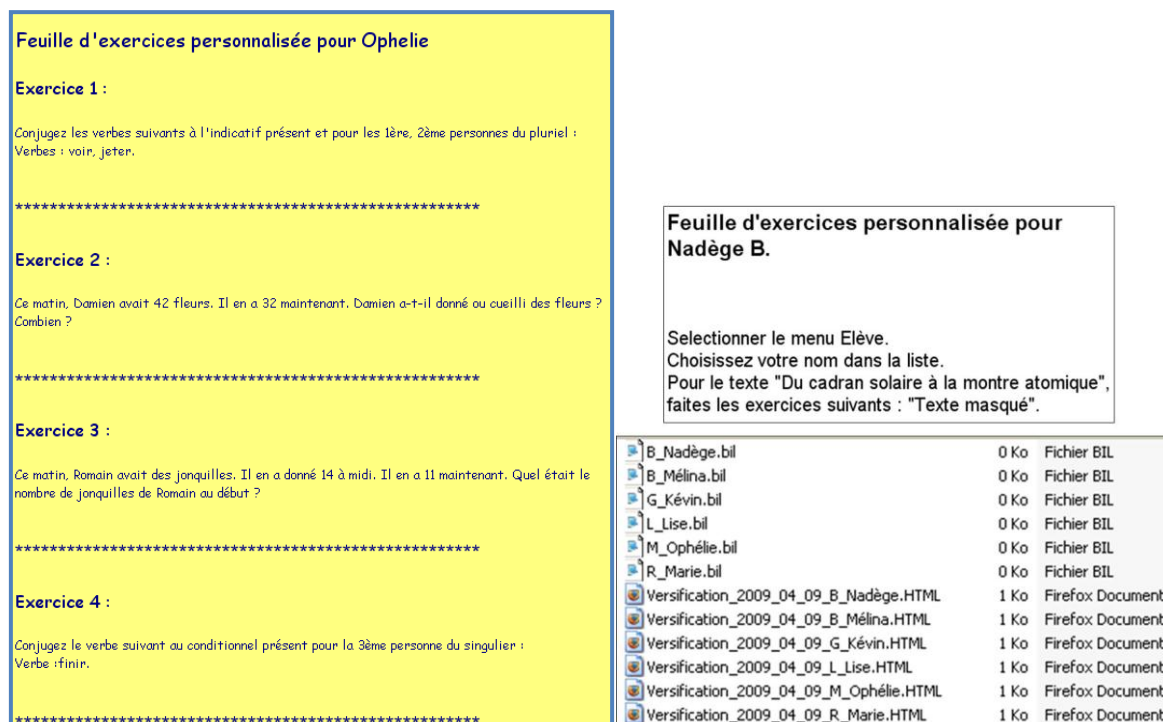


Figure 82 : Séquences personnalisées d'activités générées par Adapte – papier-crayon et logicielles.

3.1.4.2.1.3 Norme – conversion d'activités vers une norme pédagogique

En ce qui concerne la génération d'activités papier par Adapte, nous avons fait le choix de faire les sorties dans un format spécifique à EPROFILEA pour ne pas dépendre d'une norme donnée. La conversion vers une norme pédagogique (cf. III sur la Figure 75) est une fonctionnalité optionnelle du module Adapte qui permet de convertir les activités papier générées vers une norme pédagogique donnée (par exemple SCORM ou LOM), afin de permettre leur interopérabilité avec d'autres systèmes.

Le principe de conversion des profils EPROFILEA vers différents normes et standards pédagogiques (cf. Figure 42 page 89) est mis en œuvre dans le module Norme (cf. Figure 84 et Figure 83). Ce module permet d'une part de convertir les feuilles d'exercices issues d'Adapte en exercices interopérables réécrits en respectant une norme pédagogique donnée, et d'autre part de modifier la description des normes intégrées et de prendre en charge de nouvelles normes. Ce dernier point introduit dans le système une souplesse qui lui permet de ne pas dépendre d'une norme spécifique et de s'adapter aux évolutions des normes et standards, ainsi qu'à l'arrivée de nouvelles normes.

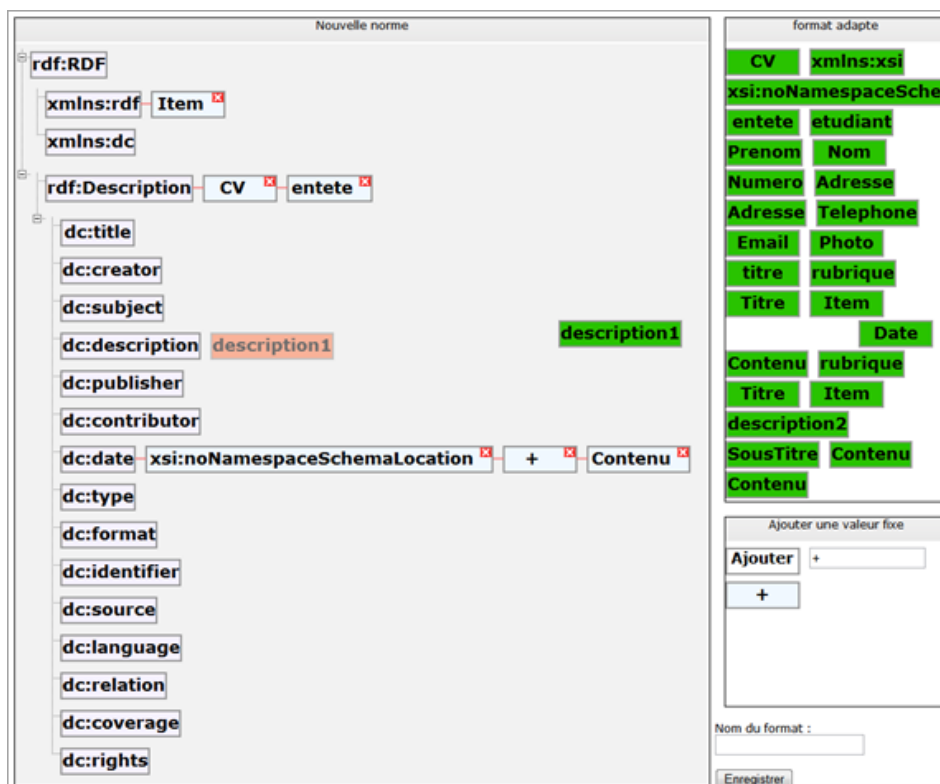


Figure 83 : Prise en charge d'une nouvelle norme pédagogique avec Norme.

La prise en charge de nouvelles normes (cf. Figure 83) est destinée à être effectuée par des experts. Elle consiste à associer aux métadonnées de la norme à traiter, les métadonnées disponibles dans les exercices issus d'Adapte, éventuellement complétées d'autres informations.

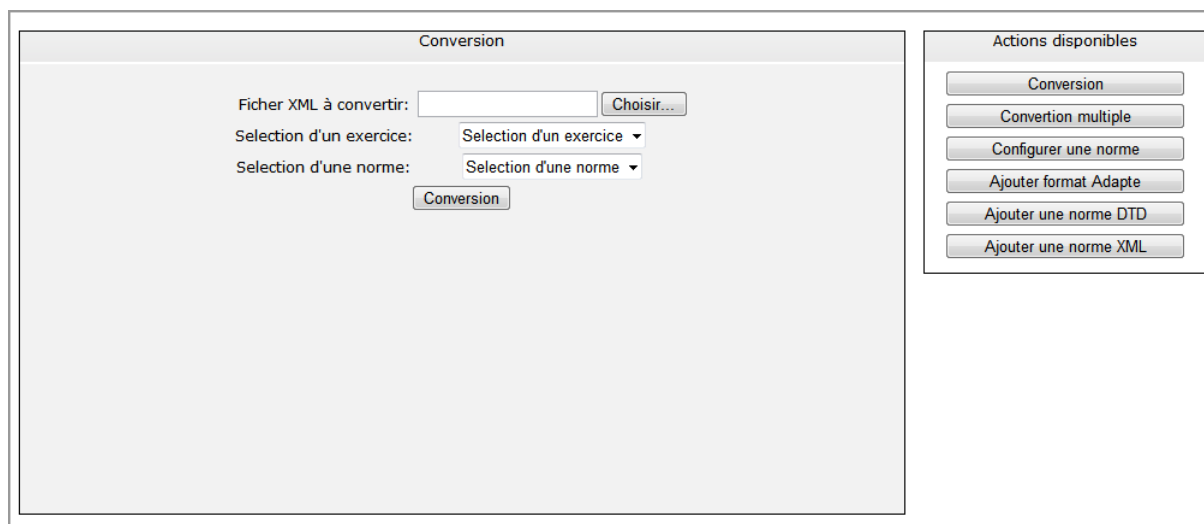


Figure 84 : Conversion d'exercices d'Adapte vers une norme pédagogique avec Norme.

La conversion proprement-dite (cf. Figure 84) est destinée à être effectuée par des enseignants, *a priori* intéressés par l'interopérabilité des activités pédagogiques. Pour la conversion, l'utilisateur doit simplement sélectionner les feuilles d'exercices d'Adapte concernées, ainsi que la norme cible choisie. Norme sépare alors d'une part la feuille d'exercices en autant de fichiers qu'il y a d'exercices, et convertit d'autre part ces exercices pour les rendre compatibles avec la norme choisie en complétant les métadonnées correspondantes.

Notons que, en exploitant la généricité de l'approche adoptée dans Norme, il est également possible d'utiliser ce module pour convertir des profils d'apprenants vers une norme donnée, par exemple PAPI [PAPI, 2002]. Cet usage a toutefois un intérêt limité du fait notamment que les profils que nous

souhaitons manipuler dans EPROFILEA ont pour ambition d'être assez riches et les convertir vers les normes existantes tendrait à les appauvrir.

3.1.4.2.2 Évaluation du module Adapte

Les modules Adapte et Norme, en montrant la faisabilité de notre approche, valident notre démarche générique de personnalisation d'activités, tant papier-crayon que logicielles. Ils permettent en effet à l'enseignant de définir des séquences de travail personnalisées, adaptées à ses buts pédagogiques et propre à chaque profil d'apprenant.

Pour valider la partie « Intégration du nouvel EIAH » du module Adapte, nous avons défini le modèle OKEP des onze EIAH de notre corpus initial et de cinq EIAH externes à ce corpus. Ces modèles OKEP sont utilisables dans la seconde partie d'Adapte proposant les séquences de travail personnalisées.

Nous avons par ailleurs effectué de premières mises à l'essai d'Adapte auprès d'une centaine d'étudiants d'une part et de deux enseignantes d'autre part. Les enseignantes ont pu définir un modèle de personnalisation conforme à leur « projet » papier. Elles ont également pu contraindre le profil selon leurs souhaits. Lors de la première utilisation du module, l'une des enseignantes a mis 1h30 pour convertir une stratégie pédagogique définie sur papier en modèle de personnalisation intégré au module Adapte. Lors de la seconde utilisation, elle a mis 25 minutes pour définir, directement sur le module, une autre stratégie pédagogique, afin de créer un modèle de personnalisation contenant moitié moins de règles que le premier. Les résultats auprès d'étudiants sont tout aussi encourageants.

Du point de vue de la génération d'activités, Adapte permet de créer les exercices papier d'une part et de configurer les activités logicielles d'autre part, en fonction des contraintes sur activités spécifiées par l'utilisateur.

3.2 Bilan sur la mise en œuvre proposée

En guise de bilan de cette partie consacrée à la mise en œuvre de nos modèles théoriques présentés dans la partie précédente, reprenons le modèle du cycle de vie des profils d'apprenants ACUTE4profils (cf. Figure 14 page 46). Nous pouvons positionner sur le cycle les différents logiciels que nous avons proposés pour mettre en œuvre nos modèles dans le cadre du projet PERLEA (en mauve sur la Figure 85), ainsi que les autres logiciels auxquels nous avons travaillé (en gris sur la Figure 85).

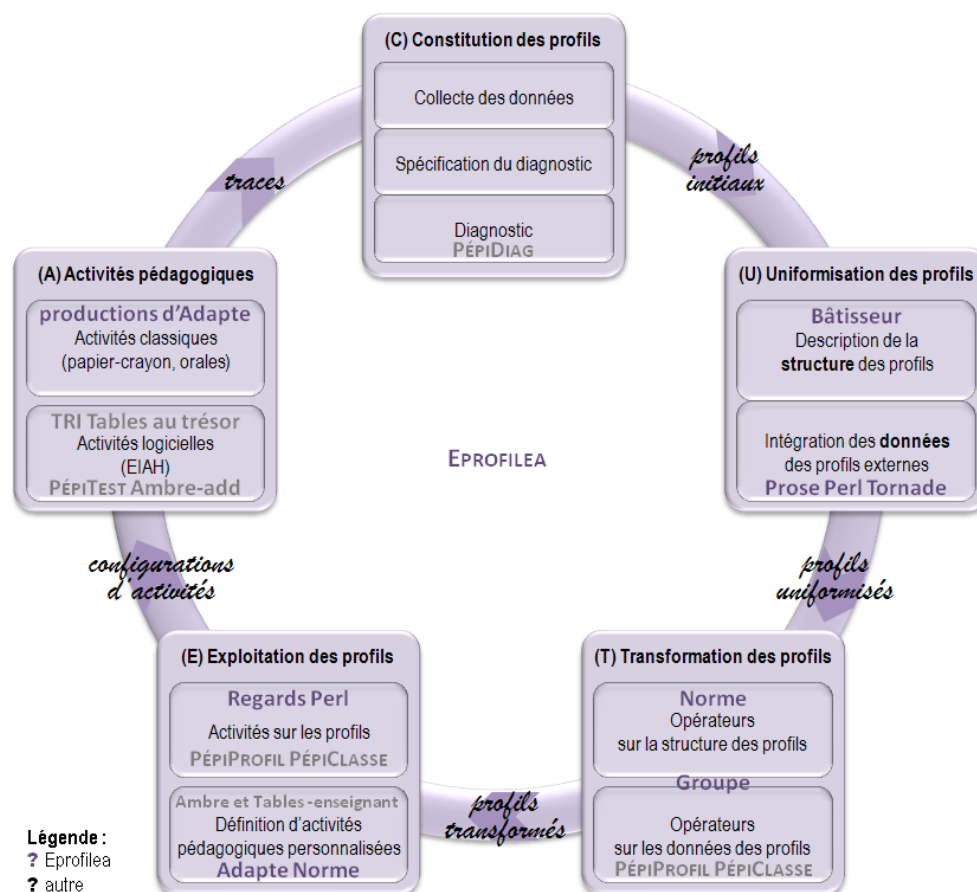


Figure 85 : ACUTE4profils et l'environnement que nous proposons.

3.2.1 L'environnement EPROFILEA

L'environnement EPROFILEA permet ainsi, dans une approche unifiée (cf. Figure 3 page 17), de définir la structure de profils d'apprenants, d'intégrer des données issues de sources hétérogènes, tant papier-crayon que logicielles, à de telles structures pour former des profils d'apprenants potentiellement à la fois hybrides et évolutifs. Il permet également d'établir des transformations sur la structure et les données des profils. EPROFILEA permet enfin d'établir des exploitations mutualisées des profils d'apprenants : diverses activités sur les profils (intégrant la visualisation des profils par les différents acteurs concernés et des activités d'ordre réflexif aidant les apprenants à prendre du recul par rapport à leur apprentissage) et des activités pédagogiques papier-crayon et logicielles, l'ensemble de ces activités étant personnalisé pour s'adapter aux habitudes pédagogiques des enseignants et aux spécificités des apprenants exprimées dans leur profil.

Faisons maintenant le lien entre EPROFILEA et les différents modules qui le composent d'une part et le modèle ACUTE4profils d'autre part (cf. Figure 85) : nous retrouvons tout d'abord l'environnement EPROFILEA au centre du cycle, car il intervient dans la plupart des étapes d'ACUTE4profils.

Le module Bâtitteur (cf. section 3.1.1 page 105), qui permet la définition du modèle des profils se retrouve dans la description de la structure de profils de l'étape d'uniformisation des profils d'ACUTE4profils (cf. (U) sur la Figure 85). Le module Tornade (cf. section 3.1.2.1 page 109), qui permet la conversion de profils externes et le module Prose (cf. section 3.1.2.2 page 114), qui permet la saisie de

profils, tous deux pour ajouter des données aux structures de profils définies dans Bâtitseur, traitent l'intégration des données des profils externes, toujours dans l'étape d'uniformisation des profils.

Le module Groupe quant à lui (cf. section 3.1.3.1 page 115), qui gère les opérations sur les profils, tant sur leur structure que sur leurs données, il correspond à l'étape de transformation des profils du modèle ACUTE4profiles (cf. (T) sur la Figure 85). Nous retrouvons également le module Norme (cf. section 3.1.4.2.1.3 page 132) dans cette étape, dans son usage annexe de conversion de profils d'apprenants vers une norme pédagogique, puisqu'il s'agit aussi d'une transformation de profils.

Les modules Regards (cf. section 3.1.4.1.2 page 119), qui traite la préparation des séances d'activités sur les profils, et Perl (cf. section 3.1.4.1.3 page 122), qui permet aux différents acteurs de l'apprentissage d'effectuer ces activités, correspondent aux activités sur les profils de l'étape d'exploitation des profils du modèle ACUTE4profiles (cf. (E) sur la Figure 85). Quant au module Adapte (cf. section 3.1.4.2 page 125), qui gère la proposition d'activités personnalisées tant papier-crayon que logicielles, et au module Norme (cf. section 3.1.4.2.1.3 page 132), qui permet de convertir des feuilles d'exercices produites par Adapte à des fins d'interopérabilité, ils se situent dans la définition d'activités pédagogiques adaptées de l'étape d'exploitation des profils d'ACUTE4profiles (cf. (E) sur la Figure 85).

Nous retrouvons par ailleurs les résultats d'Adapte dans l'étape d'activités pédagogiques d'ACUTE4profiles (cf. (A) sur la Figure 85) : activités classiques papier-crayon pour les feuilles d'exercices personnalisées produites par Adapte et activités logicielles pour les activités personnalisées par Adapte effectuées au sein d'EIAH externes.

3.2.2 Les autres logiciels auxquels nous avons travaillé

En complément des travaux qui sont au cœur de ce document, nous pouvons également situer sur le modèle ACUTE4profiles les autres logiciels auxquels nous avons participé dans des contextes autres que le projet PERLEA.

Ainsi, en partant des activités sur les profils (cf. (A) sur la Figure 85), nous pouvons placer dans les activités logicielles de l'étape d'activités pédagogiques, PÉPITEST [Jean, 2000a], l'interface apprenants d'évaluation des compétences en algèbre du projet PÉPITE [Jean et al., 1999b] [Jean, 2000a], AMBRE-add [Guin et al., 2011], le logiciel de résolution de problèmes additifs s'appuyant sur le cycle du raisonnement à partir de cas du projet AMBRE [Guin et al., 2009] [Guin et al., 2011] [Guin-Duclosson et al., 2007], mais aussi TRI [Jean-Daubias, 2011c] [Combet et al., 2010] et Tables au trésor [Jean-Daubias, 2011b], deux EIAH personnalisables produisant des profils d'apprenants, dans le domaine respectivement du tri sélectif pour de jeunes enfants et des tables mathématiques en classe de primaire.

Quant à l'étape de constitution de profils (cf. (C) sur la Figure 85), si nous ne l'avons abordée de manière générique dans aucun de nos travaux, nous l'avons en partie traitée de manière spécifique pour le diagnostic cognitif en algèbre élémentaire dans le cadre du projet PÉPITE avec PÉPIDIAG, le module de diagnostic du projet, et avec la partie de PÉPIPROFIL consacrée au calcul des profils [Jean, 2000a].

Nous retrouvons enfin également PÉPIPROFIL au niveau des activités sur profils dans l'étape d'exploitation des profils (cf. (E) sur la Figure 85), car ce module permet la visualisation des profils d'apprenants par les enseignants, ainsi que PÉPICLASSE [Jean, 2000a], autre module issu du projet PÉPITE, consacré, lui, à la présentation du profil de groupe à ces mêmes enseignants. Les modules destinés à l'enseignant du projet AMBRE [Riot et al., 2004] [Duclosson et al., 2005] [Jean-Daubias et Guin, 2009] et du logiciel Tables au trésor [Combet et al., 2010] [Jean-Daubias, 2011b] se situent, eux, au niveau de la définition des activités d'apprentissage personnalisées, même si la personnalisation y est faite par l'enseignant.

Si ces différents travaux extérieurs au projet PERLEA en semblent parfois assez éloignés, les situer sur notre modèle ACUTE4profiles permet toutefois de mettre en évidence les liens entre ces différents projets et de mettre en lumière la genèse des idées ayant conduit au cœur des travaux présentés ici.

3.3 Bilan sur les acteurs concernés par la mise en œuvre

Pour conclure sur les liens entre la mise en œuvre de nos modèles et ACUTE4profiles (cf. Figure 14 page 46), revenons une fois de plus sur ce modèle en adoptant maintenant le point de vue des acteurs concernés par les différentes étapes du cycle de vie des profils d'apprenants, ainsi que par leur mise en œuvre au sein d'EPROFILEA (cf. Figure 86) Notons que la distinction entre activités impliquant un type d'acteurs et activités n'impliquant pas un type d'acteurs est parfois tenue : nous avons fait des choix que nous souhaitons représentatifs des EIAH existants, mais il est toujours possible de trouver un cas atypique contredisant cette décision.

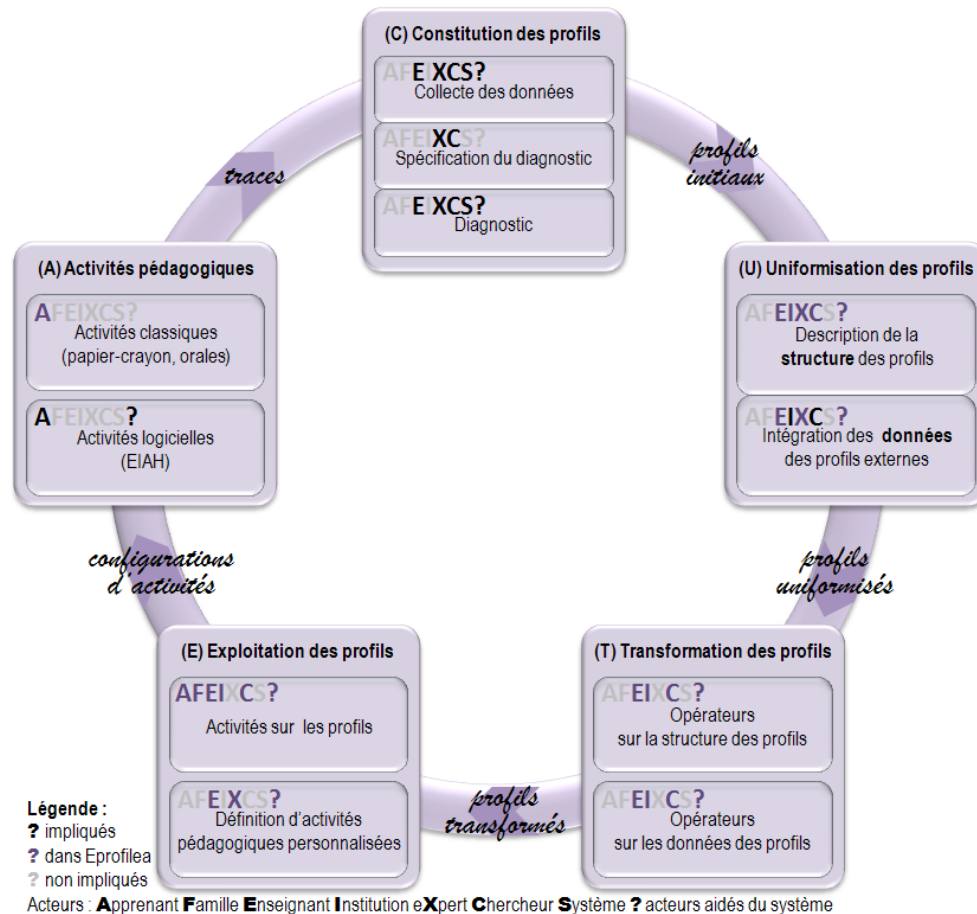


Figure 86 : ACUTE4profiles et les acteurs de l'apprentissage.

La Figure 86 liste pour chaque partie du modèle ACUTE4profiles, les principaux acteurs de l'apprentissage concernés par cette partie (en noir sur la Figure 86), ceux qui sont effectivement impliqués par cette partie dans l'environnement EPROFILEA (en mauve sur la Figure 86) et ceux qui ne sont pas concernés par l'étape (en gris clair sur la Figure 86).

Ainsi, les activités sur les profils (cf. (A) sur la Figure 86) sont effectuées uniquement par les apprenants. Seules les activités papier-crayon sont traitées dans le contexte d'EPROFILEA (le A apparaît en mauve sur la Figure 86 pour cette partie) : les activités papier-crayon générées par le module Adapte sont réalisées par les apprenants. Quant aux activités logicielles, elles sont également réalisées par les apprenants, éventuellement assistés du système, mais nous considérons qu'elles ne le sont pas au sein d'EPROFILEA (le A apparaît en noir), les activités logicielles personnalisées par Adapte sont en effet réalisées au sein des EIAH concernés et les activités sur les profils proposées par Perl sont représentées au niveau de l'étape d'exploitation des profils et non au niveau de cette étape d'activités pédagogiques (choix que nous avons justifié dans la section 2.2.2.5).

En ce qui concerne l'étape de constitution de profils (cf. (C) sur la Figure 86), aucune de ses parties n'est prise en charge dans EPROFILEA, nous pouvons toutefois préciser les acteurs concernés. La collecte des données d'une part et le diagnostic d'autre part peuvent être faits par les enseignants, par les

experts, par les chercheurs, manuellement ou assistés du système, ou par le système seul (EXCS? en noir sur la Figure 86). Dans le cas où la collecte est effectuée par le système seul, une initialisation faite par un acteur humain est généralement nécessaire. Quant à la spécification du diagnostic, elle est faite généralement par un expert ou un chercheur (XC en noir sur la Figure 86).

L'étape d'uniformisation des profils (cf. (U) sur la Figure 86) peut être prise en charge par les enseignants, les institutions, les experts, les chercheurs, éventuellement assistés du système. Dans EPROFILEA, la partie description de la structure des profils peut être effectuée par les enseignants, assistés d'une interface dédiée, mais également éventuellement, préalablement à l'utilisation du système par les enseignants, par des institutions, des experts, des chercheurs. La partie intégration des données depuis les profils externes est principalement effectuée par les enseignants assistés du système (qu'il s'agisse de l'intégration de données issues de profils papier ou de profils logiciels). Mais la préparation de l'intégration de profils externes doit être effectuée par un expert, toujours assisté du système. Comme nous l'avons dit, seuls les acteurs principaux sont mis en avant sur la Figure 86, c'est pour cette raison que les institutions et les chercheurs n'y apparaissent pas en mauve, alors qu'ils peuvent sans problème effectuer l'intégration des données des profils dans EPROFILEA.

L'étape de transformation des profils (cf. (T) sur la Figure 86) concerne les enseignants, les institutions, et les chercheurs, éventuellement assistés du système. Il en est de même pour EPROFILEA, que ce soit pour les opérateurs sur la structure ou pour ceux sur les données des profils. Nous considérons que les experts ne sont pas des acteurs majeurs de cette étape, même s'ils peuvent être amenés à y intervenir, par exemple pour créer des fonctions combinant des opérateurs.

Quant à l'étape d'exploitation des profils (cf. (E) sur la Figure 86), il est nécessaire d'y distinguer les activités sur les profils, de la définition d'activités pédagogiques personnalisées. La définition d'activités personnalisées est effectuée, en général et dans EPROFILEA, par les enseignants et les experts, assistés par le système. Les activités sur les profils s'adressant à différents types d'utilisateurs, elles concernent à la fois les apprenants, leurs familles, les enseignants, les institutions, les chercheurs, assistés du système. Ainsi, EPROFILEA touche tous les acteurs concernés par cette étape.

3.4 Bilan sur les métadonnées

Nous avons évoqué, au fil de cette partie consacrée à la mise en œuvre de nos propositions théoriques, le fait que les différents objets réutilisables manipulés au sein de l'environnement EPROFILEA (parmi lesquels les structures de profils et profils, les stratégies pédagogiques et contextes d'utilisation, les vues, représentations et séances d'activités) sont décrits à l'aide de métadonnées, renseignés en partie par le système qui gère ces objets et complétés par ses utilisateurs, principalement les enseignants. L'un des avantages de la formalisation de ces différents objets est qu'elle permet à chaque enseignant de matérialiser son savoir sous forme de modèles explicites. Ces modèles peuvent alors être partagés, échangés et réutilisés par les enseignants.

Ce travail a été fait de façon pragmatique, afin de répondre aux besoins spécifiques des différents modules d'EPROFILEA concernés. Nous aurions pu viser une approche plus normative en tentant de respecter des normes éducatives existantes ou, plus vraisemblablement, en spécifiant des profils d'application de normes actuelles, afin de les adapter aux particularités de notre approche, ce, dans le but de favoriser l'échange et le partage de ces objets.

Ce travail reste possible, mais nous avons jugé que la spécificité des objets concernés fait que ces éventuels profils d'application ne répondraient probablement pas à un besoin partagé par une communauté suffisamment large. D'anciennes normes existantes ne nous semblent donc pas pertinents dans notre contexte. Notre approche de cette question reste compatible avec le point de vue que nous avons développé concernant les normes de représentation des exercices produits par Adapte (cf. section 3.1.4.2.1.3 page 132) : nous choisissons de ne pas respecter une norme donnée, mais de proposer un module de conversion vers les différentes normes possibles.

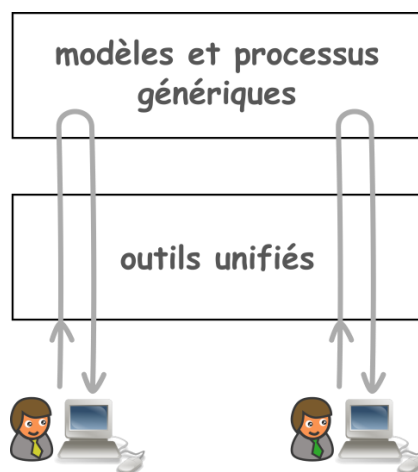
3.5 Bilan sur l'évaluation de l'environnement EPROFILEA

Si la plupart des modules d'EPROFILEA ont été mis à l'essai individuellement, pour certains à plusieurs reprises et avec un nombre important d'utilisateurs, si une première mise à l'essai globale de l'environnement a été menée, une évaluation globale de l'environnement en situation réelle reste nécessaire afin de valider l'ensemble de notre approche d'exploitation personnalisée de profils d'apprenants hétérogènes réutilisés.

Nous considérons que cette évaluation complète est capitale pour le projet. Nous prétendons toutefois qu'une telle évaluation ne relève pas des différents travaux d'EIAH adoptant un point de vue informatique qui ont donné lieu à la définition de modèles théoriques mis en œuvre au sein de l'environnement unifié EPROFILEA, mais qu'il s'agit d'un travail d'EIAH adoptant cette fois un point de vue sciences cognitives et sciences de l'éducation, que nous avons par ailleurs déjà abordé dans un autre contexte [Nogry et al., 2004b] [Nogry et al., 2011] [Nogry et al., 2011]. Il conviendra donc d'établir des collaborations avec des chercheurs de ces domaines afin de mettre en place une évaluation conséquente, complète et significative de l'environnement qui met en œuvre nos propositions théoriques.

PARTIE 4 – CONCLUSION

La généricité au service des utilisateurs



Sommaire de la partie 4

4.1	DES MÉTA-MODÈLES AU RÉEL	143
4.2	BILAN DE NOS RECHERCHES	147
4.3	APPLICATION DE NOS PROPOSITIONS À D'AUTRES CONTEXTES.....	151
4.4	ASSISTANT À L'UTILISATEUR D'APPLICATIONS COMPLEXES	152
4.5	POUR CONCLURE.....	154

Dans cette partie, en guise de bilan, nous établissons une synthèse relative aux différents niveaux de modélisation de nos propositions théoriques, puis nous revenons sur nos différentes contributions en les comparant aux travaux existants. Nous détaillons ensuite certaines perspectives importantes de nos recherches. Nous avons en effet déjà évoqué au fil du document différentes perspectives que nous avons identifiées en lien avec nos travaux : une étude plus globale de la notion de profil de capacités dans nos modèles et leur mise en œuvre (cf. section 2.6.4 page 94), un travail plus approfondi sur les métadonnées en lien avec les processus de normalisation (cf. section 3.4 page 139) et une prise en compte de la sécurité des données qui est un point sensible dès lors que l'on s'intéresse à des données personnelles stratégiques telles qu'en contiennent les profils d'apprenants (cf. section 3.1.1.1 page 105), mais aussi le portage de l'environnement EPROFILEA sous forme d'une plateforme web, ainsi que la nécessaire évaluation complète de l'environnement EPROFILEA (cf. section 3.5 page 140) qui est maintenant rendue possible par l'existence de prototypes de chacun des modules. Dans cette partie, nous examinons plus particulièrement comment nous envisageons l'application de nos propositions à d'autres contextes et nous détaillons notre perspective d'intégration d'un assistant intelligent à nos systèmes complexes, avant de conclure.

4.1 Des méta-modèles au réel

Revenons maintenant de façon globale sur les méta-modèles et modèles que nous proposons, et leur articulation avec le réel. Comme nous l'avons dit dans la première partie de ce document, notre approche s'apparente à celle préconisée par l'ingénierie dirigée par les modèles [Bézivin et al., 2004] [Nodenot, 2005] [Choquet, 2007]. Comme en IDM, nous identifions quatre niveaux qui vont du plus abstrait au plus concret. L'IDM identifie quatre niveaux de modélisation : le niveau M3 du méta-méta-modèle, le niveau M2 du méta-modèle, le niveau M1 du modèle et le niveau M0 du réel (cf. Figure 87).



Figure 87 : Les quatre niveaux de modélisation de l'IDM. Figure 88 : Nos quatre niveaux de modélisation.

Dans nos travaux, nous identifions également quatre niveaux (cf. Figure 88). Toutefois, nous considérons que le niveau le plus abstrait (cf. ③ sur la Figure 88) correspond à des méta-modèles (et non à des méta-méta-modèles, comme c'est le cas en IDM) : des modèles qui permettent de définir des modèles. Nous considérons que le deuxième niveau (cf. ② sur la Figure 88) correspond à des modèles (et non à des méta-modèles) : des modèles définis à l'aide de nos méta-modèles. Nous considérons que le troisième niveau (cf. ① sur la Figure 88) correspond à des objets instanciés à partir des modèles du niveau précédent (et non à des modèles) : ce sont certes une représentation du réel et donc en définitive des modèles, mais il n'y a pas de changement de niveau de modèles entre notre deuxième et notre troisième niveau dans nos travaux. Enfin, nous considérons que le quatrième niveau (cf. ④ sur la Figure 88), tout comme en IDM, correspond au réel.

Dans la Figure 89, nous reprenons certains des modèles que nous proposons et les confrontons à cette modélisation en quatre niveaux (④, ①, ② et ③ sur la Figure 89) : nous les y représentons horizontalement avec le niveau de modélisation le plus important à gauche et le niveau de modélisation le plus faible à droite (le réel). Les rectangles en pointillés représentent un niveau générique correspondant à nos méta-modèles définis une seule fois par des chercheurs ou des experts,

contrairement aux autres niveaux, qui sont définis autant de fois que nécessaire par les différents utilisateurs. Les niveaux de modélisation sont indiqués en haut de la figure et les acteurs concernés sont notés sous chaque bandeau correspondant à un modèle. Notons que les titres des bandeaux sont donnés par le nom du modèle (LMPA1234 et GEPPETO). Pour pPMDLe et vPMDLe, nous n'avons pas défini préalablement de modèle expliquant l'articulation entre généralité du méta-modèle et spécificité du réel, les bandeaux correspondants n'ont donc pas de titre spécifique, nous les avons étiquetés (pPMDLe) et (vPMDLe) pour distinguer le modèle définissant l'articulation entre généralité et spécificité, du méta-modèle correspondant.

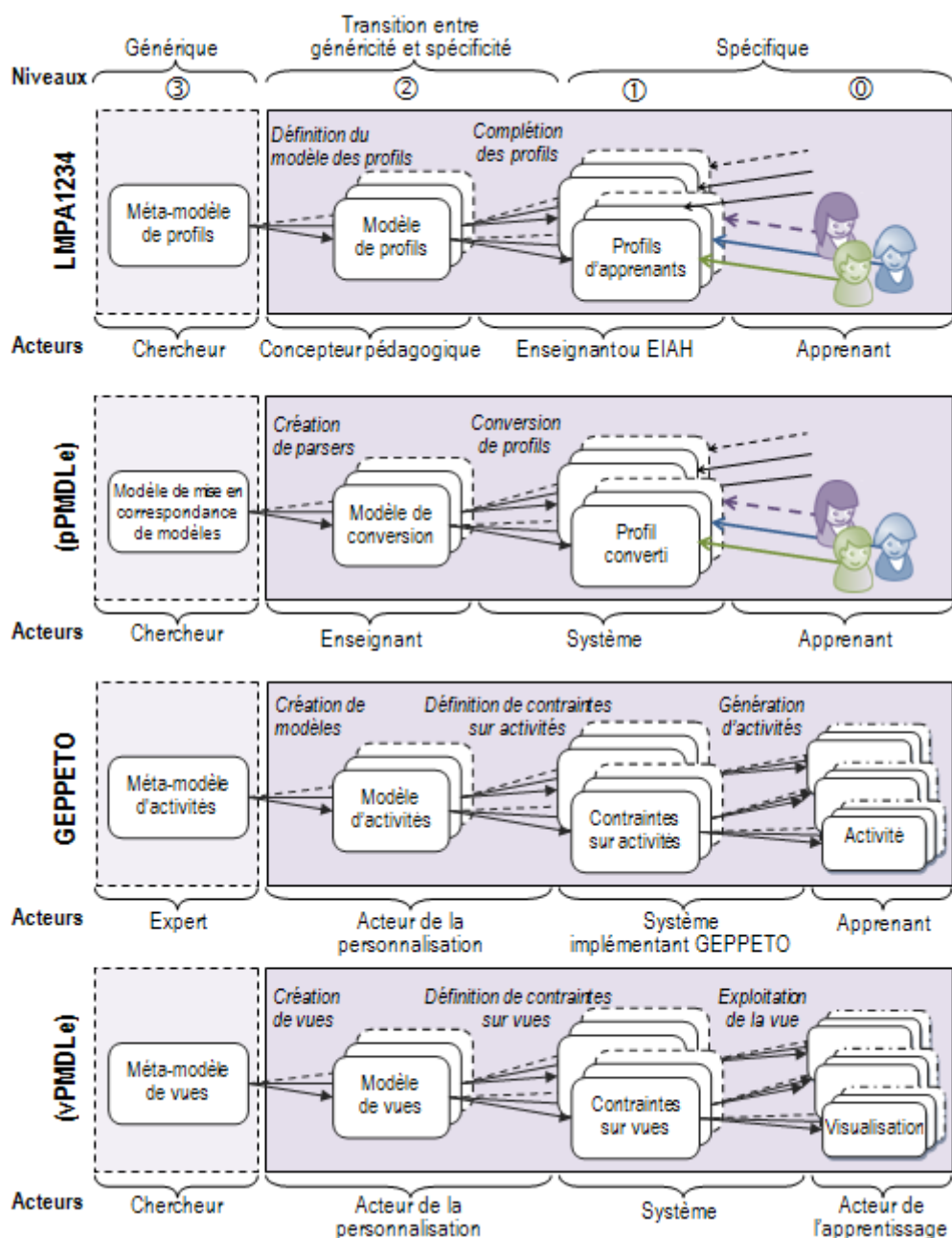


Figure 89 : L'articulation entre généralité et spécificité dans nos modèles.

Nous sommes repartie de la représentation de l'approche GEPPETO (cf. Figure 41 page 88) et avons calqué la représentation des autres modèles sur celle-ci.

Ainsi, le modèle LMPA1234 (cf. section 2.4.2.2 page 56 et Figure 16 page 57) qui montre l'articulation entre le langage de modélisation de profils et les profils d'apprenants, peut être représenté (cf. premier bandeau de la Figure 89) de gauche à droite sous forme d'un méta-modèle de profils (niveau 3 de modélisation : le langage de modélisation de profils, défini par le chercheur) qui permet au concepteur

pédagogique, généralement l'enseignant, de définir des modèles de profils (niveau 2 de modélisation : les structures de profils d'EPROFILEA). Un modèle de profils sera complété par l'enseignant ou l'EIAH gérant le profil, afin d'établir les profils d'apprenants (niveau 1 de modélisation), instances du modèle qui sont le reflet des connaissances de l'apprenant dans le contexte de l'étude : il s'agit donc d'une modélisation partielle des connaissances de l'apprenant. Seuls les apprenants eux-mêmes font partie du monde réel (niveau 0 de modélisation).

Pour la partie mise en correspondance des modèles (cf. section 2.4.4.2 page 71), le modèle pPMDLe pourrait être représenté de la même manière (cf. deuxième bandeau de la Figure 89). Nous retrouverions donc le modèle de mise en correspondance des modèles, qui est donc un méta-modèle défini par le chercheur, au niveau 3 de modélisation. Le niveau 2 de modélisation correspondrait aux différents modèles de conversions, qui peuvent être établis à partir du modèle de mise en correspondance de modèles. Les profils effectivement convertis, instances de profils, correspondraient au niveau 1 de modélisation. Enfin, les apprenants font partie du monde réel et correspondent au niveau de 0 de modélisation.

En ce qui concerne l'approche GEPPETO (cf. section 2.6.2.3.1 page 85, Figure 41 page 88 et troisième bandeau de la Figure 89), le méta-modèle d'activités se situe au niveau 3 de modélisation. Il permet à l'acteur de la personnalisation de définir des modèles d'activités (niveau 2 de modélisation), puis de définir des contraintes sur activités qui constituent le niveau 1 de modélisation. Le système implémentant GEPPETO génère les activités correspondantes : les activités réellement effectuées par l'apprenant, qui se situent au niveau 0 de modélisation.

Pour terminer, le processus de gestion des vues sur profil peut également être représenté de cette manière (cf. quatrième bandeau de la Figure 89). Ainsi, vPMDLe (cf. section 2.6.3.4 page 93), défini par le chercheur, peut être considéré comme le méta-modèle de vues sur profils d'apprenants (niveau 3 de modélisation). Ce méta-modèle permet à l'acteur de la personnalisation, généralement l'enseignant, de définir des vues sur profils (niveau 2 de modélisation) : il s'agit de modèles spécifiant les différentes possibilités pour un modèle de profils donné (une structure de profils d'EPROFILEA). Il est possible pour l'enseignant de définir des contraintes sur ces vues (comme il est possible de définir des contraintes sur les activités dans l'approche GEPPETO), qui constituent le niveau 1 de modélisation. L'exploitation de la vue grâce à ces contraintes permet aux différents acteurs de l'apprentissage concernés, de visualiser effectivement les profils (niveau 0 de modélisation).

Nous retrouvons ainsi une schématisation de notre approche générale articulant généralité de nos modèles et spécificité des activités qu'ils permettent de proposer, de manière générale sur la Figure 88 et illustrée avec certains des modèles que nous proposons sur la Figure 89.

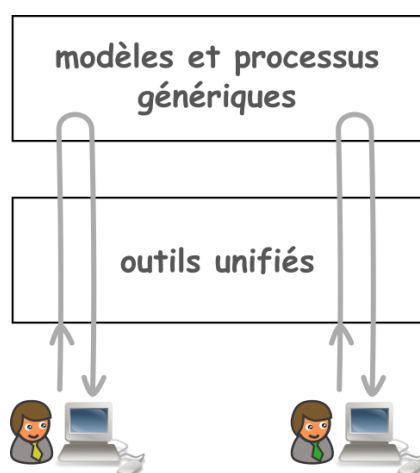


Figure 90 : Une démarche générique et une approche unifiée pour placer les enseignants au cœur des EIAH.

Cette articulation nous semble être un enjeu important des recherches actuelles. L'adoption d'une approche combinant la proposition de modèles et processus génériques et d'outils unifiés est une démarche des plus prometteuses pour les EIAH. Toutefois, cette approche ne peut être réellement

applicable que si l'articulation entre la généralité des modèles et la spécificité des besoins des utilisateurs est bien gérée. Les outils que nous proposons pour mettre en œuvre nos modèles prennent en compte cette articulation. La Figure 90 résume parfaitement notre démarche. Les méta-modèles, principalement définis par des experts, sont mis en œuvre dans nos outils exploités par leurs utilisateurs, principalement les enseignants. Ces outils unifiés servent d'interface entre les utilisateurs et les modèles : ils sont prévus pour que les enseignants puissent y intégrer les spécificités liées à leurs besoins, leurs contextes d'utilisation, leurs préférences, leurs stratégies pédagogiques. C'est à ce niveau que se fait l'articulation entre la généralité des modèles mis en œuvre et la spécificité des besoins des utilisateurs. Cette articulation se fait par l'ajout au système, via des interfaces adaptées, de connaissances par ses utilisateurs. Si cette articulation est possible, elle n'est pas triviale pour autant pour les utilisateurs. De tels outils articulant modèles théoriques génériques et besoins spécifiques sont par définition complexes et leur appropriation par leurs utilisateurs est délicate. Ainsi, si nos outils disposent de tous les moyens nécessaires pour permettre cette articulation, leur utilisation effective reste difficile. Par conséquent des approfondissements sont encore nécessaires pour mettre en œuvre cette articulation plus simplement.

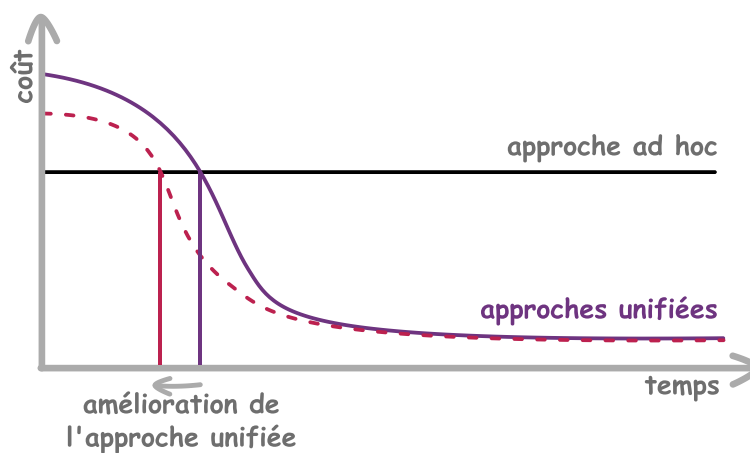


Figure 91 : Avantages et amélioration possible d'une approche unifiée.

La Figure 91 schématise à la fois les apports d'une approche unifiée par rapport à une approche *ad hoc*, et l'intérêt d'améliorer une approche unifiée. L'abscisse représente le temps pendant lequel les approches sont exploitées. L'ordonnée représente le coût d'exploitation des approches. Le coût d'une approche *ad hoc* (représenté par une ligne noire sur la Figure 91) est constant. Celui d'une approche unifiée (représenté par une courbe violette continue sur la Figure 91) est décroissant : plus important que celui d'une approche *ad hoc* au départ, puis progressivement moindre. Ainsi, l'approche unifiée est plus efficace que l'approche *ad hoc* à partir du seuil représenté par l'intersection de la courbe et du segment vertical violets. La courbe rose pointillée sur la Figure 91 représente le coût d'une approche unifiée meilleure que la première. L'amélioration de l'approche unifiée nécessitée par sa complexité, matérialisée par le coût initial important, est représentée par la flèche grise sur la Figure 91. Une meilleure approche unifiée peut être caractérisée par un coût initial moindre ou/et par un seuil de rentabilité par rapport à une approche *ad hoc* plus vite atteint. L'amélioration des approches unifiées a pour enjeu l'intégration effective de telles approches dans les pratiques.

4.2 Bilan de nos recherches

Afin d'établir un bilan général des travaux présentés dans ce document, commençons par rappeler la problématique générale de nos recherches : comment permettre à des acteurs, éventuellement différents de leurs créateurs, de réutiliser des profils d'apprenants dans le but de proposer des exploitations mutualisées des profils à travers des activités personnalisées, adaptées aux besoins des enseignants, dans une démarche générique permettant de considérer différents niveaux scolaires et universitaires, ainsi que les disciplines les plus variées ?

À travers des modèles théoriques, mis en œuvre de façon opérationnelle sous forme d'outils unifiés, les différents travaux que nous avons présentés dans ce document répondent à cette problématique. Nous proposons en effet un langage de modélisation de profils d'apprenants qui sert de pivot entre d'une part des profils externes, tant papier-crayon que logiciels, dont nous ne connaissons ni la structure ni la sémantique et d'autre part l'environnement unifié de gestion de profils que nous proposons. Cet environnement, qui s'appuie sur un ensemble de modèles, met à disposition des acteurs de l'apprentissage concernés, principalement les enseignants, toujours dans une démarche générique permettant notamment de prendre en charge différents niveaux scolaires, universitaires ou de formation continue, dans les disciplines les plus variées, des outils mutualisés de transformation de profils, mais surtout d'exploitations des profils d'apprenants entièrement personnalisées (activités sur les profils, activités pédagogiques tant papier-crayon que logicielles), adaptées aux besoins pédagogiques des enseignants, mais aussi aux connaissances et compétences des apprenants, ainsi qu'aux capacités et préférences des utilisateurs concernés. Globalement, notre approche est la seule à notre connaissance à prendre en charge toutes ces étapes du cycle de vie des profils d'apprenants, d'autant plus avec une vision générique, même si, ponctuellement, il existe un certain nombre d'approches connexes pertinentes traitant un ou plusieurs des aspects que nous abordons.

L'approche globale la plus analogue à la nôtre est celle adoptée dans le projet aLFanet [Santos et al., 2004] [aLFanet, 2005]. La plateforme de formation à distance associée à ce projet aborde en effet à la fois des questions d'interopérabilité et des questions de personnalisation. Toutefois, l'interopérabilité n'est possible qu'avec d'autres plateformes compatibles du point de vue des normes pédagogiques respectées. Le projet se limite donc au monde IMS et n'est compatible, ni avec la majorité des EIAH, ni avec les approches papier-crayon. Quant à la personnalisation, elle concerne dans aLFanet uniquement les scénarios et les activités qu'ils comportent. aLFanet propose donc une approche intéressante, mais moins générique que la nôtre et qui va moins loin que la nôtre du point de vue de la personnalisation des activités.

L'approche proposée par [Moulet et al., 2008a] [Moulet, 2011] a également de nombreux points communs avec la nôtre. [Moulet, 2011] propose en effet un modèle de l'apprenant qu'elle qualifie de cognitif, qui est évolutif et intègre la notion de points de vue multiples. Ce modèle permet de représenter des connaissances, compétences et habiletés. Il gère l'évolutivité, dans quatre circonstances pré-identifiées, en définissant de nouvelles versions du modèle de l'apprenant instancié. De plus, il prend en charge des points de vue différents : différents acteurs peuvent établir différentes instances du modèle d'un même apprenant, les conflits possibles entre ces différentes instances étant gérés par le modèle. Ce modèle est en outre annoncé comme interopérable, mais l'interopérabilité y est uniquement assurée par un stockage des modèles au format XML. Ce modèle de l'apprenant ambitionne de couvrir l'ensemble des besoins actuels. Pour cela, il dispose de certains paramètres modifiables pour l'adapter à des contextes différents de ceux prévus initialement et il est connectable à différents ontologies, représentant les domaines à couvrir par le modèle de l'apprenant. Ce modèle est partiellement mis en œuvre au sein du prototype de recherche Nosma. Cette approche diffère de la nôtre par différents points. En effet, le modèle paramétrable proposé n'a pas la même puissance que le méta-modèle que nous proposons à travers le langage de modélisation de profils PMDL. Par ailleurs, en s'attachant à des ontologies, même s'il est possible de les choisir, l'approche a les mêmes défauts de faible couverture que les approches *a priori* : ainsi, de nombreux profils ne pourront pas être représentés à l'aide de ce modèle (cf. 2.4.1.1 page 54). Enfin, cette approche ne prévoit pas d'utilisation des modèles d'apprenants comme nous le faisons avec les différentes exploitations des profils d'apprenant personnalisées.

Pour voir plus en détail comment nos recherches répondent à notre problématique générale, nous reprenons maintenant les quatre questions de recherche majeures que nous avons identifiées dans la section 1.2 page 19 et nos principales propositions pour y répondre.

Concernant les modèles et outils informatiques à proposer pour permettre aux différents acteurs de l'apprentissage de gérer les profils existants dans toute leur diversité, nous avons proposé et opérationnalisé le langage de modélisation de profils PMDL_e, ainsi que plusieurs extensions (sPMDL_e, pPMDL_e, cPMDL_e, vPMDL_e, rPMDL_e) qui l'étendent en permettant diverses actions sur les profils respectant ce langage (transformations de profils, définition de contraintes sur profils, de vues sur profils, de représentations d'éléments de profils).

Le langage PMDL_e (cf. sections 2.4.2.4 page 60 et 2.4.2.7 page 64) prend en charge des profils beaucoup plus variés que les approches existantes. Par rapport aux normes pédagogiques existantes [PAPI, 2002] [IMS_RDCEO, 2001] [IMS-LIP, 2001], il permet de représenter des profils plus détaillés, correspondant mieux aux besoins des enseignants ou des institutions scolaires. Contrairement au langage UserML [Heckmann et Krüger, 2003], il ne s'agit pas d'un langage imposé, mais d'un langage pivot entre différents langages existants (qui peuvent être implicites) et le langage de l'environnement de gestion de profils. Il n'impose pas de sémantique prédéterminée comme le font les ontologies pédagogiques [Desmoulin et Grandbastien, 2006] [Heckmann et al., 2005] [Moulet, 2011], il peut ainsi s'adapter aux besoins particuliers des enseignants, sans forcément suivre les conventions imposées par les institutions. Par rapport aux approches de type e-portfolios [Mason et al., 2004] [Eyssautier-Bavay, 2004] [EuroLMAI, 2010], PMDL_e permet d'établir des profils plus généraux, applicables à des contextes plus variés. Il adopte de plus une approche plus générique que les systèmes VisMod [Zapata-Rivera et Greer, 2004] et DynMap+ [Rueda et al., 2006], et plus souple que celle de [Ramandalahy et al., 2009], logiciels adoptant une approche en partie similaire à la nôtre. Enfin, par rapport aux démarches d'interopérabilité entre modèles de l'utilisateur [Celik et al., 2008] [Brusilovsky et al., 2008] [Conlan et al., 2004] [Walsh et Wade, 2009] [Tortarolo et Cena, 2009], notre approche ne permet pas seulement l'interopérabilité entre n formats donnés ou m lieux donnés, mais une interopérabilité plus générale, ne se limitant pas à certains systèmes et n'imposant pas de connaître préalablement la structure et la sémantique des profils concernés. Du point de vue de l'évolutivité des données du profil de l'apprenant, notre approche est plus souple que les quatre niveaux de granularité permis par le prototype Nosma [Moulet, 2011].

Concernant les activités permettant d'exploiter toute la richesse des profils d'apprenants, nous avons établi une typologie des activités sur les profils destinées tant aux apprenants qu'aux autres acteurs de l'apprentissage, une typologie des activités papier-crayon et une typologie des activités logicielles personnalisables. Nous avons également développé deux modules destinés à mettre en œuvre les activités identifiées dans ces typologies, l'un pour travailler sur les profils d'apprenants, et l'autre pour proposer des activités pédagogiques papier-crayon et logicielles personnalisées en fonction des profils d'apprenants. Au sein de l'environnement EPROFILEA qui permet la réutilisation de profils externes, ces modules proposent des activités sous forme mutualisée : ces activités d'exploitation des profils d'apprenants sont utilisables à partir des profils les plus variés par les acteurs de l'apprentissage, humains ou logiciels, cherchant à exploiter leurs profils. Un EIAH produisant des profils d'apprenants pourra ainsi déléguer l'exploitation de ses profils à EPROFILEA. EPROFILEA peut ainsi être vu comme un composant dédié à l'exploitation personnalisée de profils d'apprenants [Rosselle et al., 2005] [Rebaï et al., 2005].

De nombreuses recherches sont conduites sur le profil ouvert de l'apprenant [LeMoRe, 2005] [McCalla et al., 2007b] [McCalla et al., 2007a] [Bull et Kay, 2010] et sur la génération d'activités [Murray, 2003c] [Duclosson et al., 2005] [Rus et Graesser, 2009] [Rus et Lester, 2009] [Boyer et Piwe, 2010]. Nos propositions d'activités sur les profils d'une part et de définition d'activités pédagogiques personnalisées d'autre part ont l'avantage par rapport à ces travaux, grâce à notre approche unifiée, d'être proposées au sein d'un même environnement et d'être utilisables à partir de profils issus de sources diverses. En outre, elles sont entièrement et finement personnalisables, enfin, elles sont mutualisables.

Concernant les moyens de personnaliser les activités proposées aux apprenants, à partir de leurs profils, tout en tenant compte des besoins des enseignants, nous avons défini et mis en œuvre deux modèles de personnalisation : PERSUA2 (cf. section 2.6.2.1 page 82) propose une personnalisation unifiée

des activités pédagogiques et PERSUMAP (cf. section 2.6.3.2 page 91) propose une personnalisation unifiée multi-aspects des activités sur les profils d'apprenants.

Nos approches de personnalisation s'appuient sur des profils d'apprenants. Cette démarche est certes plus difficile à gérer que celles s'appuyant sur des stéréotypes, mais elle apporte des informations plus précises sur les apprenants [Rich, 1983]. Ainsi, notre approche de la personnalisation à partir de profils est adaptée plus finement aux besoins d'un apprenant donné que les approches basées sur des stéréotypes [Kay, 2000] [Vincent et al., 2005] [Girard et Johnson, 2007]. Par rapport à la plupart des travaux sur la personnalisation s'appuyant sur des profils, qu'il s'agisse de travaux dans le domaine des EIAH [Mitrovic, 1998] [Sørmo et Aamodt, 2002] [Czarkowski et al., 2005] [Van Rosmalen et al., 2006], des hypermédias adaptatifs [Brusilovsky, 2001], ou des profils d'utilisateurs [Héraud, 2004] [Samaan, 2006] [Habieb-Mammar et Tarpin-Bernard, 2004], nos deux modèles de personnalisation ont l'avantage commun d'adopter une approche générique s'appuyant sur des profils d'apprenants externes hétérogènes et mise en œuvre de façon opérationnelle. Plus précisément, PERSUA2 prend en charge la personnalisation de deux types d'activités : activités papier-crayon générées par le système et activités logicielles personnalisées par le système au sein d'EIAH externes. Par l'interopérabilité qu'il permet avec certaines autres plateformes de formation à distance, aLFanet [Santos et al., 2004] est un peu plus général que les systèmes évoqués ci-dessus, mais sa dépendance à IMS et le fait qu'il ne personnalise que ses parcours et ses activités limitent sa portée. Quant à [Murray, 2003a], il adopte certes une approche générique pour la personnalisation de tuteurs intelligents, mais celle-ci ne permet de personnaliser que les tuteurs créés dans le cadre de cette approche [Murray, 2003b]. PERSUA2 permet donc de personnaliser des activités plus variées, sans se limiter à des activités ou des EIAH internes. Quant à PERSUMAP, il permet en outre de prendre en compte plusieurs aspects dans la personnalisation. Si certains auteurs prennent en compte plusieurs facettes dans les profils qu'ils manipulent, qu'il s'agisse de profils de l'apprenant [Sampson et al., 2002] ou de profils de l'enseignant [Rosselle et al., 2010], leur approche est spécifique à leurs travaux. PERSUMAP personnalise des activités sur les profils selon différentes facettes, ce à partir de profils qui peuvent provenir de sources diverses en s'appuyant sur la généralité de l'environnement EPROFILEA. Du point de vue de la prise en compte des spécificités des besoins des enseignants, notre approche de définition de contraintes sur des profils est plus générique que celle des outils auteurs [David et al., 1996] [Van Joolingen et De Jong, 2003] et bien sûr que celle des EIAH paramétrables manuellement [Murray, 2003b] [Duclosson et al., 2005]. Les travaux s'appuyant sur des scénarios pédagogiques [Guéraud et al., 2004] [Pernin et Lejeune, 2004b] [Pernin et Lejeune, 2006] peuvent quant à eux adopter une certaine généralité, mais ils n'abordent pas la personnalisation des activités pédagogiques elles-mêmes, comme nous le faisons dans nos modèles de personnalisation.

Concernant les moyens de proposer des modèles, processus et outils génériques qui s'adaptent entièrement aux spécificités des besoins des acteurs, nous proposons des méta-modèles, modèles et processus mis en œuvre de façon générique tout en prenant en compte les spécificités des apprenants d'une part et des différents utilisateurs d'autre part. Nous avons également explicité comment se fait cette articulation entre généralité des modèles et spécificités des besoins (cf. sections 2.4.2.2 page 56 et 4.1 page 143).

De ce point de vue, nos travaux s'inscrivent dans une démarche d'ingénierie dirigée par les modèles [Bézivin et al., 2004] [Nodenot, 2005] [Choquet, 2007]. Différentes recherches proposent donc une telle diversité de niveaux de modélisation. En EIAH, nous pouvons signaler le langage de modélisation pédagogique CPM, qui permet non seulement la définition de modèles, mais qui intègre également une technique de transformation de modèles pour opérationnaliser ces modèles [Laforcade et al., 2005]. Plus proche de notre domaine de recherche, en ingénierie des profils d'apprenant, [Moulet, 2011] adopte une approche assez similaire à la nôtre. Toutefois, si l'auteure parle de méta-modèle pour qualifier son travail, cette proposition ne consiste pas réellement en un méta-modèle permettant de définir des modèles instanciables comme nous le faisons, mais plutôt en un modèle dont certains éléments sont paramétrables, le modèle paramétré étant instanciable. La puissance d'un tel modèle est ainsi moindre que celle d'un réel méta-modèle.

Revenons maintenant sur les constats qui ont inspiré nos recherches : d'une part les EIAH sont encore trop peu intégrés au sein des classes, et d'autre part leur contribution à l'apprentissage reste encore en

définitive trop souvent limitée. Nous envisageons, au début de ce document (cf. section 1.2 page 19), plusieurs pistes pour améliorer cette situation : (1) l'adoption d'approches génériques, (2) la mise en place d'outils établissant des ponts entre EIAH et entre EIAH et activités classiques, (3) la proposition d'outils adaptables aux besoins des enseignants et (4) permettant une personnalisation très fine de l'apprentissage à travers des activités pédagogiques et des activités réflexives connexes à l'apprentissage.

Nos propositions nous semblent être un pas significatif vers la prise en compte de ces constats.

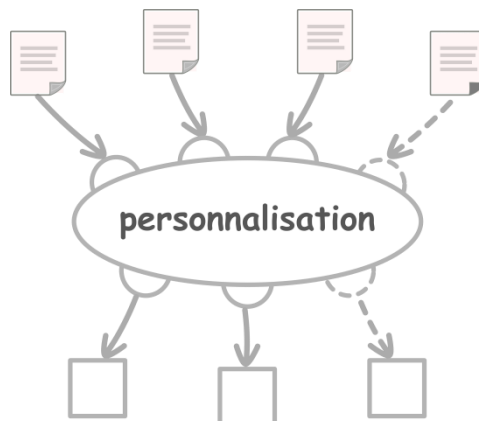


Figure 92 : Schématisation de notre problématique générale.

Nous proposons en effet des modèles génériques et des outils unifiés permettant une personnalisation très fine des activités tant papier-crayon que logicielles. Cette personnalisation (cf. partie centrale de la Figure 93) prend en compte non seulement les connaissances et compétences des apprenants, mais aussi les besoins de l'enseignant et les spécificités de leur situation pédagogique. L'environnement unifié que nous proposons établit ainsi des ponts entre EIAH et activités classiques : en amont avec des pratiques tant papier-crayon que logicielles via les profils d'apprenants réutilisés (cf. partie haute de la Figure 93), et en aval avec des activités pédagogiques personnalisées qui peuvent également être papier-crayon ou logicielles (cf. partie basse de la Figure 93).

Pour toutes ces raisons, nous pensons que l'ensemble de nos contributions, qui s'imbriquent les unes aux autres pour former un ensemble cohérent, constituent une avancée dans les recherches en EIAH, tant par les modèles et leurs mises en œuvre eux-mêmes, que par les concepts qu'ils sous-tendent qui peuvent être appliqués à d'autres contextes, voire à d'autres domaines.

4.3 Application de nos propositions à d'autres contextes

Globalement, les différents modèles que nous avons proposés, de par leur généralité, peuvent être appliqués à d'autres contextes, à d'autres projets et être mis en œuvre dans d'autres outils.

Nous avons déjà entrevu dans les sections 2.2.2 page 45 et 2.7 page 97 que le modèle ACUTE4profiles, en représentant le cycle de vie des profils d'apprenants, permet de situer nos différents travaux concernant cet objet. Nous avons d'ailleurs représenté les travaux auxquels nous avons participé sur ce modèle (cf. Figure 85 page 135). Il est possible de la même manière d'y situer d'autres travaux. Ainsi, les EIAH « classiques », c'est-à-dire destinés à être utilisés par des apprenants en vue d'un apprentissage, se situent au niveau de l'étape des activités pédagogiques sur le modèle ACUTE4profiles (cf. (A) sur la Figure 85). Les travaux abordant la question de la collecte de traces, ceux qui traitent de l'analyse de traces, et, plus spécifiquement au domaine des EIAH, ceux qui étudient le diagnostic de compétences, se situent au niveau de l'étape de constitution de profils (cf. (C) sur la Figure 85). Les travaux de normalisation de profils, ainsi que les ontologies pédagogiques et les travaux visant à intégrer des profils distribués se situent au niveau de l'étape d'uniformisation des profils (cf. (U) sur la Figure 85). Les rares travaux qui concernent la manipulation de profils dans le but d'établir des calculs dessus (comme la constitution d'un profil de groupe à partir des profils d'apprenants) se situent au niveau de l'étape de transformation des profils (cf. (T) sur la Figure 85). Enfin, nous retrouvons dans l'étape d'exploitation des profils (cf. (E) sur la Figure 85), d'une part les travaux sur le modèle ouvert de l'apprenant au niveau des activités sur les profils, et d'autre part les travaux sur les scénarios pédagogiques, ceux sur les outils auteurs et ceux sur les hypermédias adaptatifs au niveau de la définition d'activités pédagogiques.

Une perspective intéressante de nos travaux consiste à étudier la possibilité d'appliquer nos propositions faites dans le domaine des EIAH pour les profils d'apprenants hybrides évolutifs, à un contexte plus large pour des profils d'utilisateurs. Ainsi, nos propositions, notamment d'une part notre langage de modélisation de profils d'apprenants et les différents modèles qui lui sont associés, et d'autre part nos modèles de personnalisation, pourraient être appliqués dans le contexte du web adaptatif, grand utilisateur de profils d'utilisateurs et de personnalisation. Loin de prétendre que nos propositions sont directement applicables à ce domaine, nous pensons qu'il est nécessaire d'étudier précisément les différences existant entre ces domaines. Pour cela, nous devons spécifier ce qui différencie le concept de profil d'apprenant de celui de profil d'utilisateur, ce qui différencie personnalisation et adaptation, sans oublier ce qui différencie apprenants et utilisateurs, ainsi que ce qui différencie apprentissage et utilisation. Nous pensons qu'une telle étude est intéressante d'un point de vue théorique, mais qu'elle est également pertinente d'un point de vue pratique. Nous estimons en effet que la richesse et la rigueur de nos propositions génériques et unifiées, qui s'appuient sur un objet profil explicite étudié en tant que tel, pourraient apporter un éclairage nouveau aux travaux sur le web adaptatif.

Si actuellement nos modèles mis en œuvre dans l'environnement EPROFILEA ont été, pour des raisons historiques, implémentés plutôt dans une optique d'utilisation présentielle, nous envisageons, et nos modèles, ainsi que certains de nos outils le permettent déjà sans problème, de proposer une mise en œuvre pleinement compatible avec une utilisation à distance. Plus généralement, nos différents modèles pourraient être implémentés dans d'autres environnements, en dehors du contexte du projet PERLEA.

4.4 Assistant à l'utilisateur d'applications complexes

Actuellement, une des perspectives majeures de nos travaux concerne la proposition d'une assistance à l'utilisateur d'applications complexes telles que celles que nous proposons [Cordier et al., 2010]. Nous avons en effet décrit schématiquement en introduction (cf. Figure 3) comment la proposition d'approches unifiées simplifie certes la tâche de l'utilisateur, mais conduit toutefois à des logiciels complexes que leurs utilisateurs ont du mal à utiliser. Afin de leur permettre de profiter pleinement de la puissance de ces outils en évitant les sous-utilisations ou les désaffections, nous souhaitons explorer des possibilités d'améliorer les outils unifiés s'appuyant sur des approches génériques (cf. section 4.1 et Figure 91). Pour cela, une des voies que nous envisageons d'explorer à court terme est d'adjoindre à ces logiciels complexes un assistant intelligent.

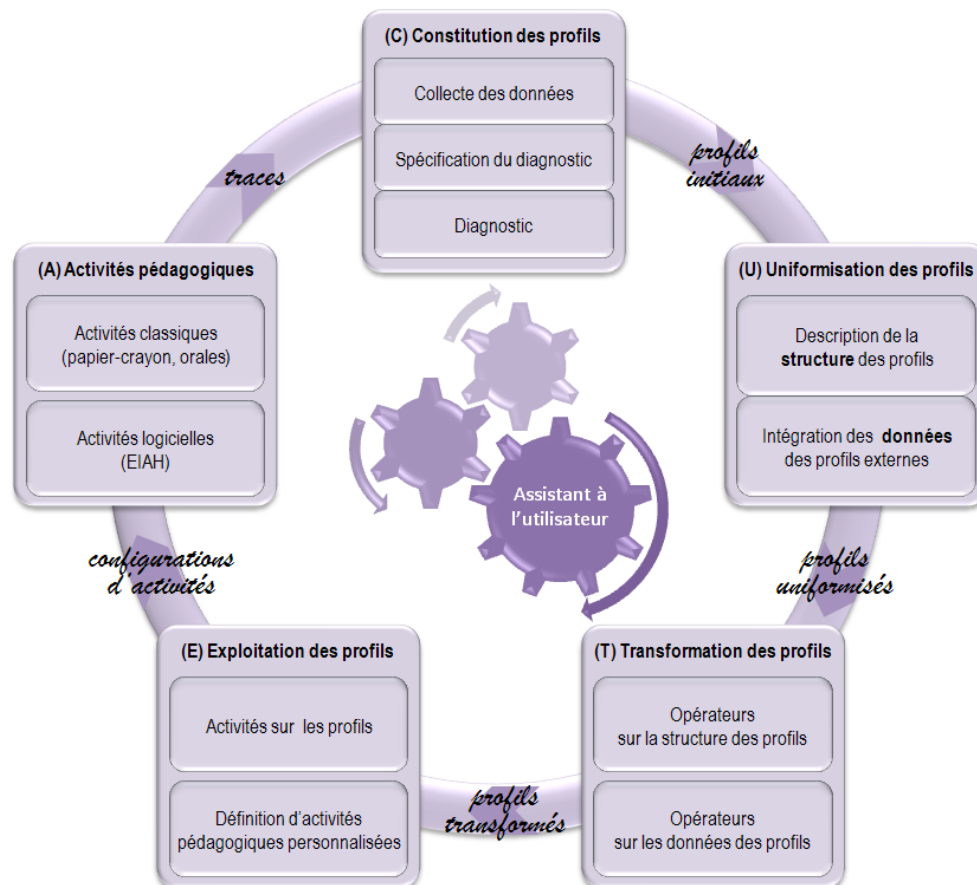


Figure 93 : Un assistant à l'utilisateur au sein du cycle de vie des profils d'apprenants.

Fidèle à notre approche générique, nous souhaitons proposer un modèle générique d'un tel assistant, qui pourrait s'appliquer à différents logiciels, notamment différents logiciels prenant part au cycle de vie des profils d'apprenants (cf. Figure 93).

Si différentes approches d'assistance à l'utilisateur existent [Cordier et al., 2010], la proposition d'une approche générique intégrant des mécanismes de personnalisation est une problématique nouvelle, certes ardue, mais prometteuse. Un tel assistant sera destiné à des utilisateurs ayant divers degrés d'expertises dans les différentes dimensions de l'utilisation du système (domaine d'application, interface, modèle de connaissances, processus). Il devra prendre en compte les spécificités de l'utilisateur : ses connaissances, ses capacités (intégrant ses éventuels handicaps), ses préférences.

En s'appuyant notamment sur les travaux sur la réutilisation de l'expérience développés par l'équipe Silex du LIRIS [LIRIS-Silex, 2003], ce modèle générique d'assistant devra faciliter l'identification et la réutilisation d'usages typiques, par exemple sous forme de *patterns*. Il s'adossera à des communautés de pratiques qui pourront s'échanger ces *patterns*, mais pourra aussi avoir recours à d'autres méthodes comme les systèmes de recommandation. Nous envisageons donc plusieurs pistes, que nous souhaitons

combiner dans un assistant à multiples facettes qui pourrait aider l'utilisateur de la manière la plus pertinente, prenant en compte pour une assistance donnée notamment le contexte, les compétences de l'utilisateur dans la tâche, les préférences de l'utilisateur du point de vue de l'assistance, les situations précédentes d'utilisation du système et de l'assistance.

4.5 Pour conclure

Nous estimons que les recherches en EIAH arrivent désormais à une étape de maturité, où elles doivent se tourner plus systématiquement vers des approches génériques, plus réutilisables, plus puissantes, même si ces dernières nécessitent encore, nous l'avons montré dans la section 4.1, des améliorations telles que celles que nous avons évoquées dans la section 4.4. Nous contestons que l'adoption de ce type d'approches se fasse nécessairement au détriment d'une approche humaine, proche de l'utilisateur et de ses besoins. Nous revendiquons en effet que l'utilisateur, et particulièrement l'enseignant, doit être au cœur des EIAH, au cœur de sa conception, au cœur de son évaluation et au cœur de son utilisation. Nous avons montré dans ce document comment l'articulation entre la généralité de modèles, voire de méta-modèles, et la spécificité des besoins des utilisateurs finaux est possible grâce à des outils unifiés. Nous avons également montré comment nous avons appliqué cette démarche au contexte de l'ingénierie des profils d'apprenants, avec pour préoccupation constante de placer l'enseignant au cœur de cette articulation.

Au-delà de la séparation qui existait jusqu'à maintenant entre EIAH riches, mais spécifiques, et ENT (Environnements Numériques de Travail) génériques, mais pauvres, nous pensons que les recherches récentes et à venir vont ainsi nous permettre progressivement d'évoluer d'ENT *vides* et dénués d'intérêt pour leurs utilisateurs cibles et donc délaissés, à des outils *remplis*, éventuellement préalablement à leurs premiers usages, et complétés par leurs utilisateurs qui achèveront leurs usages, adaptés aux besoins de leurs usagers, personnalisés, partageables : des ENT puissants, mais néanmoins humains, inscrits dans la société.

De tels environnements ont toutefois le défaut d'être d'abord complexes pour leurs utilisateurs. Cette complexité nécessite des systèmes intelligents d'assistance aux utilisateurs, systèmes qui peuvent être eux-mêmes adaptés à la fois aux connaissances de l'utilisateur sur le système, à ses compétences face à un système informatique, mais aussi à ses préférences et éventuellement à ses capacités. Ainsi, nous allons vers des outils de plus en plus génériques, mais paradoxalement potentiellement plus proches de leurs utilisateurs grâce à des contenus et des formats adaptés à leurs besoins, aidés par des assistants eux-mêmes adaptés.

Nous avons exploré ces dernières années avec passion et constance chacune des étapes du cycle de gestion des profils d'apprenants. Nous avons adopté le point de vue pluridisciplinaire des recherches en EIAH : de l'entretien avec des enseignants jusqu'à la mise à l'essai d'outils unifiés mettant en œuvre des modèles et processus génériques. Nos travaux ont conduit à des réussites importantes, même si les solutions adoptées restent perfectibles et font l'objet de perspectives que nous avons évoquées dans cette dernière partie. Forte de cette expérience, nous souhaitons désormais étendre le champ de nos recherches. Les thèmes qui vont nous captiver dans un avenir proche concernent, nous l'avons dit, l'assistance à l'utilisateur, que nous envisagerons notamment par le biais de la réutilisation de l'expérience. Nous souhaitons aborder ces thèmes du point de vue des EIAH, mais également au-delà de ce domaine. Nous ne souhaitons en effet pas nous imposer de limites quant aux thèmes de recherche que nous allons explorer et aux collaborations que nous allons mettre en place dans les années à venir, afin de nous laisser guider par l'émulation entre chercheurs et par notre enthousiasme pour la recherche.

PARTIE 5 – RÉFÉRENCES

Sommaire de la partie 5

5.1	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	157
5.2	RÉFÉRENCES NÉTOGRAPHIQUES.....	168
5.3	PUBLICATIONS LIÉES À NOS TRAVAUX	170

5.1 Références bibliographiques

[Aïmeur et Hage, 2010]

Aïmeur E. et Hage H., Preserving learner's privacy, *Advances in Intelligent Tutoring Systems*, Nkambou R., Bourdeau J. et Mizoguchi R., Springer-Verlag, chapitre 23, pp. 465-484, 2010.

[Baker, 2000]

Baker M., The roles of models in Artificial Intelligence and Education research: a prospective view, *International Journal of Artificial Intelligence in Education (IJAIED)*, vol. 11, pp. 122-143, 2000.

[Balacheff, 1994]

Balacheff N., Didactique et intelligence artificielle, *Didactique et intelligence artificielle*, Balacheff N. et Vivet M., chapitre 1, pp. 7-42, 1994.

[Berkovsky et al., 2008]

Berkovsky S., Heckmann D., Krüger A. et Kuflik T., UbiqUM2008, 5th International Workshop on Ubiquitous User Modeling (UbiqUM2009) at International Conference on Intelligent User Interfaces (IUI), 2008.

[Berkovsky et al., 2009]

Berkovsky S., Carmagnola F., Heckmann D. et Kuflik T., UbiqUM2009, 7th International Workshop on Ubiquitous User Modeling (UbiqUM2009) at the Conference on User Modeling, Adaptation, Personalization (UMAP), Trento, Italy, 2009.

[Bézivin et al., 2004]

Bézivin J., Blay M., Bouzhegoub M., Estublier J., Favre J.-M., Gérard S. et Jézéquel J.-M., Rapport de synthèse de l'AS CNRS sur le MDA, CNRS, 2004.

[BO_n°22, 2007]

BO_n°22, Livret Personnel de Compétences, Ministère français de l'éducation nationale de l'enseignement supérieur et de la recherche, vol Bulletin Officiel (BO), Decret N°2007-860 du 14-5-2007 JO du 15-5-2007, Vol. n°22, pp. 1277-1278, 2007.

[Bontcheva, 2001]

Bontcheva K., Tailoring the Content of Dynamically Generated Explanations, User Modelling, M. Bauer P. J. G. a. J. V., Sonthofen, Germany, pp. 213-215, 2001.

[Bouhineau et Nicaud, 2006]

Bouhineau D. et Nicaud J.-F., Aplusix, un EIAH de l'algèbre, *Environnements informatiques pour l'apprentissage humain (Traité IC2, série Cognition et traitement de l'information)*, Grandbastien M. et Labat J.-M., chapitre 15, pp. 333-350, 2006.

[Bourda et al., 2010]

Bourda Y., Gauthier G., Gomez de Regil R.-M. et Catteau O., Métadonnées pour ressources d'apprentissage (MLR) - nouvelle norme ISO de description de ressources pédagogiques, *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Education et la Formation (STICEF)*, vol. 17, pp. 195-210, 2010.

[Boyer et Piwe, 2010]

Boyer K. E. et Piwe P., The Third Workshop on Question Generation Third Workshop on Question Generation, International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS2010), Pittsburgh, US, 2010.

[Bruillard, 1997]

Bruillard E., Les machines à enseigner, Paris, France, Hermès, 1997.

[Bruillard et Baron, 2006]

Bruillard E. et Baron G.-L., Usages en milieu scolaire : caractérisation, observation et évaluation, *Environnements informatiques pour l'apprentissage humain (Traité IC2, série Cognition et traitement de l'information)*, Grandbastien M. et Labat J.-M., chapitre 12, pp. 269-284, 2006.

- [Brusilovsky, 2001]
Brusilovsky P., Adaptive Hypermedia, *User Modeling and User-Adapted Interaction*, vol. 11, pp. 87-110, 2001.
- [Brusilovsky et al., 2008]
Brusilovsky P., Sosnovsky S., Yudelson M., Kumar A. et Hsiao I.-H., User Model Integration in a Distributed Adaptive E-Learning System, Workshop on User Model Integration at the 5th International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems (AH'2008), Hannover, Germany, pp. 1-10, 2008.
- [Brusilovsky et Millán, 2009]
Brusilovsky P. et Millán E., Modèles utilisateurs pour les hypermédias adaptatifs et les systèmes d'enseignement adaptatif, *Analyse de traces et personnalisation des environnements informatiques pour l'apprentissage humain*, Hermès Sciences Publications, chapitre 2, 2009.
- [Bull et Pain, 1995]
Bull S. et Pain H., Did I say what I think I said, and do you agree with me?: Inspecting and questioning the student model, World Conference on Artificial Intelligence in Education, Charlottesville, USA, pp. 501-508, 1995.
- [Bull et al., 2003]
Bull S., McEvoy A. T. et Reid E., Learner Models to Promote Reflection in Combined Desktop PC / Mobile Intelligent Learning Environments, Workshop on Learner Modelling for Reflection, International Conference on Artificial Intelligence in Education 2003 (AIED'2003), Alevan V. H. U., Kay J., Mizoguchi R., Pain H., Verdejo F., Yacef K. , Sydney, Australia, pp. 199-208, 2003.
- [Bull et McKay, 2004]
Bull S. et McKay M., An Open Learner Model for Children and Teachers: Inspecting Knowledge Level of Individuals and Peers, Intelligent Tutoring Systems (ITS'2004), al. J. C. L., Lacey, Brasil, pp. 646-655, 2004.
- [Bull et al., 2005]
Bull S., Mangat M., Mabbott A., Abu-Issa A. S. et Marsh J., Reactions to Inspectable Learner Models: Seven Year Old to University Students, Artificial Intelligence in Education (AIED'2005), Amsterdam, The Netherlands, pp. 1-10 2005.
- [Bull et Mabbott, 2006a]
Bull S. et Mabbott A., 20000 Inspections of a Domain-Independent Open Learner Model with Individual and Comparison Views, 8th International Conference on Intelligent Tutoring Systems, Berlin, Germany, pp. 422-432, 2006a.
- [Bull et Mabbott, 2006b]
Bull S. et Mabbott A., Student Preferences for Editing, Persuading, and Negotiating the Open Learner Model, 8th International Conference ITS, Berlin, Germany, pp. 481-490, 2006b.
- [Bull et al., 2007a]
Bull S., Dimitrova V. et McCall G., Open Learner Models: Research Questions, *Preface of Special Issue of the International Journal of Artificial Intelligence in Education (IJAIED)*, vol. 17 n°2, pp. 83-87, 2007a.
- [Bull et Kay, 2007]
Bull S. et Kay J., Student Models that Invite the Learner In: The SMILI Open Learner Modelling Framework, *International Journal of Artificial Intelligence in Education (IJAIED)*, vol. 17, pp. 89-120, 2007.
- [Bull et al., 2007b]
Bull S., Mabbott A. et Abu-Issa A. S., UMPTEEN: Named and Anonymous Learner Model Access for Instructors and Peers, *International Journal of Artificial Intelligence in Education (IJAIED)*, vol. 17 n°3, pp. 227-253, 2007b.

- [Bull et al., 2009]
Bull S., Gardner P., Ahmad N., Ting J. et Clarke B., Use and Trust of Simple Independent Open Learner Models to Support Learning within and across Courses, *User Modeling 2009*, Springer-Verlag, pp. 42-53, 2009.
- [Bull et Kay, 2010]
Bull S. et Kay J., Open Learner Models, *Advances in Intelligent Tutoring Systems*, Nkambou R., Bourdeau J. et Mizoguchi R., Springer-Verlag, chapitre 15, pp. 301-322, 2010.
- [Burton, 1982]
Burton R. R., Diagnosing bugs in a simple procedural skill, *Intelligent Tutoring Systems*, London, Academic Press, chapitre 8, 1982.
- [Buthod, 2005]
Buthod M., Projet PERLEA - Conception d'un générateur de convertisseurs de fichiers - TORNADE, Rapport de stage de M1 Informatique, Université Claude Bernard Lyon 1, Villeurbanne, France, 2005.
- [Butoianu et al., 2011]
Butoianu V., Vidal P. et Broisin J., Prise en compte de la vie privée des usagers dans un Système à Base de Traces dédié à l'apprentissage en ligne, *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH'2011)*, Mons, Belgique, pp. 355-367, 2011.
- [Carchiolo et al., 2007]
Carchiolo V., Longheu A., Malgeri M. et Mangioni G., An Architecture to Support Adaptive E-Learning, *International Journal of Computer Science and Network Security*, vol. 7 n°1, 2007.
- [Catteau et al., 2006]
Catteau O., Vidal P. et Broisin J., Gestion du cycle de vie au sein du LOM et de ses profils d'application, *TICE 2006 - Colloque Technologies de l'Information et de la Communication dans l'Enseignement Supérieur et l'Entreprise*, Toulouse, France, 2006.
- [Celik et al., 2008]
Celik I., Ashman H., Blanchfield P. et Brailsford T., An interoperability system for User Models in Adaptive Educational Hypermedia, *Workshop on User Model Integration at the 5th International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems (AH'2008)*, Hannover, Germany, pp. 33-37, 2008.
- [Choquet, 2007]
Choquet C., Ingénierie et réingénierie des EIAH : l'approche REDiM, *Habilitation à Diriger des Recherches en Informatique*, Laboratoire d'Informatique de l'Université du Maine (LIUM), 10 décembre 2007.
- [Clancey, 1982]
Clancey W. J., Tutoring rules for guiding a case method dialog, *Intelligent Tutoring Systems*, Sleeman D. et Brown J. S., London, Academic Press, pp. 201-226, 1982.
- [Cogne et al., 1998]
Cogne A., David J.-P. et Lacombe C., Production d'exercices hypermédias et mise en œuvre pédagogique, *8èmes Journées Informatique et Pédagogie des Sciences Physiques*, Montpellier, 1998.
- [Conlan et al., 2004]
Conlan O., Brady A. et Wade V., The Multi-model, Metadata-driven Approach to Content and Layout Adaptation, *W3C Workshop on Metadata for Content Adaptation*, Dublin, Ireland, 2004.
- [Czarkowski et al., 2005]
Czarkowski M., Kay J. et Potts S., Scrutability as a core interface element, *Artificial Intelligence in Education*, Amsterdam, Netherlands, pp. 783-785, 2005.

- [David et al., 1996]
David J.-P., Cogne A. et Dutel A., Hypermedia exercises prototyping and modelising, *Computer Aided Learning and Instruction in Science and Engineering*, Springer-Verlag, pp. 252-260, 1996.
- [Desmoulins et Grandbastien, 2006]
Desmoulins C. et Grandbastien M., Une ingénierie des EIAH fondée sur les ontologies, *Environnements informatiques pour l'apprentissage humain (Traité IC2, série Cognition et traitement de l'information)*, Grandbastien M. et Labat J.-M., chapitre 7, pp. 161-180, 2006.
- [Dillenbourg et Self, 1992]
Dillenbourg P. et Self J., A framework for learner modelling, *Interactive Learning Environments*, vol. 2 n°2, pp. 111-137, 1992.
- [Dimitrova et al., 1999]
Dimitrova V., Self J. et Brna P., The Interactive Maintenance of Open Learner Models, Artificial Intelligence in Education (AIED'1999), Vivet S. P. L. a. M., Le Mans, France, pp. 405-412, 1999.
- [Dimitrova et al., 2001]
Dimitrova V., Self J. et Brna P., Applying interactive open learner models to learning technical terminology, *User Modeling 2001*, pp. 148-157, 2001.
- [Djouad et al., 2010]
Djouad T., Settouti L. S., Prié Y., Reffay C. et Mille A., Un Système à Base de Traces pour la modélisation et l'élaboration d'indicateurs d'activités éducatives individuelles et collectives. Mise à l'épreuve sur Moodle, *Technique et Science Informatiques (TSI)*, vol. 29 n°6, pp. 721-741, 2010.
- [Felder et Silverman, 1988]
Felder R. M. et Silverman L. K., Learning and Teaching Styles, *Engineering Education*, vol. 78 n°7, pp. 674-681, 1988.
- [Frasson et Chalfoun, 2010]
Frasson C. et Chalfoun P., Managing learner's affective states in Intelligent Tutoring Systems, *Advances in Intelligent Tutoring Systems*, Nkambou R., Bourdeau J. et Mizoguchi R., Springer-Verlag, chapitre 17, pp. 339-360, 2010.
- [Girard et Johnson, 2007]
Girard S. et Johnson H., DividingQuest : opening the learner model to teachers, *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH'2007)*, Lausanne, Suisse, pp. 329-334, 2007.
- [Grandbastien et Labat, 2006a]
Grandbastien M. et Labat J.-M., Environnements informatiques pour l'apprentissage humain (Traité IC2, série Cognition et traitement de l'information), 2006a.
- [Grandbastien et Labat, 2006b]
Grandbastien M. et Labat J.-M., Introduction, *Environnements informatiques pour l'apprentissage humain (Traité IC2, série Cognition et traitement de l'information)*, Grandbastien M. et Labat J.-M., pp. 17-24, 2006b.
- [Guéraud et al., 2004]
Guéraud V., Adam J.-M., Pernin J.-P., Calvary G. et David J.-P., L'exploitation d'Objets Pédagogiques Interactifs à distance : le projet FORMID, *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation (STICEF)*, vol. 11, 2004.
- [Habieb-Mammar et Tarpin-Bernard, 2004]
Habieb-Mammar H. et Tarpin-Bernard F., CUMAPH: Cognitive user modeling for Adaptive Presentation of hyper-documents: an experimental study, *International conference on adaptive hypermedia and adaptive web-based systems*, Eindhoven, The Netherlands, pp. 136-145, 2004.
- [Hacid et Reynaud, 2004]
Hacid M.-S. et Reynaud C., L'intégration de sources de données, *Revue I3 (Information Interaction Intelligence)*, vol. 4 n°2, 2004.

- [Hartley et Mitrovic, 2002]
Hartley D. et Mitrovic A., Supporting Learning by Opening the Student Model, Intelligent Tutoring Systems (ITS'2002), S.A. Cerri G. G. a. F. P., San Sebastian (Espagne) & Biarritz (France), Springer-Verlag, pp. 453-462, 2002.
- [Heckmann et Krüger, 2003]
Heckmann D. et Krüger A., A user modeling markup language (UserML) for ubiquitous computing, User Modeling 2003, Springer-Verlag, pp. 393-397, 2003.
- [Heckmann et al., 2005]
Heckmann D., Schwartz T., Brandherm B., Schmitz M. et von Wilamowitz-Moellendorff M., GUMO - the General User Model Ontology, User Modeling 2005, Edinburgh, Scotland, UK, Springer-Verlag, pp. 428-432, 2005.
- [Héraud, 2004]
Héraud J.-M., Pixed: improving adaptable navigation with Case-Based Reasoning, World Conference on Educational Multimedia Hypermedia and Telecommunications (EdMedia'2004), Lugano, Switzerland, pp. 656-661, 2004.
- [Jackson et al., 2009]
Jackson G. T., Boonthum C. et McNamara D. S., iSTART-ME: Situating extended learning within a game-based environment, Brighton, United-Kingdom, pp. 59-69, 2009.
- [Kay, 2000]
Kay J., Stereotypes, Student Models and Scrutability, 5th International Conference on Intelligent Tutoring Systems, London, UK, Springer-Verlag, pp. 19-30, 2000.
- [Keenoy et al., 2004]
Keenoy K., de Freitas S., Levene M., Jones A., Brasher A., Waycott J., Kaszas P., Turcsanyi-Szabo M. et Montandon L., Personalised trails and learner profiling within e-Learning environments, Kaleïdoscope D22.4.1, Réseau d'Excellence Européen Kaleïdoscope, 2004.
- [Kosba et al., 2005]
Kosba E., Dimitrova V. et Boyle R., Using student and group models to support teachers in web-based distance education, User Modeling 2005, Edinburgh, Scotland, UK, Springer-Verlag, pp. 124-133, 2005.
- [Laborde et Laborde, 2006]
Laborde C. et Laborde J.-M., Genèse et développement de Cabri-géomètre, environnement de géométrie dynamique, *Environnements informatiques pour l'apprentissage humain (Traité IC2, série Cognition et traitement de l'information)*, Grandbastien M. et Labat J.-M., chapitre 16, pp. 351-380, 2006.
- [Laflaquière, 2009]
Laflaquière J., Conception de traces numériques dans les environnements informatiques documentaires, Université de Technologie de Troyes
- [Laforcade, 2005]
Laforcade P., Approche par transformation de modèles pour la conception d'EIAH, Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH'2005), Montpellier, France, pp. 213-224, 2005.
- [Laforcade et al., 2005]
Laforcade P., Nodenot T. et Sallaberry C., Un langage de modélisation pédagogique basé sur UML, *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation (STICEF)*, vol. 12, 2005.
- [Lazarinis et Retalis, 2007]
Lazarinis F. et Retalis S., Analyze Me: Open Learner Model in an Adaptive Web Testing System, *International Journal of Artificial Intelligence in Education (IJAIED)*, vol. 17 n°3, pp. 255-271, 2007.

- [Leroux, 2002]
Leroux P., 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, 20 décembre 2002.
- [Lin et al., 2003]
Lin T., Kinshuk et Patel A., Cognitive Trait Model for Persistent Student Modelling, ED-MEDIA 2003 - World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications, Norfolk, USA, pp. 2144-2147, 2003.
- [Mackay et Fayard, 1997]
Mackay W. et Fayard A.-L., Radicalement nouveau et néanmoins familier : les strips papiers revus par la réalité augmentée, Journées IHM'97, Poitiers, France, 1997.
- [Marty et Mille, 2009]
Marty J.-C. et Mille A., Introduction - Analyse de traces et personnalisation des EIAH, *Analyse de traces et personnalisation des environnements informatiques pour l'apprentissage humain*, Hermès Sciences Publications, 2009.
- [Mason et al., 2004]
Mason R., Pegler C. et Welle M., E-portfolios: an assessment tool for online course, *British Journal of Educational Technology*, vol. 35 n°6, pp. 717-727, 2004.
- [McCalla et al., 2007a]
McCalla G., Bull S. et Dimitrova V., Special Issue (Part 1) - Open Learner Models: Research Questions, *International Journal of Artificial Intelligence in Education (IJAIED)*, vol. 17 n°2, 2007a.
- [McCalla et al., 2007b]
McCalla G., Bull S. et Dimitrova V., Special Issue (Part 2) - Open Learner Models: Future Research Directions, *International Journal of Artificial Intelligence in Education (IJAIED)*, vol. 17 n°3, 2007b.
- [McCalla, 2010]
McCalla G., Foreword - May the forcing functions be with you: the stimulating world of AIED and ITS research, *Advances in Intelligent Tutoring Systems*, Nkambou R., Bourdeau J. et Mizoguchi R., Springer-Verlag, pp. VII-XI, 2010.
- [Melis et al., 2001]
Melis E., Andrés E., Büdenbender J., Frischauf A., Gogvadze G., Libbrecht P., Pollet M. et Ullrich C., ActiveMath: A Generic and Adaptive Web-Based Learning Environment, *International Journal of Artificial Intelligence in Education (IJAIED)*, vol. 12, pp. 385-407, 2001.
- [Mendelsohn et Dillenbourg, 1991]
Mendelsohn P. et Dillenbourg P., Le développement de l'enseignement intelligemment assisté par ordinateur, Symposium Intelligence Naturelle et Intelligence Artificielle, Rome, Italie, 1991.
- [Mille et Prié, 2006]
Mille A. et Prié Y., Une théorie de la trace informatique pour faciliter l'adaptation dans la confrontation logique d'utilisation/logique de conception, 13ème Journées de Rochebrune, 2006.
- [Mitrovic, 1998]
Mitrovic A., A Knowledge-Based Teaching System for SQL, *Association for the Advancement of Computing in Education (AACE)*, 1998.
- [Mitrovic et Martin, 2007]
Mitrovic A. et Martin B., Evaluating the Effect of Open Student Models on SelfAssessment, *International Journal of Artificial Intelligence in Education (IJAIED)*, vol. 17, pp. 121-144, 2007.
- [Moulet, 2005]
Moulet L., Revue de littérature du ePortfolio : définitions, contenus et usages, visant à l'intégration d'un ePortfolio dans le modèle de l'apprenant d'un système d'apprentissage en ligne, Centre de recherche LICEF - TÉLUQ - Université du Québec à Montréal, LICEF06NR02, 2005.

- [Moulet et al., 2008a]
Moulet L., Marino O., Hotte R. et Labat J.-M., Framework for a Competency-Driven, Multi-viewpoint, and Evolving Learner Model, *Intelligent Tutoring Systems (ITS'2008)*, pp. 702-705, 2008a.
- [Moulet et al., 2008b]
Moulet L., Marino O., Hotte R. et Labat J.-M., Méta-modèle pour la création de modèles de l'apprenant cognitifs, à points de vue multiples et évolutifs, *Technologies de l'Information et de la Communication dans l'Enseignement (TICE'2008)*, Paris, France, pp. 51-57, 2008b.
- [Moulet, 2011]
Moulet L., Modélisation de l'apprenant avec une approche par compétences dans le cadre d'environnements d'apprentissage en ligne, Doctorat en informatique cognitive, Télé-université - Université du Québec à Montréal et Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, Juillet 2011.
- [Murray, 2003a]
Murray T., An Overview of Intelligent Tutoring System Authoring Tools: Updated analysis of the state of the art, *Authoring Tools for Advanced Technology Learning Environments*, T. Murray S. B., and S. Ainsworth, editors, Kluwer Academic Publisher, chapitre 17, 2003a.
- [Murray, 2003b]
Murray T., Principles for Pedagogy-oriented Knowledge Based Tutor Authoring Systems: Lessons Learned and a Design Meta-Model, *Authoring Tools for Advanced Technology Learning Environments*, T. Murray S. B., and S. Ainsworth, editors, Kluwer Academic Publisher, chapitre 15, 2003b.
- [Murray, 2003c]
Murray T., Eon: Authoring Tools for Content, Instructional Strategy, Student Model, and Interface Design, *Authoring Tools for Advanced Technology Learning Environments*, T. Murray S. B., and S. Ainsworth, editors, Kluwer Academic Publisher, chapitre 11, 2003c.
- [Najjar et al., 2010]
Najjar J., Derntl M., Klobucar T., Simon B., Totschnig M., Grant S. et Pawlowski J., A data model for describing and exchanging Personal Achieved Learning Outcomes (PALO), *International Journal of IT Standards and Standardization Research*, vol. 8 n°2, pp. 87-104, 2010.
- [Nkambou et al., 2007]
Nkambou R., Delozanne É. et Frasson C., Les Dimensions émotionnelles de l'interaction dans un EIAH, *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Education et la Formation (STICEF)*, vol. 14, 2007.
- [Nkambou et al., 2010]
Nkambou R., Bourdeau J. et Mizoguchi R., Introduction - What are Intelligent Tutoring Systems, and why this book?, *Advances in Intelligent Tutoring Systems*, Nkambou R., Bourdeau J. et Mizoguchi R., Springer-Verlag, pp. 1-12, 2010.
- [Nodenot, 2005]
Nodenot T., Contribution à l'ingénierie dirigée par les modèles en EIAH : le cas des situations-problèmes coopératives, Habilitation à Diriger des Recherches en Informatique, Laboratoire d'Informatique de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour (LIUPPA), 30 novembre 2005.
- [Oubahssi, 2005]
Oubahssi L., Conception de plates-formes logicielles pour la formation à distance, présentant des propriétés d'adaptabilité à différentes catégories d'utilisateurs et d'interopérabilité avec d'autres environnements logiciels, Thèse de doctorat en Informatique, Université René Descartes - Paris V, décembre 2005.
- [Paiva et al., 1995]
Paiva A., Self J. et Hartley R., Externalising Learner Models, *Artificial Intelligence in Education (AIED'95)*, Washington, USA, pp. 509-516, 1995.

- [Paquette, 2007]
Paquette G., An Ontology and a Software Framework for Competency Modeling and Management, *Educational Technology and Society, Special issue in Advanced Technologies for Life-Long Learning*, vol. 3 n°10 pp. 1-21, 2007.
- [Pernin et Lejeune, 2004a]
Pernin J.-P. et Lejeune A., Dispositifs d'apprentissage Instrumentés par les Technologies : vers une ingénierie centrée sur les scénarios, *Technologies de l'Information et de la Connaissance dans l'Enseignement Supérieur et l'Industrie (TICE'2004)*, Compiègne, France, 2004a.
- [Pernin et Lejeune, 2004b]
Pernin J.-P. et Lejeune A., Modèles pour la réutilisation de scénarios d'apprentissage, *Colloque Tice Méditerranée*, Nice, France, 2004b.
- [Pernin, 2006]
Pernin J.-P., Normes et standards pour la conception, la production et l'exploitation des EIAH, *Environnements informatiques pour l'apprentissage humain (Traité IC2, série Cognition et traitement de l'information)*, Grandbastien M. et Labat J.-M., chapitre 9, pp. 201-222, 2006.
- [Pernin et Lejeune, 2006]
Pernin J.-P. et Lejeune A., Scénarisation pédagogique : modèles, langages et outils pour les machines, pour les ingénieurs pédagogiques ou pour les enseignants, *Technologies de l'Information et de la Connaissance dans l'Enseignement Supérieur et l'Industrie (TICE'2006)*, Toulouse, France, 2006.
- [Perriault, 1989]
Perriault J., *La logique de l'usage, essai sur les machines à communiquer*, 1989.
- [Perriault, 2002]
Perriault J., *L'accès au savoir en ligne*, 2002.
- [Pintrich et Schunk, 2002]
Pintrich P. R. et Schunk D. H., *Motivation in education: theory, research, and applications*, 2002.
- [Py et Hibou, 2006]
Py D. et Hibou M., Représentation des connaissances de l'apprenant, *Environnements informatiques pour l'apprentissage humain (Traité IC2, série Cognition et traitement de l'information)*, Grandbastien M. et Labat J.-M., chapitre 4, pp. 97-115, 2006.
- [Rabardel, 1995]
Rabardel P., *Les hommes et les technologies - approche cognitive des instruments contemporains*, 1995.
- [Ramandalahy et al., 2009]
Ramandalahy M. T., Vidal P., Huet N. et Broisin J., Partage et réutilisation d'un profil ouvert de l'apprenant, *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH'2009)*, Le Mans, France, pp. 85-92, 2009.
- [Rebaï et al., 2005]
Rebaï I., Maisonneuve N. et Labat J.-M., Un entrepôt pour stocker et rechercher des composants logiciels utiles aux EIAH, *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation (STICEF)*, vol. 12, 2005.
- [Rich, 1983]
Rich E., Users are individuals: individualizing user models, *International Journal of Man-Machine Studies*, vol. 18 n°3, pp. 199-214, 1983.
- [Rosselle et al., 2005]
Rosselle M., Bessagnet M.-N. et Carron T., Comment intégrer des logiciels issus de la recherche en EIAH ?, *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation (STICEF)*, vol. 12, 2005.

- [Rosselle et al., 2010]
Rosselle M., Lecllet D. et Talon B., Le Modèle de l'enseignant d'un Atelier de Génie Pédagogique pour la conception de dispositifs pédagogiques, TICE 2010 - Colloque Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement, 2010.
- [Rueda et al., 2006]
Rueda U., Larrañaga M., Arruarte A. et Elorriaga J. A., DynMap+: A Concept Mapping Approach to Visualize Group Student Models, Innovative Approaches for Learning and Knowledge Sharing, First European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL'06), Tochtermann W. N. K., Crete, Greece, pp. 383-397, 2006.
- [Rus et Graesser, 2009]
Rus V. et Graesser A. C., The Question Generation Shared Task and Evaluation Challenge, Workshop Report. ISBN:978-0-615-27428-7., 2009.
- [Rus et Lester, 2009]
Rus V. et Lester J., The 2nd Workshop on Question Generation, 2nd Workshop on Question Generation, International Conference on Artificial Intelligence in Education (AIED 2009), Brighton, UK, 2009.
- [Samaan, 2006]
Samaan K., Prise en compte du modèle d'interaction dans le processus de construction et d'adaptation d'applications interactives, Thèse de doctorat, Ecole Centrale de Lyon, 2006.
- [Sampson et al., 2002]
Sampson D., Karagiannidis C. et Cardinali F., An Architecture for Web-based e-Learning Promoting Re-usable Adaptive Educational e-Content, *Educational Technology & Society*, vol. 5 n°4, 2002.
- [Santos et al., 2004]
Santos O. C., Barrera C. et Boticario J., An overview of aLFanet: an Adaptive iLMS based on standards, Third International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems, Eindhoven, The Netherlands, pp. 429-432, 2004.
- [Self, 1988]
Self J., Student models : what use are they?, Artificial Intelligence Tools in Education, Amsterdam, Netherland, 1988.
- [Settouti et al., 2010]
Settouti L., Guin N., Luengo V. et A. M., A Trace-Based Learner Modelling Framework for Technology-Enhanced Learning Systems, ICALT 2010, Sousse, Tunisia, pp. 73-77, 2010.
- [Settouti et al., 2011]
Settouti L., Guin N., Luengo V. et Mille A., Adaptable and Reusable Query Patterns for Trace-Based Learner Modelling, EC-TEL - 6th European Conference on Technology Enhanced Learning: Towards Ubiquitous Learning, Palermo, Italy, 2011.
- [Sørmo et Aamodt, 2002]
Sørmo F. et Aamodt A., Knowledge communication and CBR, 6th European Conference on Case-Based Reasoning (ECCBR 2002), pp. 47-59, 2002.
- [Tchounikine, 2002]
Tchounikine P., Pour une ingénierie des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, *Revue I3 (Information Interaction Intelligence)*, vol. 2 n°1, pp. 59-95, 2002.
- [Tchounikine, 2006]
Tchounikine P., Introduction à l'ingénierie des EIAH, *Environnements informatiques pour l'apprentissage humain (Traité IC2, série Cognition et traitement de l'information)*, Grandbastien M. et Labat J.-M., chapitre 6, pp. 141-160, 2006.
- [Tchounikine, 2009]
Tchounikine P., Précis de recherche en ingénierie des EIAH, en ligne sur le Web, 2009.

- [Tortarolo et Cena, 2009]
Tortarolo S. et Cena F., A practical approach for user and domain model reuse, 7th International Workshop on Ubiquitous User Modeling (UbiqUM2009) at the Conference on User Modeling, Adaptation, Personalization (UMAP), Trento, Italy, pp. 16-19, 2009.
- [Upton et Kay, 2009]
Upton K. et Kay J., Narcissus: group and individual models to support small group work, Conference on User Modeling, Adaptation, Personalization (UMAP 2009), Trento, Italy, Springer-Verlag, pp. 54-65, 2009.
- [Van Joolingen et De Jong, 2003]
Van Joolingen W.-R. et De Jong T., Simquest: Authoring educational simulations, *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), Kluwer Academic Publishers, pp. 1-31, 2003.
- [Van Rosmalen et al., 2006]
Van Rosmalen P., Vogten H., Van Es R., Passier H., Poelmans P. et Koper R., Authoring a full life cycle model in standards-based, adaptive elearning, *Educational Technology & Society*, vol. 9 n°1, pp. 72-83, 2006.
- [VanLehn, 1988]
VanLehn K., Student Modeling, *Foundations of Intelligent Tutoring Systems*, chapitre 3, pp. 55-78, 1988.
- [VanLehn et al., 2005]
VanLehn K., Lynch C., Schulze K., Shapiro J. A., Shelby R., Taylor L., Treacy D., Weinstein A. et Wintersgill M., The Andes Physics Tutoring System: Lessons Learned, *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, vol. 15, pp. 147-204, 2005.
- [Vassileva, 1997]
Vassileva J., A Three-Dimensional Perspective on the Current Trends in Student Modelling, *New Media and Telematic Technologies for Education in Eastern European Countries*, Kommers P., Twente University Press, pp. 74-79, 1997.
- [Vassileva et al., 2003]
Vassileva J., McCall G. et Greer J., Multi-Agent Multi-User Modeling, *User Modeling and User-Adapted Interaction, Special Issue on user Modelling and Intelligent Agents*, vol. 13 n°1, pp. 179-210, 2003.
- [Vermersch et Maurel, 1997]
Vermersch P. et Maurel M., *Pratiques de l'entretien d'explicitation*, ESF Editeur, 1997.
- [Villanova-Oliver, 2002]
Villanova-Oliver M., *Adaptabilité dans les systèmes d'information sur le web : Modélisation et mise en œuvre de l'accès progressif*, Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Grenoble, 12 décembre 2002.
- [Vincent et al., 2005]
Vincent C., Delozanne E., Grugeon B., Gélis J.-M., Rogalski J. et Coulange L., Des erreurs aux stéréotypes : Des modèles cognitifs de différents niveaux dans le projet PÉPITE, *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH'2005)*, Montpellier, France, pp. 297-308, 2005.
- [Vygotski, 1997]
Vygotski L. S., *Pensée et langage, La dispute*, 1997.
- [Walsh et Wade, 2009]
Walsh E. et Wade V., Lowering the Barriers to User Model Interoperability, 7th International Workshop on Ubiquitous User Modeling (UbiqUM2009) at the Conference on User Modeling, Adaptation, Personalization (UMAP), Trento, Italy, pp. 45-48, 2009.

[Wenger, 1987]

Wenger E., *Artificial Intelligence and Tutoring Systems*, Los Altos, CA, Morgan Kaufmann, 1987.

[Wiederhold, 1992]

Wiederhold G., Mediators in the architecture of future information systems, *Computer*, vol. 25 n°3, pp. 38-49, 1992.

[Woolf, 2009]

Woolf B. P., *Building Intelligent Interactive Tutors: Student-centered strategies for revolutionizing e-learning*, Morgan Kaufmann, 2009.

[Yacef, 2005]

Yacef K., The Logic-ITA in the classroom: a medium scale experiment, *International Journal of Artificial Intelligence in Education (IJAIED)*, vol. 15(1), pp. 41-60, 2005.

[Zapata-Rivera et Greer, 2004]

Zapata-Rivera J. D. et Greer J., Interacting with Inspectable Bayesian Student Models, *International Journal of Artificial Intelligence in Education (IJAIED)*, vol. 14, pp. 1-37, 2004.

5.2 Références néto-graphiques

- [aLFanet, 2005]
aLFanet, Active Learning for Adaptive Internet, <http://adenu.ia.uned.es/alfanet/> (dernière visite : 2011).
- [AMBRE, 2000]
AMBRE, Projet AMBRE, <http://www710.univ-lyon1.fr/~nguoin/AMBRE.html> (dernière visite : 2011).
- [Aplusix, 1987]
Aplusix, Un logiciel pour apprendre le calcul arithmétique et algébrique, <http://www.aplusix.com/fr/> (dernière visite : 2011).
- [Cabri, 1984]
Cabri, Cabri-géomètre, <http://www.cabri.com> (dernière visite : 2011).
- [EuroLMAI, 2010]
EuroLMAI, European Learner Mobility Achievement Information (EuroLMAI), http://webshop.ds.dk/catalog/documents/M248180_attachPV.pdf (dernière visite : 2011).
- [Formagraph, 2008]
Formagraph, <http://www.formagraph.com/>
- [ifé, 2011]
ifé, institut français de l'éducation, <http://ife.ens-lyon.fr> (dernière visite : 2011).
- [IMS-LIP, 2001]
IMS-LIP, Spécification finale v1.0 d'IMS-LIP, <http://www.imsglobal.org/profiles/lipbest01.html> (dernière visite : 2011).
- [IMS, 2001]
IMS, IMS, <http://www.imsglobal.org/> (dernière visite : 2011).
- [IMS_RDCEO, 2001]
IMS_RDCEO, Spécification finale v1.0 d'IMS RDCEO, <http://www.imsglobal.org/competencies/index.html> (dernière visite : 2011).
- [IRIT-SIERA]
IRIT-SIERA, équipe Service IntEgration and netwoRk Administration (Administration de réseaux et intégration de services) de l'IRIT, <http://www.irit.fr/-Equipe-SIERA-> (dernière visite : 2011).
- [LeMoRe, 2005]
LeMoRe, Learner Modelling for Reflection (LeMoRe), <http://www.eee.bham.ac.uk/bull/lemore/> (dernière visite : 2011).
- [LIRIS-BD, 2003]
LIRIS-BD, équipe Base de Données du LIRIS, <http://liris.cnrs.fr/equipes?id=61> (dernière visite : 2011).
- [LIRIS-Silex, 2003]
LIRIS-Silex, équipe Supporting Interaction and Learning by Experience du LIRIS, <http://liris.cnrs.fr/equipes?id=44> (dernière visite : 2011).
- [LIRIS, 2003]
LIRIS, Laboratoire d'InfoRmatique en Image et Systèmes d'information, <http://liris.cnrs.fr/> (dernière visite : 2011).
- [LIUM, 1985]
LIUM, Laboratoire d'Informatique de l'Université du Maine, <http://www-lium.univ-lemans.fr> (dernière visite : 2011).

- [LOM, 2002]
LOM, LOM v1.0. Final Draft Standard for Learning Object Metadata. IEEE Standards Department. IEEE P1484.12.1-2002, <http://ltsc.ieee.org/wg12/> (dernière visite : 2011).
- [M.E.N._EducEval, 2008]
M.E.N._EducEval, Ministère de l'éducation nationale : évaluations diagnostiques, <http://educ-eval.education.fr/evaldiag.htm> (dernière visite : 2011).
- [M.E.N._éduscol, 2005]
M.E.N._éduscol, Ministère de l'éducation nationale : socle commun, <http://eduscol.education.fr/pid23199/socle-commun.html> (dernière visite : 2011).
- [Maxicours, 2000]
Maxicours, Maxicours, soutien scolaire en ligne, <http://www.maxicours.com> (dernière visite : 2011).
- [Narcissus, 2008]
Narcissus, Narcissus, <http://chai.it.usyd.edu.au/Projects/Narcissus> (dernière visite : 2011).
- [OMS_CIF, 2001]
OMS_CIF, Classification Internationale du Fonctionnement, du handicap et de la santé, <http://apps.who.int/classifications/icfbrowser/> (dernière visite : 2011).
- [PAPI, 2002]
PAPI, Version de travail de la spécification PAPI, http://metadata-standards.org/Document-library/Meeting-reports/SC32WG2/2002-05-Seoul/WG2-SEL-046_SC36N0182_papi_learner_relations_info.pdf (dernière visite : 2011).
- [PÉPITE, 1996]
PÉPITE, Projets PÉPITE, <http://pepите.univ-lemans.fr/> (dernière visite : 2011).
- [PERLEA, 2002]
PERLEA, Projet PERLEA, <http://liris.cnrs.fr/stephanie.jean-daubias/projets/p-perlea.html> (dernière visite : 2011).
- [SCORM, 2001]
SCORM, Advanced Distributed Learning. SCORM Metadata set, <http://www.adlnet.gov/Technologies/scorm/default.aspx> (dernière visite : 2011).
- [Tables_au_trésor, 2009]
Tables_au_trésor, Tables au trésor - logiciel d'entraînement aux tables, <http://liris.cnrs.fr/stephanie.jean-daubias/projets/logiciel-TablesAuTresor.html> (dernière visite : 2011).
- [TRI, 2007]
TRI, TRI - logiciel de sensibilisation au tri sélectif et au recyclage, <http://liris.cnrs.fr/stephanie.jean-daubias/projets/logiciel-TRI.html> (dernière visite : 2011).

5.3 Publications liées à nos travaux

[Combet et al., 2010]

Combet C., Guillet C. et Jean-Daubias S., Développement d'un logiciel d'apprentissage des tables, LIRIS UMR 5205, RR-LIRIS-2010-019, 2010.

[Cordier et al., 2010]

Cordier A., Lefevre M., Jean-Daubias S. et Guin N., Concevoir des assistants intelligents pour des applications fortement orientées connaissances : problématiques, enjeux et étude de cas, *IC 2010 - 21èmes Journées Francophones d'Ingénierie des Connaissances*, pp. 119-130, 2010.

[Delozanne et al., 2000]

Delozanne E., Jacoboni P., Jean S. et Grugeon B., Assessing students' competence in algebra, Learning algebra with the computer, a transdisciplinary Workshop (ITS 2000), Montréal, Canada, pp. 49-58, 2000.

[Duclosson, 2004]

Duclosson N., Représentation des connaissances dans l'EIAH AMBRE-add, TICE 2004 - Colloque Technologies de l'information et de la connaissance dans l'enseignement supérieur et l'industrie, Compiègne, France, pp. 164-171, 2004.

[Duclosson et al., 2005]

Duclosson N., Jean-Daubias S. et Riot S., AMBRE-enseignant : un module partenaire de l'enseignant pour générer des problèmes, Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH'2005), pp. 353-358, 2005.

[Eyssautier-Bavay, 2004]

Eyssautier-Bavay C., Le Portfolio en éducation : concept et usages, Colloque Tice Méditerranée, Nice, France, 2004.

[Eyssautier-Bavay et Ollagnier-Beldame, 2006]

Eyssautier-Bavay C. et Ollagnier-Beldame M., Médiatiser la prise de conscience métacognitive en contextes d'apprentissage, Premières Rencontres Jeunes Chercheurs sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain - RJC EIAH 2006, Evry, France, pp. 64-71, 2006.

[Eyssautier-Bavay, 2008]

Eyssautier-Bavay C., Modèles, langage et outils pour la réutilisation de profils d'apprenants, Thèse de doctorat en informatique, Université Joseph Fourier, 26 mai 2008.

[Eyssautier-Bavay et al., 2009a]

Eyssautier-Bavay C., Jean-Daubias S. et Pernin J.-P., Un modèle de processus de gestion de profils d'apprenants, Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH'2009), Le Mans, France, pp. 69-76, 2009a.

[Eyssautier-Bavay et al., 2009b]

Eyssautier-Bavay C., Jean-Daubias S. et Pernin J.-P., A model of learners profiles management process, *AIED'09 - Artificial Intelligence in Education*, pp. 265-272, 2009b.

[Eyssautier-Bavay et al., 2009c]

Eyssautier-Bavay C., Jean-Daubias S., Pernin J.-P. et Lefevre M., Harmonization of heterogeneous learners profiles, Rapport de recherche RR-LIRIS-2009-013, LIRIS, Villeurbanne, France, 2009c.

[Eyssautier-Bavay et Jean-Daubias, 2011]

Eyssautier-Bavay C. et Jean-Daubias S., PMDL: a modeling language to harmonize heterogeneous learners profiles, *ED-MEDIA 2011 - World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications*, 2011.

- [Eyssautier et Jean-Daubias, 2004]
Eyssautier C. et Jean-Daubias S., A Device Helping Learners to Self-Assess Themselves, International Conference on Computer Aided Learning In Engineering education (CALIE'2004), Grenoble, France, pp. 185-190, 2004.
- [Ginon et Jean-Daubias, 2010]
Ginon B. et Jean-Daubias S., Étude du concept de profils évolutifs dans le cadre du projet PERLEA, LIRIS UMR 5205, RR-LIRIS-2010-007, 2010.
- [Ginon, 2011]
Ginon B., Modèles et outils pour une visualisation de profils personnalisable et adaptable, Master 2 Recherche en informatique, Université Claude Bernard Lyon 1
- [Ginon et Jean-Daubias, 2011a]
Ginon B. et Jean-Daubias S., Modèles et outils pour une visualisation de profils personnalisable et adaptable, LIRIS UMR CNRS 5205, RR-LIRIS-2011-013, 2011a.
- [Ginon et Jean-Daubias, 2011b]
Ginon B. et Jean-Daubias S., Models and tools to personalize activities on learners profiles, ED-MEDIA 2011 - World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications, 2011b.
- [Ginon et al., 2011]
Ginon B., Jean-Daubias S. et Lefevre M., Evolutive learners profiles, ED-MEDIA 2011 - World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications, 2011.
- [Guin-Duclosson et al., 2001]
Guin-Duclosson N., Jean-Daubias S. et Nogry S., Le projet AMBRE : utiliser le RàPC pour enseigner des méthodes, RàPC 2001 - Atelier Raisonnement à Partir de Cas, Plate-forme AFIA, Grenoble, France, 2001.
- [Guin-Duclosson et al., 2002]
Guin-Duclosson N., Jean-Daubias S. et Nogry S., The AMBRE ILE: How to Use Case-Based Reasoning to Teach Methods, Intelligent Tutoring Systems (ITS'2002), S. Cerri G. G., F. Paraguaçu, San Sebastian (Espagne) & Biarritz (France), Springer-Verlag, vol 2363, pp. 782-791, 2002.
- [Guin-Duclosson et al., 2007]
Guin-Duclosson N., Jean-Daubias S. et Nogry S., Le projet AMBRE : utiliser un paradigme d'apprentissage fondé sur le RÀPC pour faire acquérir à des élèves une méthode de résolution de problèmes, *Raisonnement à partir de cas 2 - surveillance, diagnostic et maintenance*, Renaud J., Chebel Morello B., Fuchs B. et Lieber J., Hermès-Lavoisier, chapitre 7, pp. 203-226, 2007.
- [Guin et al., 2005]
Guin N., Jean-Daubias S., Daubias P., Fallet-Kahn F. et Boulanger L., AMBRE-add,
- [Guin et al., 2009]
Guin N., Nogry S. et Jean-Daubias S., Le projet AMBRE : inviter un apprenant à adapter une expérience passée afin de l'amener à généraliser ses connaissances, *Réutilisation de l'expérience : modèles et applications*, Egyed-Zsigmond E., Guin N. et Mille A., Hermès Sciences Publications, 2009.
- [Guin et al., 2011]
Guin N., Lefevre M. et Jean-Daubias S., Personnalisation de l'apprentissage dans l'EIAH AMBRE-add, *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH'2011) - Atelier "Personnalisation de l'apprentissage : quelles approches pour quels besoins ?"* 2011.
- [Jean-Daubias, 2001a]
Jean-Daubias S., Transmission d'informations complexes : Le cas de profils d'élèves construits automatiquement et transmis à l'enseignant, NîmesTIC 2001, Nîmes, France, pp. 21-26, 2001a.

- [Jean-Daubias, 2001b]
Jean-Daubias S., PÉPIPROFIL : un outil pour les enseignants permettant différents niveaux d'implication, Cinquième colloque Hypermédias et Apprentissages, Grenoble, France, pp. 350-352, 2001b.
- [Jean-Daubias, 2002a]
Jean-Daubias S., Un système d'assistance au diagnostic de compétences, 13ème Congrès Francophone Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle (RFIA 2001), Angers, France, pp. 1053-1061, 2002a.
- [Jean-Daubias, 2002b]
Jean-Daubias S., Un système d'assistance au diagnostic de compétences en algèbre élémentaire, *Revue Sciences et Techniques Educatives*, vol. 9, pp. 171-200, 2002b.
- [Jean-Daubias, 2002c]
Jean-Daubias S., Un système d'assistance au diagnostic de compétences, Colloque Apprendre avec l'ordinateur à l'école, Bordeaux, France, pp. 29, 2002c.
- [Jean-Daubias, 2003a]
Jean-Daubias S., Vers une définition des spécificités des EIAH dédiés à l'évaluation pour l'application de recommandations ergonomiques, *Revue d'Interaction Homme-Machine*, vol. 4 n°1, 2003a.
- [Jean-Daubias, 2003b]
Jean-Daubias S., Exploitation de profils d'apprenants, Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH'2003), Strasbourg, France, pp. 535-538, 2003b.
- [Jean-Daubias, 2004]
Jean-Daubias S., De l'intégration de chercheurs, d'experts, d'enseignants et d'apprenants à la conception d'EIAH, *TICE 2004 - Colloque Technologies de l'information et de la connaissance dans l'enseignement supérieur et l'industrie*, pp. 290-297, 2004.
- [Jean-Daubias et Eyssautier-Bavay, 2005a]
Jean-Daubias S. et Eyssautier-Bavay C., An environment helping teachers to track students' competencies, Workshop LEMORE, Artificial Intelligence in Education (AIED'2005), Pays-Bas, pp. 19-23, 2005a.
- [Jean-Daubias et Eyssautier-Bavay, 2005b]
Jean-Daubias S. et Eyssautier-Bavay C., Aider l'enseignant pour le suivi des compétences des apprenants, Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH'2005), Montpellier, France, pp. 353-358, 2005b.
- [Jean-Daubias et al., 2009a]
Jean-Daubias S., Eyssautier-Bavay C. et Lefevre M., Uniformisation de la structure de profils d'apprenants issus de sources hétérogènes, Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH'2009), Le Mans, France, pp. 77-84, 2009a.
- [Jean-Daubias et al., 2009b]
Jean-Daubias S., Eyssautier-Bavay C. et Lefevre M., Modèles et outils pour rendre possible la réutilisation informatique de profils d'apprenants hétérogènes, *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Education et la Formation (STICEF)*, vol. 16, pp. 171-208, 2009b.
- [Jean-Daubias et Guin, 2009]
Jean-Daubias S. et Guin N., AMBRE-teacher: a module helping teachers to generate problems, 2nd Workshop on Question Generation, International Conference on Artificial Intelligence in Education (AIED 2009), Brighton, UK, pp. 43-47, 2009.

[Jean-Daubias et al., 2009c]

Jean-Daubias S., Lefevre M. et Guin N., Adapte, un outil générique pour proposer des activités pédagogiques personnalisées, Workshop Prise en Compte de l'Utilisateur dans les Systèmes d'Information (PeCUSI), INFORSID 2009, Toulouse, France, pp. 51-62, 2009c.

[Jean-Daubias et al., 2009d]

Jean-Daubias S., Lefevre M. et Guin N., Generation of exercises within the PERLEA project, 2nd Workshop on Question Generation, International Conference on Artificial Intelligence in Education (AIED 2009), Brighton, UK, pp. 38-42, 2009d.

[Jean-Daubias et Ginon, 2010]

Jean-Daubias S. et Ginon B., Des profils d'apprenant évolutifs, TICE 2010 - Colloque Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement, 2010.

[Jean-Daubias, 2011a]

Jean-Daubias S., Tables au trésor, un logiciel d'entraînement aux tables mathématiques entièrement paramétrable, *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH'2011) - Atelier "Personnalisation de l'apprentissage : quelles approches pour quels besoins ?"* 2011a.

[Jean-Daubias, 2011b]

Jean-Daubias S., ACUTE4profiles, un modèle du cycle de vie des profils d'apprenants, EIAH 2011 - Environnements Informatique pour l'Apprentissage Humain, Mons, Belgique, pp. 75-78, 2011b.

[Jean-Daubias, 2011c]

Jean-Daubias S., TRI, un logiciel de sensibilisation au tri sélectif et au recyclage s'appuyant sur des sessions personnalisables, *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH'2011) - Atelier "Personnalisation de l'apprentissage : quelles approches pour quels besoins ?"* 2011c.

[Jean-Daubias et Phan, 2011]

Jean-Daubias S. et Phan T. T. H., Différents niveaux de modélisation pour des profils d'apprenants, LIRIS UMR 5205, RR-LIRIS-2011-009, 2011.

[Jean, 1997]

Jean S., Adaptation de tâches papier-crayon au support informatique : PÉPITEST, l'interface de test de PÉPITE, Cinquièmes journées environnements interactifs d'apprentissage avec ordinateur de Cachan (EIAO 97), Cachan, France, Hermès, pp. 308-309, 1997.

[Jean et al., 1997a]

Jean S., Delozanne E., Jacoboni P. et Grugeon B., PÉPITEST, a software to establish the cognitive profile of the students in elementary algebra, WG 3.3 Working Conference Human Computer Interaction and Educational Tools, Sozopol, Bulgaria, pp. 198-206, 1997a.

[Jean et al., 1997b]

Jean S., Jacoboni P., Delozanne E. et Grugeon B., Conception, réalisation et évaluation d'interfaces en EIAO : l'exemple de PÉPITE, Cinquièmes journées environnements interactifs d'apprentissage avec ordinateur de Cachan (EIAO 97), Cachan, France, pp. 37-48, 1997b.

[Jean et al., 1997c]

Jean S., Jacoboni P., Delozanne E., Grugeon B. et Vivet M., Design, implementation and evaluation of an interface in a Computer Based Learning Environments: the example of PÉPITE, Artificial Intelligence and Education (AI-Ed 97), Kobe, Japan, 1997c.

[Jean et al., 1998]

Jean S., Delozanne E., Jacoboni P. et Grugeon B., Cognitive profile in elementary algebra: the PÉPITE test interface, *IFIP TC-3 Official Journal special issue Education and Information Technology*, vol. 3, pp. 291-305, 1998.

- [Jean, 1999]
Jean S., A System to Assess Students' Competence that re-use a Pencil and Paper Tool, Doctorial Consortium User Modeling 99, Banff, Canada, pp. 337-338, 1999.
- [Jean et al., 1999a]
Jean S., Delozanne E., Jacoboni P. et Grugeon B., Design and Validation of a Model based Diagnosis System, C-LEMMAS - Roles of Communicative Interaction in Learning to Model in Mathematics and Science, Ajaccio, France, 1999a.
- [Jean et al., 1999b]
Jean S., Delozanne E., Jacoboni P. et Grugeon B., A Diagnosis based on a Qualitative Model of Competence in Elementary Algebra, Artificial Intelligence in Education (AIED'1999), Le Mans, France, pp. 491-498, 1999b.
- [Jean, 2000a]
Jean S., Application de recommandations ergonomiques : spécificités des EIAO dédiés à l'évaluation, Rencontres Jeunes Chercheurs en IHM (RJCIHM 2000), Ile de Berder, France, pp. 39-42, 2000a.
- [Jean, 2000b]
Jean S., PÉPITE : un système d'assistance au diagnostic de compétences, Thèse de doctorat, Université du Maine, 21 janvier 2000.
- [Jean, 2001]
Jean S., Manipulation des expressions algébriques en environnement informatisé, Calcul formel et apprentissage des mathématiques, Journées Environnements informatiques de calcul symbolique et apprentissage des mathématiques, INRP ed. Rennes, France, 2001.
- [Lefevre, 2006]
Lefevre M., Générateurs d'exercices personnalisés dans le cadre du projet PERLEA, Master 2 Recherche en informatique, Université Claude Bernard Lyon 1
- [Lefevre et al., 2007]
Lefevre M., Jean-Daubias S. et Guin N., Génération de feuilles d'exercices adaptées aux profils d'apprenants dans le cadre du projet PERLEA, Poster, 3ème Conférence en Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH'2007), Lausanne, Suisse, 2007.
- [Lefevre, 2008]
Lefevre M., Adapte, un outil pour proposer des activités personnalisées au sein du projet PERLEA, Poster, 2nde Rencontres Jeunes Chercheur en Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (RJC EIAH 2008), Lille, France, pp. 145-146, 2008.
- [Lefevre et al., 2008]
Lefevre M., Guin N. et Jean-Daubias S., Adapte, a tool for the teacher to personalize activities, 9th International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS'2008), Montréal, Canada, pp. 699-701, 2008.
- [Lefevre, 2009]
Lefevre M., Processus unifié pour la personnalisation des activités pédagogiques : méta-modèle, modèles et outils, Thèse de doctorat en informatique, Université Claude Bernard Lyon 1, 1er décembre 2009.
- [Lefevre et al., 2009a]
Lefevre M., Cordier A., Jean-Daubias S. et Guin N., A Teacher-dedicated Tool Supporting Personalization of Activities, ED-MEDIA 2009 - World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications, AACE, Honolulu, Hawaii, pp. 1136-1141, 2009a.

- [Lefevre et al., 2009b]
Lefevre M., Jean-Daubias S. et Guin N., Generation of pencil and paper exercises to personalize learners' work sequences: typology of exercises and meta-architecture for generators, E-Learn 2009 (World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare & Higher Education), Vancouver, Canada, 2009b.
- [Lefevre et al., 2009c]
Lefevre M., Jean-Daubias S. et Guin N., Personnaliser des séquences de travail à partir de profils d'apprenants, Poster, 4ème Conférence en Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH'2009), Le Mans, France, 2009c.
- [Lefevre et al., 2009d]
Lefevre M., Jean-Daubias S. et Guin N., Supporting Acquisition of Knowledge to Personalize Interactive Learning Environments through a Meta-Model, 17th International Conference on Computers in Education (ICCE 2009), Hong Kong, 2009d.
- [Lefevre et al., 2009e]
Lefevre M., Mille A., Jean-Daubias S. et Guin N., A Meta-Model to Acquire Relevant Knowledge for Interactive Learning Environments Personalization, Adaptive 2009, Athènes, Grèce, 2009e.
- [Lefevre et al., 2011a]
Lefevre M., Cordier A., Jean-Daubias S. et Guin N., Quels modèles de connaissances pour une personnalisation unifiée de l'apprentissage ?, IC 2011 - 22èmes Journées Francophones d'Ingénierie des Connaissances, pp. 657-672, 2011a.
- [Lefevre et Jean-Daubias, 2011]
Lefevre M. et Jean-Daubias S., Intégration de données hétérogènes : un exemple pour la constitution de profils d'apprenants, RR-LIRIS-2011-016, 2011.
- [Lefevre et al., 2011b]
Lefevre M., Jean-Daubias S. et Guin N., PERSUA2, un modèle pour unifier le processus de personnalisation des activités d'apprentissage, Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH'2011), 2011b.
- [Lefevre et al., 2011c]
Lefevre M., Jean-Daubias S. et Guin N., Adapte, un logiciel pour aider l'enseignant à proposer des activités personnalisées à chacun de ses apprenants, Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH'2011) - Atelier "Personnalisation de l'apprentissage : quelles approches pour quels besoins ?" 2011c.
- [Leroux et Jean-Daubias, 2007]
Leroux P. et Jean-Daubias S., EIAH partenaires des acteurs de la situation d'apprentissage, *Environnements informatisés et ressources numériques pour l'apprentissage : conception et usages, regards croisés*, Baron M., Guin D. et Trouche L., Hermès-Lavoisier, chapitre 4, pp. 107-136, 2007.
- [Libelin et al., 2011]
Libelin A., Morel A., Lefevre M. et Jean-Daubias S., Création d'un générateur d'expressions algébriques, RR-LIRIS-2011-014, 2011.
- [Masclaux et Culicchia, 2011]
Masclaux J. et Culicchia G., Conception d'un module de conversion d'exercices vers des normes pédagogiques, Rapport de TER de M1 informatique, 2011.
- [Nogry et al., 2002]
Nogry S., Jean-Daubias S. et Guin-Duclos N., La psychologie cognitive au service de la conception de l'environnement d'apprentissage AMBRE, Technologies de l'Information et de la Connaissance dans l'Enseignement Supérieur et l'Industrie (TICE'2002), Villeurbanne, France, 2002.

- [Nogry et al., 2004a]
Nogry S., Jean-Daubias S. et Duclosson N., ITS Evaluation in Classroom: The Case of AMBRE-AWP, Intelligent Tutoring Systems (ITS'2004), al. J. C. L., Lacey, Brasil, pp. 511-520, 2004a.
- [Nogry et al., 2004b]
Nogry S., Jean-Daubias S. et Ollagnier-Beldame M., Évaluation des EIAH : une nécessaire diversité des méthodes, *TICE 2004 - Colloque Technologies de l'information et de la connaissance dans l'enseignement supérieur et l'industrie*, pp. 265-271, 2004b.
- [Nogry et al., 2006]
Nogry S., Jean-Daubias S. et Guin N., Leçons tirées de la conception de AMBRE-add Comment combiner les objectifs et méthodes d'évaluation pour la conception itérative des EIAH ?, *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Education et la Formation (STICEF)*, vol. 13, pp. 147-186, 2006.
- [Nogry et al., 2008]
Nogry S., Guin N. et Jean-Daubias S., AMBRE-add : An ITS to Teach Solving Arithmetic Word Problems, *Technology, Instruction, Cognition and Learning*, vol. 6 n°1, pp. 53-61, 2008.
- [Nogry et al., 2011]
Nogry S., Jean-Daubias S. et Guin N., How to combine objectives and methods of evaluation in iterative ILE design: lessons learned from designing AMBRE-add, *Interactive Learning Environments*, 2011.
- [Riot et al., 2004]
Riot S., Guin N. et Jean-Daubias S., Assistance à l'enseignant dans le cadre de l'EIAH AMBRE : conception d'un générateur de problèmes, LIRIS UMR 5205, RR-LIRIS-2004-036, 2004.
- [Rizea et Sivamalnessane, 2007]
Rizea R. et Sivamalnessane J., Module de conversion vers une norme éducative, Rapport de TER de M1 informatique, 2007.
- [Truong, 2010]
Truong H. P., Opérations sur des profils d'apprenants dans le cadre du projet PERLEA, Master 2 Recherche en informatique, Université Claude Bernard Lyon 1
- [Truong et Jean-Daubias, 2010]
Truong H. P. et Jean-Daubias S., Opérateurs et fonctions de transformation de profils d'apprenant sous forme de services web, LIRIS UMR 5205, RR-LIRIS-2010-020, 2010.

