

Ingénierie et réingénierie des EIAH - L'approche REDiM

Christophe Choquet

▶ **To cite this version:**

Christophe Choquet. Ingénierie et réingénierie des EIAH - L'approche REDiM. Interface homme-machine [cs.HC]. Université du Maine, 2007. tel-00276225

HAL Id: tel-00276225
https://theses.hal.science/tel-00276225

Submitted on 29 Apr 2008

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.

Habilitation à Diriger des Recherches en Informatique

présentée par

Christophe Choquet

Laboratoire d'Informatique de l'Université du Maine (LIUM)

52, rue des docteurs Calmette et Guérin - 53020 Laval Cedex 9

christophe.choquet@lium.univ-lemans.fr

Ingénierie et réingénierie des EIAH

L'approche REDiM

Soutenue le 10 Décembre 2007

devant le jury composé de :

Rapporteurs : **Nicolas Balacheff (D.R. CNRS, LIG, Grenoble)**
Alain Mille (Pr., LIRIS, Lyon)
Maria Felisa Verdejo Maillo (Pr., UNED, Madrid)

Examinateurs : **Alain Derycke (Pr., LIFL, Lille)**
Mourad Chabane Oussalah (Pr., LINA, Nantes)
Pierre Tchounikine (Pr., LIUM, Le Mans)

Table des matières

PRÉAMBULE **1**

INTRODUCTION **3**

Historique de la thématique *3*
Position scientifique *6*
Plan du mémoire *7*

1ÈRE PARTIE : DÉMARCHE SCIENTIFIQUE **11**

1. EXEMPLES DE RÉINGÉNIERIE 13
1.1. Présentation du dispositif expérimental *13*
1.2. Exemple d'une réingénierie liée à une incompréhension entre les acteurs du développement de l'EIAH *15*
1.3. Exemple d'une réingénierie accompagnant l'évolution des pratiques du concepteur *17*
1.4. Aperçu du dispositif après plusieurs cycles de réingénierie *18*
2. POSITIONNEMENT SCIENTIFIQUE 20
2.1. Les scénarios d'ingénierie d'un EIAH à éviter *21*
2.2. Première problématisation de notre objet d'étude *22*
3. LES TRAVAUX EXISTANTS EN LIEN AVEC NOTRE OBJET D'ÉTUDE 26
3.1. La méthode d'ingénierie pédagogique MISA *27*
3.2. Les approches par les langages de modélisation pédagogique *30*
3.2.1. La spécification IMS Learning Design 30
3.2.2. Le langage de modélisation pédagogique PALO 31
3.2.3. Le langage de modélisation pédagogique LDL 33
3.3. Les approches par le support et l'instrumentation de la conception *34*
3.3.1. Le prototype Genscen' 35
3.3.2. L'éditeur Collage 36
3.3.3. L'environnement FreeStyler 38
3.4. L'approche par l'Ingénierie Dirigée par les Modèles *40*
3.4.1. Les fondamentaux de l'IDM 41
3.4.2. Le langage CPM 44
3.4.3. Le projet Bricoles 45
3.4.4. Le projet MDEduc 47
3.5. Aider à la réingénierie de l'EIAH : l'analyse des traces *48*
3.5.1. Le projet LISTEN : d'une démarche ad hoc à une ingénierie des traces 50
3.5.2. Les travaux du LIRIS : une approche de la modélisation des traces et de l'analyse de traces 54
3.5.2.1. L'approche MUSETTE 54
3.5.2.2. Les Systèmes à Base de Traces modélisées pour les EIAH 56
3.5.3. Le projet TRAILS : une conceptualisation du cadre de production et d'utilisation des traces 58
3.5.4. Les actions ICALTS, IA et CAViCoLA : la caractérisation et l'instrumentation de l'analyse de l'interaction 61
3.5.5. Le projet DPULS : une approche de la capitalisation du savoir-faire de collecte et d'analyse des usages dans un EIAH 65
4. PROBLÉMATIQUE SCIENTIFIQUE 70
5. MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE 75
5.1. Historique du projet REDiM *75*

5.2. Méthodologie de recherche et ses évolutions *76*

2NDE PARTIE : RÉSULTATS **79**

1. PROCESSUS DE CONCEPTION ET DE RÉINGÉNIERIE D'UN SCÉNARIO PÉDAGOGIQUE 80

1.1. Travaux visant à définir le processus de réingénierie d'un EIAH par ses flux internes de communication *81*

1.1.1. Présentation succincte du méta-standard ODP-RM 82

1.1.2. Application d'ODP-RM : le modèle métier de la réingénierie d'un EIAH 84

1.1.2.1. Présentation du modèle métier de la réingénierie d'un EIAH 84

1.1.2.2. Analyse du modèle métier de la réingénierie d'un EIAH 86

1.2. Travaux visant à étudier l'approche interprétative de la conception d'un scénario pédagogique *87*

1.2.1. Expérimentation de l'approche interprétative de la scénarisation pédagogique 88

1.2.1.1. Contexte initial 88

1.2.1.2. Expérimentation et résultats 89

1.2.2. Analyse des résultats 94

1.3. Travaux visant à étudier l'approche constructive de la conception d'un scénario pédagogique *96*

1.3.1. Expérimentation de l'approche constructive de la scénarisation pédagogique 97

1.3.1.1. Contexte initial 97

1.3.1.2. Expérimentation et résultats 99

1.3.2. Analyse des résultats 101

1.4. Travaux visant à étudier le rôle des objets intermédiaires dans la scénarisation de l'activité de conception *103*

1.4.1. Expérimentation et résultats 103

1.4.2. Analyse des résultats 106

1.5. Modélisation de la conception et de la réingénierie collectives d'un scénario pédagogique *108*

1.5.1. Présentation des résultats 109

1.5.2. Analyse de la proposition 113

1.6. Travaux visant à instrumenter le processus de conception d'un scénario pédagogique *115*

1.6.1. Description du prototype ECoS 115

1.6.2. Analyse du prototype ECoS 118

2. MODÉLISATION ET ANALYSE DES OBSERVATIONS 119

2.1. Notre approche de la modélisation et de l'analyse de l'observation de l'utilisation d'un EIAH *121*

2.2. Travaux visant à instrumenter la transformation des traces brutes générées par un dispositif d'apprentissage *124*

2.2.1. Description du méta-langage UTL 1 124

2.2.2. Exemple d'utilisation de UTL 1 127

2.3. Travaux visant à instrumenter la modélisation et l'analyse de l'observation dans une perspective de capitalisation *131*

2.3.1. Description du méta-langage UTL 2 131

2.3.1.1. Modèle conceptuel du méta-langage UTL 2 131

2.3.1.2. Le modèle d'information de la donnée brute 133

2.3.1.3. Le modèle d'information de la donnée de production 134

2.3.1.4. Le modèle d'information de la donnée additionnelle 135

2.3.1.5. Le modèle d'information de la donnée intermédiaire 136

2.3.1.6. Le modèle d'information de l'indicateur 137

2.3.2. Utiliser UTL 2 pour capitaliser les savoir-faire techniques d'analyse 138

2.3.3. Utiliser UTL 2 pour la réingénierie du méta-modèle d'expression pédagogique 144

2.3.4. Analyse des résultats 149

SYNTHÈSE DES CONTRIBUTIONS ET PERSPECTIVES DE RECHERCHE 153

Synthèse des contributions et mise en perspective dans le champ d'activité 153

Questions de recherche et actions à mener 157

L'instrumentation et le support de l'enseignant dans son rôle de concepteur 158

Vers des modèles réellement productifs 160

Les enjeux de la capitalisation et du partage des productions 161

RÉFÉRENCES 165

Table des illustrations

Figure 1. Modèles du dispositif d'apprentissage d'un serveur HTTP (version 1) 14

Figure 2. Extrait de la représentation LD de l'activité « Voir les Objectifs » 15

Figure 3. Scénario et modèle d'activités observés – Cas de la vidéo d'introduction 16

Figure 4. Génération de la variable « IntroEndOfVideoReached » 16

Figure 5. Extrait de la représentation Simple Sequencing du QCM d'évaluation 17

Figure 6. Scénario et modèle d'activités observés – Cas du questionnaire d'évaluation 17

Figure 7. Le composant QCM après réingénierie 18

Figure 8. Les modèles du module d'apprentissage « programmation d'un serveur HTTP », obtenus après plusieurs cycles de réingénierie pédagogique 19

Figure 9. Cycle de vie traditionnel d'un scénario pédagogique pour un dispositif FOAD (inspiré de [Vantroys T., 2003]) 23

Figure 10. Un scénario d'apprentissage dans la notation MOT (extrait de [Paquette G., 2004]) 28

Figure 11. Le modèle pédagogique de MISA 4.0 – Diagramme de classes 29

Figure 12. Modèle conceptuel de IMS-LD 30

Figure 13. Cadre de travail de PALO (extrait et traduit de [Rodriguez-Artacho M., & Verdejo Maillo M.F., 2004]) 32

Figure 14. Le méta-modèle du langage LDL (version présentée dans [Martel C., & al., 2007]) 33

Figure 15. L'interface graphique de Genscen' 36

Figure 16. Le processus de conception dans Collage 37

Figure 17. Edition du scénario avec Collage 38

Figure 18. Anticipation des problèmes de déploiement d'un scénario pédagogique dans FreeStyler 39

Figure 19. La simulation du scénario pédagogique dans FreeStyler. 40

Figure 20. Les quatre niveaux de modélisation en Ingénierie Dirigée par les Modèles 42

Figure 21. Le processus MDA de modélisation 43

Figure 22. Paquetages principaux du langage CPM 44

Figure 23. Exemple d'un scénario pédagogique IMS-LD généré à partir d'un diagramme d'activités CPM 45

Figure 24. Approche de conception du projet Bricoles (extrait de [Caron P.-A., 2007b]) 46

Figure 25. La construction du méta-modèle dans MDEduc 48

Figure 26. Ecrans du système tutoriel intelligent Reading Tutor. 50

Figure 27. L'approche MUSETTE 54

Figure 28. Principe général d'un Système à Base de Traces modélisées. 56

Figure 29. Utilisation d'un SBT pour gérer les traces dans un EIAH selon [Settouti L., & al., 2007]. 57

Figure 30. « the trails' cycle of learning » proposé par le projet TRAILS. 60

Figure 31. Classification des parcours d'apprentissage proposée par le projet TRAILS. 60

Figure 32. Schéma de l'analyse de l'interaction selon le projet IA. 62

Figure 33. Le processus d'analyse des interactions proposé par CAViCoLA. 63

Figure 34. Structure simplifiée du format unifié de données d'interaction proposé par IA. 64

Figure 35. Typologie des données d'observation proposée par DPULS. 66

Figure 36. Gabarit d'un patron de conception dans DPULS. 67

Figure 37. Copie d'écran du browser DPULS : extrait du langage de patrons. 68

Figure 38. Les cinq points de vue inscrits dans le méta-modèle ODP-RM. 83

Figure 39. Diagramme de paquetages UML représentant le processus de réingénierie d'un EIAH suivant le système de notation du profil UML ECA de l'OMG. 85

Figure 40. Extrait du scénario pédagogique pour l'apprentissage de la gestion d'un projet Web. 90

Figure 41. Définition des rôles et de leurs implications dans les activités (formalisme IMS-LD). 91

Figure 42. Emergence d'un rôle socio-affectif orthogonal aux rôles fonctionnels. 93

Figure 43. La primitive « groupservice » d'extension du langage IMS-LD. 93

Figure 44. Approche interprétative de la conception d'un scénario pédagogique adoptée. 95

Figure 45. Processus de conception et réingénierie d'un scénario pédagogique adopté. 96

Figure 46. Démarche générale de conception du Livret Electronique d'Apprentissage. 98

Figure 47. Un exemple d'extraction du méta-modèle d'expression à partir d'un objet intermédiaire de conception. 99

Figure 48. Méta-modèle métier du Livret Electronique d'Apprentissage. 100

Figure 49. Versions computationnelles d'un scénario pédagogique et de son méta-modèle d'expression. 101

Figure 50. Captures d'écrans de l'application LEA. 101

Figure 51. Approche constructive de la conception d'un scénario pédagogique adoptée. 102

Figure 52. Extrait d'un objet intermédiaire véhiculant des informations de scénarisation de la conception. 103

Figure 53. Analyse de l'évolution d'un objet intermédiaire, de la séquence interlocutoire et transactions déduites. 104

Figure 54. Schéma descriptif du processus « Organisation de l'activité ». 105

Figure 55. Schéma descriptif du processus « Evocation de problèmes ». 106

Figure 56. Schéma descriptif du processus « Proposition et énoncé de solution ». 106

Figure 57. Processus d'élaboration du scénario de conception. 107

Figure 58. Les artefacts produits dans un processus de conception et de réingénierie collectives d'un scénario pédagogique. 110

Figure 59. Le processus de conception et de réingénierie collectives d'un scénario pédagogique. 112

Figure 60. Processus de conception collective d'un scénario pédagogique. 113

Figure 61. Méta-méta-modèle dans ECoS – diagramme de classes UML 116

Figure 62. Interfaces de demande et d'arrêt de l'édition dans ECoS 116

Figure 63. ECoS : panneau d'édition du méta-modèle d'expression pédagogique. 117

Figure 64. ECoS : panneau d'édition du scénario pédagogique. 117

Figure 65. Point de vue sur le processus de conception et de réingénierie d'un scénario pédagogique de nos travaux sur la modélisation et l'analyse de l'observation. 120

Figure 66. Approche IDM de la modélisation et de l'analyse de l'observation de l'utilisation d'un EIAH. 122

Figure 67. Vecteurs de négociation et de discussion entre les acteurs de la modélisation et de l'analyse de l'observation de l'utilisation d'un EIAH. 123

Figure 68. Trois facettes pour la modélisation d'une observation : le modèle DGU. 123

Figure 69. Le modèle d'information d'un concept traçable dans UTL 1. 125

Figure 70. Le modèle d'information d'une trace. 126

Figure 71. Extrait de code XML du schéma de transformation d'IMS-LD. 128

Figure 72. Extrait XML de l'instanciation d'UTL 1 sur le scénario prédictif et sur le format des traces FSL. 128

Figure 73. Extrait d'un fichier de traces généré par FSL. 129

Figure 74. Exemple de données calculées par un service d'analyse avec UTL 1. 129

Figure 75. Architecture d'outils d'analyse distribués. 130

Figure 76. Interface d'un outil d'analyse exploitant UTL 1. 130

Figure 77. Modèle conceptuel du méta-langage UTL 2. 132

Figure 78. Le modèle d'information d'une donnée brute. 134

Figure 79. Le modèle d'information d'une donnée de production. 135

Figure 80. Le modèle d'information de la donnée additionnelle. 135

Figure 81. Le modèle d'information de la donnée intermédiaire. 136

Figure 82. Le modèle d'information d'un objectif d'observation. 137

Figure 83. Le modèle d'information d'un indicateur. 138

Figure 84. Graphe des dépendances entre les données observées pour la détection du papillonnage. 140

Figure 85. Description de la donnée brute « date de démarrage de la ressource vidéo » avec UTL. 141

Figure 86. Description de la donnée additionnelle « temps estimé de réalisation de la ressource vidéo » avec UTL. 141

Figure 87. Description de la donnée dérivée « séquences de ressources » avec UTL. 142

Figure 88. Description de l'indicateur « caractérisation de la séquence de ressources » avec UTL. 142

Figure 89. Le patron de Conception « Playing Around with Learning Resources (source : projet DPULS). 144

Figure 90. Modèle métier et scénario pédagogique de l'expérimentation de l'Université de Savoie. 145

Figure 91. Graphe des dépendances entre données de l'expérimentation de l'Université de Savoie. 146

Figure 92. Description d'un indicateur de l'expérimentation de l'Université de Savoie. 147

Figure 93. Représentation métier versus computationnelle d'un indicateur de l'expérimentation de l'Université de Savoie. 148

Figure 94. Le modèle métier après sa réingénierie et une instance de scénario observé au cours de l'expérimentation de l'Université de Savoie. 148

Figure 95. Approche IDM par la transformation des observations. 149

PREAMBULE

Je présente dans ce document ma problématique scientifique qui s'inscrit dans le champ des EIAH (Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain), et les résultats obtenus durant ces sept dernières années, à partir de ma nomination en tant qu'enseignant chercheur à l'IUT de Laval et membre du LIUM (Laboratoire d'Informatique de l'Université du Maine).

Ces travaux se sont structurés depuis 2004 par le projet REDiM – Réingénierie des EIAH Dirigée par les Modèles. J'ai monté, j'anime et je coordonne ce projet qui bénéficie des contributions de cinq autres enseignants chercheurs en informatique (Vincent Barré, Sébastien Iksal, Pierre Laforcade, Lahcen Oubahssi, Claudine Piau-Toffolon) et de deux enseignants chercheurs en sciences de l'information et de la communication (Philippe Cottier, Raphaëlle Crétin).

Six étudiants ont effectué leur stage de DEA ou de Master Recherche dans le cadre du projet. Quatre thèses en informatique, actuellement en cours, et une thèse en informatique soutenue l'an dernier, ont été ou sont menées dans le cadre de ce projet :

- Alain Corbière, que j'ai encadré scientifiquement et qui a été dirigé par Pierre Tchounikine, a soutenu sa thèse en juin 2006 ;
- Hassina El Kechaï, que j'encadre et qui est dirigée par Pierre Tchounikine, soutiendra sa thèse courant 2008 ;
- c'est également le cas pour Noa Randriamalaka, que je co-encadre avec Sébastien Iksal et qui est dirigé par Pierre Tchounikine ;
- Boubekeur Zendagui a quant à lui commencé sa thèse il y a un an ; il est dirigé par Pierre Tchounikine et est co-encadré par Vincent Barré et Pierre Laforcade ;
- Diem Pham Thi Ngoc vient de commencer sa thèse en Octobre 2007 ; elle est dirigée par Pierre Tchounikine et est encadrée par Sébastien Iksal.

Les résultats du projet ont pour le moment été diffusés par trois livres ou chapitres de livres, trois articles de revues internationales, deux articles de revues nationales, vingt-trois communications dans des conférences internationales et quinze communications dans des conférences nationales.

Les membres de REDiM, permanents ou doctorants, ont développé des collaborations nationales ou internationales à l'occasion de plusieurs projets ou actions.

- J'ai coordonné le projet européen DPULS (Design Patterns for recording and analysing Usage of Learning Systems). Action du Réseau Européen d'Excellence Kaleidoscope[1], DPULS a

[1] Le site web de Kaleidoscope est accessible à l'adresse : http://www.noe-kaleidoscope.org/

bénéficié de la participation de plusieurs membres de REDiM (V. Barré, P. Cottier, S. Iksal, N. Randriamalaka) et des contributions de huit autres équipes européennes et une canadienne[2].

- Philippe Cottier coordonne le projet LEA (Livret Electronique d'Apprentissage). Financé par l'ANR (Agence Nationale de la Recherche), ce projet est un partenariat du LIUM et du Centre de Formation par Apprentissage des Trois Villes de la Mayenne. Je coordonne l'action « Réingénierie » de ce projet qui implique par ailleurs l'ensemble des contributeurs de REDiM.
- J'ai coordonné l'action « Réingénierie des EIAH » du projet régional METEDI et, en collaboration avec Mourad Oussalah et l'équipe MODAL du LINA (Laboratoire d'Informatique Nantes Atlantique), l'action « Architectures Logicielles Ouvertes ». L'ensemble des contributeurs de REDiM a participé à ces deux actions.
- Vincent Barré coordonne la participation du LIUM au projet régional MILES, dont l'une des actions est centrée sur la réingénierie des EIAH. Comme plusieurs contributeurs de REDiM, je participe à cette action.
- Nous avons participé à plusieurs Actions Spécifiques du CNRS, dont notamment l'action « Conception d'une Plate-forme pour la recherche en EIAH », coordonnée par Alain Derycke.

C'est par ces différentes collaborations, et notamment avec les contributeurs de REDiM, que j'ai structuré mes recherches autour de ma problématique et les résultats que je présente dans ce document en sont les fruits.

[2] Ces équipes sont :
- AIDA, Approche Interdisciplinaire pour les Dispositifs Informatisés d'Apprentissage, Paris, France
- CNR-ITD, Istituto Tecnologie Didattiche, Genoa, Italy
- ESILV, Université Léonard de Vinci, Paris, France
- FEUPORTO, Faculdade de Engenharia de Universidade do Porto, Porto, Portugal
- METAH, Modèles et Technologies pour l'Apprentissage Humain, Grenoble, France
- TELUQ, Télé-Université, Université du Québec, Montréal, Canada
- UBHAM, Advanced Interaction Group, University of Birmingham, Birmingham, United Kingdom
- UNED, Univesidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid, Spain
- USOFIA, Center of Information Society Technologies, University of Sofia, Sofia, Bulgaria

INTRODUCTION

Ce document présente les recherches que nous avons menées depuis sept ans au sein du LIUM – Laboratoire d'Informatique de l'Université du Maine – dans le champ des EIAH (Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain). Ces travaux se sont structurés en tant que projet scientifique impliquant plusieurs chercheurs.

Ce projet, REDiM (Réingénierie des EIAH Dirigée par les Modèles), a pour objectif principal d'intégrer les enseignants et les formateurs dans le processus de conception d'un EIAH. Nous considérons donc des situations d'ingénierie et de réingénierie d'un EIAH où le concepteur est un enseignant (milieu académique) ou un formateur (en entreprise), et non pas un chercheur de la communauté EIAH ou un spécialiste du développement d'un EIAH. La position scientifique générale est de considérer la conception comme continue, supportée par un processus itératif alternant des phases d'analyse des usages et de réingénierie de l'EIAH, dans une approche dirigée par les modèles. Nous entendons en cela promouvoir une démarche d'ingénierie générative où l'EIAH est généré à partir de modèles prescriptifs (i.e. qui définissent et encadrent l'activité des acteurs de l'EIAH) ou, *ad minima*, prédictifs (i.e. qui décrivent et préconisent l'activité idéale que les acteurs de l'EIAH devraient avoir). Cette démarche d'ingénierie a également pour objectif de construire des modèles descriptifs (i.e. qui rendent compte, « par une méthode d'observation de la situation ou de l'activité mise en œuvre par des sujets, en identifiant leurs caractéristiques et leurs conditions d'apparition ou de changement. » [Dessus P., 2002]) des situations pédagogiques observées, directement manipulables et interprétables par les concepteurs enseignants ou formateurs[3].

Historique de la thématique

La volonté de traiter cette thématique de recherche prend ses racines dans nos expériences passées avec le service formation de la société Aérospatiale, puis lors de nos travaux de recherche menés au laboratoire IRIN (Institut de Recherche en Informatique de Nantes, devenu depuis le LINA – Laboratoire d'Informatique Nantes Atlantique).

Nos travaux de doctorat (1989-92), en collaboration avec la société Aérospatiale, portaient sur la spécification d'un environnement de développement et de diffusion de ressources pédagogiques pour la formation des techniciens avionneurs de la société et des compagnies aériennes clientes. Cet environnement, DIGITEF – Diffusion Informatique de Graphismes, Images et Textes pour l'Enseignement et la Formation – reposait sur une norme préétablie de structuration du contenu pédagogique [Choquet C., & al., 1990] qui, si elle était bien adaptée aux différents contextes

[3] Nous employons dans la suite de ce document le terme de concepteur pour désigner un enseignant ou un formateur engagé dans la conception d'un EIAH. Lorsque la distinction sera nécessaire, nous préciserons la dénomination par un qualificatif.

d'utilisation envisagés, n'avait pas été négociée avec les concepteurs pédagogiques (quatre formateurs du service formation pendant la phase d'essai du système), les ingénieurs pédagogiques chargés de spécifier les ressources pédagogiques (3 personnes) et les développeurs (8 personnes). De plus, les méthodes d'analyse de l'utilisation du système étant purement quantitatives et globales (nombre de techniciens ayant suivi une formation, pourcentage d'utilisation des ressources, taux de déploiement du système, etc.), l'équipe de conception ne disposait pas de données signifiantes lui permettant de juger de la qualité de l'enseignement et de l'apprentissage, et de l'adéquation de leurs productions aux besoins des apprenants. Nous avons alors pu observer une diminution rapide de la motivation des uns et des autres, et notamment des formateurs chargés de la conception des ressources pédagogiques, au point que, pour la phase opérationnelle du projet, lors du déploiement à grande échelle du système, les formateurs de la société n'ont plus été associés au processus de conception des ressources pédagogiques, les ingénieurs pédagogiques se chargeant eux-mêmes de la collecte du contenu et de la scénarisation. Nos conclusions ont insisté sur la nécessité d'impliquer davantage les formateurs de l'entreprise dans un processus de conception itératif, rythmé par des analyses d'usages pertinentes et exploitables par les concepteurs. Nous avons fait plusieurs propositions concrètes [Choquet C., 1993] [Choquet C., & al., 1992] [Choquet C., & al., 1991a] [Choquet C., & al., 1991b] [Choquet C., 1991c], réifiées par un ensemble de prototypes logiciels que nous avons pu tester à petite échelle et qui ont montré leur intérêt, sans toutefois satisfaire aux contraintes de productivité[4] qui pesaient sur le projet.

Plus tard, lorsque nous travaillions en collaboration avec Pierre Tchounikine à l'IRIN, nous avons cherché des solutions à ce problème de la place et du rôle du concepteur dans le développement d'un environnement d'apprentissage, en appliquant les techniques de prototypage rapide à niveau connaissance [Tchounikine P., 1994] [Tchounikine P., 1997] aux EIAH. L'objectif était ici de réifier rapidement les intentions pédagogiques du concepteur, pour l'inciter à s'engager dans une démarche réflexive l'amenant à modifier et affiner son modèle pédagogique. Nous avons testé cette approche dans deux contextes différents : A l'occasion du projet FIONA[5] consacré au développement d'un système de formation des techniciens en plasturgie, où nous avons travaillé avec des formateurs de la société SEPRO Robotique, coordinatrice du projet [Tchounikine P., & al., 1998] [Tchounikine P., & Choquet C., 1995] [Choquet C., & al., 1995], et au sein du projet ELMER/EMMA dédié à la création d'un EIAH pour l'apprentissage des méthodes de programmation linéaire, où nous avons travaillé avec un enseignant du 2nd degré [Choquet C., & al., 1998] [Choquet C., & al., 1997a] [Choquet C., & al., 1997b] [Choquet C., & al., 1997c]. Ces expériences nous ont permis de montrer que le prototypage rapide et la modélisation à niveau connaissance permettaient aux concepteurs de modéliser dans leur référentiel métier tout en percevant rapidement le comportement du système qu'ils avaient modélisé. Cela a donné lieu, dans les deux contextes expérimentaux, à des affinements du modèle pédagogique et à des réingénieries successives des prototypes. Les concepteurs ont adhéré à ce processus de développement, notamment parce que les différents prototypes développés qui réifiaient leurs modèles leur permettaient de mieux évaluer la pertinence de la situation pédagogique envisagée en simulant

[4] Durant la période où nous avons participé au projet, la pression économique (liée au contexte concurrentiel mondial du marché de l'aéronautique) et sociale (liée à l'intégration massive de personnels du site toulousain de la société Dassault qui venait de fermer ses portes) sur la société Aérospatiale a fortement augmenté, ce qui s'est traduit pour DIGITEF en des contraintes de rentabilité rapide, jugées incompatibles avec nos propositions. Finalement, du statut de projet de recherche et développement qui avait pour objectifs de capitaliser les savoir-faire de l'entreprise et de la rendre indépendante dans la gestion de son système de formation, DIGITEF s'est transformé en une action de formation massive par des ressources multimédia, dont le développement a été complètement externalisé.

[5] FIONA était un projet COMETT (6617Cb), co-financé par la région des Pays de Loire.

des comportements prévisibles d'apprenants. Par contre, les temps longs de conception et la disponibilité des concepteurs et des chercheurs que ce processus supposait le rendait incompatible avec la réalité économique.

Ces expériences nous ont amené à considérer le succès du processus de conception d'un EIAH comme soumis à deux contraintes apparemment contraires, énoncées ci-dessous. Nous pensons que trouver l'équilibre respectant ces contraintes permettra de démocratiser les EIAH en favorisant leur usage par les enseignants et les formateurs, mais aussi en amenant ces derniers à concevoir leurs propres environnements d'apprentissage.

- *Première contrainte*. La productivité des acteurs de la conception doit être optimisée et les temps de conception et de développement réduits pour que le projet reste rentable. Il s'agit donc d'être capable de mettre en œuvre un processus de conception et de développement dirigé par des méthodes d'ingénierie structurantes et rationnelles.
- *Seconde contrainte*. L'implication des concepteurs et leur adhésion au projet doivent être réelles pour que l'EIAH corresponde à leurs attentes et aux besoins d'apprentissage. Cela passe (1) par l'adoption d'un processus de conception itératif intégrant des phases d'analyse des usages et de réingénierie et (2) par l'adaptation de ce processus et de l'artefact produit aux pratiques pédagogiques des concepteurs.

En d'autres termes, si les coûts de production pour disposer d'un EIAH de qualité sont trop élevés, le modèle économique de l'enseignement et de la formation médiés par les TIC (Technologies de l'Information et de la Communication) n'est pas viable, et si les contraintes de productivité portant sur le processus de conception amènent à ne pas suffisamment impliquer les enseignants et les formateurs, les environnements d'apprentissage livrés risquent de ne pas les mobiliser car ils correspondent souvent mal aux attentes du terrain.

L'évolution du champ d'activités des EIAH, notamment avec l'apparition du e-learning, a contribué à accentuer ces problèmes liés au rôle et à l'activité du concepteur. En cherchant à satisfaire la première contrainte, c'est à dire en centrant une partie des recherches menées par la communauté sur l'opérationnalisation à grande échelle, dans un cadre fortement techno-centré, la seconde contrainte a été relâchée car la nécessité d'impliquer fortement les praticiens dans la conception a été occultée. En effet, force est de constater que les propositions récentes de normalisation dans le monde des technologies éducatives, telles que SCORM (Sharable Content Object Reference Model) [ADL-SCORM, 2004] proposée par le consortium ADL (dont l'un des membres les plus influents est d'ailleurs l'AICC, association internationale des professionnels de la formation dans le domaine de l'aéronautique), ou Learning Design [IMS-LD, 2003] proposée par le consortium IMS [IMS, 2007], ont tendance à éloigner encore un peu plus les enseignants et les formateurs du rôle de concepteur. Ces spécifications proposent des solutions d'ingénierie favorisant l'interopérabilité et la réutilisation des ressources pédagogiques, mais elles supposent plus ou moins explicitement que la conception soit assurée par un spécialiste de ces spécifications techno-centrées, l'ingénieur pédagogique[6].

[6] Voir par exemple sur ce point la table ronde sur Learning Design, qui s'est tenue à Montpellier en 2005, à l'occasion de la conférence EIAH. URL de la conférence : http://www.lirmm.fr/eiah2005/index2.htm. URL de la vidéo de la table ronde : http://www.canalc2.tv/video.asp ?idvideo=3648.

Position scientifique

En tant que chercheur en EIAH et en informatique, nous pensons que notre rôle est de chercher, éprouver, puis proposer des techniques, des méthodes et des outils d'ingénierie capables d'être adoptés et utilisés par le plus grand nombre d'enseignants et de formateurs désireux de concevoir un EIAH. Il faut faire évoluer les processus d'ingénierie, en les adaptant ou en les rendant adaptables aux pratiques des enseignants et des formateurs. Nous estimons que considérer la question de l'ingénierie en ces termes est utile et nécessaire en soi – parce que l'économie des EIAH doit être améliorée, et que ceci passe par la prise en compte des usages des praticiens –, mais aussi que cela permet l'avancement de la recherche dans la discipline. Nous partageons sur ce point les convictions de P. Tchounikine qui, dans [Tchounikine P., 2002] affirme que « travailler sur l'ingénierie nécessite de mieux définir les places et rôles des travaux théoriques liés aux EIAH dans le processus de conception des systèmes et, probablement, de les faire évoluer ». Nous avons volontairement abordé la question de manière empirique[7], en fondant nos propositions sur l'analyse d'expérimentations propédeutiques [Barré V., & al., 2003] [Corbière A., & Choquet C., 2004b] [El Kechaï H., & Choquet C., 2005] [Barré V., & al., 2005] [Barré V., & al., 2007a]. Cela nous a amené à considérer la conception d'un EIAH comme continue et située dans un contexte préexistant et évolutif. Dès lors, il nous paraît naturel de considérer la réingénierie comme étant une activité à part entière du processus d'ingénierie d'un EIAH.

L'ingénierie ne peut être considérée comme « descendante », allant de l'énoncé d'un besoin au déploiement d'un système, mais doit être vue comme un processus itératif permettant la réingénierie de l'artefact, rendue nécessaire par l'évolution de son contexte d'usage et des pratiques des concepteurs. La réingénierie d'un système est, selon E.J. Chikofsky et J.H. Cross « l'examen et la modification d'un système afin de le reconstituer sous une nouvelle forme et d'implanter cette nouvelle forme[8] » [Chikofsky E.J., & Cross J.H., 1990]. En se basant sur cette définition, nous définissons la réingénierie pédagogique d'un EIAH comme étant l'examen d'une situation pédagogique médiatisée et la modification du dispositif d'apprentissage (l'EIAH proprement dit, mais aussi son contexte, tel que le rôle des acteurs, le contexte d'usage, les possibilités d'observation de l'activité) afin de reconstituer ce dernier sous une nouvelle forme et mettre ainsi en place une nouvelle situation pédagogique, prenant mieux en compte les usages observés et l'évolution des pratiques pédagogiques.

Les pratiques pédagogiques des enseignants et des formateurs évoluent par l'expérience. Confrontés aux usages du dispositif d'apprentissage qui a été mis en place, ses concepteurs voudront modifier et affiner ce dispositif. Nous pensons donc que la seconde contrainte que nous avons énoncée ne pourra être satisfaite qu'à la condition de permettre aux concepteurs d'appréhender les usages observés du dispositif d'apprentissage et de leur donner les moyens de la réingénierie de ce dispositif. Cette position nous a amené à énoncer et traiter différentes questions de recherche dans le périmètre de l'ingénierie et de la réingénierie des EIAH :

1. *Quel est le modèle métier de la réingénierie d'un EIAH ?* Pour faire des propositions utiles aux acteurs de la conception et du développement d'un EIAH, il est nécessaire de modéliser leur cadre de travail, en termes de processus, d'interactions, de rôles et de tâches. Cette question fut la première que nous nous sommes posée et nous avons fait une première proposition, dans le cadre de la thèse d'Alain Corbière, qui nous a permis de mieux définir notre contexte

[7] Au sens de : qui s'appuie sur l'expérience plutôt que sur la seule théorie.
[8] Citation originale : « reengineering, also known as both renovation and reclamation, is the examination and alteration of a subject system to reconstitute it in a new form and the subsequent implementation of the new form ».

d'étude. Ce modèle métier de la réingénierie d'un EIAH n'est présenté que rapidement dans ce document mais est discuté dans [Corbière A., & Choquet C., 2005], [Choquet C., & Corbière A., 2006] et [Corbière A., 2006].

2. *Comment supporter le métier du concepteur ?* Nous avons particulièrement étudié l'activité de scénarisation pédagogique, que nous considérons comme une activité de modélisation de la situation pédagogique. Nous nous sommes notamment attachés à supporter cette activité de modélisation à « niveau connaissance » [Newell A., 1982] en n'imposant pas de méta-modèle ni de langage (comme IMS-LD par exemple) a priori, mais en permettant aux concepteurs de définir, et de négocier collectivement le vocabulaire, la sémantique, la syntaxe abstraite et la syntaxe concrète de leurs modèles. Cette position diverge des démarches dominantes de conception dans lesquelles s'inscrit par exemple la spécification IMS-LD [IMS-LD, 2003] où la conception est vue comme une affaire de spécialistes, encadrée par un processus lourd et complexe et destinée à aider à l'industrialisation de la formation. Les propositions que nous faisons tiennent en un processus de conception et de réingénierie collectives d'un EIAH. Elles ont été partiellement élaborées dans le cadre des travaux de thèse de Hassina El Kechaï et sont expérimentées pour partie dans le contexte du projet LEA, action du projet REDiM. Elles sont présentées en détail dans la seconde partie de ce document.
3. *Comment faciliter la perception des usages du dispositif d'apprentissage par les concepteurs ?* Nous avons cherché à intégrer plus étroitement le concepteur aux processus actifs de l'ingénierie d'un EIAH, avec l'objectif de faciliter sa prise de décisions de réingénierie pédagogique. Nous avons ici adopté une position différente mais complémentaire de celle de la fouille de données où ce sont des experts de l'analyse qui définissent les besoins d'observation et interprètent les résultats. Nous considérons la modélisation de l'observation de l'activité d'apprentissage comme relevant de l'expertise pédagogique, certains auteurs parlent d'ailleurs de scénarisation de l'observation [Pernin J.P., & Lejeune A., 2006] [Lejeune A., & Pernin J.P., 2004]. Il s'agit donc de donner la possibilité aux concepteurs de spécifier les indicateurs, « les variables signifiantes sur le plan pédagogique, calculées ou établies à l'aide de données observées, et témoignant de la qualité de l'interaction, de l'activité et de l'apprentissage dans un EIAH » [Choquet C., & al., 2005b], mais aussi de permettre le déploiement des moyens de collecte et d'analyse correspondants. Parallèlement, les observations doivent être reconstruites et représentées de telle manière qu'elles puissent être directement appréhendées par les concepteurs. Les propositions que nous faisons sur ce point ont été notamment élaborées en collaboration avec Sébastien Iksal, dans le cadre du projet REDiM. Elles sont présentées en détail dans la seconde partie de ce document.

Plan du mémoire

Nous consacrons la première partie de ce document à préciser notre démarche scientifique. Le premier chapitre présente deux exemples simples de réingénierie pédagogique, extraits d'une expérimentation préliminaire au projet REDiM. Cela nous permet de mieux définir notre approche de la réingénierie pédagogique. Le second chapitre présente notre positionnement scientifique :

- la première section présente les scénarios d'ingénierie des EIAH que nous avons observés et auxquels nous avons voulu remédier en faisant nos propositions ;
- la seconde section fait une première approche de notre problématique en s'appuyant sur ces scénarios ;

- la troisième section analyse les travaux de la communauté connexes aux nôtres. Nous examinons plusieurs approches d'ingénierie dans le cadre de la scénarisation pédagogique ainsi que les travaux menés par la communauté dans le domaine de l'analyse des usages ;
- nous consacrons la quatrième section à détailler notre problématique scientifique et à argumenter et présenter nos objectifs de recherche ;
- la dernière section de cette partie présente la méthodologie de recherche que nous avons adoptée et la structuration du projet REDiM.

La seconde partie de ce document est consacrée à nos résultats. Le premier chapitre présente notre proposition de processus de conception et de réingénierie collectives d'un scénario pédagogique :

- la première section présente notre première proposition qui a consisté à définir un cadre capable identifiant et caractérisant les acteurs et les flux de communication d'un processus de réingénierie ;
- nous présentons dans une seconde section comment nous avons identifié, à l'aide d'une expérimentation, les caractéristiques d'une approche interprétative[9] de la conception d'un scénario pédagogique ;
- la troisième section montre comment nous avons identifié, également à l'aide d'une expérimentation, les caractéristiques d'une approche constructive[10] de la conception d'un scénario pédagogique ;
- dans la quatrième section, nous présentons le processus de conception et de réingénierie collective d'un scénario pédagogique que nous proposons en en détaillant les intérêts et les limites ;
- une dernière section présente un prototype d'éditeur développé dans le but de tester ce processus dans un contexte plus instrumenté que celui de nos premières expérimentations.

Le second chapitre de cette partie présente notre approche de l'analyse des traces des EIAH dans un objectif de réingénierie et nos résultats dans ce domaine :

- la première section présente cette approche en définissant le spectre d'application de nos propositions ;
- la seconde section présente une première mise en œuvre de cette approche qui a consisté en la définition et l'opérationnalisation d'une première version du langage UTL (Usage Tracking Language). Cette version permet de décrire un langage de scénarisation pédagogique et les formats des traces collectées par un EIAH, et de définir des liens sémantiques entre ces deux descriptions. Nous montrons par un cas d'utilisation comment peut être utilisé ce langage ;
- la troisième section présente une évolution de ce langage, définie dans l'objectif de favoriser la capitalisation des pratiques d'analyse des usages. Nous exemplifions les intérêts de cette évolution par deux cas d'utilisation, l'un témoignant du potentiel descriptif du langage et l'autre

[9] L'approche interprétative de la conception d'un scénario pédagogique consiste, dans nos travaux, à adopter, quitte à le faire évoluer, un langage de modélisation pédagogique existant. Nous présentons plus précisément cette définition dans ce document.

[10] L'approche constructive de la conception d'un scénario pédagogique consiste, dans nos travaux, à construire un langage de modélisation pédagogique spécifique. Nous présentons plus précisément cette définition dans ce document.

montrant comment l'utilisation de ce langage aide à faire évoluer le pouvoir d'expression du langage de modélisation pédagogique.

La conclusion de ce document dresse une synthèse de nos travaux en revenant sur l'objet et la définition de notre axe de recherche, la réingénierie pédagogique dirigée par les modèles. Nous rappelons nos contributions actuelles et les mettons en perspective avec les autres travaux nationaux et internationaux menés dans cette thématique. Sur cette base, nous identifions les directions de recherche futures pour ce thème de recherche, en tant que tel comme pour nos travaux propres.

1ERE PARTIE : DEMARCHE SCIENTIFIQUE

Lorsque l'on parle d'ingénierie et de réingénierie des EIAH, il n'est pas inutile de préciser le sens que l'on donne à ces deux mots. Nous le répétons, nous envisageons l'ingénierie d'un EIAH dans le cadre d'une conception continue, où le « passage à l'acte », marqué par la décision de construire un artefact informatique, peut être considéré comme la réingénierie de l'existant. Et c'est parce que cette ingénierie est située dans un contexte préexistant et évolutif que les concepteurs d'un EIAH doivent pouvoir expliciter leur contexte spécifique et faire évoluer leurs conceptions.

Nous avons pris pour cible des concepteurs qui sont avant tout des praticiens, enseignants ou formateurs, et notre objectif général de recherche est de les amener à participer activement au processus d'ingénierie d'un EIAH. Il nous faut donc chercher à définir des processus d'ingénierie susceptibles de s'adapter aux pratiques des enseignants et des formateurs ; c'est comme cela que nous pourrons proposer des techniques, des méthodes et des outils d'ingénierie et de réingénierie capables d'être adoptés et utilisés par ces concepteurs.

Nous avons proposé dans l'introduction de ce document une définition de la réingénierie pédagogique et le propos de cette partie est d'y apporter des précisions, en déclinant les objectifs de recherche que nous nous sommes fixés pour mettre en place et instrumenter un processus de réingénierie d'un EIAH.

Dans un premier chapitre, nous détaillons deux exemples de réingénierie, extraits de mises à l'essai que nous avons effectuées à l'IUT de Laval pour mieux cerner la nature des causes initiales amenant à la réingénierie d'un EIAH. Nous montrons que ces causes sont de deux natures :

- le premier exemple témoigne d'un manque de compréhension entre les acteurs du processus de développement de l'EIAH (ici le concepteur et le développeur), ce qui contribue au fait que le concepteur ne retrouve pas ce qu'il avait voulu dans le dispositif mis en place. Nos travaux œuvrent à éviter ce type de situation en favorisant le dialogue entre les différents acteurs autour des modèles de conception ;
- le second exemple témoigne de la difficulté pour le concepteur à se projeter dans l'utilisation de son système, ce qui fait que la situation pédagogique observée lors de la session n'est pas toujours celle qui était prévue. Nos travaux visent à donner les moyens au concepteur de détecter et de comprendre ces usages non prévus, de manière à enrichir son savoir-faire et faire évoluer ses pratiques d'enseignement.

Au delà de sa nature corrective, nous pensons qu'un processus de conception fondé sur la réingénierie d'un EIAH stimule le concepteur en enrichissant ses connaissances et en en faisant l'acteur principal de l'ingénierie du système. Le rôle « traditionnel » du concepteur dans la plupart des systèmes existants est de définir et de structurer les contenus pédagogiques destinés à être médiés et déployés par d'autres – informaticiens généralement – dans une plate-forme technologique qu'il connaît mal. Nous avons identifié plusieurs scénarios de conception où le risque

est grand de voir apparaître la démotivation chez le concepteur. Nous présentons ces scénarios dans un second chapitre et les utilisons pour une première problématisation générale de notre objet d'étude.

Le troisième chapitre est consacré à définir le périmètre de notre étude en présentant les différents travaux existant dans la communauté scientifique nationale et internationale qui traitent d'un aspect de notre problématique. Nous situons ces travaux par rapport à notre objet d'étude. La mise en perspective de ces différentes approches et de notre contribution est détaillée dans la dernière partie de ce document.

Dans un quatrième chapitre, nous définissons notre problématique scientifique en établissant un ensemble d'objectifs de recherche qu'il faut atteindre pour proposer un processus de conception centré réingénierie capable d'impliquer les concepteurs comme les acteurs principaux du développement d'un EIAH. Nous détaillons ces objectifs de recherche et précisons nos hypothèses de travail.

Un dernier chapitre présente la méthodologie que nous avons adoptée pour traiter notre problématique. Nous présentons notamment la structuration en actions de recherche du projet REDiM que nous animons, et expliquons comment nous nous sommes appuyé sur des expérimentations et des collaborations scientifiques développant nos connaissances et nos savoir-faire.

1. EXEMPLES DE REINGENIERIE

1.1. Présentation du dispositif expérimental

Nous travaillons depuis plusieurs années avec les enseignants du Département Services et Réseaux de Communication de l'Institut Universitaire de Technologie de Laval de l'Université du Maine à la mise en place de dispositifs d'enseignement médiatisés. L'idée générale étant d'étudier comment notre approche centrée sur la réingénierie permet aux enseignants de s'approprier les techniques et méthodes de conception d'un EIAH, nous travaillons avec les enseignants à modéliser leurs intentions de conception selon des modèles à niveau connaissance (dans ces exemples, des diagrammes d'activités), et nous veillons ensuite à transformer ces modèles jusqu'à la mise en place d'un système correspondant aux modalités pédagogiques qu'ils ont définies, sans préjuger de la qualité pédagogique de la spécification (notons que ceci est parfois rendu difficile puisque nous enseignons également dans ce Département). Chaque dispositif est expérimenté pendant plusieurs années, en suivant chaque année un cycle conception – déploiement – analyse – réingénierie. Les observations recueillies pendant la session sont donc analysées et transformées de manière à avoir une implication sur les modèles accessibles au concepteur, à des fins d'interprétation.

La première expérimentation de ce type a été menée en 2002 dans le cadre de la thèse d'Alain Corbière [Corbière A.,& Choquet C., 2004b], et portait sur la mise en place d'un dispositif d'enseignement de la programmation d'un serveur HTTP. Le logiciel était destiné à une utilisation individuelle, sur le lieu de formation, lors d'une session de deux heures. L'enseignant a défini un scénario simple, articulant quatre activités, supportées par six ressources. Les quatre activités étaient supposées être faites en séquence par l'apprenant, bien que les choix techniques laissaient libre l'apprenant dans sa progression[11]. Nous avons donc modélisé le scénario d'apprentissage prédictif en IMS-LD mais avons déployé un système laissant libre l'enchaînement des activités et des ressources (voir figure 1).

L'activité « Voir les Objectifs » est supportée par une ressource de type vidéo, où l'apprenant pouvait découvrir les grandes fonctionnalités d'un serveur HTTP.

L'activité « Apprendre la Théorie » est supportée par trois ressources, des fichiers HTML et PDF, qui donnaient des indications opératoires de programmation d'un serveur HTTP.

L'activité « Apprendre en Faisant » demande aux apprenants de compléter un fichier de configuration d'un serveur HTTP.

[11] Cela faisait d'ailleurs partie de nos objectifs pour cette expérimentation : imposer la plate-forme de déploiement, en l'occurrence Free Style Learning [Brocke J.V., 2001] [Grob H.L., & al., 2004]), mais ne pas déployer le scénario conçu par le concepteur. Nous voulions obtenir un scénario prédictif computationnel, de façon à devoir opérer des transformations des modèles définis et manipulés par le concepteur, mais nous ne voulions pas en faire un scénario prescriptif en le déployant sur la plate-forme, de manière à favoriser l'émergence d'usages imprévus.

L'activité « Evaluation » évalue les connaissances acquises avec un questionnaire à choix multiples.

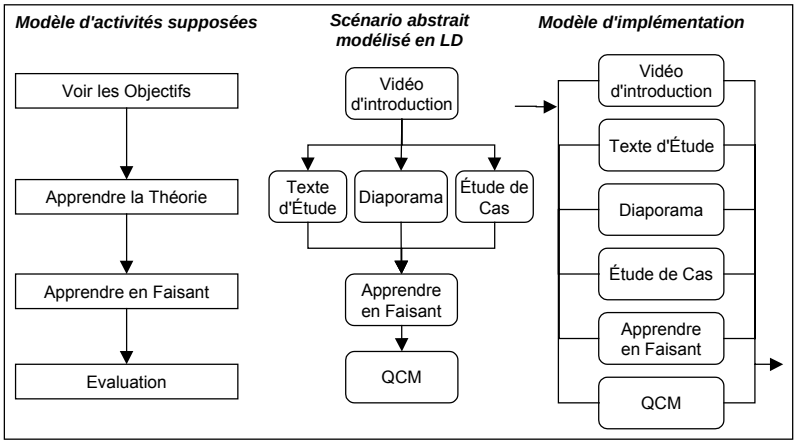


Figure 1. Modèles du dispositif d'apprentissage d'un serveur HTTP (version 1)

Ce scénario très simple était néanmoins accompagné de plusieurs consignes. Ainsi, de manière informelle, le concepteur avait souligné l'importance de la vidéo d'introduction, et considérait que les apprenants devaient visionner cette ressource pour avoir une bonne perception globale du domaine. De plus, le concepteur pensait que l'objectif d'apprentissage était atteint pour un apprenant s'il répondait correctement à quatre-vingt pour cent du questionnaire d'évaluation.

Nous avons joué le rôle de l'ingénieur pédagogique[12] en transformant ce scénario métier en un scénario computationnel exprimé avec IMS Learning Design. Cette transformation n'était pas instrumentée, elle reproduisait le processus de formalisation préconisé par IMS dans son guide de bonnes pratiques[13]. Cette transformation s'est faite uniquement avec le souci d'adopter un processus de développement qui mettait en œuvre ces bonnes pratiques décrites par le consortium IMS : élaboration de diagrammes d'activités en collaboration avec l'expert pédagogue, puis formalisation en IMS-LD. Nous n'avons par contre pas déployé ce scénario dans le dispositif : nous avons configuré les ressources physiques de manière à permettre l'accomplissement de ce scénario mais le modèle d'implémentation permettait à d'autres scénarios d'émerger. Puis nous avons déployé le système d'apprentissage pour une première session de deux heures, avec trente-six étudiants. Nous avons collecté des traces d'usage suivant plusieurs modalités (voir pour plus de détails [Barré V., & al., 2003]) ; dans le cadre des deux exemples que nous présentons ci-dessous, nous ne considérons que les traces collectées de manière automatique. Nous avons alors déduit de ces traces les scénarios suivis par les apprenants et les avons représentés sous forme de diagrammes d'activités pour permettre au concepteur de les comparer avec le scénario prédictif.

Notons ici que l'approche Model Driven Architecture (MDA) [OMG-MDA, 2006], qui a préfiguré les travaux menés par la communauté Génie Logiciel en Ingénierie Dirigée par les Modèles (IDM), a été proposée par l'OMG en 2003, pendant cette première expérimentation. Nous avons alors situé notre approche par rapport à cette proposition : élaboration du modèle métier de l'application (ici, les diagrammes d'activités), puis transformation de ce modèle métier en un modèle computationnel indépendant de la plate-forme de diffusion (ici, le scénario exprimé en IMS-LD). Par contre, nous n'avons pas suivi l'approche MDA en transformant le modèle computationnel en

[12] C'est d'ailleurs un défaut de notre expérimentation : nous aurions préféré confier cette tâche à une personne ne faisant pas partie de notre groupe de recherche.

[13] IMS Learning Design Best Practices Guide, accessible à : http://www.imsglobal.org/learningdesign/ldv1p0/imsld_bestv1p0.html

un modèle spécifique à la plate-forme de diffusion, mais nous avons mis en concordance les deux modèles. Ainsi, nous avons par exemple fait le lien entre la propriété « IntroEndOfVideoReached » utilisée dans le scénario prédictif pour indiquer la fin de l'activité « Voir les Objectifs » (voir figure 2) et la variable générée par le composant de lecture de la vidéo (voir figure 4). Notons par ailleurs que la sémantique des propriétés en IMS-LD n'est portée que par leur nom. Nous avons donc pris soin d'employer le même nom pour représenter cette variable dans les deux modèles.

1.2. Exemple d'une réingénierie liée à une incompréhension entre les acteurs du développement de l'EIAH

Pour formaliser la consigne concernant la vidéo d'introduction, nous avons considéré que l'activité « Voir les Objectifs » n'était pas terminée si l'apprenant n'avait pas visionné cette vidéo. La représentation LD de cette activité est présentée par la figure 2. La transformation de la consigne, depuis l'univers métier du concepteur, vers le modèle computationnel s'est opérée en introduisant une variable booléenne « IntroEndOfVideoReached » qui satisfait la condition de terminaison de l'activité « Voir les Objectifs » (on-completion) en passant à vrai.

L'étude des traces collectées pendant la session a montré que, sur trente-six étudiants, trente ne terminaient pas la vidéo, ce qui laissait supposer que, pour ces trente étudiants, l'activité « Voir les Objectifs » n'était pas correctement menée : les scénarios et modèles d'activités observés étaient conformes à la figure 3. Une étude plus approfondie des traces nous a montré que sur ces trente étudiants, quatorze arrêtaient de visionner la vidéo dans ses dix dernières secondes.

Ce premier cas est révélateur d'une incompréhension entre le concepteur et le développeur. La ressource vidéo est réputée terminée pour le développeur lorsque la mémoire tampon du lecteur vidéo associé est vide, soit à la dernière image de la vidéo (cf. figure 3) : la variable « IntroEndOfVideoReached » passe à vrai après la lecture de la dernière image de la vidéo. Cependant, le contenu des dernières images de la vidéo n'étant pas signifiant (générique de fin), les étudiants ont naturellement stoppé la lecture avant la fin du film.

```
<imscp:organizations>
   <imsld:learning-design identifier="LD-http" uri="" level="B">
      <imsl:title>Voir les Objectifs</imsld:title>
         <imsld:components>
            …
            <imsld:properties>
               <imsld:locpers-property identifier="IntroEndOfVideoReached">
                  <imsld:datatype datatype="boolean"/>
                  <imsld:initial-value>FALSE</imsld:initial-value>
               </imsld:locpers-property>
            </imsld:properties>
            <imsld:activities>
               <imsld:learning-activity indentifier="LA-intro">
                  …
                  <imsld:on-completion>
                     <imsld:change-property-value property-ref="IntroEndOfVideoReached"/>
                     <imsld:property-value>TRUE</imsld:property-value>
                  </imsld:on-completion>
                  …
```

Figure 2. Extrait de la représentation LD de l'activité « Voir les Objectifs »

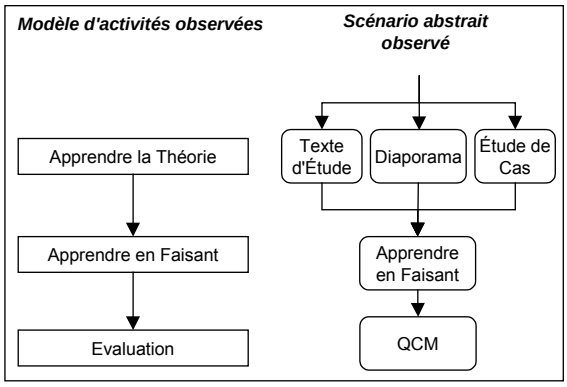


Figure 3. Scénario et modèle d'activités observés – Cas de la vidéo d'introduction

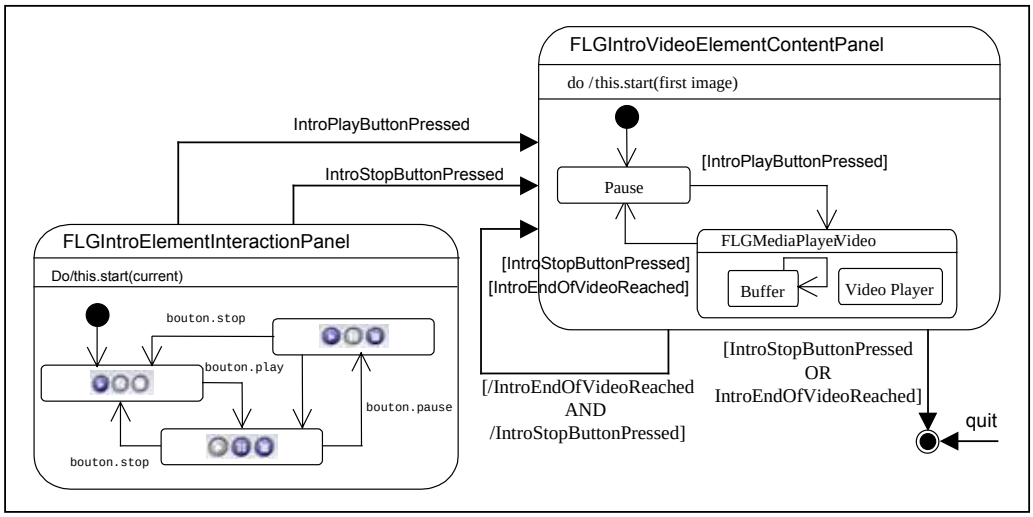


Figure 4. Génération de la variable « IntroEndOfVideoReached »

Nous avons ici un exemple de manque de communication et de négociation autour des modèles de conception entre le concepteur et le développeur. Ces erreurs sont classiques dans un processus de conception non itératif où la modélisation se fait par spécifications de plus en plus formelles sans réelle confrontation des points de vue. De cet exemple, nous avons tiré deux conclusions qui ont influencé notre problématique scientifique :

1. L'approche IDM que nous avons adoptée a facilité la détection et la compréhension du problème. Les liens établis entre les modèles par les transformations, qu'elles soient « descendantes » (de la description informelle au code) ou « ascendantes » (des traces aux représentations métier), ont permis de relayer l'implication de la donnée brute (i.e. la lecture de la vidéo est stoppée alors que la mémoire tampon n'est pas vide) sur les modèles accessibles au concepteur (l'activité « Voir les Objectifs » n'est pas correctement menée par une grande majorité d'étudiants).
2. Nous n'avons pas suffisamment cherché à lever les ambiguïtés et identifier les non-dits dans la représentation métier du scénario prédictif. C'est le manque d'explicitation du modèle métier qui a généré une erreur dans sa transformation en un modèle computationnel. L'implicite qui existait dans la tête du concepteur (voir la vidéo, c'est voir la partie « intéressante » de la vidéo) n'était pas partagé par l'ingénieur pédagogique.

1.3. Exemple d'une réingénierie accompagnant l'évolution des pratiques du concepteur

Pour formaliser le fait que le concepteur considérait que l'objectif d'apprentissage était atteint pour un apprenant s'il répondait correctement à quatre-vingt pour cent des questions posées par le questionnaire à choix multiples d'évaluation, nous avons introduit dans la description du questionnaire en IMS Simple Sequencing[14] un critère de succès (cf. figure 5).

```
<imsss:organizations>
   <item identifier="serveur HTTP">
   <item identifier="client HTTP">
   <item identifier="ITEM1" identifierref="QUESTION1"/>
      …
   <item identifier="ITEM10" identifierref="QUESTION10"/>
      <imsss:sequencing>
         <imsss:controlMode choice="true" choiceExit="true" flow="true"
forwardOnly="false"/>
            <imsss:rollupRules>
               …
            </imsss:rollupRules>
            <imsss:objectives>
               <imsss:primaryObjective satisfiedByMeasure="true">
               <imsss:minNormalizedMeasure>0.8</imsss:minNormalizedMeasure>
               …
               </imsss:primaryObjective>
            </imsss:objectives>
            …
```

Figure 5. Extrait de la représentation Simple Sequencing du QCM d'évaluation

L'étude des traces a montré qu'un nombre important d'étudiants (dix-huit sur trente-six) ne satisfaisait pas à ce critère de réussite, ce qui était très surprenant pour le concepteur, vue la simplicité des questions posées. L'examen de la séquence d'utilisation des ressources nous a montré que sur ces dix-huit étudiants, quatorze avaient utilisé le questionnaire en début de session, et non en fin de session comme supposé par le concepteur (cf. figure 6).

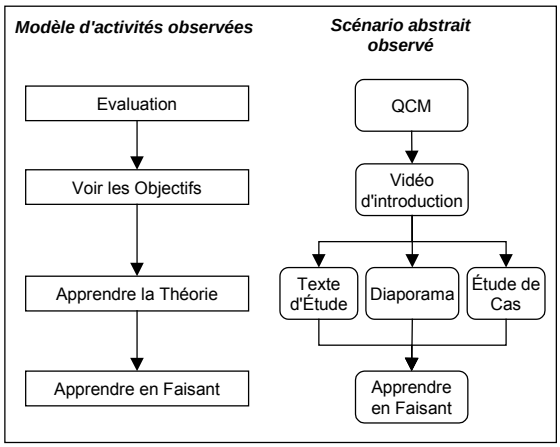


Figure 6. Scénario et modèle d'activités observés – Cas du questionnaire d'évaluation

[14] Notons ici qu'il était certainement préférable d'utiliser la spécification IMS-QTI (Question & Test Interoperability Specification). Mais l'objectif de l'expérimentation était d'assurer une mise en relation entre les descriptions informelles du concepteur et le code généré par le développeur, via un langage de modélisation computationnel, et non de déployer un scénario modélisé dans ce langage. IMS-SS, pratiqué par des membres de REDiM, convenait tout à fait pour ce propos.

Nous avons ici un exemple d'usage du dispositif par les apprenants imprévu par le concepteur : les apprenants ont détourné le questionnaire en l'employant pour découvrir le domaine et auto-évaluer leurs compétences initiales. Cet usage a été jugé intéressant par le concepteur qui a voulu l'intégrer au scénario prédictif. Ce scénario a donc été modifié, et le développeur a ajouté une interface supplémentaire au composant chargé de l'exécution des QCM dans FSL, permettant de naviguer dans le questionnaire sans forcément répondre aux questions, et surtout sans tenir compte de l'évaluation (cf. figure 7).

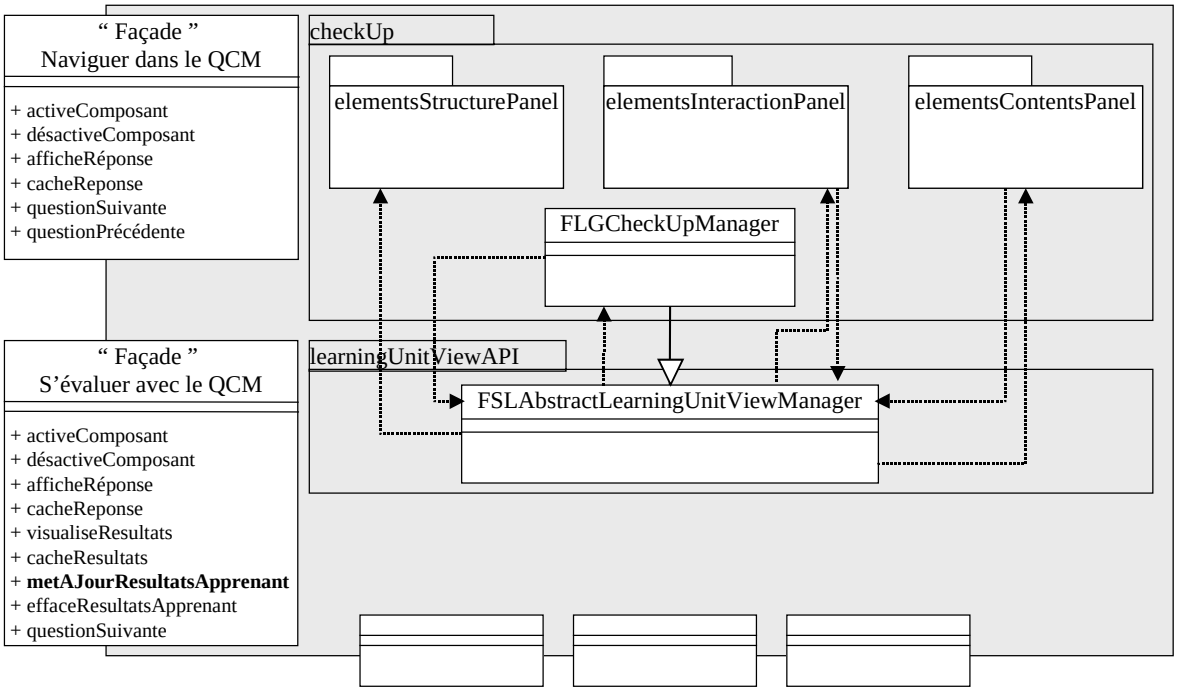


Figure 7. Le composant QCM après réingénierie

La conclusion principale que nous avons tirée de cet exemple est que la collecte et l'analyse des usages observés de l'EIAH, puis leur représentation dans le modèle métier du concepteur, ont permis à ce dernier d'exploiter à des fins pédagogiques un usage qu'il n'avait pas prévu. Le retour des usages, et leur représentation dans un modèle accessible, a permis au concepteur d'accroître son expertise et, par là même, la richesse de la situation pédagogique qu'il jugeait pourtant initialement satisfaisante.

1.4. Aperçu du dispositif après plusieurs cycles de réingénierie

Remarquons tout d'abord que ces deux actes de réingénierie n'ont pas changé la façon externe qu'a le système de se comporter vis à vis de l'apprenant. C'est le scénario pédagogique prédictif qui a évolué, témoignant d'une meilleure compréhension du dispositif et de la situation pédagogique engendrée. La modélisation descriptive de la situation pédagogique a permis de faire évoluer et d'affiner le modèle prédictif.

Nous avons poursuivi l'expérimentation pendant quatre ans et le modèle prédictif de la situation pédagogique obtenu au terme de cette période est présenté figure 8. Les évolutions successives ont principalement consisté à introduire des activités de découverte et à enrichir les ressources disponibles pour chaque activité :

- les phases de découverte du dispositif et du domaine de l'apprentissage sont mieux décrites et comprises ;

- les activités d'apprentissage ont été mieux analysées. Notamment, le concepteur a intégré dans son modèle prédictif l'utilisation des ressources « Diaporama » et « Texte d'étude » comme ressources documentaires aidant les apprenants à effectuer l'exercice de programmation proposé par la ressource « Apprendre en faisant ».

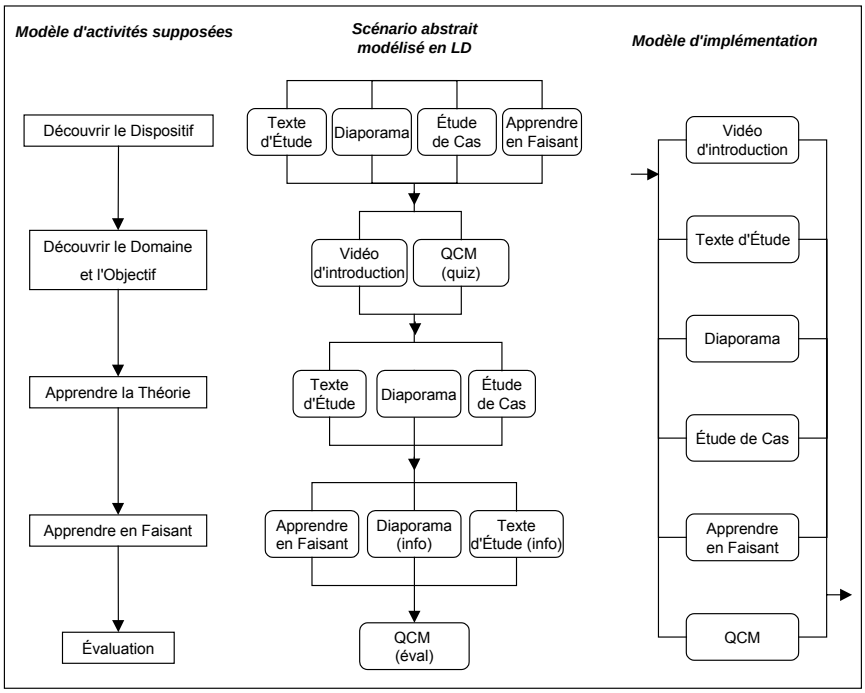


Figure 8. Les modèles du module d'apprentissage « programmation d'un serveur HTTP », obtenus après plusieurs cycles de réingénierie pédagogique

2. POSITIONNEMENT SCIENTIFIQUE

Nous avons orienté nos travaux en constatant que le modèle économique de la recherche en EIAH était, pour reprendre l'expression de N. Balacheff cité par P. Tchounikine dans [Tchounikine P., 2002], dans une situation désastreuse. Parmi tous les EIAH développés par la communauté de recherche, force est de constater, comme T. Nodenot, que seul un petit nombre d'entre eux témoignent « d'un transfert technologique réussi entre la recherche en EIAH et les établissements d'enseignement » [Nodenot T., 2005]. T. Nodenot donne plusieurs exemples de tels systèmes, sur le plan national comme APLUSIX [Nicaud J.F., 1987], CabriGéomètre [Baulac Y., 1990] ou RoboTeach [Leroux P., 1996] [Leroux P., 2002], et sur le plan international comme GeometryTutor [Anderson J., & al., 1995] [Aleven V., & Koedinger K., 2001], Ecolab [Luckin R., & du Boulay B., 1999], AutoTutor [Graesser A., & al., 2001] ou Belvedere [Suthers D., 1999] mais précise que :

- « les EIAH présentés ne sont que la face émergée d'un iceberg de systèmes qui n'ont pas fait la preuve de leur validité pédagogique » ;
- « les EIAH présentés ont nécessité des années de recherche/développements et l'on voit bien que l'on est très loin de pouvoir capitaliser les avancées de ces quelques EIAH pour produire et diffuser à grande échelle des systèmes qui auraient les mêmes capacités » ;
- « compte tenu de la complexité technologique des EIAH présentés, les enseignants ne sont pas pour l'instant en mesure de participer à une généralisation de produits ayant des capacités comparables à ceux présentés ».

Nous partageons cette analyse et considérons que la démarche de recherche visant à produire des EIAH et à les mettre à disposition des enseignants, si elle donne d'excellents résultats dans certains cas et fait indiscutablement progresser nos connaissances, n'est pas suffisante, seule, pour démocratiser et généraliser l'utilisation des EIAH sur le terrain.

Prendre l'ingénierie des EIAH comme objet de recherche nous semble fondamental. C'est en proposant des processus d'ingénierie adaptés que nous pouvons faire participer les enseignants au développement d'un EIAH. C'est en instrumentant ces processus par des méthodes, des techniques ou des environnements d'outils que nous aidons les enseignants à gagner en indépendance dans le développement d'un EIAH. L'objectif est ici d'identifier, puis de stabiliser et de généraliser des pratiques de conception de qualité, adaptées au métier des enseignants, et qui aident ces derniers à s'approprier les modalités de l'enseignement aidé par la technologie et à participer activement au développement d'EIAH correspondant à leurs attentes. Ainsi, prendre l'ingénierie des EIAH comme objet de recherche favorise le développement des connaissances de la communauté scientifique en bénéficiant des apports de la communauté de pratique.

2.1. Les scénarios d'ingénierie d'un EIAH à éviter

Les études publiées sur les pratiques[15] [ITEM-Sup, 2002] et nos mises à l'essai nous montrent que les concepteurs enrichissent leurs pratiques et diversifient les modalités pédagogiques à l'occasion de la mise en place d'un EIAH à condition, bien entendu, de leur en laisser l'opportunité.

Or, nos expériences passées en matière de conception et de développement de dispositifs d'apprentissage mettent en évidence des configurations de gestion de projet qui amènent les concepteurs à se désintéresser du projet. Ce problème a été identifié par certains travaux qui traitent ce point en proposant, aux organisations désireuses de monter un projet de système d'apprentissage en ligne, une approche qualité incluant une organisation des acteurs du développement [Le Préau, 2002] [EIfEL, 2001] [UNIQUe, 2006]. Dans une approche complémentaire, nous voulons nous adresser aux enseignants et formateurs impliqués dans le processus de conception d'un EIAH, en leur donnant les moyens de tenir leur rôle de concepteur, qui doit être central dans le processus, en tant qu'expert pédagogue.

Nous avons identifié au moins trois scénarios type causant la démotivation des concepteurs et, par là même, la diminution de leur implication dans le projet.

Scénario 1 : le dispositif d'apprentissage ne correspond pas à ce que le concepteur voulait. Certaines organisations de projet de développement d'un EIAH reposent sur un processus d'ingénierie « descendant », mettant en œuvre un cycle de vie du logiciel « en cascade » : les concepteurs produisent des spécifications, généralement aidés par un spécialiste de l'ingénierie pédagogique et, dans un deuxième temps, les informaticiens et les spécialistes des médias développent le produit.

Il y a là un risque potentiel bien connu de dérive du développement par rapport aux spécifications initiales. Plusieurs causes possibles sont à recenser : (1) les spécifications, parce qu'elles sont insuffisamment formalisées et/ou mal partagées, peuvent être ambiguës, (2) les contraintes techniques et/ou financières ne permettent pas un développement conforme aux spécifications, (3) l'organisation interne du dispositif de formation ne permet pas la mise en place de la situation pédagogique imaginée par le concepteur.

Les conséquences sont prévisibles : à terme, le concepteur sera frustré de ne pas constater les bénéfices attendus sur la qualité de l'apprentissage. Selon sa situation, il s'adaptera, parfois sans les comprendre, aux contraintes de l'organisation et de la technique et se conformera au rôle qu'il est supposé tenir, ou il se désintéressera du projet.

Scénario 2 : le dispositif d'apprentissage n'est pas accessible au concepteur. Les projets « globaux » de e-formation[16], à l'échelle d'une entreprise ou d'une institution, ont tendance à considérer les enseignants ou les formateurs comme des « auteurs » plutôt que comme des « concepteurs », limitant leur rôle à la production de contenus.

Dans un souci de rationalisation du travail et de productivité, les concepteurs sont cantonnés dans une tâche qui ne leur permet pas d'avoir une vision et une compréhension suffisante du dispositif d'apprentissage. Ils sont alors par exemple amenés à respecter des normes internes de

[15] Pour une analyse des pratiques du e-learning, voir aussi, par exemple, [Samier H., 2000].
[16] Traduction française de « e-learning », également appelé « apprentissage en ligne ».

structuration et de présentation du contenu, auxquelles il est possible qu'ils n'adhèrent pas, parce qu'ils n'en perçoivent pas l'utilité[17].

Si la structuration du contenu, la charte graphique, les modalités d'interaction et les autres choix liés à la mise en place de l'EIAH ne sont pas discutés et négociés avec eux, les concepteurs peuvent douter de la qualité pédagogique du dispositif d'apprentissage et ne plus désirer s'investir dans le projet.

Scénario 3 : le concepteur ne perçoit pas l'usage du dispositif d'apprentissage. L'utilisation des technologies de l'information et de la communication dans les dispositifs de formation introduit une désynchronisation des deux rôles principaux liés à l'acte d'enseigner – auteur/concepteur de cours et enseignant/formateur – qui se traduit généralement par une spécialisation des acteurs du processus de formation.

Dans un cadre présentiel, l'enseignant assume ces deux rôles et s'appuie sur son expérience passée devant ses élèves pour modifier les cours existants et en définir de nouveaux. Le concepteur dans un dispositif d'apprentissage n'est pas au contact de ses élèves et peut en ressentir de la frustration s'il n'a pas la possibilité de percevoir les usages du dispositif, de manière à juger de la qualité de ses conceptions. La plupart des EIAH collectent et analysent les usages, mais rarement à destination du concepteur pour lui permettre de mieux apprécier la situation pédagogique mise en place. Nous avons pu observer que ceci est démotivant pour les concepteurs, non seulement parce qu'ils souhaitent mesurer les effets de leur investissement, mais aussi et surtout parce qu'ils ont le sentiment de ne pas pouvoir progresser dans leurs pratiques sans observer les conséquences de leurs choix pédagogiques.

Nos travaux visent à limiter les risques d'apparition de ces trois scénarios en proposant d'adopter un processus d'ingénierie impliquant le concepteur dans le développement et le suivi de l'EIAH.

2.2. Première problématisation de notre objet d'étude

Nous avons orienté nos travaux sur la scénarisation et la réingénierie d'une situation pédagogique dans le spectre d'application des langages de modélisation pédagogique (EML – Educational Modeling Languages), centrés sur le concept d'activité. Les EIAH visés sont donc composés d'un ensemble de ressources, ou Objets d'Apprentissage (Learning Object) et de services dont l'utilisation par les différents acteurs de la situation pédagogique est scénarisée à l'aide d'un langage structuré, un EML. Un exemple typique de cette classe d'EIAH est un environnement de FOAD (Formation Ouverte A Distance), bien que nous ayons également travaillé à partir d'expérimentations de situations pédagogiques présentielles (mais médiées par un environnement informatique). Dans ce type d'EIAH, les ressources et services sont considérés par le biais de leurs interfaces d'entrée et de sortie. Ainsi, un simulateur tel que FORMID [Guéraud V., 2005] ou un micro-monde tel que Cabri-Géomètre [CABRILOG, 2007] sera identifié comme une ressource

[17] Pour exemple, le projet DIGITEF de la société Aérospatiale était organisé sous cette forme. La norme interne de structuration du contenu stipulait qu'un cours était constitué de modules, qu'un module était constitué d'unités d'apprentissage, et qu'une unité d'apprentissage était composée d'objets didactiques de cinq types : une définition, une règle, un exemple, une analogie, un exercice. Les concepts du domaine à enseigner relevaient de trois catégories (les savoirs, les savoir-faire et les savoir-être) et l'enseignement d'un concept devait respecter certaines règles. Par exemple, une unité d'apprentissage consacrée à un savoir devait obligatoirement comporter une définition et une analogie, alors que l'enseignement d'un savoir-être se faisait sur la base d'une règle et d'un exemple. Les formateurs impliqués initialement dans le projet n'ont pas adhéré à cette structuration et n'ont plus été sollicités par la suite, les personnels chargés de la médiatisation des ressources pédagogiques allant chercher les contenus chez les experts du domaine concerné.

supportant une activité : la scénarisation de l'activité de l'apprenant dans ces ressources est en dehors du spectre d'application du scénario pédagogique considéré et, par conséquent, en dehors des préoccupations actuelles de nos travaux. Cette orientation s'est faite sur des considérations d'ordre pratique, pour limiter le périmètre de nos recherches et centrer notre étude de la réingénierie sur une pratique de la modélisation d'un EIAH. Mais cette orientation nous a semblé également pertinente dans notre contexte d'étude :

- La scénarisation pédagogique (non limitée à la définition d'un scénario d'apprentissage dans un EIAH) est une pratique connue des enseignants que nous adressons. Les scénarios sont vécus comme des objets partageables, cristallisant l'expertise pédagogique de leurs auteurs. Des initiatives comme, en France, la constitution des banques de pratiques Edu'Bases[18], témoignent de la richesse des productions et de la volonté de partage au sein de la communauté enseignante.
- Nous voulons être une force de contre-propositions face à la vision industrielle de la formation[19] qui se développe dans le domaine de la FOAD, et notamment sur le plan de la scénarisation pédagogique. Travailler sur l'ingénierie du scénario pour permettre aux enseignants de prendre pleinement leur place dans le processus de conception est alors naturel.

Le cycle de vie traditionnellement utilisé pour le développement de scénarios qui ont vocation à être déployés par un artefact informatique peut être synthétisé par l'articulation de six étapes : l'expression des besoins, la conception du scénario, l'implémentation, le déploiement, les tests, l'évaluation (voir figure 9).

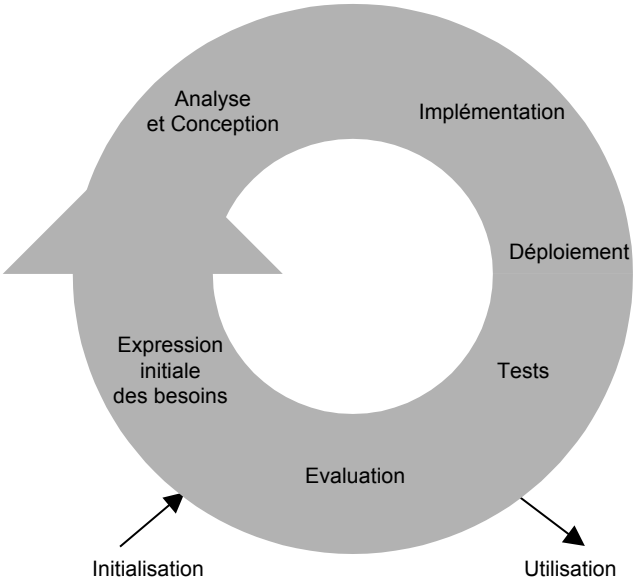


Figure 9. Cycle de vie traditionnel d'un scénario pédagogique pour un dispositif FOAD (inspiré de [Vantroys T., 2003])

[18] Edu'Bases est un ensemble de banques de pratiques recensant et mettant à disposition en ligne, entre autres, des descriptions de séquences pédagogiques rédigées par des enseignants. Edu'Bases est accessible sur le site Educ'net à : http://www2.educnet.education.fr/sections/secondaire/usages/edubases/.

[19] Nous entendons par là, comme [Nodenot T., 2005], une vision du processus de développement d'une formation en ligne qui privilégie une conception par des spécialistes d'une méthode d'ingénierie ou d'un langage de modélisation pédagogique, ayant pour principaux objectifs la réutilisation et l'interopérabilité des productions.

- La phase d'expression initiale des besoins, première dans le cycle de vie du scénario pédagogique, décrit les besoins (activités pédagogiques à mettre en place, objectifs d'apprentissage, prérequis) à satisfaire indépendamment de la méthode qui sera utilisée pour concevoir le scénario en question. L'acteur principal de cette phase est un enseignant ou un formateur (ou un groupe d'entre eux).
- L'analyse et la conception ont pour objectif de formaliser les besoins exprimés sous la forme d'un scénario pédagogique structuré décrivant, au niveau de granularité souhaité par les concepteurs, la séquence pédagogique à déployer dans l'EIAH. Le plus souvent, l'acteur principal de cette phase est un ingénieur pédagogique qui interprète la description des besoins et utilise un langage de modélisation pédagogique (un EML) donné (tel que IMS-LD ou LDL) pour représenter de manière formelle le scénario pédagogique.
- L'implémentation ou bien encore l'implantation consiste à transformer la représentation du scénario en code écrit dans un langage donné, compréhensible et interprétable par une machine. Les principales propositions de langages de modélisation pédagogique assurent partiellement cette transformation en définissant un « binding » (terme que l'on peut traduire dans ce contexte par « projection ») sur XML, consistant à décrire le langage sous forme d'une DTD (Document Type Definition) ou d'un schéma XML. Le développeur doit également assurer à cette phase la disponibilité dans l'EIAH des services et des ressources pédagogiques dont l'utilisation est décrite par le scénario, au besoin en les développant.
- La phase de déploiement ou d'opérationnalisation met en place la formation. Typiquement, le scénario est « instancié » dans un environnement cible :
  - la configuration de l'EIAH considéré (généralement une plate-forme de formation, de type Learning management System), notamment l'initialisation des services, le référencement des différents composants, etc. ;
  - le « peuplement » [Martel C., & al., 2007] du scénario, c'est à dire l'identification des participants et l'affectation des rôles à des personnes physiques.

  Les acteurs principaux de cette phase sont le développeur et l'administrateur de la plate-forme.
- La phase de test permet, dans ce contexte, de tester la validité des spécifications de la conception dans la réalité d'apprentissage concrète. Plus les tests sont concluants et plus ils sont répétés et raffinés, plus les spécifications de conception sont jugées stables. Dans une approche de développement itératif, ces tests, quand ils sont de nature pédagogique mais non fonctionnelle, se font généralement durant les premières exploitations du scénario en situation réelle.
- L'étape d'évaluation permet de déduire à partir des tests précédents les améliorations possibles à apporter au système de formation, ce qui peut amener à revoir l'expression des besoins et/ou l'analyse et la conception réalisées au départ.

Une des étapes essentielles de ce cycle de vie est l'analyse des besoins et la conception du scénario. Des experts de la modélisation pédagogique se fondent sur l'expression initiale des besoins pour s'engager dans un processus de modélisation qui s'appuie sur un méta-modèle (celui du langage de modélisation pédagogique utilisé) identifiant à un niveau abstrait la ou les primitives expertes à instancier, et la manière dont sont organisées ces primitives. Ce processus de modélisation permet une structuration des connaissances pédagogiques décrivant un système d'enseignement, de formation ou d'apprentissage via un scénario pédagogique explicite.

Nous contestons la pertinence de ce cycle de vie car nous pensons que la conception d'un EIAH est continue, pas seulement itérative :

- l'instant « initialisation » (voir figure 9) témoigne d'une centration sur l'objectif de production d'un artefact informatique, alors que l'EIAH est considéré par l'enseignant comme un moyen de satisfaire son objectif pédagogique. Ce cycle de vie favorise donc l'émergence du scénario 1 (cf. section 2.1.).
- ce cycle impose à l'enseignant de se cantonner, en tant que concepteur, dans la phase d'expression initiale des besoins, considérée comme amont. L'enseignant n'ayant pas les moyens de participer à la phase de conception ou, *ad minima*, d'appréhender ses résultats, le scénario 2 risque de se produire (cf. section 2.1.).
- la phase d'évaluation est vue comme une étape corrective et non pas comme une étape générative. Dans une démarche réflexive, l'évaluation de la qualité de la situation pédagogique et des usages du scénario pédagogique doit pouvoir être mise à profit par l'enseignant (concepteur) pour développer son expertise, afin d'éviter le scénario 3 (cf. section 2.1.).

Problématisation

Nous comprenons bien le souci de rationalisation dans l'objectif de maîtrise des coûts du développement d'un EIAH sous-tendant ce cycle de vie, mais nous considérons qu'il est possible de maîtriser ces coûts à l'échelle de la communauté de pratique si ce n'est à celle d'un développement particulier, en favorisant l'implication des enseignants dans les processus d'ingénierie et, par là même, en favorisant le développement et l'utilisation des EIAH sur le terrain.

Nous cherchons donc à définir et instrumenter un processus de conception et de réingénierie d'un scénario pédagogique qui permette à l'enseignant de jouer pleinement son rôle de concepteur et qui, dans le même temps, lui donne les moyens de progresser dans son expertise de la scénarisation pédagogique. Ce processus doit avoir les objectifs suivants :

- l'enseignant, dans son rôle de concepteur, doit pouvoir participer activement au processus de modélisation d'un scénario pédagogique en manipulant lui même les outils dédiés. Ce processus doit avoir pour finalité l'obtention d'un scénario computationnel ;
- l'enseignant doit pouvoir peser sur les choix pouvant influencer la mise en place de la situation pédagogique, y compris ceux liés à l'observation de l'activité d'apprentissage ;
- l'enseignant doit directement participer à l'évaluation des usages et de la qualité du scénario pédagogique. Parce que l'observation et l'analyse de l'activité des apprenants fait partie du métier de l'enseignant, les modalités de cette évaluation doivent être définies lors de la conception du scénario, avec la participation active de l'enseignant ;
- l'enseignant doit être aidé dans son propre apprentissage de la scénarisation pédagogique et doit avoir les moyens de concrétiser la progression de son expertise par la modification du scénario pédagogique. Le processus doit donc explicitement intégrer la réingénierie du scénario comme une phase générative, à la fois du point de vue du scénario comme de celui des pratiques de conception. Avec le même objectif, les pratiques de scénarisation pédagogique doivent pouvoir être partagées entre les enseignants. Le processus doit donc aider à la capitalisation de ces pratiques.

Ces objectifs ne peuvent être atteints, à notre sens, qu'en inscrivant le processus de conception et de réingénierie d'un scénario pédagogique dans l'univers métier de l'enseignant, tant sur le plan des techniques et méthodes utilisées que sur le plan de l'organisation de la conception.

3. LES TRAVAUX EXISTANTS EN LIEN AVEC NOTRE OBJET D'ETUDE

Différentes approches proposées dans la communauté scientifique nationale et internationale adressent tout ou partie de ces objectifs.

Dans le paradigme de la scénarisation pédagogique, les travaux sur l'ingénierie des EIAH se sont orientés dans plusieurs voies privilégiant la méthode d'ingénierie pédagogique, le langage de modélisation pédagogique ou l'environnement support de conception.

L'une des approches les plus complètes centrée sur la définition et l'instrumentation d'une méthode d'ingénierie pédagogique est très certainement celle adoptée par le LICEF autour de la méthode MISA [Paquette G., & al., 1997], de la plate-forme de formation à distance Explor@ [Paquette G., & al., 2005b], de l'environnement auteur ADISA, et de la notation MOT [Paquette G., 1999] [Paquette G., 2002]. Cette méthode fait l'objet de la prochaine section. Bien qu'à notre sens, ils ne ciblent pas l'enseignant parce qu'ils imposent une organisation de la conception et du développement lourde et complexe, les travaux du LICEF constituent un résultat très abouti d'instrumentation d'un processus d'ingénierie des EIAH.

Dans une seconde section, nous considérons les travaux qui, sans proposer de méthode d'ingénierie pédagogique aussi aboutie que celle du LICEF, se sont centrés sur la définition d'un langage de modélisation pédagogique (EML), destiné à la description et à l'opérationnalisation d'une grande classe de scénarios. Nous en retenons les trois plus significatifs : la spécification IMS-LD [IMS-LD,2003], le langage PALO [Rodriguez-Artacho M., 2002] et le langage LDL [Ferraris C., & al., 2005]. Cette approche de la scénarisation par le langage de modélisation est dominante dans la communauté, grâce notamment à la proposition de la spécification IMS-LD. Nous considérons néanmoins que ces propositions ne sont pas adaptées pour être manipulées par un enseignant parce qu'elles imposent un apprentissage et une appropriation difficiles d'un langage de modélisation.

Plus proches de nos préoccupations de recherche parce qu'ils visent explicitement l'enseignant dans son rôle de concepteur, certains travaux ont cherché à simplifier la tâche de scénarisation en instrumentant la conception pour une classe spécifique de scénarios. Dans la troisième section, nous en retenons trois – le prototype Genscen' [Faure D., & Lejeune A., 2005], l'éditeur Collage [Hernandez-Leo D., & al., 2006] et l'environnement FreeStyler [Harrer A., & Hoppe U., 2007] – qui ont chacun développé une approche de l'édition visuelle d'un scénario.

L'Ingénierie Dirigée par les Modèles (IDM) est considérée comme pertinente pour le développement des EIAH par une partie de la communauté, et principalement en France. Après avoir présenté les concepts fondamentaux de l'IDM, la quatrième section considère trois de ces travaux les plus représentatifs dans le domaine de la scénarisation pédagogique. Les travaux du LIUPPA [Laforcade P., 2004] définissent un ensemble cohérent d'outils de modélisation dédiés à une classe de situations pédagogiques. La démarche permet au concepteur de s'impliquer dans la modélisation explicite et formelle du scénario et d'influencer la majorité des choix d'implantation. Les travaux de l'équipe NOCE du laboratoire LIFL, dans une perspective opérationnelle, atteignent les mêmes objectifs en ciblant explicitement l'enseignant dans son rôle de concepteur et en privilégiant l'émergence d'un méta-modèle métier [Caron P.-A., 2007a] [de Moura Filho C.O., 2007].

La dernière section de ce chapitre est consacrée aux travaux sur l'analyse des traces d'observation d'un EIAH. En prenant pour exemple principal le projet LISTEN [Mostow J., & Aist G., 2001], nous examinons en premier lieu l'approche « ad hoc » consistant à développer des outils d'observation et d'analyse dédiés à un système particulier. Les auteurs de ce projet se sont par contre, comme d'autres, plus récemment souciés de la capitalisation et du partage de leurs savoir-faire et s'attachent désormais à évaluer la pertinence de leurs pratiques et à les recenser, participant ainsi à la structuration d'une communauté scientifique autour de la fouille de données appliquée aux EIAH. Mais nous privilégions par la suite les approches plus génériques ayant pour objectif (1) de mieux comprendre la nature d'une trace d'utilisation et de ses usages – le projet TRAILS [TRAILS, 2004] –, (2) de proposer des modèles de traces et de traitement de la trace – les travaux du LIRIS autour des projets Trèfle [Egyed-Zsigmond E., & al., 2003], Musette [Champin P.A., & al., 2003] et SBT [Settouti L., & al., 2006] –, et (3) de recenser et de capitaliser les techniques de collecte et d'analyse de traces – les projets ICALTS [ICALTS, 2004], IA [IA, 2005], CAViCoLA [CAViCoLA, 2006] et DPULS [DPULS, 2005].

Nous revenons sur l'ensemble de ces travaux dans la dernière partie de ce document pour les situer par rapport à nos résultats et notre approche, et faire une synthèse des contributions dans notre champ de recherche.

3.1. La méthode d'ingénierie pédagogique MISA

MISA est une méthode d'ingénierie pédagogique qui a pour objectif d'aider les concepteurs à produire la spécification d'un système pédagogique. Cette spécification peut alors être utilisée pour produire un système pédagogique exécutable, pouvant être déployé par la plate-forme Explor@, ou toute autre plate-forme de diffusion de type LMS (Learning Management System).

MISA repose sur l'élaboration progressive de quatre modèles du système d'apprentissage :

- le modèle des connaissances est une représentation graphique du domaine de connaissances ciblé par le système d'apprentissage. Les connaissances à acquérir et les prérequis sont associés à des unités d'apprentissage du modèle d'apprentissage.
- le modèle d'apprentissage est constitué par les graphe des unités d'apprentissage. Chacune de ces unités est décrite par un scénario articulant et définissant les activités d'apprentissage et de support, chacune étant associée à des ressources. Les ressources centrées sur le contenu d'apprentissage sont appelées « Instrument » et sont associées à un ensemble de connaissances du modèle de connaissances.
- les modèles des matériaux d'apprentissage ou modèles médiatiques décrivent les instruments par des documents sources, des principes de présentation, et leurs composantes médiatiques.
- le modèle de livraison rassemble l'ensemble des ressources du modèle d'apprentissage et organise le workflow multi-utilisateurs des acteurs du système d'apprentissage (utilisation et production de ressources, rôles de chacun, etc.).

L'ensemble de ces modèles est représenté par la notation graphique MOT. Cette notation dispose d'une traduction en XML, permettant de rendre les modèles interprétables par une machine (pour plus de détails sur MOT, voir [Paquette G., 1999]). La figure 10 présente un exemple de scénario d'apprentissage. Le modèle graphique utilise la notation MOT. Les ovales représentent des activités réalisées par les acteurs (L pour « learner » ou F pour « facilitator »). Les rectangles représentent

des ressources (I pour instruments, T pour tools, S pour services, C pour communication ou L pour location). Les ressources non marquées sont des résultats produits pendant une activité. Les hexagones représentent les règles (X pour exécution, E pour évaluation, C pour collaboration et A pour adaptation).

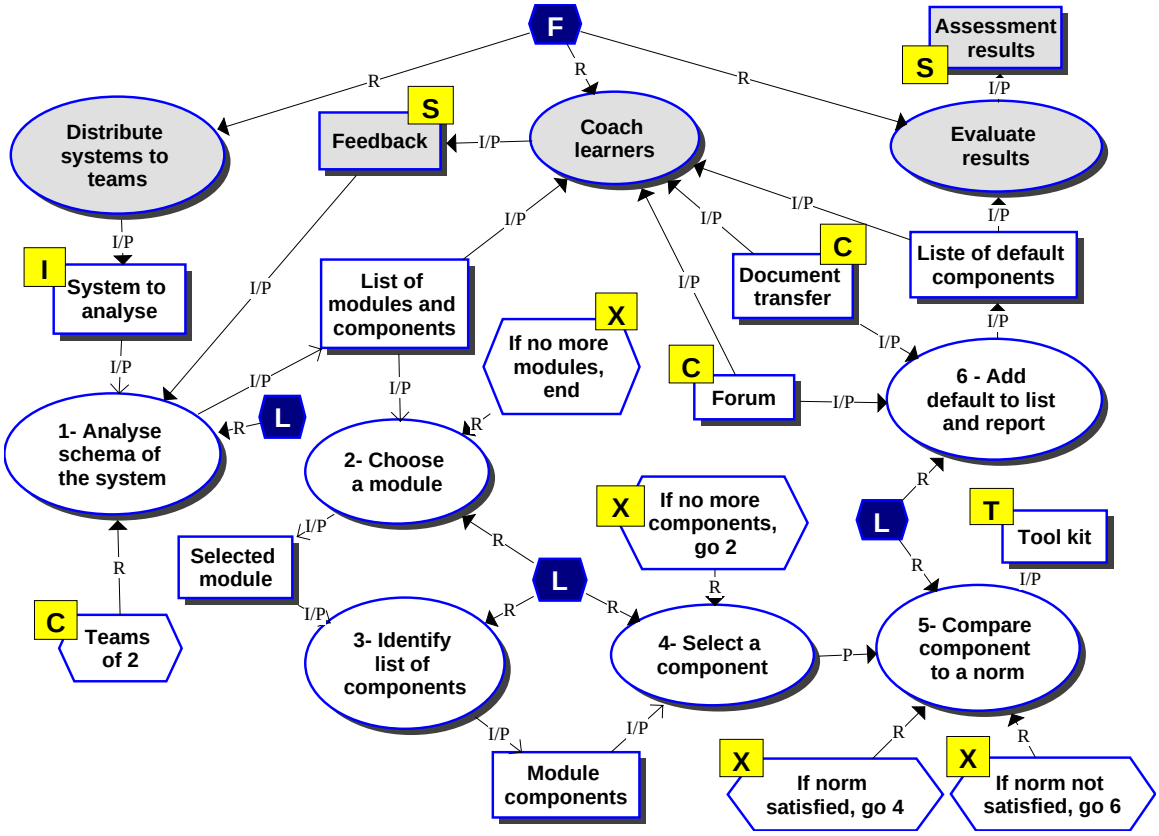


Figure 10. Un scénario d'apprentissage dans la notation MOT (extrait de [Paquette G., 2004])

Le modèle pédagogique de MISA représente un scénario pédagogique comme un réseau d'événements d'apprentissage (« learning event »). Ce concept est la base de toute représentation et est un élément fondamental du modèle, son diagramme de classes est présenté en figure 11.

Tout réseau d'événements d'apprentissage est composé d'événements d'apprentissage, de ressources, de liens et de règles. Les liens de composition (« C link ») spécifient la hiérarchie entre les événements d'apprentissage tandis que les liens de précédence (« P link ») décrivent leurs prérequis. Les ressources utilisées ou produites par les événements d'apprentissage sont reliées avec des liens d'utilisation/production (« I/P link ») et les règles agencent l'utilisation des événements (« R links »). Chaque unité d'apprentissage fait référence à un unique scénario d'apprentissage qui décrit les relations entre les acteurs, les activités, les ressources et les liens. Chaque scénario a des objectifs et des prérequis d'apprentissage, définis dans le modèle des connaissances (partie droite de la figure 11).

Ainsi, G. Paquette revendique dans [Paquette G., 2004] le fait que MISA soit un EML, conformément à la définition proposée dans [Rawlings A., & al., 2002][20] :

[20] « An EML is a semantic information model and binding, describing the content and process within a unit of learning from a pedagogical perspective in order to support reuse and interoperability. » [Rawlings A., & al., 2002]

- le modèle d'information sémantique est constitué des modèles MOT décrivant le réseau d'événements d'apprentissage, des scénarios d'apprentissage décrits pour chaque unité d'apprentissage et de leurs modèles de connaissances associés ;

- le « binding » de ces modèles MOT est assuré par des fichiers XML ;

- ces fichiers XML assurent la réutilisabilité et l'interopérabilité des scénarios produits.

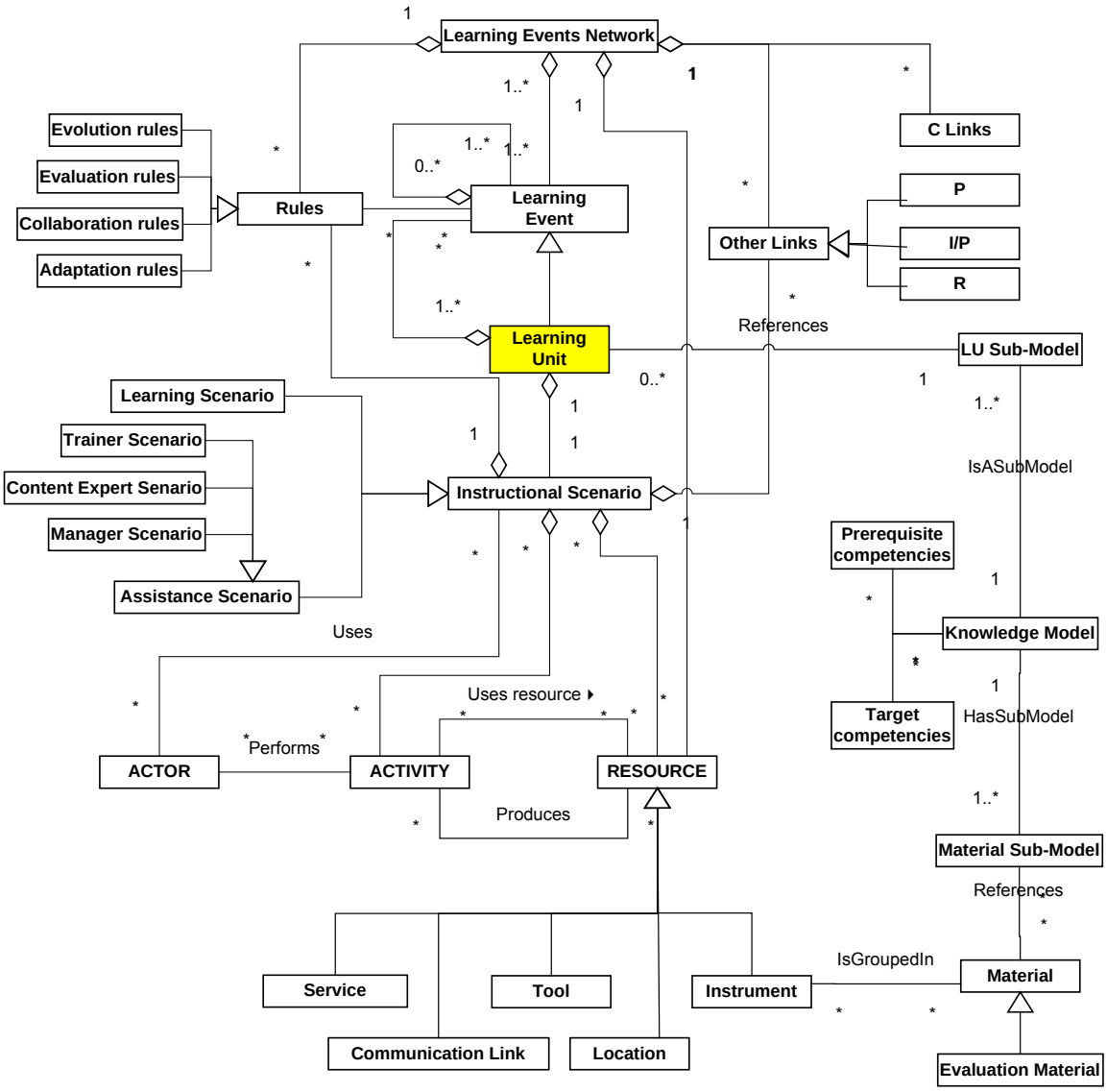


Figure 11. Le modèle pédagogique de MISA 4.0 – Diagramme de classes

Position. MISA se positionne clairement dans une approche industrielle de la e-formation. Très complète, notamment accompagnée d'Explor@ et d'ADISA, mais complexe dans sa mise en œuvre, elle suppose que les concepteurs soient des experts spécialisés dans la conception d'un EIAH (ou dans un de ses aspects), pour qui l'apprentissage nécessaire à la maîtrise de MISA et des outils et techniques associés ne constitue pas un frein à leur productivité, mais au contraire est un garant de la qualité de leurs développements. Nous n'avons pas d'informations sur la stratégie de diffusion de la méthode MISA auprès des enseignants mais, en l'état, nous considérons qu'elle ne leur est pas adaptée vue sa complexité de mise en œuvre. Cette méthode cible en effet des organisations de formation conséquentes, où l'enseignant est considéré comme un auteur expert

plutôt que comme un concepteur à part entière. Par contre, par sa nature même, MISA permet aux concepteurs d'appréhender l'ensemble des choix d'implantation.

3.2. Les approches par les langages de modélisation pédagogique

Ces langages ont en commun de respecter la définition d'un EML proposée par A. Rawlings et ses co-auteurs : « An EML is a semantic information model and binding, describing the content and process within a unit of learning from a pedagogical perspective in order to support reuse and interoperability. » [Rawlings A., & al., 2002]. Ils s'appuient tous sur une métaphore qui leur est propre, parfois éloignée de l'univers métier des enseignants, ce qui ne facilite pas leur utilisation. Ils permettent cependant d'obtenir des scénarios computationnels et facilitent donc les tâches de développement et de déploiement consécutives à la modélisation.

3.2.1. La spécification IMS Learning Design

Fondée principalement sur la proposition du langage EML (Educational Modelling Language) de R. Koper [Koper R., & al., 2000] [Koper R., 2001], la spécification Learning Design (LD) de l'IMS [IMS-LD, 2003] centre la scénarisation pédagogique sur le concept d'activité et sur celui de rôles participants. Nous ne détaillerons pas ici cette spécification, largement commentée par la littérature, mais montrons par la figure 12 le modèle conceptuel du langage.

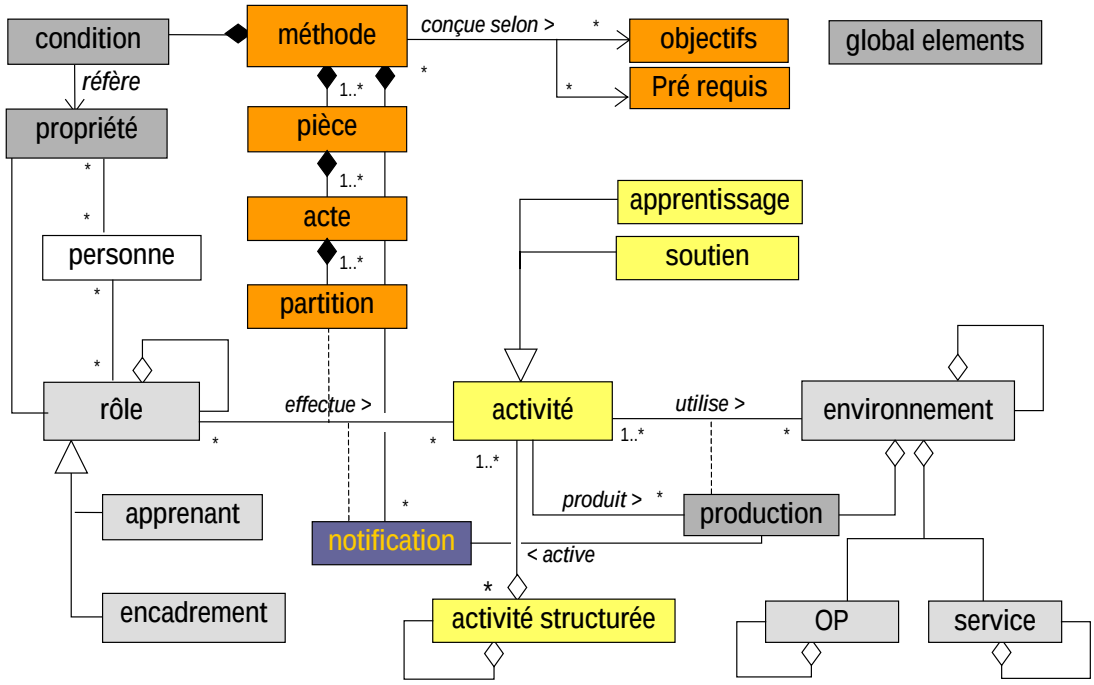


Figure 12. Modèle conceptuel de IMS-LD[21]

[21] Cette version française du schéma est extraite du support du cours « IMS Learning Design - Un langage de modélisation pédagogique » dispensé par Anne Lejeune lors de l'école thématique EIAH 2005. La version originale en anglais peut être consultée dans [IMS-LD, 2003].

IMS-LD est une proposition cohérente de langage formel de scénarisation pédagogique qui se veut neutre et couvrante par rapport aux modalités pédagogiques, tout en affranchissant le concepteur de prendre en compte la complexité technologique liée à la mise en ouvre du scénario. Par son « binding » XML, il permet également au développeur d'interpréter sans ambiguïté le modèle du concepteur (i.e. le scénario pédagogique) et assure, sur le plan syntaxique, l'interopérabilité et la réutilisabilité du scénario.

Position. La proposition de ce langage s'inscrit clairement dans une perspective d'industrialisation de la formation, en revendiquant l'objectif de réutilisation (et donc de décontextualisation) et d'interopérabilité (voir les « requirements » de la spécification dans [IMS-LD, 2003]). L'environnement logiciel d'apprentissage est associé à une activité mais n'est pas constitutif de celle-ci, et rien n'existe pour décrire l'un par rapport à l'autre. De plus, ces outils sont volontairement peu décrits en tant que tels, ce qui ne facilite pas la contextualisation du scénario : les ressources localisées sont spécifiées avec une URL, parfois décrites par des méta-données, et les services sont considérés comme génériques, leur URL étant donnée quand la situation d'apprentissage sera instanciée à l'exécution. De même, les rôles tenus par les participants sont décrits *ex abrupto*, et leur nature n'est pas clairement identifiable : elle est décrite pour chaque activité sous la forme d'une partition (« role-part », voir figure 12), sans possibilité d'inscrire le rôle dans le contexte autre que de l'associer à une activité. Ainsi, la réutilisabilité et l'interopérabilité d'un scénario sont obtenues au détriment de son expressivité par rapport au contexte.

De plus, ce langage nécessite un temps d'apprentissage non négligeable pour les concepteurs : sa syntaxe concrète repose sur une notation textuelle et sa syntaxe abstraite est complexe, s'appuyant sur une métaphore (cinématographique ou théâtrale) qui peut ne pas remporter l'adhésion. Cette complexité est due à la volonté affirmée du consortium de proposer un langage neutre quant aux théories de l'apprentissage et couvrant sur les modalités pédagogiques. Or, en constatant le nombre important de propositions d'extension du langage [Santos O.C., & al.,2004] [Hernandez Leo D., & al., 2004] [Caeiro Rodriguez M., & al., 2004] [Gounon P., & al., 2005], [Barré V., & Choquet C., 2005b] [Turani A., & Calvo R.A., 2006], ou simplement le manque de recul quant aux usages effectifs de ce langage[22], il nous semble prématuré d'affirmer, à l'inverse de [Hummel H., & al., 2004], que ce langage répond à cet objectif. Enfin, bien que le guide des bonnes pratiques de IMS-LD propose d'utiliser des diagrammes UML d'activités pour guider l'écriture du scénario, un scénario exprimé en langage LD fait typiquement plusieurs dizaines de pages, ce qui ne facilite pas la compréhension globale et la maîtrise du scénario par le concepteur.

3.2.2. Le langage de modélisation pédagogique PALO

Les auteurs du langage PALO [Rodriguez-Artacho M., 2002] de l'UNED (Universidad Nacional de Educación a Distancia) ont privilégié une approche de la scénarisation pédagogique qui consiste à décrire des cours structurés en modules. Chaque module inclut une déclaration de sa structure, des activités que les apprenants et les tuteurs doivent réaliser, et de la séquentialisation des activités et du contenu. L'agencement des modules et des tâches est régulé au moyen d'attributs

[22] Même si la situation a légèrement évolué depuis, Chris Kew, lors de sa conférence à l'école thématique EIAH 2005, annonçait que, dans le cadre du programme UNFOLD (http://www.unfold-project.net:8085/UNFOLD/), une dizaine d'études de cas avaient été menées en utilisant IMS-LD, mais que ces études étaient partielles et n'avaient pas donné lieu à des environnements d'apprentissage opérationnels.

du langage, permettant de définir des points de synchronisation (« deadline ») et des dépendances de type prérequis entre les différents modules et tâches.

A la différence de IMS-LD, ce langage ne revendique pas une neutralité quant aux théories de l'apprentissage, mais propose au contraire une approche par la définition/utilisation de gabarits (« instructional template ») permettant d'articuler un sous-ensemble des éléments du modèle d'information, de manière à centrer sur une pédagogie spécifique. A notre connaissance, PALO ne propose que quelques gabarits (voir [Rodriguez-Artacho M., & Verdejo Maillo M.F., 2004] pour un exemple de gabarit utilisé pour scénariser une activité d'expérimentation en chimie), mais permet et encourage leur création en facilitant l'extension du langage [Rawlings A., & al., 2002].

De plus, PALO inscrit la scénarisation pédagogique dans un cadre de travail structuré en cinq couches (voir figure 13), ayant le même effet que les quatre modèles de MISA : la multiplication des points de vue sur la situation pédagogique à scénariser. En particulier, la couche « Educational Content » justifie l'approche revendiquée comme cognitve par PALO en incitant à la définition d'un modèle du contenu de type ontologique, liant sémantiquement les concepts du domaine d'apprentissage. Les éléments de cette ontologie sont associés aux éléments des autres couches, notamment à ceux de la couche « Structure », permettant ainsi de renseigner sémantiquement l'organisation des matériaux d'apprentissage (à la différence du « content packaging » de l'IMS ou de SCORM).

Couche	**Objectif fonctionnel**
Management	*Interopérabilité entre plates-formes*
Sequencing	*Séquentialisation, synchronisation, dépendances*
Structure	*Modèle navigationnel, table des contenus*
Activity	*Définitions des activités, communautés, rôles, ressources et outils*
Content	*Définition du domaine d 'apprentissage, des objets d 'apprentissage, sous la forme d 'une ontologie des connaissances à transmettre*

Figure 13. Cadre de travail de PALO (extrait et traduit de [Rodriguez-Artacho M., & Verdejo Maillo M.F., 2004])

Position . Cette approche nous semble plus intéressante que celle adoptée par IMS-LD en ce sens qu'elle permet la contextualisation du modèle d'information du langage, au moins sur la dimension de la modalité pédagogique. Par contre, la volonté de permettre aux concepteurs de s'exprimer dans leur langage métier reste limitée au modèle du contenu et, dans une moindre mesure, au choix ou à la construction du gabarit. Le langage PALO, comme IMS-LD, propose sa propre métaphore et des modèles d'information prédéfinis pour la structuration, la séquentialisation et la gestion de la situation pédagogique à mettre en place, afin d'assurer la stabilité du modèle conceptuel du langage et de permettre son opérationnalisation. Ainsi, nous considérons que l'approche par gabarit qu'offre le langage est pertinente par son potentiel à contextualiser le langage de modélisation d'un scénario pédagogique : cela offre la possibilité aux concepteurs d'adopter un modèle d'expression convenant à leurs intentions pédagogiques. Toutefois, la

métaphore toujours prégnante dans l'utilisation du langage et l'absence de représentation du langage qui permettrait son utilisation par des non spécialistes, nous laissent penser que, là encore, l'enseignant ne peut directement manipuler le langage. Il n'a donc pas la possibilité d'appréhender directement les choix de modélisation.

3.2.3. Le langage de modélisation pédagogique LDL

Les auteurs du langage LDL (Learning Design Language), l'équipe scénarisation de l'Université de Savoie, l'ont défini pour répondre aux insuffisances du langage IMS-LD dans le domaine de la scénarisation de situations pédagogiques collaboratives [Ferraris C., & al., 2005]. Il est basé sur une adaptation du Modèle de Participation [Martel C., 1998], dédié à la modélisation de ce que ses auteurs nomment l'espace de régulation d'une activité collective. « Il concerne tout ce qui a trait à l'organisation du groupe : constitution et vie des groupes, définition de droits et devoirs au sein du groupe, de règles de fonctionnement ; mise en œuvre de ces règles, droits et devoirs » [Ferraris C., & al., 2005].

Le méta-modèle de LDL est simple et repose sur les concepts d'enceinte, d'interaction et de position. Nous ne commenterons pas particulièrement ce méta-modèle (voir par exemple [Martel C., & al., 2007] pour une description) mais la figure 14 en présente la version actuelle simplifiée.

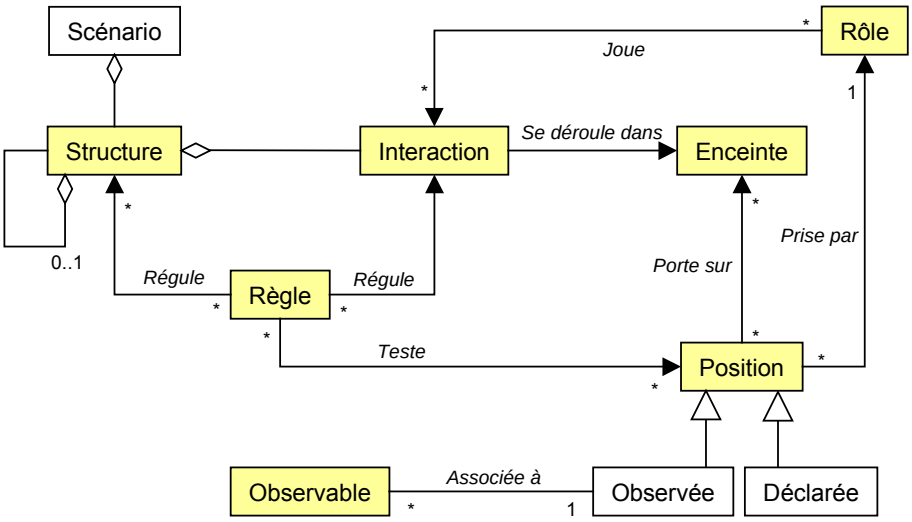


Figure 14. Le méta-modèle du langage LDL (version présentée dans [Martel C., & al., 2007])

L'enceinte est un espace partagé par les acteurs d'une activité d'apprentissage collaborative. C'est le lieu virtuel dans lequel les acteurs vont pouvoir interagir (en partageant des ressources) et exprimer des positions. C'est ce concept de position qui constitue l'originalité et le potentiel de ce langage : l'expression de positions, en permettant la modélisation de dépendances entre activités sans obligatoirement les exprimer par une relation de subordination, autorise la définition de scénarios adaptables et contrôlables par les participants, les auteurs du langage parlant même ici « d'introduire une certaine forme de malléabilité dans le déroulement des activités » [Martel C., & al., 2007]. Récemment, le méta-modèle du langage a été étendu en définissant des positions particulières, permettant l'observation de l'activité (voir figure 14). Les observables permettent de définir des points d'observation sur l'activité comme étant des positions à observer. Ces observées peuvent alors être utilisées directement par le scénario (régulation), par les acteurs (par exemple

par un tuteur pour superviser l'activité), ou par les concepteurs du scénario, afin d'en évaluer la qualité.

Position . Avec ce langage, ses auteurs ont eu la volonté d'adresser toute la chaîne éditoriale de la scénarisation pédagogique. Ils ont ainsi développé l'infrastructure logicielle LDI (Learning Design Infrastructure) permettant le déploiement et l'exécution d'un scénario écrit en LDL. Plus récemment, ils proposent un langage de notation graphique – à notre connaissance et pour l'instant, non instrumenté – pour modéliser des scénarios formalisables avec LDL, et une méthodologie de scénarisation [Ferraris C., & al., 2007], ces dernières propositions demandant encore a être éprouvées avec des praticiens.

La proposition de l'équipe scénarisation de l'Université de Savoie est complète du point de vue de l'opérationnalisation du scénario : une fois représentée dans le langage LDL, l'infrastructure LDI supporte son déploiement et son exécution. La volonté récente de développer, à l'instar de l'équipe du LICEF, une méthode de scénarisation supportée par un langage de notation graphique témoigne de la volonté de rendre accessible le langage à des non spécialistes.

Par contre, si le méta-modèle de LDL est bien adapté à la scénarisation d'activités d'apprentissage collaboratives, il repose lui aussi sur une métaphore imposée – la métaphore « spatiale » [Ferraris C., & al., 2007], certes beaucoup plus simple que celle d'IMS-LD, mais qui peut paraître tout aussi étrangère à des enseignants. Les auteurs du langage l'ont compris et se proposent, dans [Ferraris C., & al., 2007], de développer un éditeur proposant des translations des concepts de LDL dans d'autres métaphores. [Ferraris C., & al., 2007] donne l'exemple de la métaphore de la classe, où les enceintes pourraient être typées en « tableau noir », « leçon », « vidéo projecteur », etc. Cette idée mérite sans doute d'être creusée, bien qu'il nous semble que le problème de l'appropriation d'un langage de modélisation pédagogique par un concepteur ne repose pas uniquement sur l'adaptabilité de sa métaphore, mais bien plus sur la résonance que peut avoir sa syntaxe abstraite dans le métier et le contexte d'enseignement du concepteur : le processus de conception doit s'inscrire dans l'univers métier de l'enseignant plutôt que de proposer des « passerelles » terminologiques.

Enfin, l'extension récente de LDL dans l'objectif de permettre la modélisation de l'observation nous semble très pertinente : comme nous l'affirmions dans [Iksal S., & Choquet C., 2005b] et [El Kechaï H., & Choquet C., 2005], le concepteur, en tant qu'enseignant, est le mieux placé pour définir les besoins d'observation d'une situation pédagogique. Nous pensons par contre que la modélisation de l'observation, comme la représentation des observées, doivent encore être affinées dans le langage : le processus de construction de données pertinentes pour l'évaluation de l'activité d'apprentissage à partir des traces collectées est souvent complexe et tendu par des décisions non triviales reposant sur des choix d'ordre pédagogique. Il faut donner les moyens aux concepteurs d'en exprimer toute la sémantique.

3.3. Les approches par le support et l'instrumentation de la conception

Nous ne parlerons pas ici des environnements de développement offrant une solution complète, comme par exemple CeLS (Collaborative e-Learning Structures) qui impose un méta-modèle et une approche de la scénarisation spécifiques [Ronen M., & al., 2006] ou LAMS (Learning Activity Management System) [LAMS, 2007], plus utilisé mais dont l'approche est similaire à CeLS, et qui,

en s'inspirant de la spécification IMS-LD [Dalziel J.R., 2003] dans un paradigme que ses auteurs nomment « *people doing activities with resources/environments* » [Dalziel J.R., 2005], est une plate-forme allant de l'édition à la distribution de scénarios collaboratifs.

Un des éditeurs IMS-LD les plus utilisés est RELOAD (Reusable ELearning Object Authoring & Delivery) Learning Design Editor [RELOAD, 2007]. Cet éditeur majoritairement textuel a été développé par l'Université de Bolton. Il permet d'importer et de créer des paquetages IMS-LD et n'impose pas de restrictions sur les niveaux du langage[23]. Pour créer un scénario, le concepteur définit les unités d'apprentissage en renseignant une série de formulaires. Mais, en tant que simple interface de saisie, il n'affranchit pas le concepteur de la maîtrise du langage IMS-LD et reste donc réservé à des experts de la spécification LD.

Plus abouti dans sa fonction d'éditeur, l'environnement MOT+ [Paquette G., & al., 2006] [Paquette G., & al., 2005a] [Paquette G., & al., 2005b] [Paquette G., & al., 2005c] associe les concepts de IMS-LD au langage de notation graphique MOT. Le concepteur bénéficie ainsi du réel avantage d'une modélisation graphique du scénario pédagogique, l'exportation en IMS-LD étant automatique. La démarche est intéressante car elle permet au concepteur maîtrisant la méthode MISA et le langage de notation MOT, de produire des scénarios IMS-LD. De notre point de vue, MOT+ est en fait un outil proposant un méta-modèle d'expression pédagogique (celui de MOT) et assurant la transformation au niveau méta-modèle entre MOT et LD. En ce sens, il est avant tout destiné à des experts de la modélisation MOT qui ont besoin de produire des spécifications LD, mais ne simplifie pas en soi la tâche de modélisation pour un enseignant.

Nous voulons nous centrer sur les travaux ayant constaté la difficulté qu'ont les concepteurs à scénariser, et qui cherchent à aplanir cette difficulté en proposant des outils simplifiant l'usage d'un langage de modélisation pédagogique (essentiellement IMS-LD). La communauté scientifique qui s'est organisée autour de la spécification IMS-LD a très vite cherché à supporter l'écriture de scénarios pédagogiques en proposant des éditeurs simplifiant la conception.

3.3.1. Le prototype Genscen'

Le prototype Genscen' [Faure D., & Lejeune A., 2005] s'adresse à des enseignants en situation de conception ou de réutilisation d'un scénario pédagogique écrit en IMS-LD, en mobilisant « l'expertise pédagogique de ses utilisateurs » [Faure D., & Lejeune A., 2005], dans leur référentiel métier.

L'éditeur cible la conception ou la réutilisation de scénarios d'apprentissage collaboratifs. Il s'appuie sur une métaphore de la classe et sur une présentation du scénario reprenant, en plus simplifié, la représentation par des diagrammes d'activités d'un scénario IMS-LD (voir figure 15). Le concepteur, pour créer un scénario, sélectionne et déplace les éléments cliquables de la représentation de la classe virtuelle. Les activités sont alors affectées aux rôles existants, si besoin au moyen d'une fenêtre de dialogue permettant d'affiner la description des activités. La représentation du cours sous la forme d'un diagramme simplifié d'activités est mise à jour automatiquement. Une fois les activités correctement renseignées, le fichier généré en IMS-LD est

[23] Pour permettre un développement progressif des technologies, IMS-LD a été conçu en trois niveaux. Le niveau A permet l'écriture de scénarios dits « statiques », où les activités d'apprentissage sont simplement ordonnées dans le temps, pour être exécutées par des apprenants, en utilisant les objets et/ou les services d'apprentissage [Schneider D.K., 2006]. Le niveau B, en introduisant les conditions, rend les scénarios adaptatifs. Le niveau C, par l'ajout des notifications, rend les scénarios dynamiques et adaptables.

complet, et une simulation du déroulement du scénario peut être effectuée dans la zone de classe virtuelle, aidant ainsi à vérifier la cohérence du modèle.

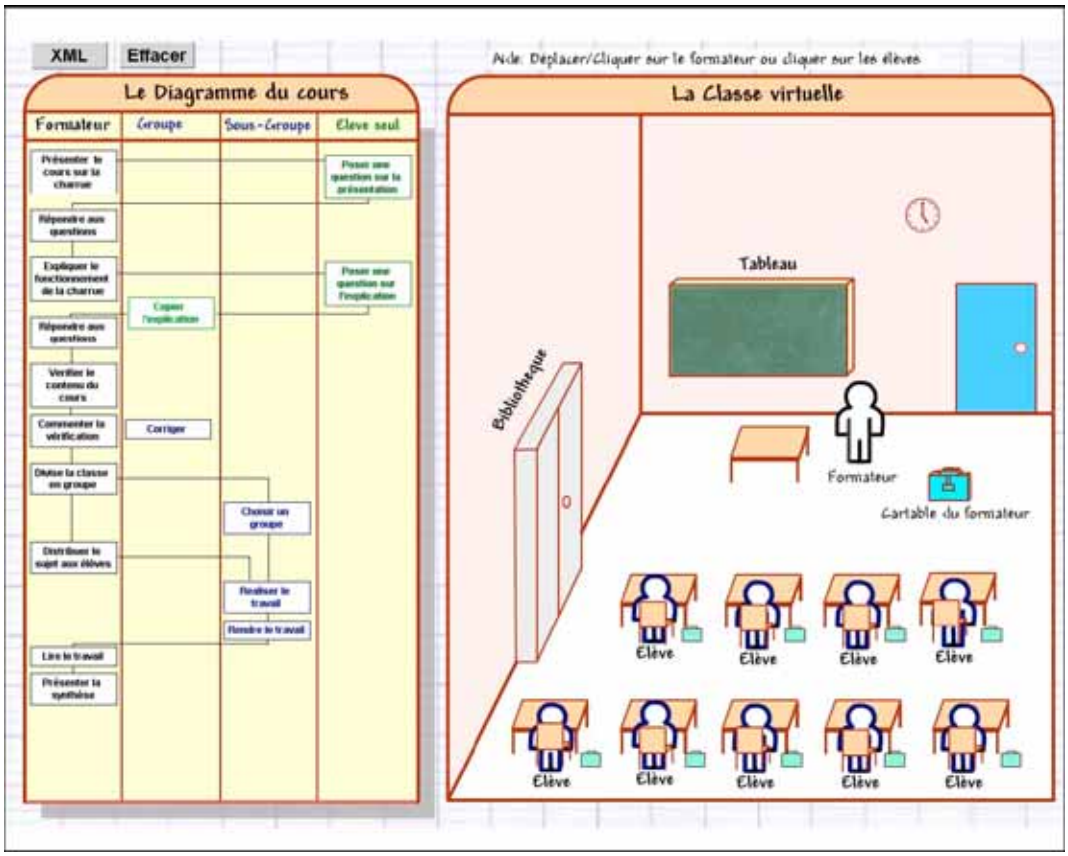


Figure 15. L'interface graphique de Genscen'

Position. A notre connaissance, Genscen' est resté un prototype. La métaphore est très certainement naïve (nous ne sommes par exemple pas persuadés que la pratique d'un enseignant se limite à l'espace d'une classe) et les scénarios d'apprentissage qu'il est possible de concevoir sont limités aux possibilités de l'outil (scénarios restreints au niveau A de IMS-LD, description des actions pédagogiques limitée au vocabulaire proposé par l'outil) mais, d'après ses auteurs, les expérimentations de Genscen' ont témoigné d'un accueil très favorable auprès du public cible (formateurs des Maisons Familiales Rurales, spécialisées dans les formations agricoles de la 4ème au BTS).

Bien que le méta-modèle d'expression des scénarios pédagogiques (métaphore, vocabulaire, syntaxes concrète et abstraite) soit imposé, Genscen' demeure une tentative très intéressante de partir de la pratique des enseignants pour construire un éditeur facilitant la tâche de conception et s'inscrivant dans le métier des concepteurs.

3.3.2. L'éditeur Collage

S'inscrivant visiblement dans l'idée des auteurs de Genscen' de chercher à simplifier la tâche de scénarisation en centrant sur le métier de l'enseignant, Collage [Hernandez-Leo D., & al., 2006] est un éditeur de scénarios d'apprentissage collaboratif, basé sur l'exploitation de patrons de

conception [Alexander C., & al., 1977] appelés ici CLFPs (Collaborative Learning Flow Patterns) [Hernandez-Leo D., & al., 2004] [Hernandez-Leo D., & al., 2005].

La communauté EIAH s'est emparée du concept de patron et de langage de patrons depuis quelques années comme un moyen efficace d'aider à la conception d'EIAH et de capitaliser les pratiques. Le projet Pedagogical Patterns [PP, 2007] vise à supporter la communauté de pratique en encapsulant les bonnes pratiques de ses contributeurs dans des « patrons pédagogiques » portant sur tous les aspects de l'enseignement. Le projet E-LEN [E-LEN, 2007] et des travaux comme [Avgeriou P., & al., 2003] et [Goodyear P., & al., 2004] se sont centrés, avec un objectif d'analyse à haut niveau, sur les problèmes posés par le développement d'applications de type e-learning. D'autres définissent des patrons de bas niveau, avec des propositions de solutions opérationnelles exprimées dans un langage spécifique, comme [Caeiro Rodriguez M., & al., 2004] avec IMS-LD. D'autres encore se sont spécialisés sur une classe d'EIAH, comme les hypermédias adaptatifs pour l'enseignement [Brown E., 2005], ou les environnements d'apprentissage collaboratifs [Guerrero L.A., & Fuller D., 2001], ou sur une classe de problèmes, comme la collecte et l'analyse des usages dans un EIAH [Choquet C., & al., 2005b] [Randriamalaka N., & Iksal S., 2006]. Certains enfin ont exploré les possibilités d'utiliser les patrons de conception comme des vecteurs d'apprentissage, des moyens de communication entre enseignants et apprenants [Rohse S., & Anderson T., 2006].

L'approche retenue dans Collage a été de constituer une base de patrons que l'utilisateur de l'éditeur peut assembler et paramétrer de manière à constituer un scénario d'apprentissage collaboratif exprimé en IMS-LD. Dans [Hernandez-Leo D., & al., 2006], les auteurs revendiquent une approche participative de la conception [Muller M., & Kuhn S., 1993] [Caelen J., 2004] et considèrent que les EIAH ne peuvent être développés qu'avec la participation active des enseignants [Hernandez-Leo D., & al., 2006]. Collage propose donc des patrons centrés chacun sur un scénario classique de l'apprentissage collaboratif (le scénario « puzzle », le scénario « pyramide », etc.), et dont la solution est un gabarit IMS-LD, instanciable par le concepteur avec ses éléments de contexte (nombre et taille des groupes, ressources, etc.).

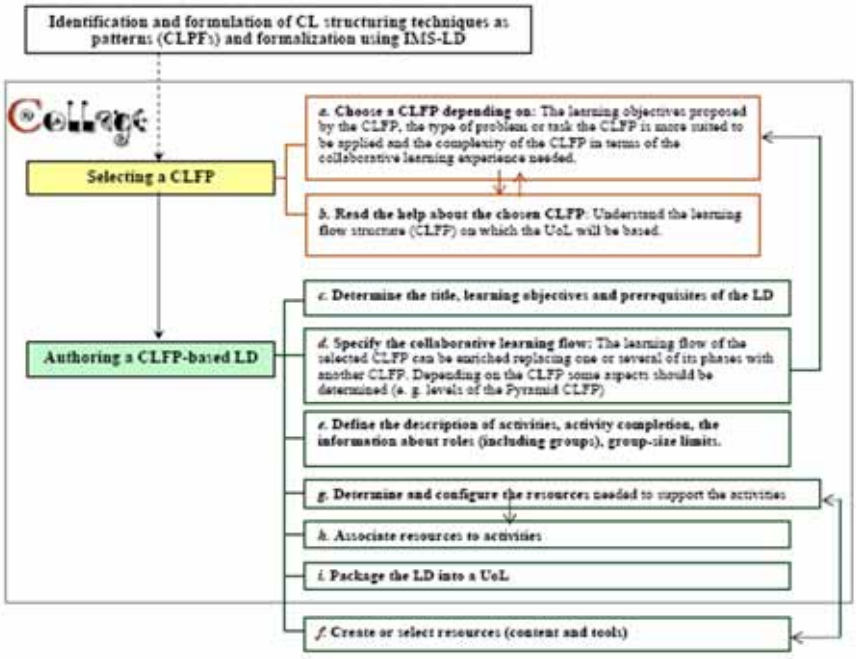


Figure 16. Le processus de conception dans Collage

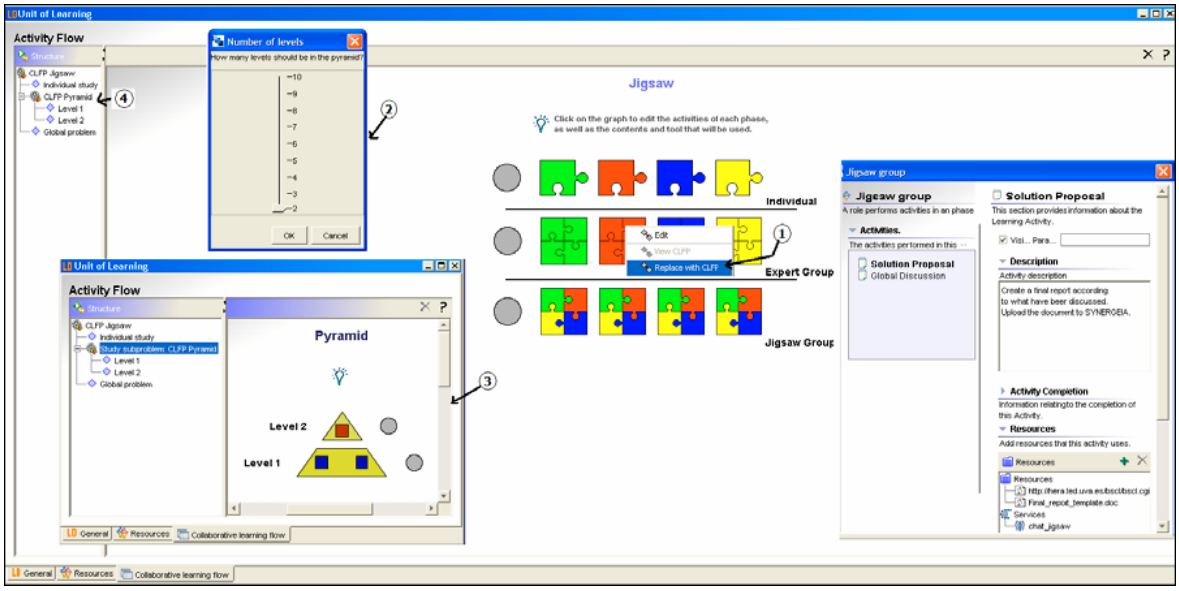


Figure 17. Edition du scénario avec Collage

L'éditeur impose une méthodologie de conception (voir figure 16) articulant les phases de sélection d'un patron CLFP et de création du scénario LD basé sur ce patron. Lorsque l'ensemble des patrons à combiner est choisi, l'éditeur met à disposition du concepteur un ensemble d'outils spécifiques à ces patrons permettant d'éditer le scénario d'apprentissage (voir figure 17).

Position. La démarche adoptée dans Collage est très intéressante en ce sens qu'elle permet au concepteur de raisonner à niveau métier : l'artefact produit est clairement un scénario d'apprentissage IMS-LD mais le concepteur est débarrassé des considérations techniques et peut raisonner à haut niveau, sur le plan de la pédagogie, avec le langage à base de patrons. L'enseignant participe activement au processus de modélisation du scénario, dans son univers métier, et, s'il a une pratique de l'apprentissage collaboratif, il est autonome dans la modélisation, comme les premières expérimentations ont tendance à le prouver [Hernandez-Leo D., & al., 2006]. Toutefois, l'enseignant est contraint par les possibilités de l'éditeur (modélisation LD au niveau A de la spécification) et surtout par le langage de patrons : s'il est possible de combiner plusieurs patrons dans un même scénario ou de paramétrer un gabarit spécifique (comme par exemple le nombre de niveaux d'un scénario « pyramide »), il n'est pas possible d'ajouter des activités en dehors de celles proposées par les patrons. Le concepteur reste tributaire des choix pédagogiques embarqués par le langage de patrons dans l'outil.

3.3.3. L'environnement FreeStyler

L'objectif premier de la réingénierie des EIAH, c'est d'améliorer la qualité de l'EIAH en prenant en compte son contexte d'utilisation, par l'observation et l'analyse de ses utilisations antérieures. Bien entendu, les concepteurs ont une certaine connaissance préalable de ce contexte. C'est pourquoi, dans une démarche complémentaire à la réingénierie du scénario pédagogique, certains travaux portent sur la simulation du scénario, avant son premier déploiement effectif. C'est, comme nous l'avons indiqué, le cas du prototype Genscen' qui propose une visualisation dans une classe virtuelle du déroulement d'une séquence d'activités pédagogiques. Dans une démarche scientifique plus élaborée, c'est également le cas des travaux de l'équipe COLLIDE de l'Université de Duisburg-

Essen (Allemagne), et notamment du projet de recherche ayant amené au développement d'une version du logiciel FreeStyler[24] dédiée à l'édition visuelle de scénarios pédagogiques collaboratifs.

FreeStyler propose un langage de notation visuel et un langage d'expression de contraintes de régulation de la séquence d'activités à concevoir. L'intérêt de la démarche appliquée dans FreeStyler est la possibilité de décrire le scénario de manière abstraite [Pernin J.P., & Lejeune A., 2004], c'est à dire sans références au contexte d'utilisation, ce qui peut permettre sa réutilisation, tout en donnant au concepteur les moyens de contextualiser un scénario qu'il a défini ou qu'il réutilise. Cette phase de préparation au déploiement (affectation des ressources physiques, peuplement par des acteurs réels [Martel C., & al., 2007] [Hernandez-Leo D., & al., 2006]) permet au concepteur de visualiser, dans ses propres représentations, d'éventuels problèmes d'exploitation du scénario dans son contexte d'utilisation. La figure 18 montre par exemple un problème lié à la conception des groupes : le scénario abstrait décrit des partitions de rôles impliquant de constituer des groupes de trois personnes, sa contextualisation permet au concepteur d'anticiper les problèmes liés à son déploiement (et donc d'adapter le scénario) avec un nombre d'élèves non multiple de 3.

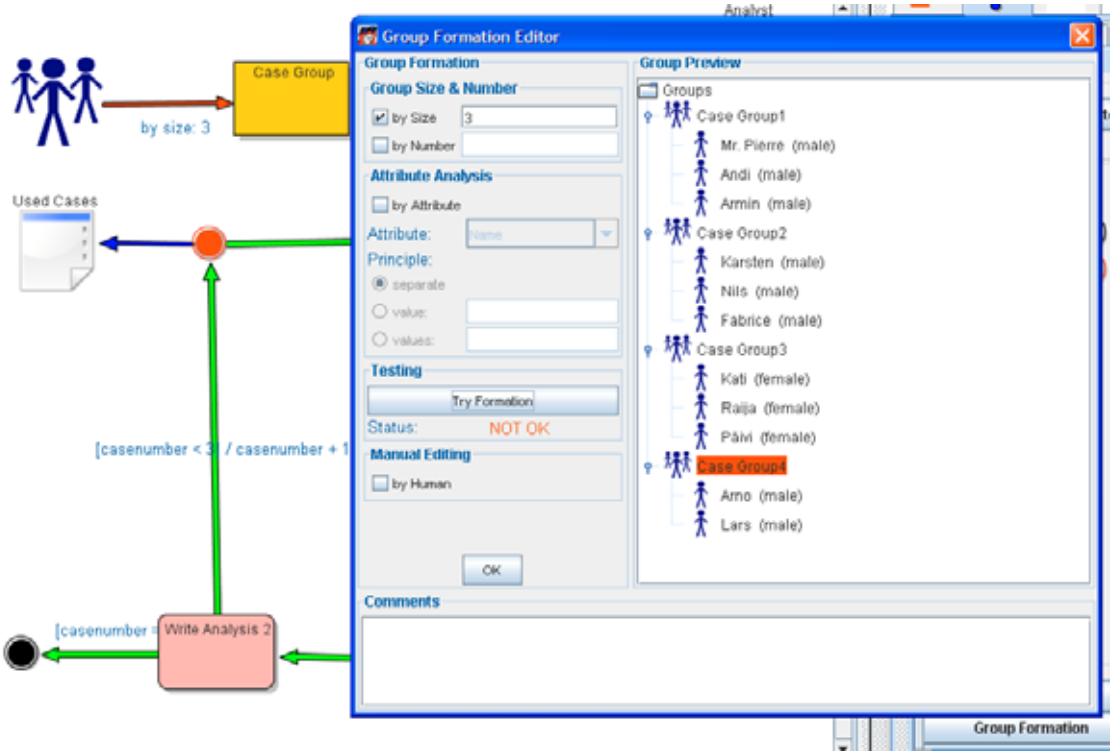


Figure 18. Anticipation des problèmes de déploiement d'un scénario pédagogique dans FreeStyler

Le méta-modèle du langage de notation de FreeStyler permet au concepteur de simuler un scénario contextualisé. Cette simulation est interactive dans FreeStyler (voir figure 19, les sollicitations « Do it » et « Move »). Elle permet au concepteur d'éprouver la qualité et la robustesse de son scénario à différents niveaux d'abstraction, allant du test de la séquence d'apprentissage (« learning flow ») comme montré dans la figure 19, qui révèle un point de blocage de l'activité du à l'insuffisance de ressources pédagogiques disponibles face au nombre de groupes qui participent à l'activité, au test des interfaces utilisateurs des ressources pédagogiques (lorsqu'elles sont spécifiées dans FreeStyler).

[24] FreeStyler est diffusé gratuitement, accessible à : http://www.collide.info/.

Notons enfin que les scénarios construits dans FreeStyler peuvent être traduits en IMS-LD. Une association de l'éditeur avec le « player » CopperCore (décrite en détails dans [Harrer A., & al., 2006]) permet alors la génération des environnements d'apprentissage dans FreeStyler, avec la possibilité d'adapter dynamiquement les scénarios [Harrer A., & Hoppe U., 2007].

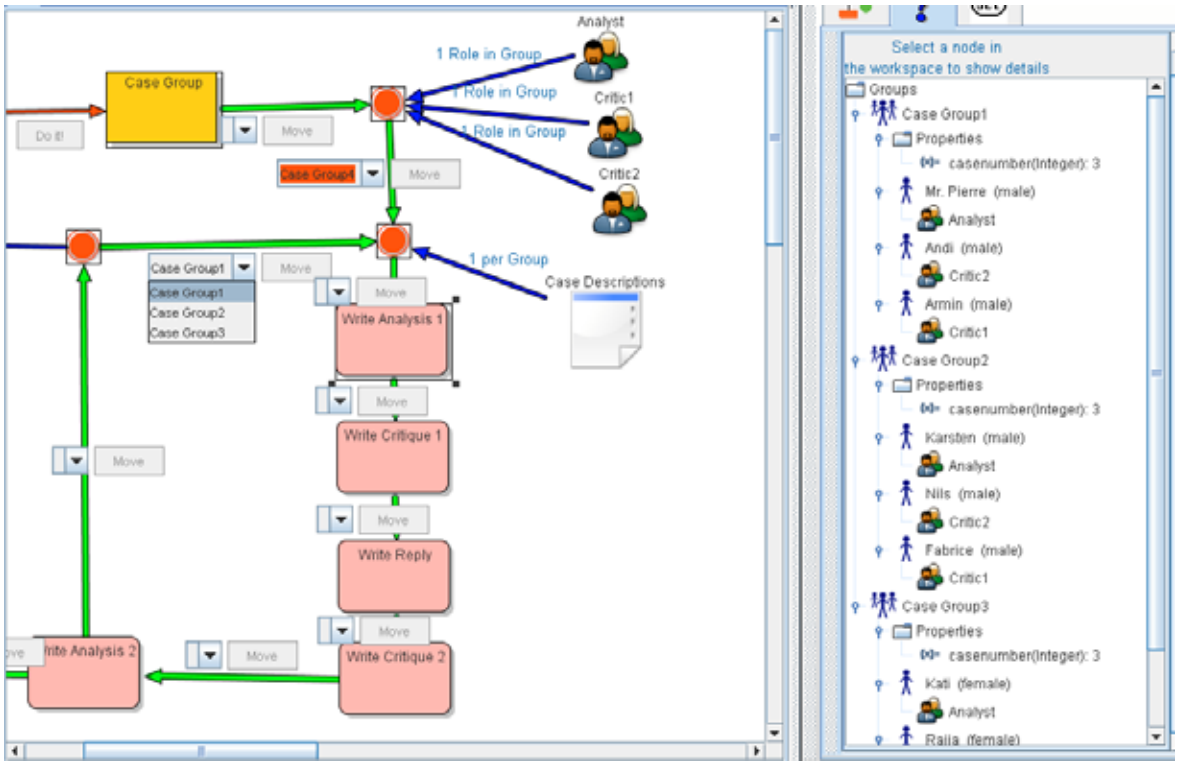


Figure 19. La simulation du scénario pédagogique dans FreeStyler.

Position. Cette faculté de contextualiser et de simuler les scénarios pédagogiques dans leur environnement d'édition nous semble très complémentaire de l'aide à la réingénierie par l'analyse de traces : elle permet au concepteur d'expliciter sa connaissance a priori du contexte d'utilisation et de s'en servir pour éventuellement affiner son scénario original. Par ailleurs, des discussions informelles avec A. Harrer et U. Hoppe nous laissent envisager la possibilité technique d'analyser de cette manière des scénarios d'activités observés en situation réelle.

3.4. L'approche par l'Ingénierie Dirigée par les Modèles

L'Ingénierie Dirigée par les Modèles (IDM) est une approche du génie logiciel qui vise à développer une application, et donc à produire du code, par la définition et la transformation progressive de modèles. Ce courant s'est développé suite à la définition de l'approche MDA (Model Driven Architecture), cadre de travail proposé par l'OMG pour le développement d'applications logicielles et l'évolution des systèmes d'information [OMG-MDA, 2006].

Cette approche est séduisante pour notre problématique :

- elle permet de s'inscrire explicitement dans l'univers métier de l'application cible en définissant des langages spécifiques à son domaine ;

- elle préconise le développement de modèles productifs[25], ce qui aide le concepteur à maîtriser les choix de développement et d'implantation ;
- elle donne un cadre – au moins conceptuel à défaut d'être technique[26] – à la transformation des traces d'usage vers le modèle métier du concepteur, ce qui doit être fait pour permettre à ce dernier d'évaluer l'utilisation du dispositif d'apprentissage.

La communauté EIAH internationale commence à s'approprier cette approche d'ingénierie logicielle :

- [Wang H., & al., 2003] présente un exemple de développement d'une plate-forme e-learning suivant l'architecture MDA dans un contexte technologique EJB ;
- [Moreno N., & Romero J.P., 2005] propose une adaptation du cadre MDA pour le e-learning en introduisant cinq perspectives (« functional », « presentation », « distribution », « learning content », « information ») à décliner sur les trois classes de modèles définies par l'architecture MDA ;
- [Grob H.L., & al., 2005] utilise le MDA pour capturer les fonctionnalités des plates-formes de e-learning afin d'identifier leurs similitudes et leurs différences dans un souci d'interopérabilité et de réutilisation des développements.

Il nous semble cependant que l'approche IDM de l'ingénierie des EIAH est plus affirmée en France qu'au niveau international. A l'initiative de A. Derycke, certaines équipes françaises dont le LIUM que nous représentions, en collaborant autour de l'Action Spécifique du CNRS « Conception d'une Plate-forme pour la recherche en EIAH » [Adam J.M., & al., 2005], ont étudié l'intérêt d'adopter cette approche pour le développement d'un EIAH. Les travaux de cette Action Spécifique se sont concrétisés par un numéro spécial de la revue STICEF [George S., Derycke A., 2005] et par l'organisation d'une école thématique du CNRS en 2005.

Après avoir présenté dans la prochaine section les fondamentaux de l'IDM, nous consacrons les sections suivantes à la présentation de trois initiatives françaises, celle du LIUPPA (Laboratoire d'Informatique de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour) et celles de l'équipe NOCE du LIFL (Laboratoire d'Informatique Fondamentale de Lille).

3.4.1. Les fondamentaux de l'IDM

L'IDM a pour objectif la production et la manipulation par des méta-modèles de modèles productifs, c'est à dire qui modélisent un artefact réel à développer et qui sont utilisés pour le produire, par opposition aux modèles descriptifs, qui modélisent un artefact existant et qui sont utilisés pour le comprendre. Cet objectif amène à définir des modèles qui soient manipulables par l'informatique et opérationnalisables.

Ceci implique pour les modèles produits (1) qu'ils soient conformes à des méta-modèles explicites et formels et (2) qu'ils représentent sans ambiguïtés un aspect (un point de vue) de l'artefact à produire. Ces relations de conformité (conforme-à) et de représentation (représente) sont à la base de l'IDM [Bézivin J., & al., 2005].

[25] Modèle productif : modèle utilisé pour générer – plus ou moins automatiquement – tout ou partie de l'application qu'il représente.
[26] [Favre J.-M., & Musset J., 2006] détaille par exemple une approche de la rétro-ingénierie dirigée par les méta-modèles.

La relation « représente » signifie d'une part que le modèle est une simplification, tendue par un objectif, du système et que, dans le spectre de son applicabilité, il peut répondre à des questions à la place du système modélisé (définition d'un modèle descriptif), et d'autre part que le modèle est opérationnalisable, qu'il peut être utilisé pour produire le système modélisé (définition d'un modèle productif).

La relation « conforme-à » signifie que le modèle est défini formellement par son méta-modèle à l'aide du langage associé, et que ce méta-modèle est lui-même explicite, donc défini formellement par un méta-méta-modèle. Ce même méta-méta-modèle définit alors les règles de consistance et de cohérence de la relation « conforme-à » liant un modèle à son méta-modèle.

L'IDM a donc introduit une architecture à quatre niveaux (initialement défini par le MDA) qui fait maintenant largement consensus (voir figure 20).

M3	exemples	**MOF**	**CDIF**	**Entité-Relation**	**sNets**
	éléments	Class, Package, Association	Universe,	Entité, Relation	Node, Link
M2	exemples	**Java**	**UML**	**méta-modèle du WfMC**	**DARE**
	éléments	Class, Attribute, Method, Package, Modifier, …	Class, Association, Reference, Attribute, …	Process, ProcessModel, Resource, …	Task, Role, Tool, Action, …
M1	exemples	**Une application Java**	**Un modèle UML**	**Un modèle de workflow**	**Un modèle de tâches**
	éléments	java.awt.Frame, myAppli.Serveur, …	Caissier, Personne, …	AchatMatériel, RédigerRapport, …	Vote, Co-rédaction, Réunion, …
M0	exemples	**Des objets Java**	**Des objets UML**	**Des cas de workflow**	**Des activités coopératives**
	éléments	f = new java.awt.frame ("Saisie …");	C:Caissier , Alain: Personne	AchatMatériel { "DellXPS", 19/06/2002, …}	Vote { "Loi12", Greg, Alain, … }

Figure 20. Les quatre niveaux de modélisation en Ingénierie Dirigée par les Modèles[27]

Le niveau M3 définit le méta-méta-modèle. Ce méta-méta-modèle peut être réflexif, c'est à dire se définir lui-même, comme le standard MOF (Meta Object Facility) [OMG-MOF, 2006] qui a été défini pour l'approche MDA, mais dont l'utilisation dépasse maintenant ce cadre.

Le niveau M2 définit les méta-modèles. Le MDA propose UML comme méta-modèle principal, avec des possibilités d'extension par des profils. La définition d'un système amène généralement à créer plusieurs méta-modèles, chacun spécialisé sur la représentation d'un point de vue du système. Dès lors, émerge à ce niveau un besoin de manipuler les méta-modèles pour maintenir la cohérence des différents points de vue sur le système. Cela passe par la définition de règles de transformation[28], de fusion[29] ou de tissage[30] entre les méta-modèles.

Le niveau M1 définit les modèles. Chaque modèle doit être conforme à son méta-modèle, les règles de conformité étant établies par le méta-méta-modèle.

[27] Ce tableau est extrait du support du cours « Ingénierie dirigée par les modèles et EIAH» dispensé par Thierry Nodenot et Xavier Le Pallec lors de l'école thématique EIAH 2005.
[28] Règles de transformation : règles établies entre méta-modèles afin de permettre la génération de modèles exprimés par un méta-modèle cible à partir de modèles exprimés par un méta-modèle source.
[29] Règles de fusion : règles établies pour permettre la manipulation et le maintien de la cohérence dans un même environnement de modélisation de plusieurs modèles exprimant des préoccupations différentes.
[30] Règles de tissage : règles établies pour permettre le tissage d'aspects pour construire un système à partir de plusieurs modèles, en considérant qu'un méta-modèle définit un langage spécialisé pour un aspect du système.

Le niveau M0 représente le monde réel, en l'occurrence le système objet de la modélisation.

L'approche la plus connue en IDM est celle du MDA. Défini par l'OMG, MDA se résume à un jeu de standards pour une mise en œuvre particulière de l'IDM :

- MOF et les profils UML pour la méta-modélisation ;
- le formalisme UML et le langage OCL d'expression de contraintes ;
- le langage QVT (Query/View/Tranformation) pour la transformation de modèles ;
- le formalisme XMI comme support d'échanges de modèles.

MDA définit également un processus de modélisation basé sur une concrétisation des modèles en quatre étapes. La figure 21, extraite de [Laforcade P., & al., 2007], schématise ce processus.

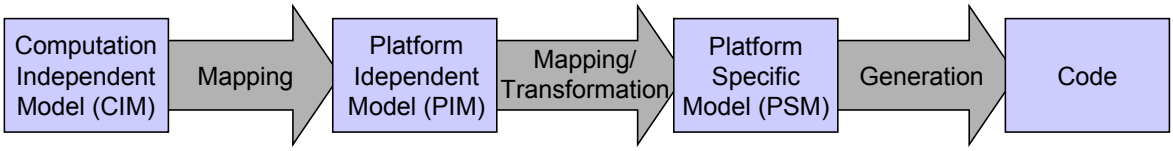


Figure 21. Le processus MDA de modélisation

Les modèles CIM (Computation Independent Model) sont souvent appelés les modèles du domaine ou encore les modèles métier car ils sont modélisés dans le vocabulaire du domaine. Ce sont des modèles qui établissent le consensus de compréhension entre d'une part les experts du domaine métier et l'expression de leurs besoins, et d'autre part les concepteurs de l'artefact qui doit répondre à ces besoins. Dans l'approche classique, ces modèles ne sont pas formels mais leurs concepts doivent se retrouver, être « traçables », dans les modèles PIM et PSM (cf. figure 21).

Les modèles PIM (Platform Independent Model), même s'ils ne sont pas spécifiques à une plate-forme de développement, doivent être computationnels (formels et interprétables par une machine). Ils sont capables d'être adaptés par transformation pour un ensemble de plates-formes du même type (relevant du même paradigme de programmation).

Les modèles PSM (Platform Specific Model) sont établis pour une plate-forme spécifique. Ils sont obtenus par transformation des modèles PIM, MDA préconisant une transformation automatique. Finalement, le modèle PSM est utilisé pour générer le code de l'application.

Position. Si l'approche MDA a des avantages, parmi lesquels nous retiendrons la réutilisation et la capitalisation des modèles, la réutilisation et la capitalisation des pratiques (les règles de transformation et de retranscription entre modèles), la faculté de « projeter » le métier exprimé dans le CIM vers les modèles plus concrets, elle est aussi considérée comme trop simpliste [Favre J.M., & al., 2006]. Il est par exemple assez naïf de supposer que le méta-modèle UML, généraliste, soit le meilleur support à la définition des PIM. C'est pourquoi certains [Bhanot V., & al., 2005] [Tolvanen J.-P., 2006], toujours dans une approche IDM, préfèrent définir leurs modèles à l'aide de langages spécifiques à un domaine (DSL – Domain Specific Language) reposant sur un méta-modèle plus simple mais plus ciblé sur le métier des experts du domaine. Nous pensons également que la séparation entre les classes de modèles CIM et les classes de modèles PIM est abstraite. Comprise de manière trop littérale, elle amène à adopter un processus de conception qui cantonne les experts du domaine en amont du processus. Nos expérimentations nous ont au contraire prouvé qu'il était possible, à condition de définir un méta-modèle d'expression adapté, d'amener les concepteurs (considérés comme les experts du domaine) à participer à l'élaboration du PIM, par concrétisation progressive du CIM et raffinements itératifs.

3.4.2. Le langage CPM

Les travaux du LIUPPA expriment l'expertise métier des situations-problèmes coopératives dans un méta-modèle et un profil UML dédiés et proposent le langage de modélisation CPM (voir son diagramme de paquetages en figure 22) [Laforcade P., 2004] [Laforcade P., & al., 2005] [Nodenot T., 2005]. Son méta-modèle permet l'expression :

- de la structuration hiérarchique des activités d'une situation-problème coopérative ;
- des éléments utilisés pour décrire l'objet de la PBL, c'est-à-dire les objectifs pédagogiques mais également tous les autres aspects pédagogiques spécifiques aux situations-problèmes, tels que les obstacles ou les contraintes ;
- des éléments permettant de décrire les aspects sociaux des situations-problèmes, tels que les rôles, les activités ou les modes de coopération.

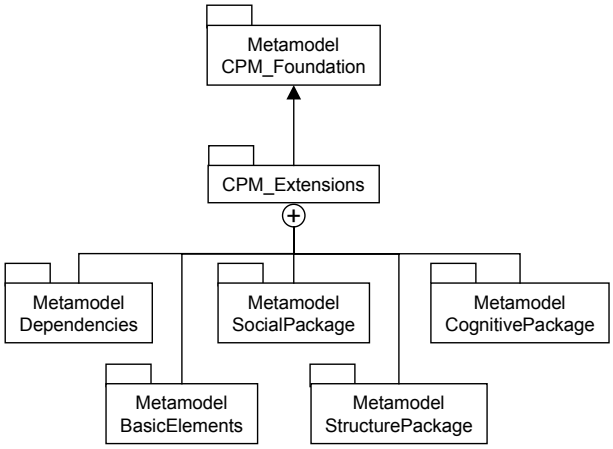


Figure 22. Paquetages principaux du langage CPM

CPM est défini sur UML, son méta-modèle étant défini par un profil spécifique UML qui comprend une syntaxe abstraite (le méta-modèle lui-même qui définit les concepts et leurs relations), une syntaxe concrète (le profil CPM qui définit le système de notation des concepts et relations), et une sémantique (la terminologie du méta-modèle).

Position. CPM n'est pas destiné à être opérationnalisé. Par contre, dans une approche tenant de l'Ingénierie Dirigée par les Modèles, son caractère formel permet de définir des modèles, en l'occurrence des scénarios, automatisables. Ces scénarios peuvent être opérationnalisés par transformation pour être conformes à d'autres méta-modèles computationnels. Ainsi, dans [Laforcade P., 2005], P. Laforcade montre comment un modèle CPM peut être transformé en scénario IMS-LD (voir figure 23), tout en indiquant que la transformation génère des pertes sémantiques.

Ces travaux, en s'inscrivant dans le cadre de l'Ingénierie Dirigée par les Modèles, mettent l'accent sur la pertinence de mettre à disposition des concepteurs des outils de modélisation à niveau métier. L'approche retenue a été ici de proposer un méta-modèle métier spécifique à un type de situation pédagogique. Ce méta-modèle a été élaboré par des chercheurs qui ont exploré un domaine particulier, en l'occurrence les situations-problèmes coopératives, avec pour motivation de définir une solution de modélisation cohérente et adaptée à ce domaine. En ce sens, les travaux du LIUPPA partagent notre objectif d'inscrire le processus de conception dans l'univers métier de l'enseignant. Nous ne sommes par contre pas persuadés que CPM soit utilisable par des

enseignants néophytes en matière de modélisation, et ce n'était d'ailleurs pas l'objectif du LIUPPA qui visait un public d'ingénieurs pédagogiques maîtrisant UML [Nodenot T., 2005].

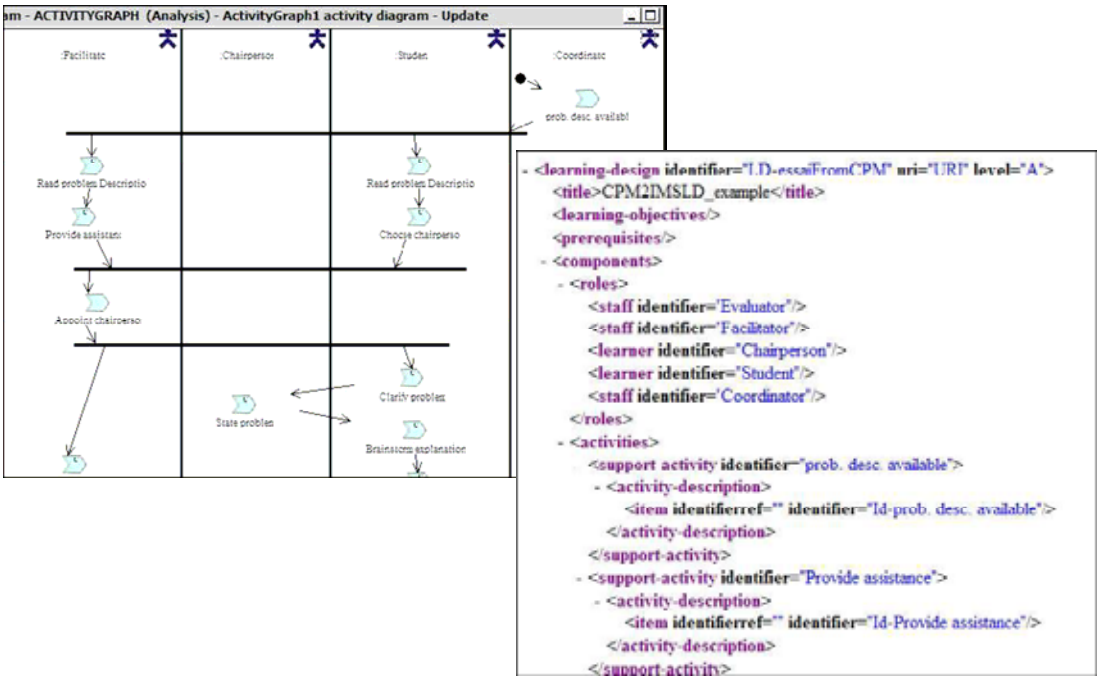


Figure 23. Exemple d'un scénario pédagogique IMS-LD généré à partir d'un diagramme d'activités CPM

3.4.3. Le projet Bricoles

Le projet Bricoles [Caron P.-A., 2007a] [Caron P.-A.., 2007b], [Caron P.-A. ; & al., 2005] est mené par des membres de l'équipe NOCE (Nouveaux Outils pour la Coopération et l'Education) du laboratoire LIFL (Lille). Bricoles développe ce que ses auteurs appellent une approche « dispositive » pour le développement d'EIAH. Le projet vise « des petites organisations d'enseignants ne disposant pas d'ingénieur pédagogique, utilisant des applications[31] conçues et administrées de façon indépendante de la pédagogie qu'ils désirent mettre en place » [Caron P.-A., 2007b], et considère que la démarche adoptée par les enseignants dans cette situation s'apparente plus au bricolage qu'à l'ingénierie. L'approche « dispositive » est ici opposée à l'approche par scénario en ce sens que le scénario est considéré comme planifiant un univers d'usage fermé, alors qu'un dispositif pédagogique offre des possibilités d'appropriation et de détournement par l'usage.

Le projet se propose alors d'instrumenter le bricolage pour construire de tels dispositifs : permettre à des enseignants d'adapter et de contextualiser des applications de manière à construire des dispositifs pédagogiques.

Le processus retenu est de définir, pour chaque application de l'environnement d'usage des enseignants et des apprenants, un méta-modèle décrivant les concepts pédagogiques et fonctionnels de l'application (cf. figure 24, (1)). Dans une approche MDA, ce méta-modèle est exprimé en MOF, ce qui lui permet de définir des règles de conformité pour générer un modeleur spécifique pour cette application (cf. figure 24, (2)), capable d'éditer des modèles décrivant des dispositifs pédagogiques basés sur l'application première (cf. figure 24, (3)). Le méta-modèle est

[31] Dans le spectre d'application actuel du projet, ce sont principalement des applications Web 2.0.

également utilisé pour construire un générateur qui va servir à contextualiser le dispositif en interagissant avec le greffon de services Web situé sur la plate-forme sur laquelle le dispositif est déployé (cf. figure 24, (4)). L'outil de méta-modélisation et de modélisation ModX[32], ainsi que l'outil implémentant les constructeurs (GenDep), sont des outils développés par l'équipe NOCE [ModX, 2007].

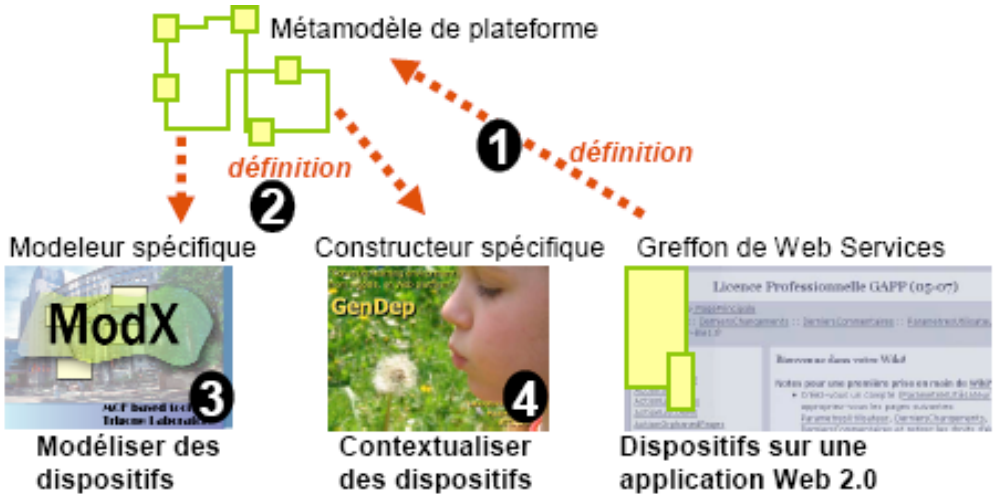


Figure 24. Approche de conception du projet Bricoles (extrait de [Caron P.-A., 2007b])

Position. Dans un cadre de conception participative où le chercheur garde un grand rôle, le projet Bricoles propose une solution d'Ingénierie Dirigée par les Modèles pour permettre aux enseignants de s'approprier, de manipuler et de contextualiser des objets techniques (une structure de services Web) tout en restant dans leur référentiel métier, réifié par le méta-modèle du dispositif qu'ils veulent utiliser. Cette solution technique, qui peut paraître complexe, est à notre connaissance une des premières applications concrètes de l'IDM à destination des enseignants. L'approche de modélisation est dans un premier temps descriptive lors de la définition du méta-modèle par le chercheur (informaticien), puis interprétative et productive lors de la modélisation et de la contextualisation des dispositifs, phases de conception qui impliquent largement l'enseignant.

L'approche développée dans le projet a évolué par les expérimentations. Dans une première expérimentation, l'IDM mise en place s'inscrivait dans le cadre MDA [Caron P.-A., 2006] :

- expression du méta-modèle du langage de modélisation pédagogique (ici IMS-LD) par l'informaticien ;
- expression du méta-modèle de la plate-forme cible (ici Ganesha [Ganesha, 2007]) par l'informaticien ;
- définition du modèle du scénario pédagogique, conformément au méta-modèle IMS-LD par l'enseignant et l'ingénieur pédagogique ;
- transformations explicites – et avec pertes – du modèle de scénario en un modèle de dispositif conforme au méta-modèle de Ganesha, par interactions avec l'enseignant.

Puis d'autres expérimentations, pour simplifier le processus de modélisation et de transformation, et mieux impliquer l'enseignant, ont fusionné les méta-modèles du langage de modélisation pédagogique et de la plate-forme cible.

[32] Notons ici que ModX a également été utilisé en collaboration avec l'équipe scénarisation de l'Université de Savoie pour prototyper un éditeur LDL.

Nous considérons ces travaux comme pertinents pour notre problématique pour les raisons suivantes.

- Bricoles a démontré la faisabilité technique de l'IDM appliquée à la scénarisation pédagogique, par sa première expérimentation. Ses résultats ont par contre souligné les difficultés qu'avaient les enseignants à modéliser avec IMS-LD. L'usage du modeleur ModX, qui propose une personnalisation du langage de notation graphique, prouve ici que ces difficultés sont liées à la complexité du méta-modèle LD lui-même, et non pas à la syntaxe concrète du langage.
- Cette même expérimentation témoigne de l'intérêt pour l'enseignant de raisonner sur les modèles : la transformation entre le modèle de scénario pédagogique et le modèle du dispositif d'apprentissage déployé sur Ganesha sollicite l'enseignant pour choisir des règles de transformation. La génération du modèle dans le méta-modèle associé à la plate-forme ne peut pas être une génération sans perte. En particulier, les différences, les incohérences qu'elle souligne entre les deux méta-modèles sont porteuses de sens et font la richesse de la démarche en amenant l'enseignant à mieux comprendre le spectre d'application et les possibilités de la plate-forme de formation qu'il utilise.
- L'approche « dispositive » de Bricoles conduit à étudier la contextualisation du scénario pédagogique dans une dimension que nous n'avons pas étudiée, mais qui s'ajoute aux dimensions métier qui nous préoccupent : la prise en compte des spécificités de la plate-forme technique de diffusion. Cela s'est notamment traduit, dans la seconde expérimentation menée dans le cadre du projet, par une fusion des méta-modèles liés à l'expression pédagogique et aux possibilités techniques.

3.4.4. Le projet MDEduc

Le projet MDEduc, de la même équipe de recherche, s'inscrit également dans une Ingénierie Dirigée par les Modèles. Dans le cadre de ses travaux de thèse [de Moura Filho C.O., 2007], C.O de Moura Filho partage notre position sur la scénarisation pédagogique et considère qu'il faut permettre aux enseignants de mieux s'impliquer dans le processus de développement d'un EIAH en les aidant à définir un méta-modèle d'expression des scénarios pédagogiques (et donc un langage de modélisation pédagogique) adapté à leurs pratiques, à leur contexte et à leurs objectifs.

L'approche retenue ici est à base de patrons de conception, et plus spécialement de patrons pédagogiques [de Moura Filho C.O., & Derycke A., 2007] (voir pour exemples le projet Pedagogical Patterns [PP, 2007]). Ces patrons sont écrits en langage naturel et l'idée a été ici de les utiliser comme base d'édition du CIM d'un scénario. De ce CIM est extrait, suite à un ensemble d'interactions avec le concepteur et à la personnalisation du patron, le méta-modèle formel permettant l'expression de scénarios de niveau PIM, utilisés alors pour définir un PSM par transformation, puis générer le dispositif de formation correspondant, selon le processus MDA. La figure 25 (extraite de [de Moura Filho C.O., & Derycke A., 2007]), représente la construction du méta-modèle (partie droite de la figure) suite à des interactions de type édition/sélection menées sur le patron (partie gauche de la figure).

Position. Un prototype a été conçu sous Eclipse, en développant et synchronisant quatre plug-ins. Ayant apparemment nécessité un développement assez important, il n'a pas encore été testé avec des enseignants, ce qui peut être regretté car la qualité de la proposition tient à l'utilisabilité et à la

pertinence de l'IHM de personnalisation du patron pédagogique, afin d'en extraire un scénario et son méta-modèle formel.

Ces travaux partagent notre positionnement scientifique sur la scénarisation pédagogique en (1) cherchant à la rendre accessible à des enseignants néophytes en matière de développement informatique, (2) proposant une solution à base de génération de langages de modélisation spécifiques, à l'inverse de la tendance actuelle des travaux de la communauté, (3) envisageant la capitalisation des savoir-faire pédagogiques (plutôt que celle des savoir-faire techniques) à des fins de partage et d'évolution des pratiques.

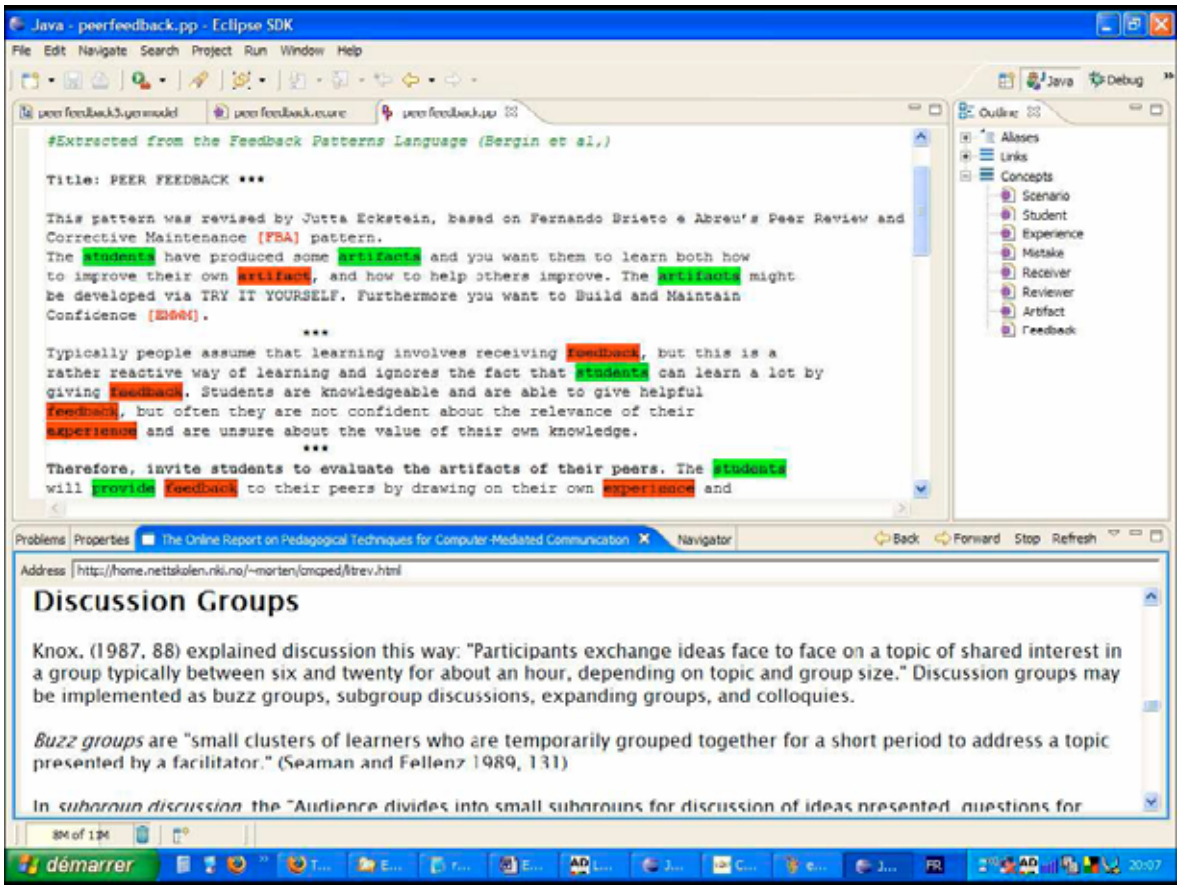


Figure 25. La construction du méta-modèle dans MDEduc

3.5. Aider à la réingénierie de l'EIAH : l'analyse des traces

Comme nous l'avons mentionné dans la section 2.2, nous considérons que, pour favoriser l'évolution des pratiques des enseignants et leur compréhension des modalités d'enseignement et d'apprentissage dans un EIAH, il faut leur permettre d'appréhender l'usage de leurs productions. La section suivante analyse les travaux de la communauté EIAH s'inscrivant dans cette problématique.

Comme nous l'indiquions, la réingénierie à des fins d'amélioration de la qualité pédagogique d'un EIAH se pratique, par définition, après observation et analyse des utilisations antérieures. Si la communauté EIAH a majoritairement adopté une approche de développement par prototypage, avec évaluation plus ou moins sérieuse des usages du dispositif pédagogique avant d'envisager la

production d'un nouveau prototype, l'adoption d'un processus de développement intégrant de manière systématique cette analyse et donc, par exemple prévoyant dès la conception la définition, l'explicitation et la justification des observations à mener, reste très marginale[33].

En matière d'analyse *a posteriori* des traces d'usage (c'est à dire après la session d'apprentissage), ce sont les techniques de fouille de données appliquées aux EIAH qui ont fait l'objet d'études plus poussées, sous l'influence des informaticiens de la communauté EIAH, et notamment ces dernières années avec la structuration de la communauté EDM (« Educational Data Mining[34] »). Schématiquement, le principe de cette communauté est de développer des méthodes de fouille de données, de les appliquer aux EIAH et d'en examiner les utilisations possibles, principalement dans un objectif d'évaluation des connaissances de l'apprenant, mais seulement de manière indirecte pour la réingénierie, quoique qu'utilisées également a posteriori pour analyser statistiquement de vastes ensembles de données collectées pendant plusieurs sessions d'apprentissage. Nous consacrons une première section au projet LISTEN [Mostow J., & Aist G., 2001] [Aist G., 2001], majeur dans ce champ d'activité, et montrons que, si l'essentiel des résultats existants sont difficilement partageables car développés de manière *ad hoc*, pour un EIAH donné, les évolutions récentes du positionnement des acteurs de ce projet, et plus largement de la communauté EDM, laissent espérer une capitalisation des pratiques.

La deuxième section centre sur les travaux du LIRIS proposant des modèles de traces et d'analyse de traces. Notre problématique étant de définir et d'instrumenter un processus de conception qui s'appuie sur une analyse des usages des EIAH, nous voulons en particulier proposer un cadre générique de modélisation de l'observation de l'activité d'apprentissage et d'exploitation de ces traces dans un objectif d'analyse de l'activité d'apprentissage. Ces travaux comptent parmi les plus significatifs dans ce domaine.

Nous consacrons une troisième section au projet TRAILS [TRAILS, 2004], qui se singularise en étudiant et recensant les états et les utilisations d'une trace dans un EIAH. Les résultats de ce projet sont intéressants dans notre contexte d'étude car ils permettent de classifier l'usage et la production de traces sur plusieurs dimensions, incluant la scénarisation pédagogique et l'analyse de l'utilisation d'un EIAH.

La quatrième section présente les résultats de trois projets européens qui se sont focalisés sur la caractérisation et l'instrumentation de l'analyse de l'interaction dans un environnement d'apprentissage collaboratif. Le projet ICALTS [ICALTS, 2004] a conceptualisé et formalisé la notion d'indicateur de l'activité que nous nous sommes approprié dans nos recherches. Le projet IA [IA, 2005] a plus spécifiquement étudié le problème de l'interopérabilité entre les outils d'analyse et de visualisation des traces. C'est un problème central à surmonter pour développer une politique de capitalisation des pratiques, ce qui fait partie de nos objectifs. La proposition du projet IA a consisté à définir un format de données destiné à être une représentation pivot entre les différents outils. L'équipe européenne de recherche CAViCoLA [CAViCoLA, 2006] s'est appuyée sur ce résultat pour proposer un processus de traitement de la trace d'utilisation d'un système.

La dernière section présente les travaux du projet DPULS [DPULS, 2005] [Choquet C., & al., 2005b] qui s'est attaché à proposer une solution cohérente pour la capitalisation des savoir-faire en matière de collecte et d'analyse des usages des EIAH. L'approche a consisté à développer un

[33] Nous ne voulons pas parler ici de l'observation et de l'analyse, automatiques généralement, qui sont menées dans un but diagnostique, pendant l'activité pédagogique. Nous visons ici essentiellement l'analyse des utilisations d'un EIAH dans un but de compréhension du dispositif et de l'activité de ses acteurs pour aider à la réingénierie de l'EIAH.
[34] Site communautaire accessible à : http://www.educationaldatamining.org/

langage ouvert de patrons de conception destiné à aider le concepteur d'un EIAH dans sa modélisation de l'observation. Nous nous sommes appuyés sur les résultats de ce projet pour formaliser notre approche de la modélisation de l'observation de l'activité d'apprentissage.

3.5.1. Le projet LISTEN : d'une démarche ad hoc à une ingénierie des traces

Le projet LISTEN (Literacy Innovation that Speech Technology ENables) est un projet de recherche de la Carnegie Mellon University qui s'est structuré autour du Système Tutoriel Intelligent « Reading Tutor ». Cet EIAH est destiné à l'apprentissage de la lecture. Il développe une approche originale où le système écoute l'apprenant lire à haute voix et s'appuie sur sa reconnaissance vocale pour interagir avec l'apprenant afin d'améliorer sa lecture, sa compréhension et, dans une moindre mesure, son écriture de textes (cf. figure 26 pour un exemple d'écrans de Reading Tutor). Les premières publications sur le projet remontent à 1993 et le système est opérationnel depuis 2000. Il propose plusieurs modalités pédagogiques et a été décliné en plusieurs versions, pour différents usages (voir [LISTEN, 2007] pour plus de détails).

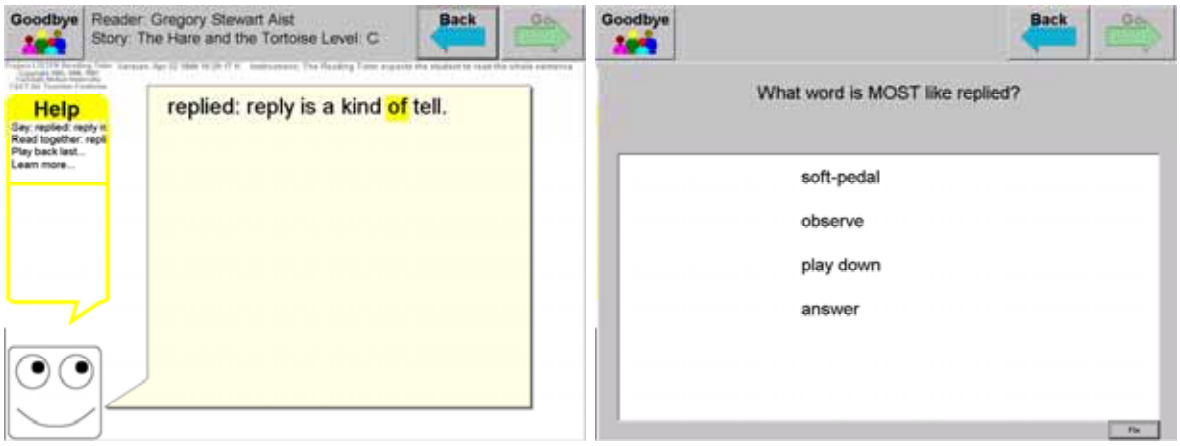


Figure 26. Ecrans du système tutoriel intelligent Reading Tutor.

Notre intérêt pour ce projet tient à son historique et à l'évolution de la réflexion des chercheurs impliqués dans la collecte et l'analyse des traces. Nous ne considérons donc pas ici le projet LISTEN du point de vue de la qualité de ses résultats, mais sur la dimension de l'évolution de l'ingénierie des traces dans ce groupe de chercheurs.

Reading Tutor a, dès sa première version, déployé des techniques de collecte de traces (1) permettant au système de prendre ses décisions quant aux sollicitations à mettre en œuvre, et (2) permettant aux concepteurs du système d'analyser la qualité des apprentissages et de corriger les erreurs de programmation du logiciel. Les données étaient collectées sous forme de fichiers de « logs » (un fichier généré pour chaque session), chacun d'entre eux pouvant faire plus d'un mégabit. L'analyse des traces ne pouvait bien sûr pas se faire à la main, mais les scripts Perl dédiés à cette analyse se sont très vite complexifiés, parce que les expérimentations impliquaient des apprenants en plus grand nombre et que les motivations de l'analyse se diversifiaient, au point que les résultats établis par ces scripts pouvaient être mis en doute [Heiner C., & al., 2004]. Les membres du projet LISTEN ont été alors amenés à repenser la collecte des traces dans Reading Tutor, mais aussi leurs stratégies d'analyse, ce qui les a conduit à modifier l'architecture logicielle de l'EIAH.

Leur approche de la réingénierie du système de collecte et d'analyse de traces de Reading Tutor a été de restructurer l'ensemble des données utilisées ou collectées par le système dans une collection de bases de données relationnelles [Mostow J., & al., 2002]. Les chercheurs de LISTEN se sont interrogés sur plusieurs dimensions pour définir le schéma des données.

- L'utilisabilité des données versus la nature des données. L'analyse des traces, également lorsque l'approche est essentiellement statistique comme dans le projet LISTEN, se base sur les données collectées pour mettre en évidence un phénomène, que ce soit une récurrence ou une anomalie, mais s'appuie sur les connaissances du domaine d'apprentissage pour caractériser sa nature. Par exemple, dans Reading Tutor, la mise en évidence de l'efficacité d'un type d'aide pour la compréhension d'un mot particulier se fait à l'aide des données collectées, en analysant les séquences d'interaction entre le système et les apprenants concernés par cette difficulté, chaque séquence étant définie depuis la première occurrence du mot dans l'interaction, jusqu'au test démontrant sa compréhension. Mais la corrélation de ce fait avec la position du mot dans les phrases soumises à la compréhension de l'apprenant et avec la longueur de ces phrases, ne peut se faire qu'en examinant le répertoire de phrases du système. Ainsi, les chercheurs du projet LISTEN ont créé des bases spécifiques pour stocker les données collectées pendant les sessions, mais ont également stocké les connaissances et ressources manipulées par le tuteur dans d'autres bases de données, liées avec les bases de collectes, de manière à faciliter l'analyse et la compréhension des traces.
- L'utilisation des données versus la sécurité des données. Dans un projet tel que LISTEN, l'ensemble des données de collecte représente un « capital », acquis au cours des années de test du système. De nombreux chercheurs travaillent sur ces données, avec des objectifs de recherche différents. Chaque projet d'analyse de traces développe alors son propre ensemble de bases de données, à partir des enregistrements originaux et sans les modifier.
- La situation des données versus l'évolution du système. Sur un projet de longue haleine comme LISTEN, le dispositif d'apprentissage évolue avec le temps. Les chercheurs ont donc défini une cadence annuelle de mise à jour de Reading Tutor et stockent les données de collecte dans des bases différentes, en fonction de la version du système d'apprentissage.
- L'utilisabilité des données versus la qualité de la structure de stockage. Certaines des tables de la base de données contiennent plus de 5 millions d'enregistrements. Les chercheurs ont alors privilégié la redondance des données à la normalisation du modèle conceptuel de la base, de manière à réduire le temps d'exécution des requêtes qui augmente considérablement si la requête porte sur plusieurs tables.

Dans le même temps, ce groupe de chercheurs a défini un ensemble de procédures pour s'assurer de la validité (données atypiques, manquantes ou inconsistantes) des données collectées.

Dès lors, dans [Mostow J., 2004] et [Mostow J., & Beck J., 2006], les membres de LISTEN ont cherché à abstraire leur savoir-faire en matière d'analyse de traces en définissant le modèle « Modify, Map, Mine ». Ce modèle est en fait un ensemble de recommandations méthodologiques pour l'utilisation, par un système d'analyse de traces, des données collectées par un système tutoriel intelligent.

- Modifier l'instrumentation du tuteur intelligent (« Modify »). Cet ensemble de recommandations porte sur la conception ou la réingénierie du système d'apprentissage de manière à le rendre capable de collecter le maximum d'informations signifiantes.

- Enregistrer les événements, que ce soient les productions de l'apprenant (« inputs »), les productions du tuteur (« outputs »), ou les motivations ayant amené le tuteur à faire ses productions (« tutorial decisions »). Les auteurs recommandent également d'envisager différents types d'analyse pour caractériser ces événements, en donnant l'exemple d'un clic souris qui, s'il est représenté par ses coordonnées spatiales, peut donner des indications sur la motricité de l'apprenant, mais qui, s'il est représenté par référence à l'élément de l'interface cliqué, donne des informations sur la nature de l'interaction.
- Dater systématiquement les événements de manière à pouvoir mener des analyses sur les précédences, les récurrences, les fréquences, etc.
- Réifier les opérations dans le tuteur intelligent de manière à les rendre analysables. En particulier, les auteurs recommandent de trouver des solutions IHM de manière à ce que toute l'activité « externe » de l'apprenant puisse être enregistrée (i.e. développer des éditeurs de saisie plutôt que de prévoir l'usage du papier pour écrire ou dessiner par exemple).
- Rendre aléatoires certaines décisions du tuteur intelligent pour à faciliter l'analyse de la qualité des décisions dans un contexte donné en multipliant les situations.
- Multiplier les tests des acquis de l'apprenant en considérant que ces tests servent à la fois à évaluer l'apprenant mais également à mesurer la pertinence des actions tutorielles.
- Acquérir (*ante* session) des informations sur l'apprenant (son âge, son Q.I., etc.) de manière à mieux contextualiser les performances de l'apprentissage.
- Equiper le tuteur intelligent d'un système de compréhension du langage naturel. Les auteurs considèrent ici qu'il faut au moins se donner les moyens d'interpréter la sémantique des productions de l'apprenant, en caractérisant ces dernières par le temps mis à les produire, par une comparaison avec un ensemble de productions attendues, etc.
- Inclure une étape de traitement manuel des données collectées pour préciser et compléter ces données.

- Transformer les événements collectés en variables signifiantes (« Map »). Cet ensemble de recommandations identifie les moyens de reconstruire des informations signifiantes à partir du flot d'événements collectés.
  - Segmenter un flot d'événements en séquences temporelles, identifiées par des instants remarquables, comme par exemple le moment de la production de l'apprenant. Selon les auteurs, lorsqu'elle est associée à une mesure du temps de la séquence, cette technique est particulièrement utile pour définir et entraîner un modèle comportemental de l'apprenant.
  - Identifier dans le flot d'événements les enchaînements relatifs à une compétence particulière de l'apprenant ou du tuteur intelligent.
  - Reformuler le flot d'événements en un ensemble de tâches, caractérisées chacune par son contexte, sa décision tutorielle et son résultat, de manière à mesurer la qualité intrinsèque d'une décision tutorielle, mais aussi son impact relatif à un contexte et un apprenant donnés.

- Explorer l'ensemble des données collectées (« Mine »). Cet ensemble de recommandations porte sur les techniques de définition ou d'exploitation d'un modèle qualifiant l'apprenant ou le tuteur intelligent.
    - Inspecter des échantillons des interactions de manière à aider à la formulation d'hypothèses de recherche.
    - Agréger et composer un ensemble de données pour vérifier une hypothèse, un objectif de recherche spécifique.
    - Adapter un modèle d'analyse à un ensemble de données en déterminant les paramètres qui minimisent ses erreurs de prédiction
    - Entraîner un modèle d'analyse sur un sous-ensemble de données avant de l'exploiter sur l'ensemble des données collectées.

Position. La critique principale adressée à la communauté EDM tient avant tout au caractère non réutilisable de ses résultats[35]. Nous avons tenu à développer l'historique du projet LISTEN pour montrer que les choses évoluaient. La plupart des travaux publiés sur le thème sont centrés sur un problème particulier dans un contexte spécifique, témoignant sans doute ainsi d'un manque de maturité des pratiques. Mais l'exemple du projet LISTEN prouve que ses membres se sont fixés des objectifs de capitalisation et de partage des pratiques en considérant l'ingénierie des traces d'un EIAH comme objet d'étude. En analysant la dynamique du projet, on constate un transfert progressif dans l'interprétation du mot « Listen » : d'abord préoccupés de développer un tuteur intelligent capable d'écouter et d'interpréter les productions orales de l'apprenant dans son apprentissage de la lecture, les membres du projet LISTEN se sont ensuite également attachés à étudier les techniques « d'écoute » de l'interaction apprenant-EIAH. Ils ont d'abord développé de manière empirique un ensemble de savoir-faire sur la collecte et l'analyse de traces, puis ont cherché à formaliser ce savoir-faire sous la forme d'une architecture logicielle et de recommandations méthodologiques. Ceci est d'ailleurs la tendance générale dans ce champ d'activités qui se structure en prenant l'ingénierie des traces dans un EIAH comme objet d'étude et en cherchant à partager les pratiques, comme le témoignent les numéros spéciaux de revues et actes des workshops récents dans le domaine [Beck J., 2004] [Choquet C., & al., 2005a] [Beck J., 2005] [Heiner C., & al., 2006] [Baker R., & al., 2007] [Heiner C., & al., 2007] [Choquet C. & al., 2007] [Choquet C., & al., 2008a].

Ces différents résultats s'adressent pour l'instant au chercheur mais laissent envisager une poursuite des efforts de capitalisation et de partage avec l'enseignant. Sans être persuadés du court terme de cette échéance, cette évolution des travaux dans le champ d'activités de l'analyse des traces nous conforte dans notre objectif d'amener l'enseignant à participer plus activement à l'évaluation de l'activité d'apprentissage, notamment dans sa dimension de modélisation de l'observation. Au stade actuel des travaux de la communauté EDM, qui emploie pourtant des techniques statistiques et/ou complexes comme le « clustering » [Merceron A., & Yacef K., 2004], la volonté est forte d'étudier les techniques en tant que telles, dans la perspective de développer des outils génériques réutilisables ou au minimum inter-communicants [Iksal S., & Choquet C., 2005a] [Martinez A., 2005], bien définis quant à leur domaine d'applicabilité et à leurs objectifs.

[35] Nous faisons ce constat sur la base de discussions et d'échanges à l'occasion de workshops ou de réunions de comités de programmes.

3.5.2. Les travaux du LIRIS : une approche de la modélisation des traces et de l'analyse de traces

Les travaux du LIRIS (Laboratoire d'InfoRmatique en Image et Systèmes d'information), et plus spécifiquement ceux de l'équipe SILEX (Supporting Interaction and Learning by EXperience), portent sur deux thématiques interdépendantes : l'ingénierie de l'expérience tracée et les EIAH.

Dans le cadre du projet « Personnalisation des EIAH » du cluster « Informatique et logiciels embarqués » de la Région Rhône-Alpes, cette équipe propose une approche originale de Systèmes à Bases de Traces pour l'apprentissage humain (SBT) [Settouti L., & al., 2006] [Settouti L., & al., 2007]. Ces travaux sont assez récents mais s'appuient sur des résultats établis dans le cadre de l'approche MUSETTE [Champin P.-A., & al., 2003].

3.5.2.1. L'approche MUSETTE

MUSETTE considère la trace d'utilisation d'un environnement informatique comme une succession d'états, représentant une configuration stable de l'environnement, et de transitions entre ces états, révélant une interaction entre l'utilisateur et le système ayant fait évoluer la configuration. L'objectif de MUSETTE est d'extraire, à partir des données collectées, des motifs dans la trace d'utilisation qui témoignent de la réalisation d'une tâche spécifique par l'utilisateur. Ces motifs, qualifiés d'épisodes, peuvent être réutilisés pour faciliter la tâche de l'utilisateur [Mille A., & al., 2006] dans une approche analogue à celle du raisonnement à partir de cas [Mille A., 2006] (cf. figure 27).

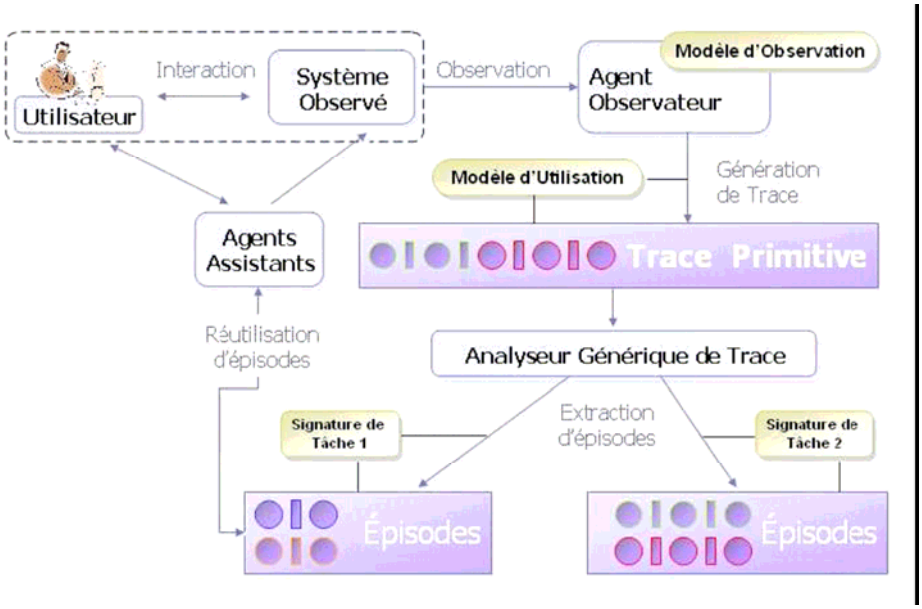


Figure 27. L'approche MUSETTE

La trace est ainsi structurée en plusieurs niveaux d'abstraction. Comme représenté en figure 27, MUSETTE en considère trois :

- La trace brute, soit l'ensemble des données collectées par un « Agent Observateur », guidé par un « Modèle d'Observation ». Ce modèle d'observation décrit les règles nécessaires à la détermination des données pertinentes issues de l'environnement et à la construction effective de la trace primitive.

- La trace primitive (ou première) est le premier niveau de trace accessible (i.e. supposée compréhensible) par l'utilisateur. Elle est générée conformément à un « Modèle d'Utilisation » qui « décrit les entités, événements et relations à observer pour construire une trace primitive, à la manière d'une 'ontologie de l'observation' » [Mille A., & al., 2006]. C'est à ce niveau que la trace peut être représentée comme une succession d'états et de transitions.
- Les épisodes sont extraits de la trace primitive par un « Analyseur Générique de Trace ». Cet analyseur s'appuie sur des signatures de tâches utilisateurs pour détecter les épisodes dans la trace primitive.

Le formalisme de MUSETTE introduit la notion « d'objets d'intérêt » pour qualifier les éléments d'interaction constituants de la trace. Trace primitive, épisodes et signatures de tâches sont exprimés à l'aide des ces objets d'intérêt. Ils sont de trois types :

- Les entités sont des objets « présents » pour l'utilisateur, c'est à dire perçus par celui-ci. Si nous considérons l'exemple de l'utilisation d'un site Web, ces entités peuvent être des pages, des hyperliens, ou bien encore des images.
- Les événements sont des objets « qui se passent » durant l'interaction. Toujours dans l'exemple du site Web, ces événements peuvent être un clic souris, la pose d'un marque-page sur une page, ou la sauvegarde d'une page en local.
- Les relations sont des liens structuraux ou causaux entre les entités et/ou les événements, comme par exemple le lien entre un hyperlien et un clic souris, ou entre un clic souris et une page.

Les signatures de tâches, nommées « SiTEx » dans [Mille A., & al., 2006] pour « Signature de Tâche EXpliquée », sont alors exprimées par un graphe d'objets d'intérêt, par des contraintes relatives aux positions des objets d'intérêt dans la trace, et par des contraintes sur la structure interne des objets d'intérêt. L'explication de la signature est exprimée par un nom, éventuellement complété par une annotation en texte libre destinée à l'utilisateur, et/ou par une annotation formelle pour un traitement automatique.

Position. MUSETTE a développé une approche de la modélisation et de l'exploitation des traces d'utilisation d'un environnement informatique à laquelle nous adhérons, malgré nos problématiques différentes.

- Quoique cela ne soit à notre connaissance pas revendiqué par les auteurs de MUSETTE, nous considérons son approche à base de modèles comme proche de ce que nous pourrions appeler une « Ingénierie Dirigée par les Modèles inversée » : utiliser des modèles de la trace pour, à partir d'observations brutes collectées dans une application spécifique, produire des traces s'inscrivant dans le métier de l'utilisateur. Le modèle d'observation décrit la trace dans l'univers spécifique de l'application logicielle. Le modèle d'utilisation décrit la trace dans un paradigme technologique particulier (entité/événement/relation) mais indépendant de l'environnement cible. Les signatures de tâches expliquées permettent alors d'inscrire la trace dans l'univers métier de l'utilisateur, en termes de tâches liées à son activité (« signer une page par un marque-page », « sauvegarder une page », etc.). L'abstraction induite par le processus sous-tendant MUSETTE, depuis la trace brute jusqu'aux épisodes, est associée à une contextualisation progressive de la trace dans l'univers métier de l'utilisateur. Cette approche permet alors à l'utilisateur d'exploiter les traces comme des objets métier destinés à lui faciliter la tâche. Dans le contexte de la scénarisation pédagogique, une telle approche conduit (1) à associer le concepteur à la modélisation métier de la trace d'utilisation de l'EIAH, selon un

principe proche de l'annotation de la signature des tâches, (2) à lui permettre d'exploiter les traces dans son univers métier, pour concevoir ou adapter un scénario pédagogique.

- Dans [Mille A., & al., 2006], A. Mille et ses co-auteurs nous expliquent que « le modèle d'utilisation [...] serait [...] le premier modèle, très utile au moment du déploiement de l'environnement, mais devant être évolutif en fonction du point de vue d'un *métier* par exemple. C'est en effet la seule façon de rendre compte de l'environnement informatique tel qu'il est *perçu* par l'utilisateur ». Cette position rejoint directement la notre (cf. section 2.2.) (1) où la conception d'un scénario pédagogique par un enseignant ne peut se faire qu'en inscrivant le processus de conception et de réingénierie d'un scénario pédagogique dans l'univers métier de l'enseignant, et (2) où l'enseignant doit être aidé dans son propre apprentissage de la scénarisation pédagogique et doit pouvoir concrétiser la progression de son expertise par la modification du scénario pédagogique. Le processus doit alors explicitement intégrer la réingénierie du scénario comme une phase générative, à la fois du point de vue du scénario comme de celui des pratiques de conception.
- La volonté de réutiliser les traces non seulement pour l'utilisateur les ayant générées, mais également pour d'autres utilisateurs, voire pour d'autres environnements informatiques [Mille A., & al., 2006] amène naturellement à envisager le problème de leurs représentations, tant pour l'utilisateur que dans l'objectif de les partager avec d'autres environnements. C'est une problématique que nous partageons, dans notre volonté de capitaliser les bonnes pratiques de scénarisation pédagogique. Sur le plan des traces, cela amène à considérer la capitalisation de la trace selon le point de vue métier ainsi que selon le point de vue computationnel, en y associant une description des méthodes d'acquisition et de transformation de la trace à destination non seulement de l'enseignant concepteur, mais également du développeur et de l'analyste. Nos propositions dans ce domaine sont détaillées dans la seconde partie de ce document.

3.5.2.2. Les Systèmes à Base de Traces modélisées pour les EIAH

Les Systèmes à Base de Traces (SBT) s'inspirent des travaux sur MUSETTE mais élargissent leur spectre d'utilisation en cherchant à définir un cadre général pour l'exploitation des traces [Settouti L., 2006]. Dans un système à base de traces, les traces sont considérées comme une séquence temporelle d'observés et sont toujours accompagnées de leurs modèles de traces.

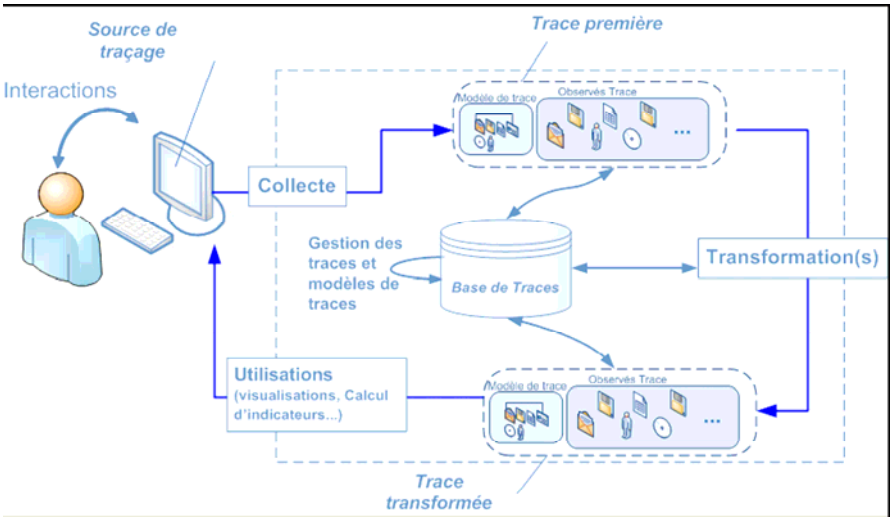


Figure 28. Principe général d'un Système à Base de Traces modélisées.

La figure 28 représente le principe général de l'approche SBT. [Settouti L., & al., 2007] définit un SBT comme étant « tout système informatique dont le fonctionnement implique à des degrés divers la gestion, la transformation et la visualisation de traces modélisées explicitement en tant que telles ». Une trace modélisée est, dans ce contexte, une collection d'observés, situés dans le temps, exprimée de manière conforme à un modèle formel. Dans une approche tenant de l'IDM, des traces nouvelles, exprimant un point de vue particulier sur la trace première, peuvent être obtenues par transformations explicites entre modèles de traces. Ces transformations peuvent être (1) une sélection à partir d'une trace source en respectant un filtre de sélection spécifique pour, par exemple, isoler des observés pertinents, (2) une réécriture de motifs permettant de remplacer un ou plusieurs observés par un autre, (3) une fusion temporelle de deux ou plusieurs traces permettant notamment de regrouper des observés collectés par plusieurs sources.

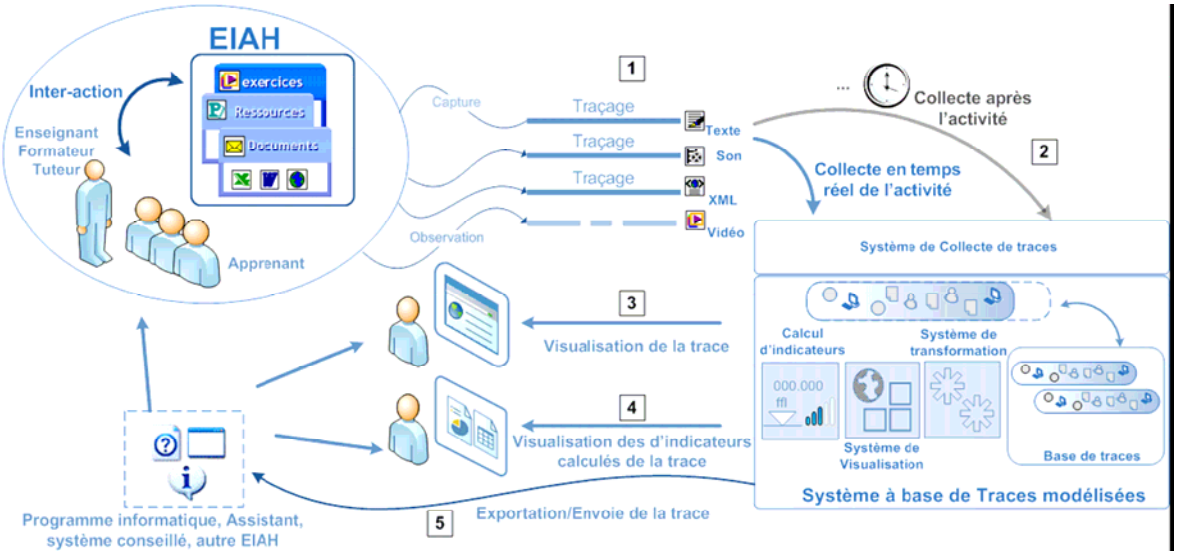


Figure 29. Utilisation d'un SBT pour gérer les traces dans un EIAH selon [Settouti L., & al., 2007].

Appliqué aux EIAH, un SBT se propose de gérer les traces d'utilisation comme représenté par la figure 29. Les observés sont collectés par plusieurs vecteurs d'observation de l'EIAH. Ils sont par nature hétérogènes dans leurs représentations (figure 29 (1)), mais toujours temporellement situés. La constitution des traces premières se fait pendant ou après l'activité d'apprentissage (figure 29 (2)). Le système à base de traces applique alors des transformations sur les traces de manière à (figure 29 (3)) permettre à un utilisateur (analyste, tuteur, concepteur, apprenant) de visualiser une trace, (figure 29 (4)) calculer des indicateurs signifiants pour l'utilisateur, (figure 29 (5)) fournir des traces et/ou des indicateurs à une autre application informatique en lien avec les utilisateurs.

Position. La proposition SBT du LIRIS affirme un ancrage dans une approche IDM plus fort que MUSETTE, notamment dans sa volonté d'expliciter les transformations entre les traces. Comme le souligne et le démontre [Settouti L., & al., 2007], ces transformations, mais aussi les modèles de traces et les représentations des traces, peuvent être capitalisées et réutilisées dans d'autres contextes, la démarche s'inscrivant ainsi dans notre objectif de capitalisation des pratiques d'observation de l'utilisation d'un EIAH. De plus, l'approche par modèles permet de manipuler et de fusionner des traces aux formats hétérogènes, provenant de plusieurs sources. Ceci est un avantage certain dans le contexte des EIAH où la perception de l'activité s'opère en combinant plusieurs sources de données comme, par exemple, les fichiers de « logs » d'une plate-forme, les productions des apprenants, les échanges sur une messagerie, etc.

A l'origine, par exemple dans [Settouti L., & al., 2006] et [Settouti L., 2006], l'approche SBT témoignait d'une vision « intégrée » de la collecte, du traitement et de la visualisation des traces, au sein d'un même système. Cette vision « atelier » demeure, malgré l'ajout récent (dans [Settouti L., & al., 2007]) d'une possibilité de communication avec d'autres outils de traitement et d'exploitation des traces, et ceci sans préciser quels sont les principes de communication qui sont adoptés. Or il est facile de constater, en considérant par exemple le projet IA présenté dans la section 3.5.4., que cette vision n'est pas partagée par tous : si la communauté s'accorde sur le besoin de communication entre les outils de collecte, d'analyse et/ou de visualisation des traces, l'approche des traitements distribués sur des outils hétérogènes est souvent mise en avant, et les transformations de la trace sont également envisagées pour assurer les communications entre ces outils sur le plan du format des données.

De plus, cette approche intégrée présuppose une adhésion au modèle de trace retenu dans les SBT. A notre connaissance, tous les travaux de la communauté s'accordent bien sur la nature temporelle des traces brutes : une trace est avant tout une collection d'objets temporellement situés. Mais l'approche SBT affirme que toutes les traces transformées le sont également. Comme le projet TRAILS (cf. section 3.5.3.) qui, dans sa classification des traces, envisage plusieurs méthodes pour ordonner les éléments d'une trace et nous en propose notamment une, basée sur une approche cognitive, nous ne partageons pas ce point de vue.

Il nous semble également restrictif de n'envisager les transformations de traces comme ne relevant que de trois types : sélection, réécriture de motifs et fusion temporelle. A notre sens, l'établissement d'un indicateur est également une transformation à partir d'un ensemble d'autres indicateurs et de traces et il nous semble important, dans un objectif de capitalisation et de partage, d'expliciter également ce type de transformations.

Enfin, nous ne retrouvons plus ici le concept de signature de tâches expliquées qui nous séduit dans l'approche MUSETTE, par son potentiel à impliquer l'enseignant dans la modélisation des observations et sa capacité, dans le contexte de la scénarisation pédagogique, à établir des liens sémantiques entre les scénarios pédagogiques et les traces.

3.5.3. Le projet TRAILS : une conceptualisation du cadre de production et d'utilisation des traces

Le projet TRAILS (Personalized and Collaborative Trails of Digital and Non-Digital Learning Objects) [TRAILS, 2004] [Schoonenboom J., & al., 2007] est une action du Réseau Européen d'Excellence Kaleidoscope [Kaleidoscope, 2004]. Ce projet s'est centré sur la caractérisation des traces d'utilisation dans un environnement de formation à distance sur Internet. Les membres de ce projet revendiquent le terme de « parcours » (« trail ») plutôt que celui de « trace » car leurs travaux considèrent les parcours qui sont générés lors de la planification d'une activité d'apprentissage (par exemple, un scénario pédagogique) comme ceux qui émergent pendant une session (une trace d'utilisation).

En partant du constat qu'il existe différents types de parcours, dépendant (1) de la nature de la situation pédagogique, (2) des possibilités d'interaction et du contexte d'apprentissage, et (3) des objectifs d'utilisation des parcours (évaluation des apprentissages, régulation de la session d'apprentissage, réflexivité sur l'activité, réingénierie), les membres de TRAILS se sont donnés quatre concepts clé à développer [Choquet C., & al., 2008b] :

- *l'apprentissage par le butinage (« navigational learning »)*. TRAILS considère la navigation sur Internet, parmi l'ensemble des ressources pédagogiques, comme une activité incontournable pour l'apprenant comme pour l'enseignant [Peterson D., & Levene M., 2003].
- *la personnalisation de l'apprentissage (« personalized learning »)*. En lien avec le concept précédent, et parce que le nombre de ressources pédagogiques accessibles en ligne ne cesse d'augmenter, les apprenants et les enseignants doivent créer leur propre parcours dans cet espace, qui, au moins en ce qui concerne l'apprenant, doit être adapté à ses besoins et à ses capacités. La question de l'adaptation (automatique) de ce parcours en fonction des résultats de l'apprenant ou d'autres caractéristiques est alors cruciale.
- *la visualisation (« visualization »)*. Les membres du projet insistent sur le grand rôle joué par la visualisation des parcours, créés et/ou suivis, pour supporter l'apprenant dans son apprentissage.
- *la diversité (« diversity »)*. TRAILS considère des parcours formés d'éléments de toute nature. Un parcours peut être composé d'un ensemble de ressources pédagogiques, mais peut également être constitué d'objectifs pédagogiques, ou bien encore être ce que [Heller J., & al., 2007] nomme un parcours cognitif, composé de connaissances et de compétences à acquérir ou acquises par l'apprenant.

Ces quatre concepts clé sous-tendent les deux principaux résultats établis par le projet : un cycle de déroulement d'un apprentissage structuré par les parcours représenté en figure 30, et une classification des parcours représentée en figure 31.

La figure 30 montre comment l'apprentissage commence avec sa planification, que ce soit en créant un parcours prédéfini (notion de scénario pédagogique), ou en définissant un ensemble d'activités et de ressources pour un objectif d'apprentissage donné. Dans ce dernier cas l'apprenant, dans une phase de navigation, fait une sélection parmi les activités et ressources disponibles. Puis, les activités d'apprentissage sont effectuées, et l'apprenant produit un parcours (notion de trace) constitué de ses productions. Ces traces peuvent être analysées ou consultées dans une démarche réflexive. Enfin, après analyse, un nouveau cycle peut commencer, en tenant compte de la trace produite par l'apprenant.

La classification des parcours d'apprentissage présentée par la figure 31 est décrite en détail dans [Schoonenboom J., & al., 2007]. Les concepts en blanc caractérisent des parcours existant avant que l'activité d'apprentissage aie lieu (typiquement, des scénarios pédagogiques prédictifs ou prescriptifs[36]), les concepts en noir ne s'appliquent qu'aux parcours construits pendant l'activité d'apprentissage (typiquement, des traces observées, des scénarios descriptifs), et les concepts en grisé caractérisent ces deux types de parcours. Le symbole « * » caractérise les classifications que les membres du projet TRAILS considèrent comme exhaustives.

Pour classifier les parcours, TRAILS propose six dimensions :

- l'instant depuis lequel le parcours est considéré (avant ou après la session d'apprentissage) ;
- le type des éléments utilisés pour construire le parcours ;

[36] La différence que nous faisons entre scénarios pédagogiques prescriptifs et prédictifs est la même que celle que nous faisions en introduction de ce document entre modèles prescriptifs et descriptifs. Un scénario prescriptif définit et encadre l'activité des acteurs de l'EIAH ; un scénario prédictif décrit et préconise l'activité idéale que les acteurs de l'EIAH devraient avoir. De la même façon, un scénario descriptif rend compte, par une méthode d'observation, de la situation ou de l'activité pédagogique mise en œuvre par les acteurs d'une session d'apprentissage.

- le type d'utilisation du parcours ;
- les acteurs impliqués dans la construction du parcours ;
- la méthode utilisée pour ordonner les éléments constituant le parcours ;
- la granularité du parcours.

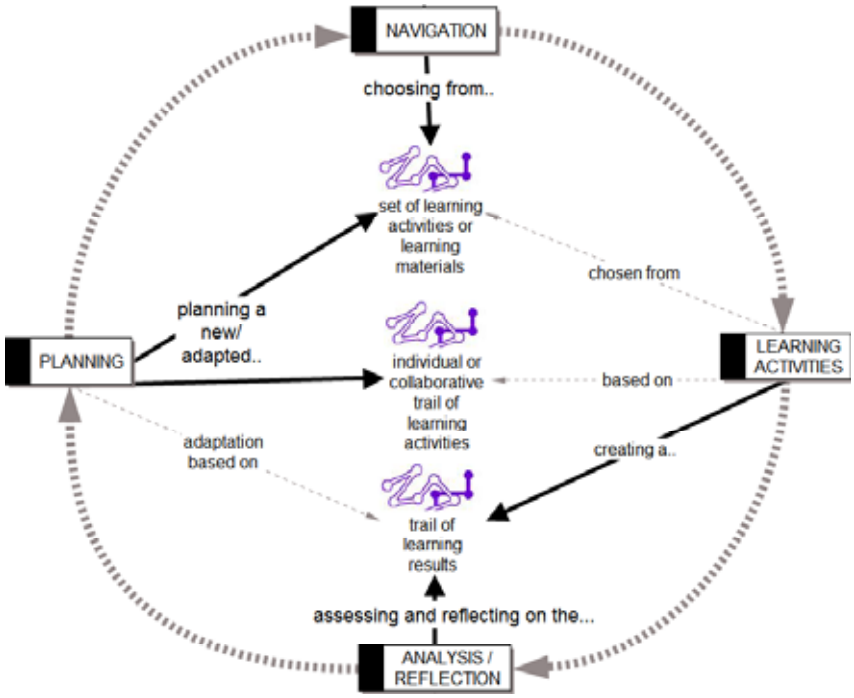


Figure 30. « the trails' cycle of learning » proposé par le projet TRAILS.



Figure 31. Classification des parcours d'apprentissage proposée par le projet TRAILS.

Position. La réflexion menée par les membres du projet TRAILS rejoint notre position sur plusieurs points.

- La volonté d'aborder les traces comme étant des parcours amène à considérer sur un même plan les parcours élaborés dans l'optique d'organiser la session d'apprentissage et les parcours construits par l'utilisation du dispositif d'apprentissage. Dans le contexte de la scénarisation pédagogique, nous partageons cette approche en considérant les traces comme permettant de reconstruire les scénarios descriptifs de l'activité menée pendant une session d'apprentissage.
- Le cycle de vie d'un apprentissage à base de parcours présenté en figure 30 peut être décliné sur plusieurs points de vue (régulation par le tutorat, adaptation automatique, apprentissage réflexif, etc.) dont celui de la réingénierie. Nous considérons, comme ce cycle le montre, que l'activité de conception d'un scénario pédagogique doit s'appuyer sur une analyse des usages et que les phases analyse / réingénierie / déploiement s'enchaînent de manière continue durant toute la vie d'un scénario pédagogique.
- Ce même cycle considère, quoique de manière implicite, que l'analyse des usages fait progresser l'expertise pédagogique du concepteur d'un parcours en lui permettant de s'appuyer sur les parcours observés pour en définir de nouveaux, plus adaptés à la situation.

En synthèse, bien que ce projet était animé par des motivations différentes des notres puisqu'il n'était pas centré sur l'ingénierie et la réingénierie des scénarios pédagogiques, son approche des traces d'utilisation rejoint la notre et ses résultats éclairent sur les usages possibles des traces dans l'objectif de la réingénierie des scénarios pédagogiques.

3.5.4. Les actions ICALTS, IA et CAViCoLA : la caractérisation et l'instrumentation de l'analyse de l'interaction

ICALTS (Interaction & Collaboration Analysis' supporting Teachers & Students' Self-regulation) [ICALTS, 2004], IA (Interaction Analysis' supporting teachers & students' self-regulation) [IA, 2005] et CAViCoLA (Computer-based Analysis and Visualisation of Collaborative Learning Activities) [CAViCoLA, 2006] sont des actions du Réseau Européen d'Excellence Kaleidoscope. D'abord ICALTS en 2004, puis IA en 2005, et CAViCoLA sur les années 2006 et 2007, se sont centrés sur l'analyse de l'interaction entre les acteurs d'un dispositif d'apprentissage collaboratif. Leurs objectifs ont été (1) de mieux définir le champ de l'analyse de l'interaction afin de proposer un cadre terminologique et méthodologique à ce champ et de permettre ainsi la comparaison des approches d'analyse de l'interaction, (2) de proposer des solutions pour permettre l'interopérabilité des outils et des méthodes d'analyse de l'interaction, (3) d'étudier la problématique de l'adaptation dynamique des représentations des données analysées et de leur visualisation en fonction des centres d'intérêt de l'usager de ces données. Nous présentons les résultats de ces projets sur les deux premiers points. Les résultats de ces projets sur le dernier point ont pris la forme de propositions d'outils pour la visualisation d'indicateurs spécifiques de la collaboration au sein d'un réseau d'acteurs. Nous ne présentons donc pas ces résultats qui ne sont pas transposables sur notre problématique.

Les membres du projet ICALTS ont considéré que l'analyse de l'interaction est dirigée par l'énoncé d'hypothèses sur l'interaction et la volonté de les prouver ou de les rejeter par l'observation. Ils ont alors proposé le concept d'indicateur d'analyse de l'interaction comme étant la réponse aux questions d'ordre pédagogique et/ou psychologique « quelles sont les importantes questions à

poser au dispositif d'analyse ? » et « que veut-on analyser ? » [Harrer A., & al., 2008]. D'un point de vue computationnel, un indicateur[37] est une variable généralement calculée ou établie à l 'aide de données observées, témoignant du mode, du processus ou de la qualité de l'interaction [Dimitrakopoulou A., 2004]. La figure 32 schématise l'analyse de l'interaction centrée sur l'obtention d'un tel indicateur.

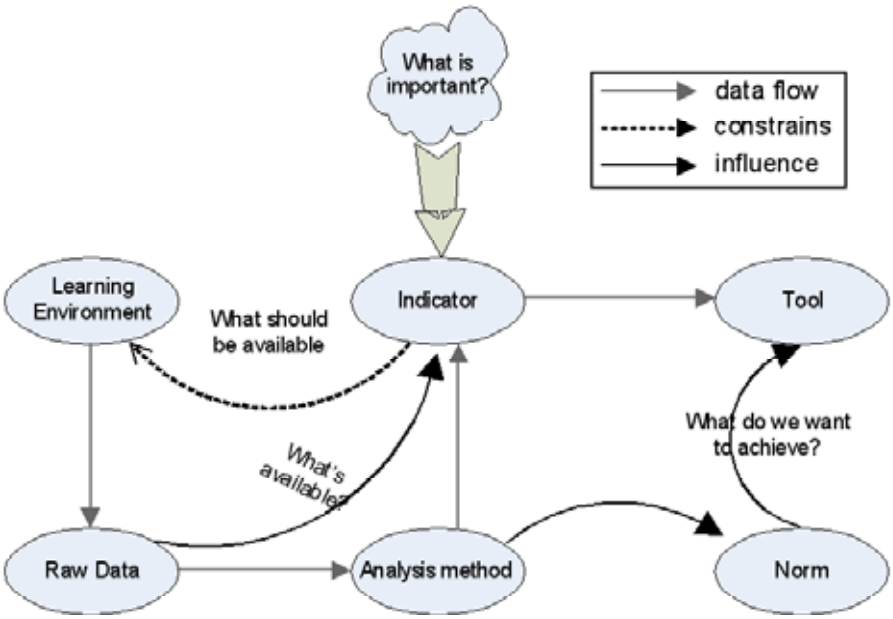


Figure 32. Schéma de l'analyse de l'interaction selon le projet IA.

Le questionnement et la formulation d'hypothèses sur l'interaction amènent à la définition d'indicateurs pédagogiques (large flèche grisée dans la figure 32), qui eux-mêmes conduisent à la définition d'un ensemble d'indicateurs computationnels. Chacun de ces indicateurs détermine ce qui doit être capturé comme données dans le dispositif d'apprentissage pour être établi (flèche en pointillés). A ce stade, l'EIAH considéré produit un ensemble de données brutes, ces données brutes conditionnant de fait la possibilité d'établir ou non l'indicateur. Les données brutes sont traitées et exploitées par une méthode d'analyse chargée d'établir l'indicateur qui pourra être transmis à un outil (l'EIAH lui-même ou un outil spécifique) chargé par exemple de sa visualisation. L'utilisation concrète de l'indicateur répond à une norme, une stratégie de guidage par exemple. Si cette norme existe, elle est influencée par la méthode d'analyse – cette dernière conditionne les formats de sortie des indicateurs –, mais elle influence également le choix de l'outil exploitant l'indicateur.

CAViCoLA s'est basé sur ce résultat pour proposer une modélisation du processus d'analyse de l'interaction dans des environnements d'apprentissage collaboratifs qui détaille le flot de données depuis l'EIAH source jusqu'à l'outil d'exploitation (flèches grisées de la figure 32). La figure 33 présente une représentation graphique de ce processus, extraite de [Harrer A., & al., 2008]. La partie gauche de la figure 33 présente la séquence générique de traitement des données. La partie droite de la figure 33 présente le processus d'analyse proposé par CAViCoLA qui reprend à son compte l'idée de la triangulation des résultats dans une approche multi-méthodes : des méthodes

[37] Citation originale : un indicateur d'analyse de l'interaction est « 'something' related to the 'quality' of individual activity (e.g. variables that he/she change, order of significant actions, etc.), the mode or the quality of the collaboration (e.g. division of labor, participation rates, categories of specific contributions), the process or the quality of the collaborative product. These variables have to be interpreted, taking into account, the learning activity, the profile of the participants and the context of interaction etc ».

quantitatives, des méthodes qualitatives, et un schéma de classification proposé par [Meier A., & al ., 2007] pour évaluer la qualité du processus de collaboration.

Toutes ces méthodes d'analyse suivent la séquence générique de traitement des données présentée en partie gauche de la figure 33 :

- collecter les données brutes ;
- segmenter ces données, c'est à dire transformer l'ensemble des données de manière à isoler des variables signifiantes (voir section 3.5.1. pour des exemples) ;
- pré-traiter les données segmentées par annotations qualitatives ou mesures quantitatives ;
- analyser les données suivant la méthode considérée ;
- visualiser ces données analysées ;
- interpréter les données.

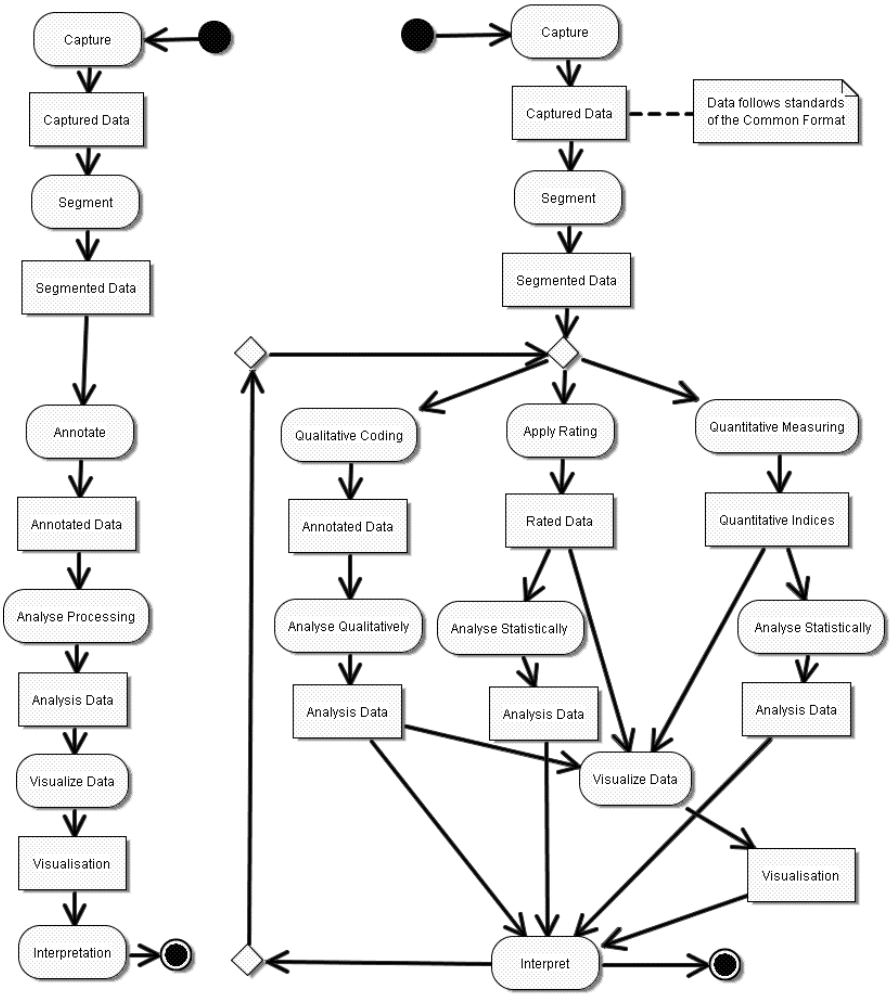


Figure 33. Le processus d'analyse des interactions proposé par CAViCoLA.

Pour opérationnaliser cette approche multi-méthodes, il est nécessaire que les EIAH sources et les outils d'analyse cibles communiquent entre eux. Pour adresser ces problèmes d'interopérabilité, IA

a proposé un format unifié de données destiné à jouer le rôle de représentation pivot entre EIAH et outils d'analyse (cf. figure 34). Ce format unifié dispose d'une description en XML (DTD). La communication entre un EIAH et un outil d'analyse est alors assurée par l'application de transformations XSL sur le format de sortie de l'EIAH et le format d'entrée de l'outil d'analyse : EIAH → XSL-T → DTD du format unifié → XSL-T → outil d'analyse.

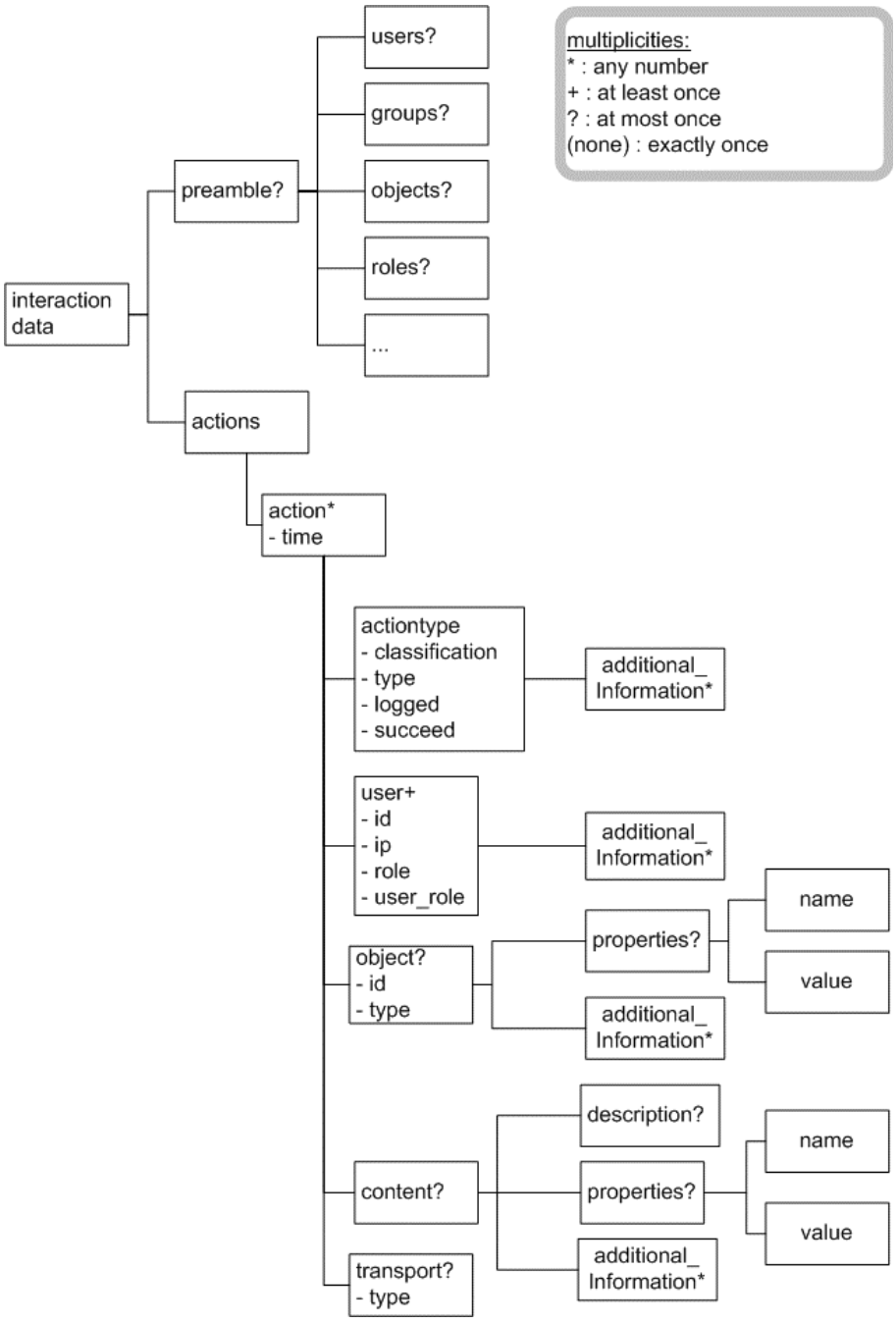


Figure 34. Structure simplifiée du format unifié de données d'interaction proposé par IA.

Ce format décrit chaque donnée d'interaction comme un ensemble d'actions (proches de la notion d'événement), caractérisées par trois éléments ou attributs requis :

- la date de l'action permet de situer les actions dans le temps et les unes par rapport aux autres ;

- le type de l'action est une description de l'action selon la typologie employée dans l'EIAH, comme par exemple « envoyer un message », « valider », « écrire », etc. ;
- les acteurs de l'action sont notamment caractérisés par le rôle qu'ils assument dans l'action.

Les autres éléments sont optionnels car les auteurs de ce format ont voulu le rendre assez flexible pour permettre la représentation d'informations générées par des EIAH spécifiques, très utiles pour certaines méthodes d'analyse. C'est le cas de l'élément « Object » qui permet de désigner quels sont les objets de l'EIAH impliqués dans l'action, ce qui est par exemple particulièrement utile pour l'analyse de l'interaction au sein d'interfaces à manipulation directe, comme un éditeur graphique. C'est également le cas de l'élément « Preamble » qui ne caractérise pas une action spécifique mais est relatif à la donnée d'interaction elle-même. Cet élément permet de caractériser le contexte de l'interaction en donnant des informations sur le scénario de l'activité qui a produit la donnée d'interaction.

Position. La double définition proposée par le projet ICALTS pour un indicateur nous semble très pertinente car elle permet d'appréhender l'indicateur sous l'angle de la motivation pédagogique et sous l'angle des moyens, en termes de données et de méthode d'analyse, à déployer pour l'établir. Projetées dans notre contexte d'étude, ces définitions induisent une participation active de l'enseignant dans la définition de ce qu'il faut observer, en définissant pourquoi il est important de chercher à l'observer. De plus, comme le schématise la figure 32, la définition des moyens techniques permettant l'établissement d'un indicateur amène les concepteurs et les développeurs à négocier ces moyens de manière pragmatique. Nous sortons du schéma classique où les possibilités d'analyse sont contraintes par les possibilités techniques de collecte comme c'est le cas dans la plupart des dispositifs d'apprentissage utilisant une plate-forme de e-formation spécifique. La définition des indicateurs tend à définir un cahier des charges technique qui peut engendrer la réingénierie de l'EIAH.

La démarche de triangulation des résultats d'analyse adoptée par les projets CAViCoLA et IA a amené les membres de ce projet à proposer des solutions au problème de l'interopérabilité des EIAH et des outils d'analyse. La solution retenue est un format unifié de données d'interaction qui a vocation de standard pour le développement d'outils d'analyse et d'EIAH [Harrer A., & al., 2008] et qui joue le rôle de représentation pivot entre les formats de sortie et d'entrée des EIAH et outils existants. Il nous semble que ce résultat est intéressant mais qu'il ne répond que de manière imparfaite au problème de l'interopérabilité. La volonté de pouvoir représenter des données de nature très différente de manière à ne pas appauvrir la sémantique des données produites par un EIAH et à satisfaire les besoins des outils d'analyse, a conduit les auteurs du format à rendre optionnels une grande partie des éléments (cf. figure 34). Il nous semble qu'ici, une approche par la (méta)modélisation aurait donné de meilleurs résultats (en termes de représentation bien définie et structurée) et que, plutôt qu'un format de représentation des données, un méta-langage permettant de représenter les modèles des données produites par les EIAH et les modèles des données requises par les outils d'analyse aurait été plus approprié.

3.5.5. Le projet DPULS : une approche de la capitalisation du savoir-faire de collecte et d'analyse des usages dans un EIAH

DPULS (Design Patterns for collecting and analysing Usage of Learning Systems) est une action du Réseau Européen d'Excellence Kaleidoscope qui s'est déroulée en 2005 [Choquet C., & al., 2005b]. L'idée sous-tendant ce projet était que le savoir-faire de collecte et d'analyse des usages mis en

œuvre pour un EIAH particulier était capitalisable et réutilisable dans la conception d'autres EIAH. L'objectif des participants à ce projet a donc été de capitaliser dans des Patrons de Conception [Alexander C., & al., 1977] leurs savoir-faire afin de constituer la base d'un langage de patrons dédié à la conception des modalités d'observation et d'analyse de ces observations dans un EIAH.

DPULS a proposé une typologie des données d'observation [Pozzi F., 2005] qui s'approprie le concept d'indicateur introduit par le projet ICALTS (cf. section 3.5.4.) en adaptant sa définition d'un point de vue computationnel : un indicateur est une variable signifiante sur le plan pédagogique, calculée ou établie à l'aide de données observées, et témoignant de la qualité de l'interaction, de l'activité et de l'apprentissage dans un EIAH. Comme le montre la figure 35, cette typologie fait aussi la différence entre une donnée dérivée (« derived-datum »), calculée ou établie à l'aide d'autres données, et une donnée primaire (« primary-datum »). Une donnée primaire est subjective (« subjective-datum »), c'est-à-dire établie *ex nihilo* par l'analyste de la session, brute (« raw-datum »), c'est-à-dire directement collectée avant, pendant ou après une session d'apprentissage, ou additionnelle (« additional-datum »), utilisée pour établir une donnée dérivée. Une donnée additionnelle peut être d'ordre contextuel (« contextualised-datum »), c'est-à-dire disponible avant la session, comme un scénario prédictif, la méta-donnée d'une ressource, une taxonomie décrivant le domaine d'apprentissage, ou prédictive (« predictive-datum »), à produire par les acteurs de la situation d'apprentissage pendant la session, comme la production d'un étudiant à évaluer, le compte-rendu d'activité d'un tuteur.

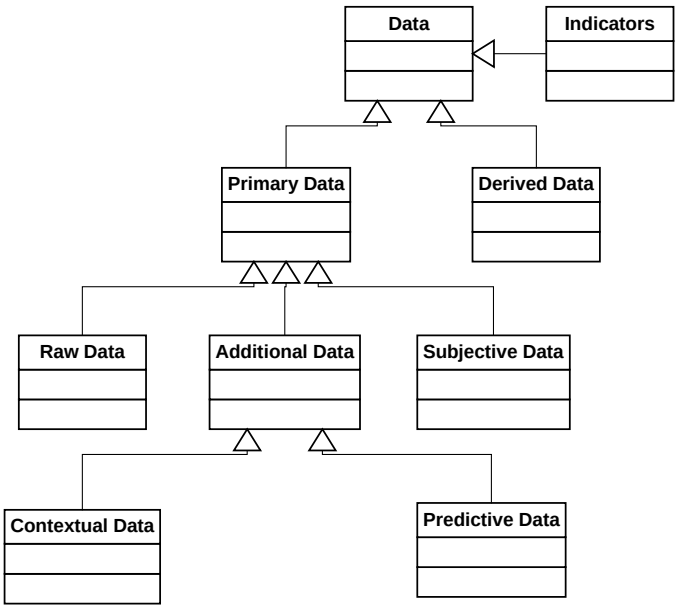


Figure 35. Typologie des données d'observation proposée par DPULS.

Un patron de conception est une structure proposant une solution éprouvée (un savoir-faire) à un problème connu pour survenir dans un certain contexte. Dans DPULS, une solution est un savoir-faire permettant d'établir des indicateurs mettant en évidence un problème dans l'utilisation d'un EIAH. La typologie des données d'observation a été utilisée pour décrire ces indicateurs.

Le modèle du langage de patrons de conception de DPULS est formé de trois composantes que nous listons ci-dessous et qui sont détaillées dans [Verdejo M.-F., 2005] :

- un gabarit (un modèle d'information) décrivant la structure d'un patron (cf. figure 36) ;

- des types de relations permettant d'établir des liens de spécialisation, de composition, de précédence, de dépendance et d'incompatibilité entre patrons de conception (cf. figure 37) ;
- des opérations décrivant les manipulations possibles sur les patrons (création, modification, suppression, recherche d'un patron).

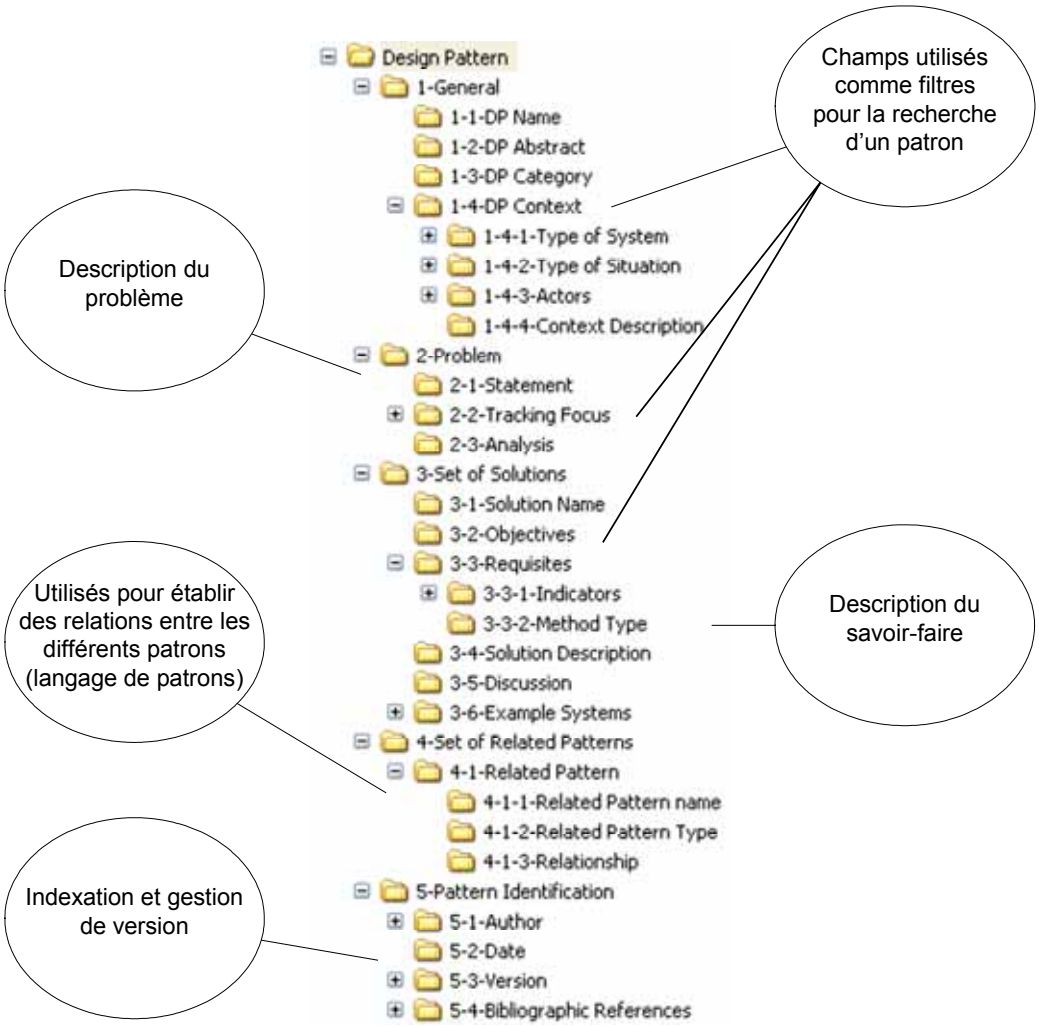


Figure 36. Gabarit d'un patron de conception dans DPULS.

Ce modèle du langage a été implanté dans une application Web (technologie XML, Java) et 40 patrons de conception ont été saisis jusqu'à présent, formant la base du langage de patrons dédié à la collecte et l'analyse des usages dans les EIAH (cf. figure 37) [DPULS, 2005].

Un patron DPULS est un quintuplet (General, Problem, Set of Solutions, Set of Related Problems, Pattern Identification) :

- la structure « General » décrit la portée du problème, notamment par un contexte d'application caractérisé par un type d'EIAH, un type de situation pédagogique et les acteurs cibles de l'analyse des usages prescrite par le patron ;
- la structure « Problem » décrit le problème d'analyse des usages traité par le patron ;
- la structure « Set of Solutions » décrit la ou les solution(s) au problème applicable(s) dans le contexte d'application du patron, notamment en définissant les indicateurs à établir et en caractérisant la méthode d'analyse permettant de les établir ;

- la structure « Set of Related Patterns » assure l'effectivité du langage de patrons en permettant de lier un patron à d'autres – qu'ils soient des patrons DPULS ou des patrons d'autres langages de patrons – aux moyens des relations définies par le modèle du langage ;
- la structure « Pattern Identification » permet d'indexer le patron, d'en gérer les versions et d'y associer des références bibliographiques.

Un exemple d'un patron DPULS peut être consulté dans la deuxième partie de ce document ; l'ensemble des patrons peut être consulté en utilisant le browser DPULS [DPULS, 2005] ou dans [Delozanne E., 2005].

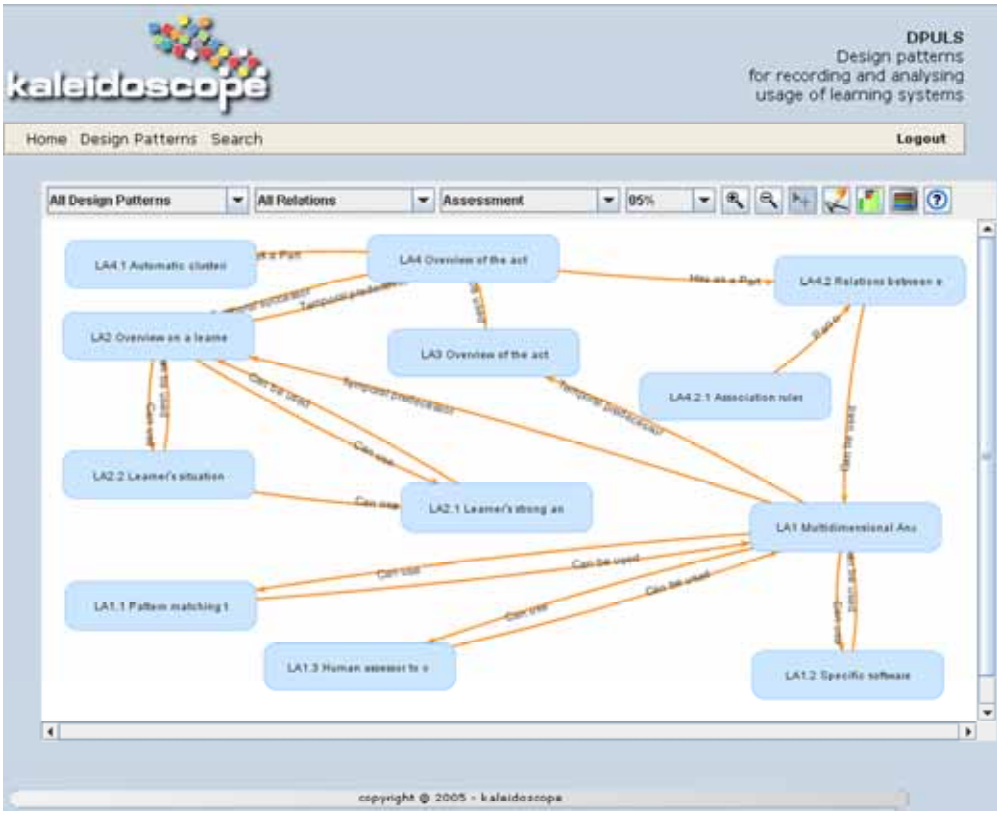


Figure 37. Copie d'écran du browser DPULS : extrait du langage de patrons.

Position. Nous avons monté et coordonné ce projet parce que nous voulions étudier, en collaboration avec d'autres équipes, la possibilité de capitaliser, sous une forme réutilisable par des enseignants, les savoir-faire en matière de collecte et d'analyse des usages dans les EIAH. Les résultats de DPULS sont satisfaisants sur plusieurs points :

- L'ensemble des partenaires a réussi à abstraire leurs solutions des EIAH pour lesquels elles avaient été développées, et à les formaliser dans une structure commune (les patrons). En constatant la diversité des EIAH et des situations pédagogiques considérés, ce projet a montré que des pratiques d'analyse diverses pouvaient être décrites dans un format commun, suffisamment bien défini pour permettre une prospection multi-critères du langage de patrons. Cet aspect est fondamental dans une perspective d'instrumentation des concepteurs d'un EIAH avec des outils leur permettant de partager et de réutiliser leurs savoir-faire.
- Par l'intermédiaire des relations proposées par le langage de patrons, DPULS offre un moyen de combiner l'application de plusieurs patrons pour traiter d'un problème d'analyse des usages

complexe, permettant par exemple, grâce aux relations de similarité entre les patrons, la triangulation des résultats par une approche multi-méthodes, comme adoptée par CAViCoLA.

- Le modèle d'information d'un patron DPULS comprend beaucoup de champs dédiés à la description et à l'exemplification en langage naturel. Les textes saisis dans ce type de champ s'adressent directement aux enseignants concepteurs en usant d'un langage volontairement non techno-centré et à la portée d'un néophyte en techniques d'analyse (voir par exemple la description de la méthode d'analyse proposée par le patron « Playing Around with Learning Resources » dans la seconde partie de ce document). Cet effort d'écriture nous semble être de nature à permettre à l'enseignant de (1) maîtriser l'ensemble des choix liés à l'observation de l'activité d'apprentissage tout en (2) lui donnant les moyens d'acquérir des connaissances en matière d'analyse des usages, ces deux points faisant partie de nos objectifs de recherche (cf. section 2.2.). Le lien entre ces descriptions non techniques et le détail opératoire d'une solution est assuré par la mention d'indicateurs dans le patron. Les méthodes d'analyse permettant d'établir ces indicateurs sont décrites en détail, et parfois même de manière formelle quand elles s'y prêtent, dans un répertoire de savoir-faire (non accessible depuis le browser mais consultable dans [Pozzi F., 2005]). Ceci est très intéressant du point de vue de notre problématique car cela permet aux concepteurs et aux développeurs de négocier, dans leur contexte d'application spécifique, la faisabilité de l'implantation de la solution proposée par le patron, mais également d'élaborer ensemble une adaptation de la solution.

Ce dernier point n'a pas été suffisamment approfondi par DPULS : nous pensons qu'il faut aller plus loin dans la formalisation des indicateurs pour faciliter la réutilisation des méthodes d'analyse des usages. La typologie des données d'observation proposée par le projet est statique par définition et elle ne permet pas de représenter la façon d'établir l'indicateur à partir des données brutes. Pourtant, les spécifications des méthodes d'analyse [Pozzi F., 2005] sont toutes présentées dans un format commun :

- description du problème traité (nom du problème, catégorisation du problème, définition du problème, graphe des problèmes connexes) ;
- description générale de la solution (objectif d'analyse, description informelle, liste des indicateurs utilisés, graphe d'établissement des indicateurs à partir des données brutes, conformément à la typologie des données d'observation) ;
- pour chaque indicateur, description détaillée de la collecte des données brutes et de la méthode de traitement des données dérivées impliquées dans l'établissement de l'indicateur.

Ce gabarit dédié à la spécification des méthodes d'analyse et des indicateurs est un premier pas vers un langage de modélisation de l'observation des usages dans un EIAH. Ce point n'a pas été traité dans DPULS. Il nous semble pourtant très important de faire des propositions dans ce sens : dans une perspective de capitalisation des savoir-faire, nous devons outiller la communauté de pratique avec des langages permettant la modélisation de son savoir-faire. Le langage de patrons de DPULS est une proposition centrée sur le concepteur ; il n'instrumente pas, dans une perspective d'opérationnalisation, la modélisation de l'établissement d'un indicateur. Nous présentons dans la deuxième partie de ce document nos propositions pour couvrir ce manque.

4. PROBLEMATIQUE SCIENTIFIQUE

Pour C. Bélisle et M. Linard, citées dans [Barbot M.-J., & Camatarri G., 1999], il est nécessaire « d'identifier de nouvelles compétences et de redéfinir les anciennes à la lumière des innovations produites par les technologies de l'information et de la communication, et d'élaborer un cadre théorique et organisationnel capable de motiver les formateurs suivant des parcours qui ne soient pas simplement informatifs ou comportementalistes, mais qui leur assurent une redéfinition existentielle de leur rôle ».

Nos constatations sur le terrain et nos travaux antérieurs à la période couverte par ce document nous ont amené à définir notre objectif général de recherche comme une reformulation de cette affirmation selon le point de vue de l'Ingénierie des EIAH.

Objectif général de nos recherches

« Il est nécessaire de définir un cadre d'ingénierie des EIAH capable de motiver les formateurs pour assumer de nouveaux rôles, pour faire évoluer leurs compétences, de manière à intégrer les EIAH dans leurs pratiques pédagogiques ».

Un des rôles importants du formateur est la conception et la préparation de ses interventions : c'est en concevant son cours que l'enseignant élabore sa stratégie pédagogique, témoin de ses pratiques. Nos expériences passées nous ont amené à constater le manque de motivation des enseignants lorsqu'ils doivent assumer ce rôle de conception dans le contexte du développement d'un EIAH, et nous avons identifié trois scénarios d'ingénierie expliquant ce manque de motivation. C'est donc bien sur le cadre d'ingénierie qu'il faut peser pour permettre à l'enseignant de s'investir dans la conception d'un EIAH.

Un cadre d'ingénierie est avant tout une approche méthodologique structurée par un processus de développement. Dans le contexte que nous avons particulièrement étudié, celui de la scénarisation pédagogique, nous avons montré que l'approche dominante des travaux visait un processus d'ingénierie industriel, où tenir le rôle de concepteur implique de maîtriser une méthode d'ingénierie lourde et complexe comme MISA (cf. section 3.1.), ou d'utiliser un langage formel de modélisation, comme IMS-LD, LDL ou PALO (cf. section 3.2), nécessitant de s'approprier une métaphore et, plus largement, un méta-modèle qui ne réifie pas le métier du praticien pédagogue. Certains travaux ont bien compris que cela n'incitait pas l'enseignant à adopter cette approche mais ont fait l'hypothèse, comme Genscen' ou, dans une moindre mesure, Collage et FreeStyler (cf. section 3.3.), qu'il ne s'agissait que d'un problème d'outillage. D'autres comme CPM (cf. section 3.4.2.) ont pensé que le problème venait de l'approche trop généraliste et couvrante des méthodes et des modèles proposés. Ils ont donc défini, pour une classe particulière de situations pédagogiques, des modèles spécialisés, proches du métier de l'enseignant mettant en œuvre de telles situations.

Nous pensons comme les auteurs de CPM que l'évolution du rôle de concepteur, nécessaire pour l'intégration des EIAH dans les pratiques pédagogiques, ne pourra pas être assumée par les enseignants s'ils ne peuvent pas décrire leurs scénarios pédagogiques dans leurs propres termes. Autrement dit, il est nécessaire de définir un processus de conception où le concepteur pourra

décrire un scénario pédagogique par un modèle métier, en utilisant un langage spécifique reposant sur un méta-modèle exprimant l'univers métier de l'utilisation du scénario. Nous utilisons ici le terme « métier » pour qualifier l'ensemble des caractéristiques du contexte d'un scénario pédagogique : les caractéristiques du domaine d'apprentissage ciblé par le scénario pédagogique, les caractéristiques du type de situation pédagogique décrite par le scénario, les caractéristiques de l'usage du scénario (organisation, acteurs, etc.).

Comme le LIUPPA et ses travaux sur CPM et le LIFL et ses travaux sur Bricoles et MDEduc (cf. section 3.4.), nous avons fait l'hypothèse qu'une approche inspirée de l'Ingénierie Dirigée par les Modèles est pertinente pour parvenir à cet objectif.

Les approches CPM et MDEduc sont complémentaires. L'une, celle de CPM, propose que les chercheurs s'engagent dans la définition de méta-modèles spécifiques à un univers métier – dans le cas de CPM, les pratiques pédagogiques à base de situations-problèmes coopératives – et les proposent ensuite à la communauté de pratique ciblée. L'autre, celle de MDEduc, choisit d'instrumenter les enseignants pour qu'ils produisent leurs propres méta-modèles, spécifiques à leurs univers métier. Nous définissons l'approche CPM comme étant une approche interprétative de la conception : le concepteur utilise un méta-modèle défini pour son univers métier, l'interprète et se l'approprie, au besoin en le faisant évoluer. Nous définissons l'approche MDEduc comme étant une approche constructive de la conception : le concepteur construit un méta-modèle, avec l'hypothèse que ce méta-modèle sera ancré dans son univers métier et que cela lui permettra de définir un scénario pédagogique conforme à ses intentions de conception.

Nous pensons que ces deux approches doivent être utilisées pour faire émerger des méta-modèles susceptibles chacun de faire consensus pour une communauté de pratique particulière : l'approche constructive est une force de proposition de méta-modèles, l'approche interprétative est une force de stabilisation par le consensus autour d'un méta-modèle.

Dans le contexte de la scénarisation pédagogique, l'utilisation d'un méta-modèle d'expression pédagogique, et donc d'un langage de modélisation pédagogique, influence l'organisation de l'activité de conception : l'utilisation d'IMS-LD par exemple, par sa centration sur le concept d'activité, implique de chercher à caractériser les activités en identifiant les rôles participants, les objectifs d'apprentissage, etc. ; l'utilisation de PALO requiert quant à elle la définition du domaine d'apprentissage dans une approche ontologique. Nos travaux et nos expérimentations, notamment dans un contexte de conception collective, nous ont amené à constater que l'organisation de l'activité de conception dépendait également de nombreux paramètres liés au contexte de l'activité de conception elle-même, comme la constitution du groupe de concepteurs, les modalités de travail, les pratiques pédagogiques des uns et des autres, etc.

Nous pensons que les organisations de l'activité de conception, que nous appelons par la suite les scénarios de conception, sont des savoir-faire qui doivent être capitalisés et partagés au même titre que les méta-modèles d'expression pédagogique et les scénarios pédagogiques. Parce qu'ils sont dépendants de la nature du méta-modèle d'expression pédagogique, ces scénarios de conception, notamment dans une approche constructive de la conception, doivent émerger de l'activité de conception elle-même. Suivant le même principe que pour un méta-modèle d'expression pédagogique, les approches interprétatives et constructives doivent être utilisées pour faire émerger des scénarios de conception susceptibles chacun de faire consensus pour une communauté de pratique particulière : l'approche constructive est une force de proposition de scénarios de conception, l'approche interprétative est une force de stabilisation par le consensus autour d'un scénario de conception.

Dans une approche IDM, les modèles sont productifs, c'est à dire qu'ils sont utilisés pour produire du code, par transformation. Dans le contexte de la scénarisation pédagogique, le scénario est destiné à être déployé sur une plate-forme logicielle existante : il n'y a pas à proprement parler de production de code. Par contre, le scénario produit doit être computationnel et interprétable par la plate-forme cible. Nous nous inscrivons donc dans une perspective d'opérationnalisation des scénarios pédagogiques ; cela implique que les scénarios soient formels et computationnels.

Mais nous ne voulons pas que ces scénarios computationnels soient obtenus au détriment de leur expressivité par des transformations générant des pertes sémantiques (par exemple en adoptant un standard tel qu'IMS-LD pour l'opérationnalisation) : l'opérationnalisation d'un scénario doit être négociée entre le concepteur et le développeur, quitte à envisager la réingénierie de la plate-forme cible pour la rendre apte au déploiement d'un scénario conforme aux spécifications de conception. Cela implique au minimum de s'assurer que le méta-modèle d'expression pédagogique utilisé ou défini par le concepteur soit également computationnel, afin de laisser la possibilité de développer un « player » spécifique pour des scénarios qui lui sont conformes. Dans notre perspective de cristallisation de communautés de pratique autour de méta-modèles métier, la démarche reste cohérente d'un point de vue économique : la transformation du scénario pédagogique vers un standard tel qu'IMS-LD ou l'opérationnalisation telle que celle mise en œuvre dans le projet Bricoles est souhaitable si le méta-modèle utilisé ou défini par le concepteur est émergent, mais pas s'il est partagé par une large communauté de pratique.

Ainsi, notre problématique scientifique se décline sur une première direction de recherche.

1ère direction de recherche

Nous voulons définir, puis instrumenter, un processus de conception où le concepteur peut adopter une approche interprétative ou constructive de la conception : il doit pouvoir définir son propre méta-modèle d'expression pédagogique ou s'approprier un méta-modèle existant, et décrire ensuite des scénarios pédagogiques conformes à ce méta-modèle.

Ce processus de conception doit également permettre au concepteur d'adopter une approche interprétative ou constructive pour l'organisation de sa conception : il doit pouvoir définir son propre scénario de conception ou s'approprier un scénario de conception existant.

Les méta-modèles et les scénarios pédagogiques doivent être formels, computationnels et suffisamment documentés pour permettre l'opérationnalisation des scénarios pédagogiques sur la plate-forme cible et faciliter la négociation de la réingénierie de cette plate-forme.

Nos travaux nous ont également montré (cf. le troisième scénario d'ingénierie présenté en section 2.1.) que, pour assumer leur rôle de concepteur, les enseignants avaient besoin d'avoir un retour sur l'usage de l'EIAH, et que ce retour facilitait la décision d'actes de réingénierie pour améliorer la qualité de la situation pédagogique mise en place.

A l'inverse d'autres travaux en analyse des traces d'usage tels que LISTEN, nous considérons que l'observation et l'analyse de l'activité d'apprentissage est un des rôles que sait tenir un enseignant. Dans le contexte de l'utilisation d'un EIAH, l'évolution de ce rôle doit lui permettre non seulement d'accéder à l'information collectée, mais aussi de définir quelle doit être cette information, et pourquoi il est important d'en disposer. Dans son contexte, MUSETTE, par l'intermédiaire des signatures de tâches expliquées, témoigne de l'intérêt de cette approche.

Nous pensons donc que l'activité de scénarisation pédagogique inclut la définition d'observables à niveau métier, des indicateurs pédagogiques spécifiant les informations à collecter pendant une session d'apprentissage[38]. Nous nous approprions ici la notion d'indicateur initialement proposée par le projet ICALTS dans le contexte de l'analyse de l'interaction : les deux définitions de ce concept, l'une sur le plan pédagogique, l'autre sur le plan technique, nous semblent de nature à favoriser la compréhension et la négociation entre les concepteurs, les développeurs et les analystes. D'autre part, les informations collectées et éventuellement traitées par des techniques d'analyse de trace, doivent être accessibles au concepteur, depuis son référentiel métier. Ce dernier point implique donc que le méta-modèle d'expression pédagogique prenne en compte la représentation de ces informations. Cette position sur la représentation des traces est proche de celle des membres du projet TRAILS, qui considèrent les parcours d'apprentissage prescrits et observés sur un même plan. Elle ne fait par contre pas d'hypothèses sur l'outillage de la visualisation que nous n'abordons pas dans nos travaux, mais aide à la comparaison entre les scénarios pédagogiques prédictifs et les scénarios observés.

Notre public cible est constitué d'enseignants et de formateurs qui ne sont pas des spécialistes du développement d'EIAH, mais qui interagissent dans une organisation mettant à disposition des ressources humaines et techniques de développement. Nous voulons donc permettre aux différents acteurs de ces organisations de mieux communiquer autour des artefacts produits et à produire. Sur le plan de l'observation des usages, il faut donc s'assurer que le déploiement des moyens d'observation permettant l'établissement des indicateurs pédagogiques correspond bien à l'intention du concepteur, en facilitant la communication entre ce dernier et l'analyste par l'explicitation des spécifications. Nous avons ici sur la modélisation des usages la même position que sur la scénarisation pédagogique : les possibilités d'observation ne doivent pas être contraintes par les possibilités de la plate-forme cible, la modélisation de l'observation doit être l'occasion de définir des actes de réingénierie de la plate-forme cible, de manière à s'assurer de la collecte des données requises pour l'établissement des indicateurs pédagogiques.

Ceci constitue notre seconde direction de recherche.

2nde direction de recherche

Nous voulons définir, puis instrumenter, un processus d'ingénierie et de réingénierie où le concepteur peut spécifier l'observation de la situation pédagogique à mettre en place en utilisant ou définissant des indicateurs pédagogiques.

Cette spécification faisant partie de la définition du scénario pédagogique, le méta-modèle d'expression pédagogique défini ou utilisé par le concepteur doit intégrer les concepts nécessaires à la spécification des observables.

Ce méta-modèle d'expression pédagogique doit également permettre la représentation des observés pour faciliter la comparaison entre les scénarios prédictifs et les scénarios observés.

La spécification de l'observation doit faciliter la négociation de la réingénierie de la plate-forme cible pour la rendre capable de collecter les données requises pour l'établissement des indicateurs pédagogiques.

[38] Nous considérons une session d'apprentissage comme étant le temps nécessaire pour la réalisation de l'activité d'apprentissage déployée par l'EIAH, et non le temps de connexion à un système informatique.

Si nous avons pris pour objet de recherche l'ingénierie des EIAH, c'est pour tenter de trouver des solutions à l'apparente incompatibilité que nous relevions en introduction de ce document entre les modèles économiques favorisant la rentabilité du développement de l'EIAH et ceux favorisant sa qualité et la satisfaction de ses concepteurs. Nous pensons que les artefacts produits au cours d'un processus d'ingénierie et de réingénierie d'un EIAH sont capitalisables et partageables. Par artefact, nous n'entendons pas seulement l'EIAH lui-même ou l'un de ses composants logiciels, mais aussi et surtout les modèles et méta-modèles produits, les scénarios de conception [Laforcade P., & Choquet C., 2006], les bonnes pratiques d'analyse de trace, les usages collectés.

Sur le plan de la scénarisation pédagogique, nous considérons que les propositions actuelles de langages de modélisation pédagogique ne répondent pas aux besoins des enseignants parce que la communauté de pratique des EIAH n'existe pas en tant que telle – ces membres ne s'identifient pas par le partage de pratiques communes – et qu'il est illusoire, à ce jour, de proposer une spécification de langage à vocation de standard. Par contre, nous faisons l'hypothèse que le partage de ces artefacts cristallisera de réelles communautés de pratiques, dépassant le simple cercle de leurs auteurs, notamment par le partage des méta-modèles d'expression pédagogique, parce qu'ils sont les témoins d'un métier spécifique. Nous pouvons espérer l'obtention de consensus autour de méta-modèles, ce qui induira la réutilisation de scénarios.

Sur le plan de l'analyse des traces d'usage, nous considérons que la communauté scientifique s'est maintenant suffisamment structurée pour s'intéresser à la capitalisation et au partage des savoir-faire d'analyse de traces : l'évolution du projet LISTEN, la proposition de format unifié du projet IA et la démarche de capitalisation par des patrons de conception dédiés du projet DPULS en témoignent. L'explicitation, la capitalisation et le partage de ces méthodes contribuera à diminuer les coûts de l'analyse, souvent responsables d'une politique d'analyse des usages superficielle. Nous pensons qu'il faut ici donner les moyens à la communauté de pratique de partager et de réutiliser des savoir-faire d'analyse de traces et cela, sur trois dimensions :

- en caractérisant les techniques d'analyse des traces d'usage par des motivations pédagogiques, dimension abordée par DPULS ;
- en favorisant l'interopérabilité des outils, dimension abordée par CAViCoLA ;
- en permettant la description structurée des indicateurs pédagogiques.

Enfin, et de manière plus classique, il est nécessaire de donner les moyens aux bonnes pratiques d'émerger du terrain, en complément des propositions de la communauté scientifique. La recherche de ces moyens est un objet d'étude en soi. Nous avons fait le choix d'étudier plus particulièrement la possibilité de capter des patrons de conception et d'analyse.

Ceci constitue notre troisième direction de recherche.

3ème direction de recherche

Nous voulons définir, puis instrumenter, un processus d'ingénierie et de réingénierie qui incite à capitaliser les artefacts produits au cours de ce processus.

Ce processus doit également permettre le partage et la réutilisation de ces artefacts, dans l'objectif de développer des communautés de pratiques, de donner aux enseignants des outils leur permettant d'acquérir de nouvelles pratiques, et de rationaliser les coûts de développement induits.

5. METHODOLOGIE DE RECHERCHE

Nous consacrons cette section à la présentation de notre méthodologie de recherche et à ses évolutions, en fonction de l'évolution de notre problématique, de notre compréhension du domaine et des résultats nationaux et internationaux établis dans le champ. Parce que cette méthodologie est très liée à l'historique du projet REDiM, nous rappelons dans un premier temps les événements ayant marqué la structuration du projet.

5.1. Historique du projet REDiM

Quand nous sommes arrivés en septembre 2000 à l'IUT de Laval, nous étions le troisième enseignant-chercheur du LIUM sur le site. Une de nos « missions » était de tenter de structurer la recherche en informatique sur le site Lavallois. En collaboration avec les deux enseignants-chercheurs en Informatique déjà présents (V. Barré et X. Dubourg), nous avons rapidement monté une action de recherche se proposant d'étudier la dynamique existant entre la réingénierie pédagogique et le tutorat dans une plate-forme de formation ouverte à distance (FOAD).

Dès cette époque, nous avons considéré que nos travaux ne pouvaient se passer d'expérimentations, tant pour tenter de cerner la nature de la réingénierie d'un EIAH que pour prouver nos hypothèses. Le recrutement en 2001 de P. Cottier, enseignant-chercheur en Sciences de l'Information et de la Communication spécialisé dans l'analyse des usages de dispositifs techniques, nous a aidé à monter dès septembre 2002, avec l'appui de A. Corbière dont nous encadrions scientifiquement la thèse, une première expérimentation se proposant, entre autres, de confronter les intentions de conception qui avaient donné naissance à un dispositif pédagogique à ses usages, afin de déterminer la nature des actes de réingénierie que cette confrontation engendrait.

Avec A. Corbière, nous avons défini un modèle métier du processus d'ingénierie et de réingénierie d'un EIAH, obtenu par instanciation du méta-standard ODP-RM [ISO/IEC-10746-2, 1996]. Ces résultats ont fait l'objet de publications et ont été présentés à l'AFNOR, dans le cadre de son étude de la proposition de standard LTSA [IEEE-LTSA, 2002]. Ce résultat nous a ensuite permis, en intégrant les résultats des autres axes, de proposer le processus de conception et de réingénierie collectives d'un scénario pédagogique que nous présentons dans la 2ème partie de ce document.

Dans une seconde phase initiée dès 2004, notre projet de recherche, adoptant dans le même temps l'acronyme REDiM, s'est progressivement focalisé sur l'étude de la réingénierie d'un scénario pédagogique. Nous avons alors restructuré le projet en bénéficiant notamment de l'arrivée en 2004 de deux étudiants en thèse, H. El Kechaï et N. Randriamalaka, et en 2003 de S. Iksal en tant que Maître de Conférences en Informatique.

En 2005, le projet a pris sa forme actuelle :

- un premier axe centré sur l'élaboration du processus de conception et de réingénierie d'un scénario pédagogique,
- un deuxième axe centré sur l'instrumentation de la modélisation et de la méta-modélisation d'un scénario pédagogique,

- un troisième axe centré sur la modélisation et l'analyse de traces dans un contexte de scénarisation pédagogique.

En 2005, P. Cottier a monté le projet de recherche LEA (Livret Electronique d'Apprentissage) financé par l'ANR (Agence Nationale de la Recherche). Ce projet étudie le processus d'ingénierie et de réingénierie de scénarios pédagogiques suivant l'approche de la conception participative, en partenariat avec un Centre de Formation par l'Apprentissage. C'est dans son contexte que nous menons une expérimentation d'envergure destinée à explorer les processus de scénarisation pédagogique selon une approche constructive de la modélisation. Ces travaux sont présentés dans la seconde partie de ce document. C'est également en 2005 que nous avons monté et coordonné le projet DPULS, action financée du Réseau Européen d'Excellence Kaleidoscope. Nous avons initié ce projet dans le cadre de nos recherches sur l'analyse des traces d'usage des EIAH qui nous ont conduit à proposer, avec S. Iksal, un langage support à la modélisation des observations que nous présentons dans la seconde partie de ce document.

Depuis 2005, P. Laforcade a été recruté comme enseignant-chercheur en informatique et B. Zendagui (en 2006) en tant qu'étudiant en thèse. Nous travaillons avec V. Barré, S. Iksal et ces deux chercheurs à intégrer nos résultats sur les axes 2 et 3 du projet REDiM, pour élaborer des propositions dans le champ de la modélisation et de la méta-modélisation conjointes d'un scénario pédagogique et de l'observation de son usage.

Avec l'arrivée récente des enseignants-chercheurs en Informatique C. Piau Toffolon et L. Oubahssi en 2006, puis de R. Crétin, enseignant-chercheur en Sciences de l'Information et de la Communication recrutée en 2007, et de D. Pham Thi Ngoc, étudiante débutant une thèse dans le champ de l'analyse des traces des EIAH, le projet REDiM bénéficie actuellement des contributions de huit enseignants-chercheurs et de quatre doctorants.

5.2. Méthodologie de recherche et ses évolutions

Comme nous le soulignons en section 4 de ce document, notre objectif général de recherche est de définir un cadre d'ingénierie des EIAH capable de motiver les enseignants pour assumer de nouveaux rôles, pour faire évoluer leurs compétences, de manière à intégrer les EIAH dans leurs pratiques pédagogiques.

La volonté de procéder par l'expérimentation est une des constantes de notre méthodologie : nous avons voulu adopter une démarche empirique, articulant des expérimentations préliminaires nous permettant de faire des propositions suite à une analyse, et des expérimentations de validation, nous permettant de valider ou de réfuter les hypothèses sous-jacentes à nos propositions[39]. Cette démarche nous semble particulièrement indiquée pour une recherche dont l'objet d'étude est l'activité humaine. De plus, il faut noter que nos expérimentations se déroulent généralement sur plusieurs années, le déroulement d'un cycle d'ingénierie/réingénierie dans notre contexte étant rythmé par la succession des promotions d'apprenants : dans le cadre d'une expérimentation en milieu universitaire par exemple, le premier déploiement d'un scénario se fait avec une promotion

[39] Nos propositions portent sur la définition et l'instrumentation du processus d'ingénierie et de réingénierie d'un EIAH. La pertinence de ces propositions s'évalue donc par rapport à l'activité des acteurs impliqués dans ce processus : en quoi la proposition contribue à améliorer (1) la communication entre les acteurs du processus, (2) l'implication des enseignants dans ce processus, (3) la perception des usages observés de l'EIAH par les enseignants.

d'étudiants, le second déploiement permettant de vérifier les effets des actes de réingénierie se fait l'année suivante, avec une autre promotion.

Dans le contexte initial de nos travaux, les principales propositions de spécifications à vocation de standard pour la FOAD voyaient le jour :

- La norme LOM (Learning Object Metadata) pour l'indexation de ressources pédagogiques ;
- la proposition LTSA (Standard for Learning Technology Systems Architecture) qui fut abandonnée quelques années plus tard ;
- les spécifications du consortium IMS, avec notamment la proposition IMS Learning Design ;
- la spécification SCORM (Sharable Content Object Reference Model).

L'idée première a été de chercher à formaliser un processus d'ingénierie et de réingénierie pédagogique dans le contexte de l'utilisation de ces propositions, nouvelles à l'époque. Nos premiers travaux ont consisté à étudier ces propositions et à en expérimenter l'utilisation avec des enseignants. Ces travaux ont fourni un ensemble de résultats dans le cadre de la thèse de A. Corbière, notamment une première formalisation d'un modèle métier du processus de réingénierie d'un EIAH que nous présentons dans la deuxième partie de ce document, et nous ont également permis de mieux cerner les limites de ces propositions de standards.

Nous avons constaté dans nos expérimentations que l'artefact le plus travaillé et discuté dans le processus de conception par les enseignants était le scénario pédagogique. Nous avons donc plus spécifiquement étudié la proposition IMS-LD et nous en avons conclu (voir section 3.2.1.) que ce langage n'était pas mûr pour être considéré comme un standard et que les enseignants, ne retrouvant pas leur univers métier dans ses concepts, ne s'appropriaient pas le langage. Nous avons alors décidé qu'il était nécessaire de développer des travaux sur la modélisation et la méta-modélisation d'un scénario pédagogique : ne pas considérer le langage de modélisation pédagogique comme imposé, mais supporter son évolution, voire sa définition, pour permettre aux enseignants de concevoir des scénarios pédagogiques dans leurs univers métier. Dans le même temps, il nous fallait étudier les moyens de capitalisation de ces modèles et méta-modèles métier afin de faire évoluer les compétences des enseignants dans le champ de la scénarisation pédagogique et de l'observation de l'utilisation d'un EIAH.

Cette évolution dans notre problématique nous a amené à structurer le projet REDiM selon les trois axes de recherche que nous avons introduits dans la section précédente (5.1.).

Pour élaborer le processus de conception et de réingénierie d'un scénario pédagogique, nous avons fait l'hypothèse qu'une approche IDM était pertinente. C'est dans ce cadre que nous avons participé à l'Action Spécifique du CNRS « Conception d'une Plate-forme pour la recherche en EIAH », coordonnée par Alain Derycke, et que nous sommes en relation avec les différentes équipes travaillant dans le champ de la scénarisation pédagogique selon une approche IDM [Laforcade P., & al., 2007].

Le fait de considérer un processus de conception où l'enseignant définit ou adapte un méta-modèle d'expression pour modéliser son scénario pédagogique amène à intégrer deux approches de la modélisation : l'approche interprétative et l'approche constructive. Nous avons donc décidé d'étudier ces deux approches dans le cadre de deux expérimentations qui sont toujours en cours. Ces travaux sont présentés dans la seconde partie de ce document. Ces études nous ont permis d'élaborer, en collaboration avec H. El Kechaï et sur la base du processus métier d'ingénierie et de réingénierie d'un EIAH défini dans le cadre de la thèse de A. Corbière, un processus de conception

et de réingénierie collectives d'un scénario pédagogique qui intègre ces deux approches et permet la capitalisation et la réutilisation des méta-modèles d'expression pédagogique et des scénarios.

Sur le plan de la modélisation de l'observation et de l'analyse des traces d'usage d'un EIAH, nous avons constaté au début de nos travaux que :

- les langages de modélisation pédagogique n'offraient que peu de moyens de modélisation de l'observation et pas du tout de solutions pour représenter les scénarios observés ;
- le travail sur la capitalisation et le partage des savoir-faire en matière d'analyse de traces était embryonnaire au niveau de la communauté et ne prenait pas l'enseignant pour cible.

Nous avons donc décidé de développer des travaux visant à impliquer l'enseignant dans la modélisation de l'observation et dans l'analyse des traces d'usage d'un EIAH. Cela a été fait au moyen de plusieurs actions :

- Le montage du projet européen DPULS pour étudier les possibilités de capitaliser l'expertise d'analyse de traces dans des patrons de conception. Ce projet a établi des propositions intéressantes (détaillées en section 3.5.5.) que nous avons utilisées dans notre problématique.
- Une analyse syntaxique de la représentation XML de IMS-LD d'abord, d'un méta-modèle métier spécifique ensuite, pour étudier la possibilité de proposer de manière proactive au concepteur des observables pertinents en fonction du scénario pédagogique qu'il a défini. Cette étude menée par V. Barré est toujours en cours et n'est pas présentée dans ce document (voir pour plus de détails [Barré V., & al., 2007b], [Barré V., & Choquet C., 2005a] et [Barré V., & Choquet C., 2005b]).
- Une étude de la modélisation et de l'analyse des observations dans un contexte de scénarisation pédagogique pour instrumenter le concepteur, le développeur et l'analyste dans leurs activités respectives de modélisation de l'observation et d'interprétation des résultats d'analyse, d'adaptation de l'EIAH pour la mise en place des moyens de collecte des données, de traitement et d'analyse des données collectées. Ces travaux nous ont conduit à proposer, avec S. Iksal, le langage UTL (Usage Tracking Language) détaillé dans la deuxième partie de ce document.
- Dans une perspective de capitalisation des savoir-faire, une étude des possibilités de ce langage pour supporter la définition de patrons de conception dédiés à la modélisation et à l'établissement d'un indicateur[40]. Ces travaux sont menés dans le cadre de la thèse de N. Randriamalaka et ne sont pas présentés dans ce document (voir pour plus de détails [Randriamalaka N., & al., 2007] et [Randriamalaka N., & Iksal S., 2006]).

[40] Nous employons ici ce terme dans le sens proposé par DPULS : un indicateur est une variable signifiante sur le plan pédagogique, calculée ou établie à l'aide de données observées, et témoignant de la qualité de l'interaction, de l'activité et de l'apprentissage dans un EIAH.

2NDE PARTIE : RESULTATS

Nous présentons dans cette partie deux résultats de recherche de nature différente.

Le premier s'inscrit dans le cadre du premier axe de recherche du projet REDiM (voir 1ère partie, section 5.) : c'est une modélisation du processus de conception et de réingénierie collective d'un scénario pédagogique intégrant les approches interprétative et constructive de la conception. C'est un résultat que nous avons établi pour comprendre notre objet d'étude : la conception et la réingénierie d'un scénario pédagogique dans un contexte où l'enseignant joue le rôle du concepteur.

C'est également un résultat d'ordre méthodologique. Le modèle identifie (1) les processus participant à la conception et à la réingénierie d'un scénario, (2) les flux de communication entre ces processus et (3) la nature des artefacts échangés par l'intermédiaire de ces flux. Ce modèle joue donc pour nous le rôle de cahier des charges pour nos activités de recherche : il identifie l'ensemble des flux de communication, caractérisés par l'artefact échangé et les processus participants, qu'il faut instrumenter et supporter pour atteindre nos objectifs de recherche.

Le second résultat s'inscrit dans le cadre du troisième axe de recherche du projet REDiM : c'est un ensemble de propositions centrées sur la modélisation et l'analyse de traces dans un contexte de scénarisation pédagogique. Nous proposons notamment deux versions d'un langage destiné à instrumenter et supporter les flux de communication qui impliquent les processus de conception du scénario pédagogique, de déploiement du scénario pédagogique et d'analyse des traces d'utilisation autour de la modélisation et de la représentation d'indicateurs de l'utilisation d'un scénario pédagogique.

Le projet REDiM a fait d'autres propositions, notamment dans les deuxième (instrumentation de la modélisation et de la méta-modélisation d'un scénario pédagogique) et troisième (modélisation et analyse de traces dans un contexte de scénarisation pédagogique) axes de recherche du projet. Nous avons choisi de ne pas les présenter dans ce document car elles sont encore en cours de formalisation et d'évaluation.

1. PROCESSUS DE CONCEPTION ET DE REINGENIERIE D'UN SCENARIO PEDAGOGIQUE

Ce chapitre présente les travaux que nous avons menés pour comprendre notre objet d'étude : la conception et la réingénierie d'un scénario pédagogique. Ces travaux ont consisté à établir un modèle du processus de conception et de réingénierie collectives d'un scénario pédagogique.

Nous pensons que ce modèle s'applique lorsqu'un seul concepteur est impliqué dans la scénarisation pédagogique mais il a été établi en analysant des situations de conception collectives. Nous avons volontairement choisi ce contexte de conception collective car il amène les concepteurs à expliciter et justifier leurs propositions/décisions de conception, ce qui facilite la tâche du chercheur qui veut comprendre l'activité de conception. Cependant, nous avons modélisé les échanges entre les différents processus (de conception, d'analyse, d'apprentissage, etc.) plutôt que les interactions entre les acteurs d'un même processus. Le modèle que nous proposons décrit donc un processus de conception et de réingénierie d'un scénario pédagogique où la conception est collective, mais nous l'avons défini de manière à ce qu'il s'applique également dans un contexte de conception individuelle, sans toutefois avoir démontré sa validité dans ce contexte.

Le processus de conception et de réingénierie que nous proposons n'est pas accompagné d'une méthode d'ingénierie : nous avons conçu au contraire ce processus pour qu'il soit flexible et adaptable à différentes organisations d'ingénierie. Notamment, nous ne proposons pas de méthode pour concevoir un scénario pédagogique parce que nous pensons qu'il faut laisser les concepteurs adopter leurs propres règles d'organisation, qui dépendent de leur univers métier. Par contre, ce processus définit un cadre méthodologique :

- La conception est continue et itérative, alimentée par des retours d'usage du scénario pédagogique.
- L'approche de la scénarisation relève de l'Ingénierie Dirigée par les Modèles. Notamment, l'approche privilégie la définition et/ou l'adaptation d'un méta-modèle métier d'expression pédagogique s'assimilant au méta-modèle d'un langage spécifique à un domaine (DSL – Domain Specific Language [Tolvanen J.-P., 2006]) pour exprimer les scénarios pédagogiques.
- Les activités de définition du scénario pédagogique, de modélisation de l'observation et d'interprétation des indicateurs d'utilisation du scénario pédagogique impliquent comme acteur principal l'enseignant.
- La capitalisation et la réutilisation des artefacts produits par le processus de conception et de réingénierie d'un scénario pédagogique sont privilégiées.

La conception collective se fonde sur la production d'artefacts, de concepts, de représentations et finalement d'une production technologique. L'objectif est de *« transformer collectivement un artefact (…) Cet artefact, est à tout moment du cycle de conception, le point de focalisation (le topique) de la conception qui permet à chaque acteur de déployer ses pratiques et ses habiletés »* [Caelen J., 2004]. En d'autres termes, il s'agit de mettre en œuvre tous les moyens qui vont favoriser la genèse instrumentale en conception.

Philippe Cottier affirme dans [Cottier P., 2007] que *« l'activité collective ne se subordonnant pas à des besoins exclusivement techniques, elle est située et ne peut de ce fait être planifiée. C'est le groupe qui imprime le rythme et se choisit une méthode qui lui est propre, il est le moteur*

dynamique de la genèse instrumentale et conceptuelle pour peu que la démarche s'inscrive le plus naturellement possible dans les genèses déjà en marche et que les groupes rassemblent bien l'ensemble des acteurs concernés par le projet ». La volonté affichée par les responsables du projet, que nous partageons, a donc été de ne pas imposer de méthode de travail, laissant les participants négocier, en même temps que la solution à leurs problèmes de conception, les moyens méthodologiques et organisationnels de conception.

Ainsi, la construction d'un scénario selon le processus de conception et de réingénierie que nous proposons se fait par émergence progressive, ponctuée par la production d'objets intermédiaires [Vinck D., 1999] [Jeantet A., 1998]. Ces objets intermédiaires matérialisent les modèles et concepts qui sont discutés et négociés. [Rehal S., 1998] définit l'objet intermédiaire comme toute entité physique, graphique ou textuelle, se trouvant entre plusieurs acteurs ou comme production entre plusieurs étapes dans un cours d'action. Les objets intermédiaires sont considérés comme un moyen selon lequel un processus de conception peut être lu autant que comme des représentations de l'artefact à concevoir.

Vinck et ses collègues, dans [Jeantet A., & al., 1996], [Vinck D., & Jeantet A., 1995] et [Vinck D., & al., 1996] insistent sur la nature hybride des objets intermédiaires : d'une part, ils portent sur la modélisation du futur produit et d'autre part, ils sont médiateurs, vecteurs de la coopération ou de la coordination des acteurs de la conception.

Pour établir notre proposition, nous avons donc mené quatre actions de recherche qui sont présentées dans les sections suivantes :

- Une première section présente nos travaux visant à définir les processus et les flux de communication présents dans le processus de réingénierie d'un EIAH. Cette étude a été faite en considérant l'ingénierie d'un EIAH à partir de l'usage de standards ou de propositions de standards, tels que IMS-LD, LOM et SCORM.
- Une seconde section présente nos travaux visant à étudier l'approche interprétative de la conception d'un scénario pédagogique dans un cadre de réingénierie.
- Une troisième section présente nos travaux visant à étudier l'approche constructive de la conception d'un scénario pédagogique.
- Une quatrième section présente nos travaux visant à étudier le rôle des objets intermédiaires dans le processus de conception, notamment sur le plan de la scénarisation de l'activité de conception.

Nous consacrons la cinquième section à la présentation du modèle du processus de conception et de réingénierie collectives d'un scénario pédagogique.

Nous concluons ce chapitre avec la présentation du prototype d'Editeur Collaboratif de Scénarios ECoS que nous avons réalisé pour étudier les possibilités de l'instrumentation de la conception collective de scénarios pédagogiques s'inscrivant dans le processus que nous avons défini.

1.1. Travaux visant à définir le processus de réingénierie d'un EIAH par ses flux internes de communication

Les propositions de normes et de standards dans le domaine des technologies éducatives introduisent de nouvelles techniques d'ingénierie des EIAH, sans toutefois proposer aux

concepteurs un ensemble de concepts permettant d'expliciter leur organisation et l'ingénierie mise en œuvre. Dans notre perspective de réingénierie pédagogique, de capitalisation et de dissémination des pratiques, nous avons décidé de nous attacher à définir cet ensemble de concepts destiné à servir de référence pour l'échange et la communication entre les acteurs du processus de réingénierie d'un EIAH [Corbière A., & Choquet C., 2004a] [Corbière A., & Choquet C., 2004c] et, plus largement, à l'intérieur de la communauté de pratiques en EIAH.

C'est pourquoi, dans le cadre des travaux de thèse de Alain Corbière [Corbière A., 2006] [Choquet C., & Corbière A., 2006], nous avons étudié l'apport du méta-standard ODP-RM (Open Distributed Processing – Reference Model) à la description du processus de réingénierie d'un EIAH. Ce modèle de référence se présente comme un cadre de coordination pour la standardisation des processus distribués ouverts, en définissant avec beaucoup de détails un ensemble de concepts issus des pratiques de développement. Les objectifs et les motivations du standard ODP-RM sont détaillés dans [ISO/IEC-10746-1, 1998].

Un des résultats principaux de ce travail a été de définir un modèle métier de la réingénierie d'un EIAH qui définit le processus de réingénierie par la nature et l'objectif des interactions entre ses acteurs. Ce modèle métier nous a donné un premier cadre cohérent pour la modélisation du processus de conception et de réingénierie d'un scénario pédagogique. C'est en détaillant les flux de communication qu'il définit entre les processus participant à la réingénierie d'un EIAH que nous avons élaboré la proposition qui fait l'objet de ce chapitre et décliné nos actions de recherche visant à instrumenter la dynamique et l'efficience de ces flux.

Nous présentons dans une première section les principales caractéristiques du méta-standard ODP-RM que nous avons utilisé pour définir le modèle métier de la réingénierie d'un EIAH. La présentation et l'analyse de ce modèle métier font l'objet de la seconde section.

1.1.1. Présentation succincte du méta-standard ODP-RM

ODP-RM se définit comme un cadre générique permettant de supporter le processus de modélisation d'un système complexe et distribué, en demandant aux concepteurs d'instancier sur leur domaine un ensemble de concepts génériques (composition/décomposition d'objets, état et comportement d'un objet, points de vue et correspondance entre points de vue…). Ces concepts sont déclinés par rapport à trois actes de modélisation introduits par le standard :

- la spécification du système, où les concepteurs classifient les objets du système par des liens de composition ;
- la modélisation du système qui définit, à différents niveaux d'abstraction, les modèles d'interaction entre objets ;
- la structuration du système où les différentes structures à implémenter dans le système sont définies.

L'objectif affiché par le cadre ODP-RM est de favoriser l'émergence d'un consensus (un standard) dans une communauté de concepteurs donnée.

ODP-RM est structuré en trois documents distincts :

- le premier document "Overview" définit l'univers du discours d'un concepteur en précisant le spectre d'application du modèle [ISO/IEC-10746-1, 1998] ;

- le second document "Foundation" définit les concepts génériques liés aux actes de spécification, d'observation et de structuration d'un système essentiellement informatique [ISO/IEC-10746-2, 1996] ;
- le dernier document "Architecture" définit les différents points de vue sur un système, ainsi que les langages liés à ces points de vue [ISO/IEC-10746-3, 1996].

ODP-RM propose cinq points de vue (Les mots en italiques correspondent aux termes définis par le cadre ODP-RM) sur la conception architecturale d'un système (voir figure 38):

- le *point de vue métier* focalise sur les *stratégies*, les *ressources*, les contraintes du système, représentées à l'aide des concepts *communauté*, *acteur*, *rôle*, *artefact* et *activité* ;
- le *point de vue informationnel* permet la définition des informations traitées par les différentes ressources systèmes ;
- le *point de vue computationnel* décrit la décomposition fonctionnelle d'un système et les interactions entre les *interfaces* des différents objets ;
- le *point de vue ingénierie* décrit les moyens mis en œuvre pour que les objets du système interagissent ;
- le *point de vue technologique* définit les technologies logicielles et matérielles utilisées.

Une spécification architecturée définie dans le cadre ODP-RM permet de focaliser l'attention des acteurs du développement d'un système à l'aide de points de vue. Ceux-ci sont une des réponses de ce modèle de référence pour appréhender la complexité d'un système lors de sa spécification.

Une approche qualité au sens d'ODP-RM porte sur l'organisation des acteurs, des documents et des étapes du cycle de vie. La qualité se définit alors par les retours quantitatifs des usages observés mais également par la recherche d'indicateurs qualitatifs manquants [ISO/IEC-10746-1, 1998]. Le point de vue métier permet alors d'expliciter dans un cadre unique les dimensions organisationnelles liées aux itérations d'une démarche qualité et aux intentions des acteurs du système modélisé.

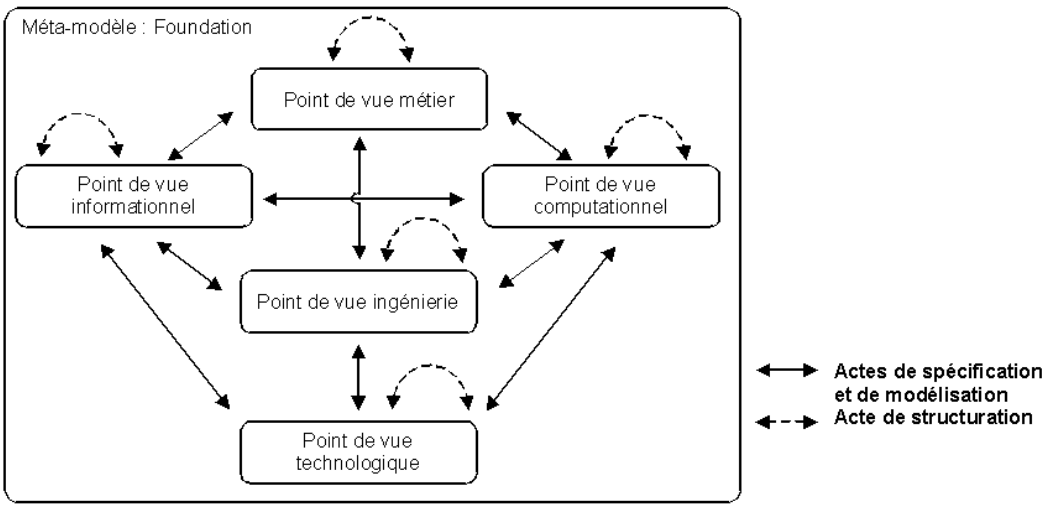


Figure 38. Les cinq points de vue inscrits dans le méta-modèle ODP-RM.

Le cadre ODP-RM offre un ensemble de concepts pour décrire le point de vue métier d'un système distribué. Nous présentons ci-après ces concepts par un ensemble de définitions synthétisant le glossaire ODP-RM détaillé dans [ISO/IEC-15414, 2002].

- *Objet métier* : Définit l'entité de base d'une spécification *métier* pour accomplir au moins un *rôle* métier.

- *Rôle* : Définit le premier niveau d'abstraction de *l'interface* du *comportement* d'un *objet métier* ou d'une *communauté*.

- *Communauté* : Regroupe un ensemble *d'objets métiers* ayant des *objectifs* communs.

- *Processus* : Définit un ensemble *d'étapes* agencées de manière prédéfinie et conduisant à un *objectif*.

- *Etape* : Définit l'abstraction d'une *action* dans un *processus*.

- *Comportement* : Exprime les *actions* de négociations entre les différents *objets métiers*.

- *Objectif* : Qualifie une *communauté* en précisant ses intentions.

- *Artefact* : Qualifie un *objet métier* référencé dans une *action*.

- *Acteur* : Qualifie un *objet métier* participant à une *action*.

- *Ressource* : Qualifie un *objet métier* nécessaire à un *comportement*.

Dans ODP-RM, tout objet est considéré comme actif et est le siège de décisions. Ses actions internes et ses interactions avec son environnement doivent être modélisées sous forme de comportements impliquant plusieurs rôles.

1.1.2. Application d'ODP-RM : le modèle métier de la réingénierie d'un EIAH

Nous avons montré dans [Corbière A., & Choquet C., 2005], en instanciant ce cadre ODP-RM sur les technologies éducatives normées (le LOM [LOM, 2002] et les spécifications des consortiums IMS et ADL notamment), la quasi absence dans ces propositions d'une réflexion « méta » sur le cycle de vie du système de formation, sur les langages employés dans chaque point de vue, et sur les interrelations entre les activités de chaque acteur du processus, ainsi que le manque d'un point de vue métier sur l'ingénierie et la réingénierie des EIAH. L'objectif initial des technologies éducatives normées est de répondre aux problématiques d'interopérabilité entre les dispositifs de formation et de réutilisabilité des productions. Comme une conséquence, elles instrumentent essentiellement l'acte de spécification du concepteur en négligeant la dimension itérative de la conception des composantes d'un système de formation.

1.1.2.1. Présentation du modèle métier de la réingénierie d'un EIAH

La figure 39 présente le point de vue métier sur le processus de réingénierie d'un EIAH que nous avons défini. Les conventions graphiques sont celles du profil UML pour ECA (Entreprise Collaboration Architecture) présenté par le consortium OMG [OMG-ECA, 2004]. Ce profil est destiné à supporter la modélisation dans un processus de développement dirigé par les modèles utilisant le cadre ODP-RM [Nagase Y., & al., 2004].

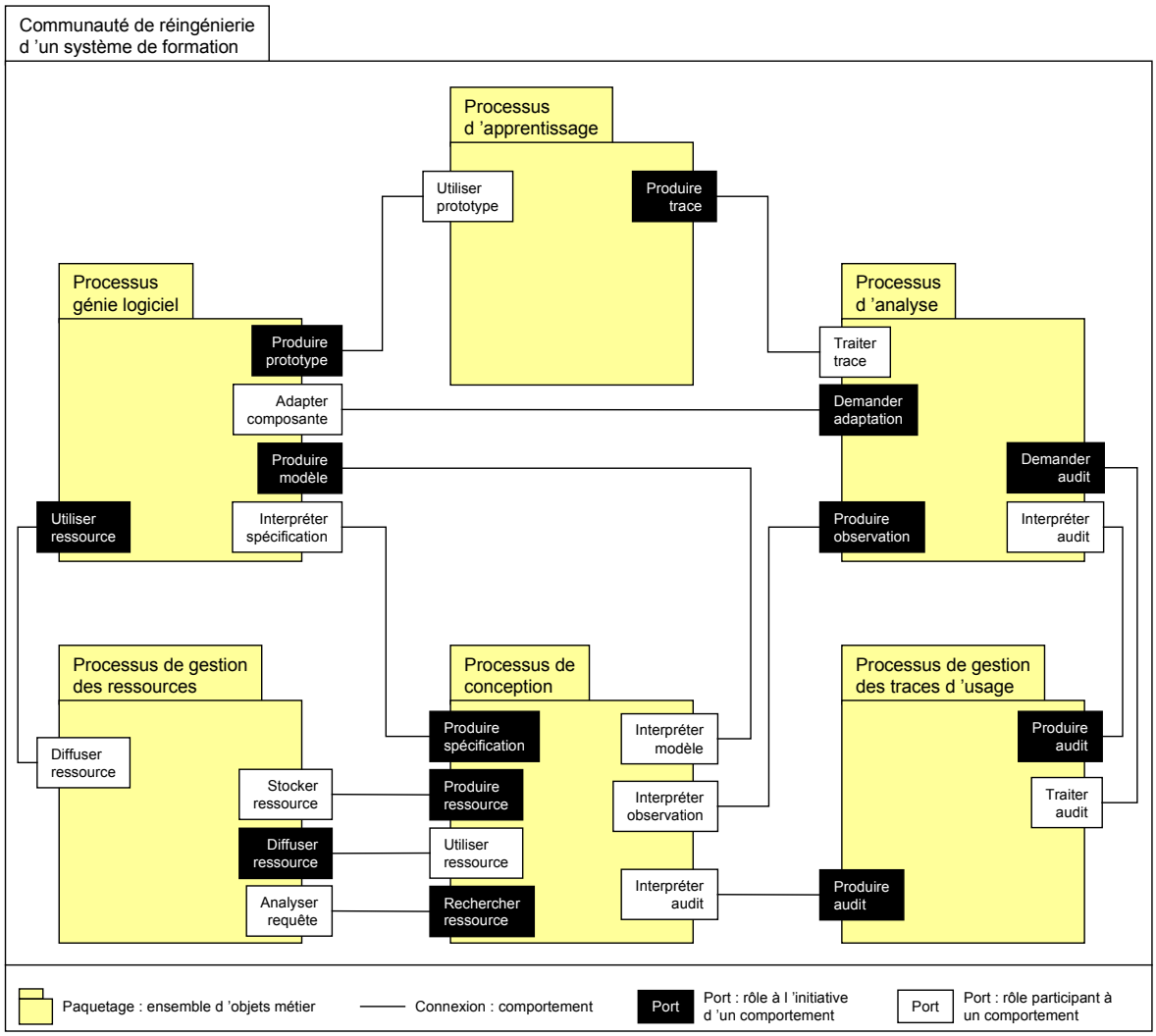


Figure 39. Diagramme de paquetages UML représentant le processus de réingénierie d'un EIAH suivant le système de notation du profil UML ECA de l'OMG.

Comme le montre la figure 39, nous avons défini six processus au sein de la communauté métier de la réingénierie d'un EIAH. Ces processus, au sens d'ODP-RM, ont tous des objectifs de production ou d'administration d'artefacts produits dans une communauté de réingénierie d'un EIAH.

- Le processus de conception a pour objectif de produire des spécifications en étant guidé par les structures des principaux modèles informationnels proposés par le processus génie logiciel. Il les adapte en fonction des ressources pédagogiques existantes, des différents usages observés ou connus et du retour d'analyse sur le comportement du processus d'apprentissage.
- Le processus génie logiciel a pour objectif de faire la réingénierie des différentes composantes de l'EIAH. La négociation avec le processus de conception permet également de préciser la nature des traces à collecter sur le comportement du processus d'apprentissage et d'intégrer les sondes logicielles correspondantes dans l'EIAH. L'EIAH, dans un contexte de réingénierie, est vu comme un prototype dont l'évolution est rythmée par les actes de réingénierie.

- Le processus d'apprentissage représente l'ensemble des acteurs d'une session d'apprentissage et de leurs actions. Du point de vue de la réingénierie, il a pour objectif d'utiliser le prototype d'EIAH et de produire des traces d'usage à destination du processus d'analyse.
- Le processus d'analyse a pour objectif d'analyser les usages de l'EIAH, par des techniques automatiques ou non de traitement des traces d'utilisation de l'EIAH par le processus d'apprentissage. En négociation avec les processus génie logiciel et de conception, de nouveaux moyens d'observation peuvent être proposés. Les observations déduites des traces d'usage sont transmises au processus de conception pour interprétation.
- Le processus de gestion des ressources a pour objectif d'administrer les ressources métier des processus génie logiciel et de conception (scénarios, ressources pédagogiques, etc.).
- Le processus de gestion des traces d'usage a pour objectif d'administrer les ressources métier des processus d'analyse et de conception (traces d'utilisation, résultats d'analyse, etc.), à des fins de réingénierie.

1.1.2.2. Analyse du modèle métier de la réingénierie d'un EIAH

Chaque processus défini par ce modèle prend part à l'action liée aux cycles de réingénierie d'un système de formation. En effectuant des regroupements, ils peuvent être considérés de manière plus générale comme des communautés d'objets métiers. Le point de vue métier sur la réingénierie que nous avons proposé identifie les échanges entre ces communautés et engage à les étudier pour mieux caractériser les activités des acteurs du processus de réingénierie, dans un objectif d'instrumentation et de support.

Ainsi, cette première approche nous a notamment permis de caractériser le processus de conception par les échanges qu'il doit avoir avec les autres processus.

1. Le processus de conception doit produire des spécifications interprétables par le processus génie logiciel à des fins de développement. Ces spécifications incluent la modélisation de l'observation de l'activité du processus d'apprentissage.
2. Le processus de conception doit interpréter des modèles informationnels (typiquement, le méta-modèle d'un langage de modélisation pédagogique) proposés par le processus génie logiciel. Rappelons ici que ce résultat a été établi avant que nous ne restructurions le projet REDiM (voir sections 4. et 5. de la première partie de ce document). Le point de vue métier que nous proposons ici affiche en effet le fait que nous considérions à l'époque, partageant ainsi la position de la plupart des travaux qui outillent la scénarisation pédagogique, que le langage de modélisation pédagogique s'imposait aux concepteurs. Les sections suivantes développent des travaux qui témoignent de l'évolution de notre position sur ce point.
3. Le processus de conception doit interpréter des observations sur l'activité du processus d'apprentissage et intégrer dans ses pratiques les usages du processus d'apprentissage. C'est principalement par l'échange avec le processus d'analyse que le processus de conception peut décider d'actions de réingénierie et améliorer ainsi la qualité de l'activité du processus d'apprentissage. Ces échanges influent également sur l'activité du processus génie logiciel, notamment par ses interactions avec le processus d'analyse pour formaliser les moyens d'observation de l'activité du processus d'apprentissage à intégrer dans l'EIAH. Nous verrons que nous avons particulièrement travaillé sur ce point en définissant un langage instrumentant ces échanges.

4. Le processus de conception doit intégrer dans ses pratiques la capitalisation et la réutilisation des ressources, en échangeant avec les processus de gestion des ressources et des traces d'usages.

Les travaux menés dans le cadre de la thèse d'Alain Corbière se sont poursuivis en développant une approche techno-centrée qui montre comment l'instanciation d'ODP-RM sur le processus de rétro-conception, puis de réingénierie d'un EIAH, guide l'activité des acteurs de ces processus. Le parti pris de ces travaux a été de considérer que l'univers de conception et de développement était constitué des normes et standards en ingénierie éducative et en génie logiciel, et que les acteurs, et notamment les concepteurs, maîtrisaient ces normes et standards et y adhéraient. Ils ont montré la dynamique des préoccupations de chaque acteur et comment ODP-RM, par l'instanciation des cinq points de vue métier, informationnel, computationnel, ingénierie et technologique (cf. figure 38) favorisait la cohérence des représentations de chaque acteur.

Pour notre part, nous avons considéré que cet univers de normes et de standards freinait l'implication des enseignants dans le processus de conception et de réingénierie d'un EIAH. En centrant sur les activités impliquant le processus de conception dans la scénarisation pédagogique et la modélisation et l'analyse des traces d'utilisation d'un EIAH, nous nous sommes appuyés sur ce modèle de la réingénierie d'un EIAH pour caractériser, dans le contexte de la scénarisation pédagogique, la nature des flux de communication définis par ce modèle.

1.2. Travaux visant à étudier l'approche interprétative de la conception d'un scénario pédagogique

Les objectifs de ces travaux étaient d'étudier (1) comment l'approche interprétative de la conception d'un scénario pédagogique permet aux enseignants de décrire une situation pédagogique impliquant l'usage d'un EIAH et (2) en quoi l'analyse des usages permet à ces enseignants d'évoluer dans leur savoir-faire de la scénarisation pédagogique. Nous voulions donc :

- proposer à des enseignants un langage de modélisation pédagogique ;
- étudier l'appropriation de ce langage par les enseignants et son impact sur la description de la situation pédagogique ;
- déployer le scénario pédagogique et ses modalités d'observation définis par les enseignants ;
- étudier en quoi les usages observés aident les enseignants à mieux comprendre la nature de l'activité pédagogique et en quoi cette compréhension les amenait à décider d'actes de réingénierie du dispositif d'apprentissage.

Nous avons donc décidé de monter une expérimentation avec un groupe d'enseignants[41] sans expérience des EIAH mais motivés pour mettre en place un dispositif d'enseignement à distance [El Kechaï H., & Choquet C., 2005]. Nous avons choisi de proposer à ce groupe d'enseignants de décrire le scénario pédagogique de l'activité qu'ils souhaitaient définir avec le langage IMS-LD. Plus exactement, nous avons présenté aux enseignants les concepts du langage et observé comment ils se les appropriaient pour décrire leur scénario. Nous avons également choisi d'amener les enseignants à réfléchir sur les modalités d'observation de l'activité d'apprentissage en s'appuyant

[41] Nous rappelons nos motivations pour travailler dans un contexte de conception collective : la réflexion et la négociation menant aux choix de modélisation est verbalisée dans un groupe, ceci aidant à la compréhension de l'activité par un observateur.

sur le scénario qu'ils avaient défini. Après l'activité d'apprentissage, nous avons voulu permettre aux enseignants de faire la réingénierie du dispositif sur la base des observations collectées.

1.2.1. Expérimentation de l'approche interprétative de la scénarisation pédagogique

Cette expérimentation a débuté en septembre 2004 et se poursuit toujours actuellement. Elle implique l'équipe pédagogique du Département Services et Réseaux de Communication (SRC) de l'Institut Universitaire de Technologie (IUT) de Laval et porte sur la conception collective d'un scénario d'apprentissage de la gestion d'un projet de développement d'un site Internet et multimédia.

Nous présentons ici la phase initiale de l'expérimentation. Depuis, le système de formation mis en place a beaucoup évolué (changements de plates-formes, évolution du méta-modèle et diversification des modalités pédagogiques) mais (1) l'approche de conception continue reste valide et (2) le scénario pédagogique tend à se stabiliser au cours des années.

1.2.1.1. Contexte initial

Le personnel pédagogique du département est composé de quinze enseignants issus de secteurs académiques ou professionnels. La plupart de ces enseignants sont spécialistes des nouvelles technologies mais restent néophytes quant à leur utilisation dans le cadre de l'enseignement et de l'apprentissage. Chacun est expert dans une discipline mais est appelé à travailler en équipe dans le cadre d'une pédagogie de projet qui cherche avant tout l'équilibre entre l'assimilation de connaissances théoriques, l'acquisition de savoir-faire et des mises en pratique dans des cas réels.

Pratique courante en IUT, la pédagogie de projet est traditionnellement mise en œuvre par l'intermédiaire de projets tuteurés permettant aux étudiants de travailler en équipe à la réalisation d'un projet « grandeur réelle » mobilisant la plupart des compétences enseignées par la formation. Au Département SRC de l'IUT de Laval, les projets tuteurés de 1ère année portent sur la réalisation d'un site Internet. En début d'année, les étudiants sont répartis en groupes et chaque groupe est suivi par un tuteur. Avant la mise en place de cette expérimentation, les étudiants travaillaient à ce projet pendant l'année et leurs réalisations étaient évaluées en fin d'année universitaire, à l'occasion d'une soutenance. L'activité de tutorat consistait principalement à veiller à l'effectivité de la coopération entre les étudiants (partage de tâches) et à aider le groupe à s'organiser pour achever la réalisation dans les délais. La nature de la formation SRC amène les étudiants à se spécialiser dans certains domaines (infographie, programmation, bases de données, réseaux…). Une activité collective est pour eux une occasion de travailler en équipe coopérative pluridisciplinaire (construite avec différentes compétences). Ils ont besoin d'une mise en pratique dans des conditions proches de la réalité de l'entreprise, afin d'évaluer leurs aptitudes à travailler dans une entreprise. Or, leur désir de pratiquer les technologies les amenait à négliger la gestion du projet en focalisant sur la réalisation. Il en découlait une certaine frustration à la fin du projet : beaucoup de réalisations étaient inachevées et la plupart étaient très imparfaites par défaut d'organisation dans le groupe et d'anticipation des échéances.

L'équipe pédagogique souhaitait donc modifier cette modalité pédagogique afin d'amener les étudiants à suivre les méthodes de gestion d'un projet multimédia qui leur étaient enseignées. Les étudiants avaient des connaissances théoriques en gestion de projet. Le souhait des enseignants était de les amener à se structurer et à mettre en œuvre leurs connaissances sur un problème

concret afin de leur permettre d'actualiser et/ou d'améliorer leurs compétences en gestion d'un portefeuille projet, de développer l'aptitude à l'innovation et de mieux maîtriser les techniques de gestion de projets.

Nous avons alors présenté aux enseignants l'environnement informatique SYMBA [Betbeder M.L., 2003] qui propose une forme de support au travail collectif. SYMBA vise à faire travailler les apprenants sur les compétences relatives à l'organisation d'une activité collective (identification et modélisation des tâches à réaliser, délégation des tâches, etc.). Pour permettre aux apprenants de décider des ressources et outils nécessaires à la réalisation de leur tâche, l'environnement proposé est malléable au sens de [Morch A., & Mehandjiev N.D., 2000], les outils accessibles dans l'environnement d'activité sont choisis par les apprenants eux-mêmes. Dans sa forme de l'époque, SYMBA dissocie quatre espaces (pour une présentation détaillée, voir [Betbeder M.L., 2003]):

- L'espace d'informations propose aux apprenants une description de l'activité pédagogique et du fonctionnement de l'environnement ;
- L'espace d'organisation permet aux apprenants d'expliciter leur organisation sous forme de plans et de tâches ;
- L'espace d'activité propose aux apprenants un environnement de réalisation spécifique pour chaque tâche, généré à partir de la définition de la tâche au niveau organisation ;
- L'espace de perception propose aux apprenants différentes informations sur le déroulement de l'activité.

Pour les inciter à travailler au niveau de l'organisation de leur activité, les apprenants sont amenés à définir les spécifications des tâches au sein de l'espace d'organisation. Ainsi, la malléabilité est vue comme une propriété de l'environnement destinée à faire travailler les apprenants sur l'organisation.

Nous avons proposé aux enseignants d'utiliser cet environnement pour supporter l'activité d'apprentissage de la gestion d'un projet multimédia qu'ils souhaitaient mettre en place pour structurer les projets tuteurés.

56 étudiants de niveau Bac+1 ont travaillé sur l'activité collective proposée. Ce sont des étudiants qui préparent un DUT (Diplôme Universitaire de Technologie), spécialité Services et Réseaux de Communication, qui a pour objectif de former des techniciens supérieurs aptes à concevoir et gérer des outils de communication de qualité empruntant aux Technologies de l'Information et de la Communication.

1.2.1.2. Expérimentation et résultats

Tout le travail de conception de l'activité a été fait par les enseignants. Nous avons observé leur travail, et nous les avons assisté lors de la définition de cette activité en les plaçant dans un contexte de conception les amenant à formaliser et expliciter le scénario pédagogique envisagé avec IMS-Learning Design. Etant guidés par le méta-modèle de ce langage, les enseignants ont été amenés à réfléchir et à se questionner sur certains aspects de la scénarisation (décrits par les primitives du modèle) comme les rôles, le choix des outils de l'environnement, la description des tâches et de ses objectifs pédagogiques, la mise en place d'une stratégie d'accompagnement.

A l'aide d'exemples, nous montrons dans cette section (1) comment les enseignants ont conçu l'activité pédagogique mise à l'essai en étant guidés par le méta-modèle du langage IMS-LD, ce qui a permis de (2) guider l'analyse des usages pendant et après la session. Puis nous présentons

comment (3) l'analyse de ces observations a conduit à la réingénierie du scénario pédagogique initial ainsi que (4) du méta-modèle IMS-LD lui-même, ceci témoignant à notre sens, de l'appropriation du modèle et des techniques sous-jacentes par l'équipe pédagogique.

1.2.1.2.1. Structuration de l'intention de conception

Le premier objet intermédiaire élaboré par les concepteurs fut un document de conception de l'activité qui a formalisé le modèle de la tâche de développement d'un site Web qu'ils souhaitaient voir adopter par les étudiants : 5 étapes (définition du projet, conception générale, conception détaillée, réalisation et intégration, diffusion) structurées en tâches séquentielles ou parallèles (l'étape de conception générale est par exemple structurée en 2 tâches parallèles – « structure du site et des pages Web » et « architecture et infrastructure » – suivies de la tâche « aspect du site »). Sur la base de ce document, nous avons utilisé le méta-modèle IMS-LD pour interroger les enseignants sur leurs intentions pédagogiques en leur présentant les différentes primitives du modèle. L'équipe s'en est approprié certaines qui ont fait sens et, en cherchant à les instancier, a défini le scénario pédagogique initial de l'activité (voir la figure 40 pour un extrait).

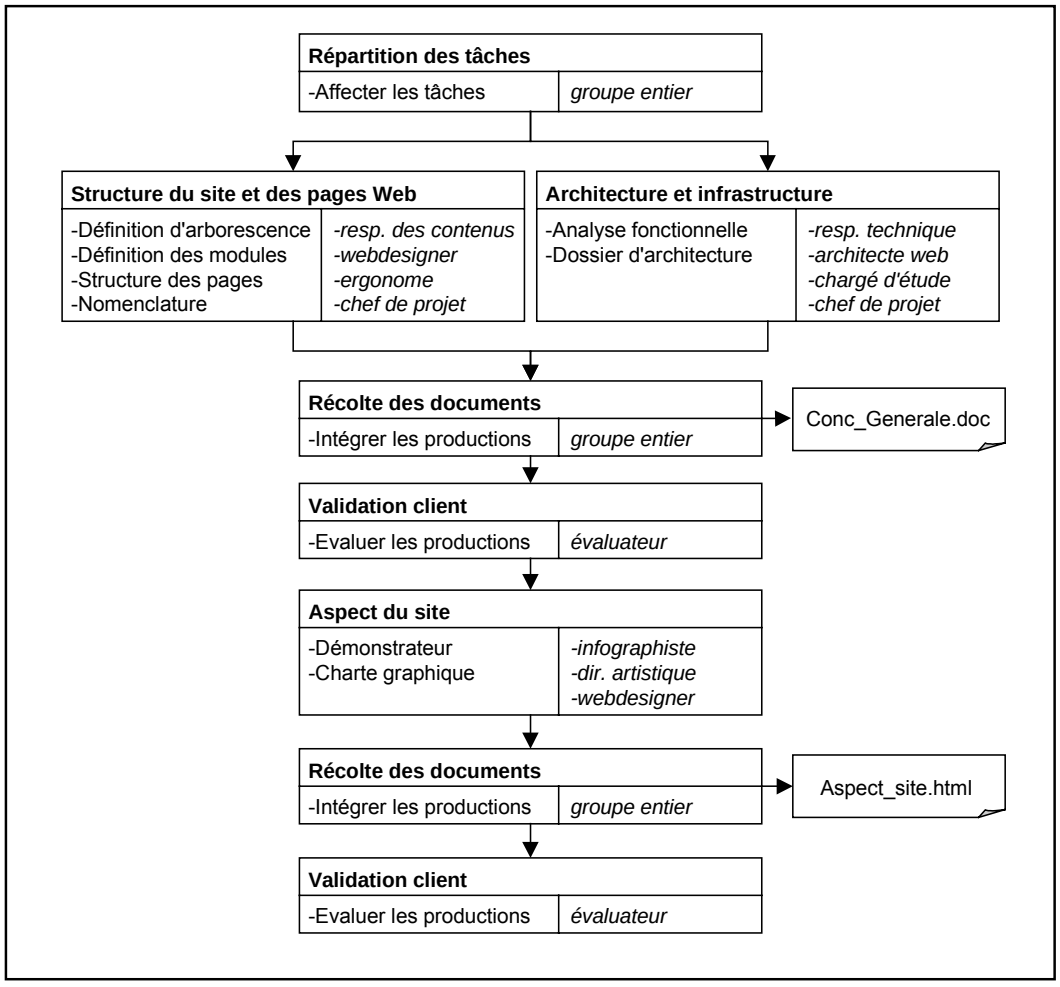


Figure 40. Extrait du scénario pédagogique pour l'apprentissage de la gestion d'un projet Web.

A titre d'exemple, les primitives « role » et « role-part » du méta-modèle Learning Design ont amené les enseignants à définir les rôles fonctionnels qu'ils s'attendaient à voir endosser par les apprenants et à réfléchir sur les tâches où ces rôles étaient impliqués (cf. figures 40 et 41). Ils ont alors modifié le scénario initial par :

- l'introduction d'une activité de répartition des tâches ;
- la caractérisation des activités par ces rôles étudiants ;
- la définition d'activités support, la « validation client » devant être ici comprise comme l'évaluation par un enseignant de l'équipe pédagogique de la qualité des documents produits par les étudiants.

<imsld:learner identifier="CP-learner"> <imsld:title>Chef de projet</imsld:title> </imsld:learner> <imsld:learner identifier="WB-learner"> <imsld:title>Web designer</imsld:title> </imsld:learner> *les rôles fonctionnels sont explicités dans le scénario.	<imsld:role-part identifier="RP11-learner"> <imsld:role-ref="WB-learner"/> <imsld:learning-activity-ref ref="LA2" </imsld:role-part> <imsld:role-part identifier="RP12-learner"> <imsld:role-ref="WB-learner"/> <imsld:learning-activity-ref ref="LA5" </imsld:role-part> *la section " *role-part*" explicite la participation du rôle "web designer"aux activités "structure du site et des pages web" (LA2) et "aspect du site (LA5)

Figure 41. Définition des rôles et de leurs implications dans les activités (formalisme IMS-LD).

Premières conclusions. La définition des rôles participant à l'activité et la scénarisation de leur répartition montre que la structuration de l'intention de conception à l'aide d'un langage formel de scénarisation pédagogique a permis aux enseignants de passer de la description de la tâche de développement d'un site Web à la modélisation de l'activité d'apprentissage collectif qu'ils souhaitaient mettre en place. Notons cependant que ce scénario initial (il s'est étoffé par la suite par des actes de réingénierie) ne prend en compte que des rôles fonctionnels et qu'il ne décrit que peu l'activité pédagogique elle-même, par exemple : peu de réflexion sur des activités support (tutorat, compléments de cours …), pas de scénarios alternatifs en fonction de la composition des groupes.

1.2.1.2.2. La modélisation de l'observation

Disposer du scénario permet de définir des observables explicites de l'activité correspondante. Guidés par le scénario pédagogique, nous avons ainsi identifié avec les concepteurs certains observables spécifiques, comme par exemple : la séquence observée des activités de chaque groupe d'apprenants pour la comparer avec la séquence définie dans le scénario a priori, l'émergence des rôles dans chaque groupe et l'identification de leur participation aux différentes activités. Cette étude a priori permet alors de définir des moyens et des modalités d'observation de l'activité et par là même, de construire de la connaissance utile à la réingénierie du dispositif.

Sur la base de cette définition des observables, il a été possible à l'équipe pédagogique de réfléchir à la mise en place de moyens et de modalités permettant la capture de ces observables. La négociation de ces moyens s'est faite autour de plusieurs questions : Peut-on déléguer à la machine la détection et la capture des observables ? Doit-on et peut-on détecter ces observables durant la session ? Faut-il mettre en place des moyens spécifiques d'analyse des usages, tels qu'un questionnaire et/ou des entretiens avec les apprenants et les membres de l'équipe pédagogique participant à l'activité ? Quelle doit être la représentation de ces observables, conditionnée par l'utilisation que l'on peut en faire ?

Pour cette mise à l'essai et en accord avec l'équipe pédagogique, nous avons développé et mis en place un ensemble d'outils, automatiques ou non qui ont permis :

- de capturer la séquence d'activités de chaque groupe, par reconstruction automatique a posteriori, mais aussi en déléguant un enseignant par groupe pour la surveillance de l'activité ;
- d'identifier les rôles émergents par la capture des échanges entre étudiants et avec les tuteurs enseignants (traces de "chat" et de forums), et par leur analyse, a posteriori, en recherchant dans ces traces la présence de marqueurs pragmatiques [Cottier P., & Schmidt C., 2004] ;
- de déterminer l'effectivité de ces rôles et leurs participations aux activités en demandant aux étudiants de remplir un questionnaire et de participer à un entretien post-session ;
- d'identifier des stratégies de tutorat par la capture des interventions de chaque tuteur enseignant et en leur demandant de participer à une réunion de bilan après la mise à l'essai.

Premières conclusions. L'explicitation et la formalisation du scénario guide l'analyse des usages sur deux dimensions principales : la définition des observables et la définition des moyens d'observation. Le travail avec les enseignants a en effet montré que la définition des observables se faisait par rapport aux concepts du méta-modèle de LD et en fonction du scénario pédagogique. Par exemple, c'est la nature du concept « play », et le fait d'être parvenu à expliciter des séquences d'activités spécifiques pour chaque phase de gestion du projet, qui a amené les enseignants à vouloir connaître la séquence des activités observées. C'est également la sémantique du concept « role » et le fait d'avoir défini des rôles spécifiques pour chaque activité qui les a amené à vouloir observer l'émergence des rôles dans les groupes.

1.2.1.2.3. Réingénierie du scénario et du méta-modèle

La mise à l'essai du système de formation obtenu s'est déroulée sur un mois, et a beaucoup sollicité l'équipe pédagogique. Si les enseignants se sont investis, c'est bien évidemment en espérant pouvoir améliorer le dispositif afin de le redéployer dans le futur. Les résultats de cette mise à l'essai leur ont permis d'avoir une réflexion pédagogique sur l'activité proposée et de déterminer des actes de réingénierie. Nous prendrons ici pour seuls exemples la réflexion autour des rôles endossés par les étudiants et l'évolution du méta-modèle d'expression du scénario.

Les enseignants avaient facilement identifié des rôles fonctionnels (cf. supra), liés à la nature des activités à mener. Les moyens d'observation mis en place l'ont été pour vérifier l'apparition de ces rôles au cours de l'activité mais ont également permis de détecter et de mettre en évidence auprès des enseignants, l'émergence de rôles orthogonaux, de nature socio-affective (leader, modérateur…). Le non-recoupement des rôles fonctionnels et socio-affectifs a parfois amené des dysfonctionnements de certains groupes. Les enseignants ont constaté par eux-mêmes que ces rôles comportementaux émergents pouvaient influer sur la qualité de l'apprentissage et des productions.

Sur l'exemple particulier d'un groupe, et en comparant le scénario a priori et les scénarios observés, nous avons par exemple montré :

- l'émergence d'un leader socio-affectif dans le groupe, qui n'était pas le chef de projet (cf. figure 42) ;
- la corrélation de cette émergence avec un scénario observé différent du scénario a priori (le chef de projet n'ayant pas participé à l'activité "architecture et infrastructure", une activité de répartition des rôles fonctionnels a été menée, bien que non prévue par le scénario initial…)
- le développement d'une stratégie de remédiation par le tuteur enseignant qui a provoqué un débat au sein du groupe.

Adèle : *Les décisions n'ont pas été prises tout le temps en commun, donc il a fallu quelques fois revenir sur un problème ce qui nous a fait perdre du temps. Les opinions étaient souvent rejetées par notre chef de projet qui est têtu parce qu'il pensait que son opinion serait plus efficace que la notre. Cela s'est avéré vrai mais parfois faux. Il nous incitait à travailler mais parfois dans le mauvais sens, c'est-à-dire en nous donnant des ordres ou en critiquant ce que l'on venait de faire pour le recommencer selon sa vision de l'application. La motivation n'était pas forcément son point fort.*
Réponse d'un membre du groupe à un questionnaire post-activité

Mathieu (chef de projet) : *Pour ma part je conçois que face a l'immaturité de certains, j'ai quelque peu «démissionné » au profit de Adèle qui peut être a su se montrer plus conciliante que moi.*
Intervention du chef de projet sur le chat lors du débat provoqué par le tuteur

Figure 42. Emergence d'un rôle socio-affectif orthogonal aux rôles fonctionnels.

La mise en évidence de ces scénarios observés a amené l'équipe pédagogique à modifier son scénario pédagogique a priori en explicitant les rôles socio-affectifs (ajout de section « role » et « role-part ») et en définissant des variantes de scénarios par l'introduction de nouvelles activités et la définition de nouvelles séquences (sections « learning-activity », « support-activity » et « play »), explicitant notamment des stratégies de tutorat. Ces modifications ont bien sûr induit la définition de nouveaux observables et des moyens d'observation associés. Il a fallu par exemple assurer la détection des rôles en cours de session. La solution première choisie par l'équipe pédagogique a été de définir une procédure spécifique d'examen des échanges dans le chat et le forum. Il faut par contre noter qu'à l'usage, les enseignants n'ont pu assumer correctement cette surveillance et qu'ils ont décidé par la suite d'une stratégie plus affichée pour détecter l'émergence des rôles, à base d'entretiens réguliers avec les groupes d'apprenants.

L'interprétation des scénarios observés et, plus généralement, l'expérience acquise durant cette mise à l'essai, ont également favorisé la réflexion qualitative des enseignants sur le méta-modèle d'IMS-LD lui-même.

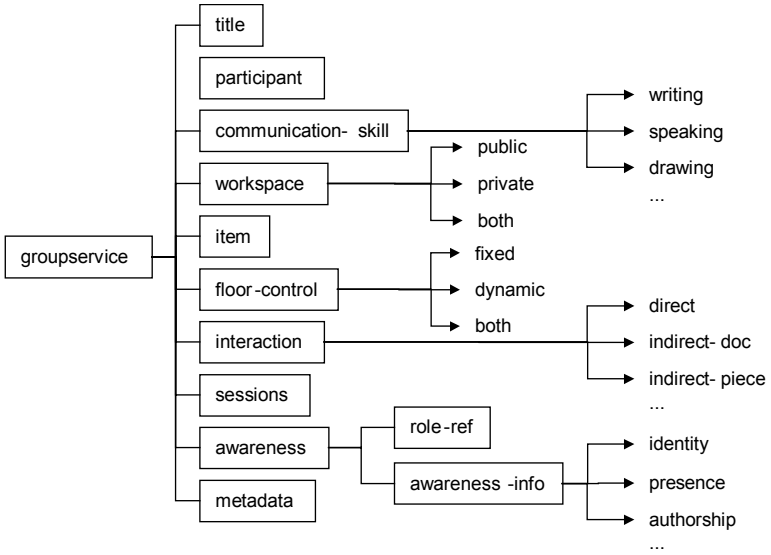


Figure 43. La primitive « groupservice » d'extension du langage IMS-LD.

Les enseignants ont observé le besoin circonstancié de certains outils de communication pour certaines activités, comme par exemple un tableau blanc partagé pour l'activité « Aspect du site », permettant aux étudiants d'élaborer la charte graphique de manière collective. De plus, l'équipe pédagogique a jugé pertinent d'accéder à la demande des étudiants de participer à des groupes de

discussion et d'échanges de documents sur des thèmes précis, par spécialité disciplinaire, et non pas seulement par équipe de réalisation.

Les concepteurs ont décidé d'exploiter ces services de communication à des fins pédagogiques, et de scénariser ces activités d'échange, en développant notamment des activités d'évaluation entre pairs de la communication graphique des sites en construction.

Pour mieux décrire ces scénarios, nous avons proposé l'extension du méta-modèle de IMS-LD par la primitive de modélisation « groupservice » présentée dans [Hernandez Leo D., & al., 2004] (voir figure 43).

Premières conclusions. L'analyse des scénarios observés pendant la mise à l'essai du dispositif d'apprentissage a permis aux concepteurs de mieux comprendre la situation pédagogique qu'ils ont mise en place. Cette compréhension a eu trois conséquences :

- la réingénierie du scénario pédagogique par la définition de nouvelles activités et de stratégies de tutorat et par la prise en compte de nouveaux rôles ;
- la réingénierie des modalités d'observation pour accompagner l'évolution du scénario pédagogique ;
- la réingénierie du méta-modèle d'expression pédagogique pour disposer de concepts permettant de mieux caractériser le scénario pédagogique.

Nous considérons ici que ces différentes réingénieries témoignent de l'évolution des compétences de cette équipe pédagogique en matière de scénarisation pédagogique pour un EIAH. Sans le questionnement réflexif lié à l'approche interprétative de la conception que nous avons proposée aux enseignants, cette évolution des compétences ne se serait pas produite.

1.2.2. Analyse des résultats

L'équipe pédagogique chargée de la conception du scénario n'avait aucune expérience de la mise en place d'un EIAH. Ses membres étaient habitués à travailler ensemble et partageaient une connaissance commune des contenus et de l'articulation de la formation, malgré leurs expertises différentes. Dans une certaine mesure, ils partageaient également une même vision de la pédagogie, principalement fondée sur une approche par projet. Cependant, ils n'avaient jamais eu à expliciter leurs pratiques pédagogiques et à négocier un consensus matérialisé par un scénario pédagogique. De même, ils ne disposaient pas d'un vocabulaire métier commun, d'un méta-modèle pour exprimer leurs pratiques pédagogiques.

Dans ce contexte, notre décision de proposer un méta-modèle pour exprimer le scénario de la situation pédagogique à mettre en place a été payante : elle a permis de dépasser le consensus facilement atteint sur la définition et l'organisation des contenus en incitant à la réflexion sur les modalités pédagogiques, et à la négociation du scénario pédagogique.

Les habitudes de conception de l'équipe pédagogique l'ont conduite à bien définir le contenu d'apprentissage et le modèle de la tâche de l'étudiant[42]. Par contre, le modèle pédagogique, notamment dans sa dimension scénarisation des activités, est resté implicite dans un premier temps, alors que son explicitation est fondamentale lors de la conception d'un EIAH. Notre

[42] Nous entendons ici par « modèle de la tâche de l'étudiant » la perception qu'a (ou que devrait avoir) l'étudiant de l'activité, en l'occurrence le développement d'un site Web en équipe.

approche a consisté ici à confronter l'équipe pédagogique à ce problème, en l'amenant à réfléchir sur ses intentions de conception par la description et la formalisation du scénario pédagogique envisagé à l'aide du méta-modèle du langage spécialisé et centré activité IMS-LD. La négociation des enseignants lors de l'élaboration de ce scénario prédictif a pu alors être guidée par l'existence même des primitives du modèle utilisé. La volonté était ici de disposer d'une intention de conception explicite qui guide l'analyse des usages lors de la mise à l'essai du dispositif. Ces observations contextualisées (i.e. les scénarios observés ou descriptifs) constituent alors une aide à la décision de réingénierie du scénario initial, et permettent, dans une démarche de réingénierie, l'amélioration de la qualité du dispositif et l'acquisition de savoir-faire par l'équipe pédagogique.

Dans ces travaux, nous avons également montré que les concepteurs éprouvaient dans certains cas le besoin de modifier et de faire évoluer le méta-modèle d'expression du scénario pédagogique, lorsqu'ils souhaitent scénariser certains aspects de la situation pédagogique non modélisables par le méta-modèle initial.

Cette approche que nous avons qualifiée d'interprétative a été possible parce que, en qualité de chercheurs en EIAH, nous avons « documenté » le méta-modèle en expliquant aux concepteurs ses concepts, sa sémantique, son spectre d'application. Il est évident que, sans cette démarche proactive, la scénarisation n'aurait pu dépasser le stade de l'organisation des contenus sous forme de tâches fonctionnelles.

L'originalité de la démarche tient ici au fait que, a contrario des approches où les experts du domaine à enseigner ne sont consultés que pour exprimer les besoins et où la scénarisation proprement dite est l'œuvre d'un spécialiste, d'un ingénieur pédagogique, nous avons impliqué les enseignants dans l'activité de scénarisation de la situation pédagogique en leur permettant de s'approprier le méta-modèle d'un langage de modélisation pédagogique, et de modifier ce méta-modèle pour mieux exprimer leurs intentions de conception.

La figure 44 développe l'approche interprétative de la conception d'un scénario pédagogique que nous avons adoptée. Les enseignants tiennent le rôle de concepteurs, nous tenons le rôle d'expert.

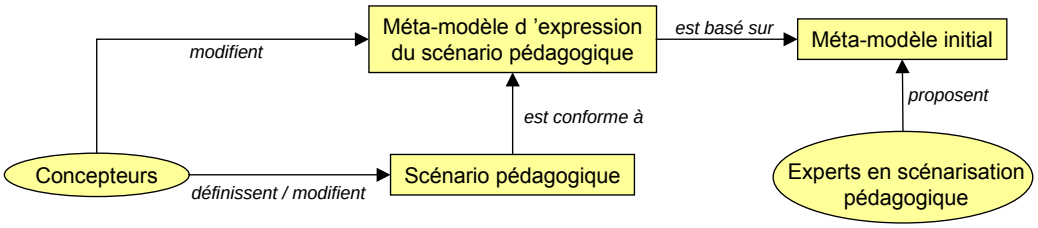


Figure 44. Approche interprétative de la conception d'un scénario pédagogique adoptée.

L'évolution du scénario et du méta-modèle a été obtenue par la réingénierie. Cette réingénierie a été rendue possible par la collecte d'informations pendant la session d'apprentissage et par leur analyse. Ces informations à observer ont été définies avec les concepteurs en étant guidé par le scénario pédagogique à mettre en place. Pour établir ces indicateurs, nous, en tant que développeurs et analystes, et les enseignants, en tant que participants et observateurs du dispositif de formation, avons alors du négocier les modalités de recueil des informations (nous parlons ici de moyens d'observation) ce qui a d'ailleurs conduit à modifier le scénario pédagogique.

La figure 45 développe l'approche de réingénierie adoptée en y incluant la modélisation des indicateurs et leur utilisation pour la réingénierie. Nous avons tenu les rôles d'experts en scénarisation pédagogique, d'analystes et de développeurs. Les enseignants ont tenu les rôles de concepteurs et d'usagers du dispositif de formation.

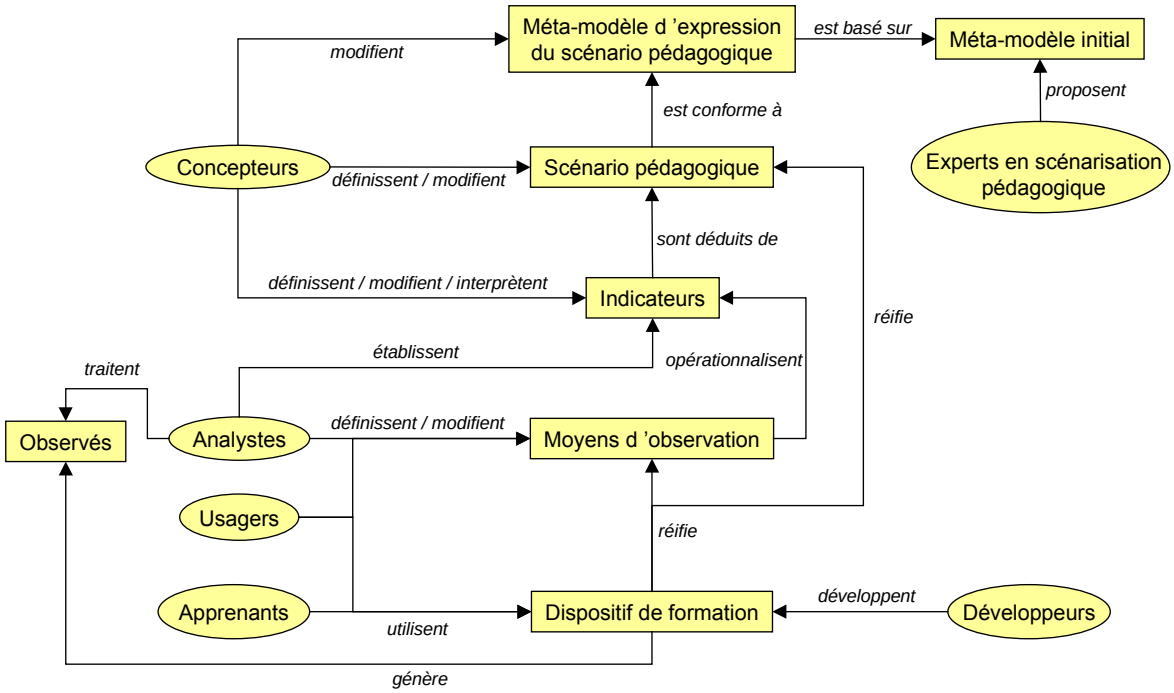


Figure 45. Processus de conception et réingénierie d'un scénario pédagogique adopté.

Soulignons ici que, pour s'affranchir du rôle des chercheurs, il faudrait disposer d'un capital de méta-modèles documentés permettant aux concepteurs de choisir, en fonction de leur contexte d'usage, un méta-modèle pertinent. Ce contexte d'usage inclut bien évidemment la nature de la situation pédagogique cible, mais également le métier des concepteurs, tant dans leurs pratiques pédagogiques que dans leurs pratiques de conception.

En l'état des travaux de la communauté scientifique, et parce qu'une partie de la communauté s'est orientée vers la définition d'un langage de modélisation pédagogique générique voulant être neutre au regard du contexte d'usage, et que l'autre partie ne s'attache que trop peu à favoriser la réutilisation des méta-modèles qui restent souvent implicites ou non documentés, cette approche interprétative ne peut être adoptée comme unique méthode d'ingénierie.

1.3. Travaux visant à étudier l'approche constructive de la conception d'un scénario pédagogique

L'objectif de ces travaux était d'étudier ce qu'impliquait l'approche constructive de la scénarisation pédagogique pour un groupe d'enseignants. Nous voulions étudier comment les enseignants parvenaient à définir un scénario pédagogique tout en n'étant pas guidés par un méta-modèle d'expression pédagogique, et comment la définition de ce méta-modèle s'articulait avec la définition du scénario.

Nous avons donc décidé de monter une expérimentation avec des enseignants sans expérience des EIAH mais motivés pour mettre en place un dispositif d'enseignement à distance. Nous avons choisi de constituer plusieurs groupes de conception, chacun centré sur un domaine d'apprentissage particulier. Chaque groupe devait travailler indépendamment des autres, de manière à exprimer sans contraintes normatives les habitudes pédagogiques spécifiques à leur univers métier.

1.3.1. Expérimentation de l'approche constructive de la scénarisation pédagogique

Cette expérimentation a débuté en 2005 est s'est déroulée sur une période de dix-huit mois. Dans le cadre des travaux de thèse de Hassina El Kechaï [El Kechaï H., 2007] [El Kechaï H., & Choquet C., 2006a] [El Kechaï H., & Choquet C., 2006b], nous avons eu l'occasion de travailler avec un ensemble de concepteurs qui étaient impliqués dans une approche participative de construction d'un EIAH pour un Centre de Formation par Apprentissage, dans le cadre du projet LEA (Livret Electronique d'Apprentissage). L'expérimentation avait pour objectif de déterminer comment un groupe de concepteurs parvenait à construire en commun un méta-modèle consensuel d'expression d'un scénario pédagogique alors que la tâche première était la production de scénarios pédagogiques.

Cette expérimentation est terminée mais le projet LEA se poursuit, avec ses propres objectifs de recherche. Il s'inscrit dans le cadre d'un projet ANR dont les participants principaux sont le Centre de Formation des Apprentis des trois Villes de la Mayenne (CFAVM) et le Laboratoire d'Informatique de l'Université du Maine (LIUM). Ce projet est dirigé par Philippe Cottier, membre du LIUM et participant au projet REDiM. Une description de ce projet, de ses objectifs de recherche et de ses premiers résultats est faite dans [Cottier P., 2006] et [Cottier P., 2007].

1.3.1.1. Contexte initial

Le livret d'apprentissage est un document traditionnellement utilisé par les acteurs de la formation par l'apprentissage. Y sont consignées des informations sur l'évolution d'un apprenti en entreprise et en formation. Le projet LEA est né du besoin de l'évolution d'un livret d'apprentissage existant « classique » sous format papier en un livret « électronique » et donc un système informatique, s'augmentant de fonctionnalités apparues nécessaires au fil de son utilisation.

Les fonctionnalités du LEA sont le résultat d'une matérialisation d'un ensemble de scénarios explicitant des situations pédagogiques telles que l'évaluation des connaissances et des compétences des apprentis, l'accompagnement pédagogique par un tuteur distant, l'acquisition de connaissances pratiques par l'apprenti sur le plan de la planification et de l'organisation du travail mais aussi sur le plan du développement de savoir-faire métier en entreprise.

Un scénario pédagogique dans LEA est un ensemble cohérent d'activités poursuivant un ou des objectif(s) en termes d'acquisitions de compétences et conçu pour un public précis d'apprentis ; certaines activités peuvent avoir lieu en entreprise, d'autres non. Ces scénarios pédagogiques sont définis par les utilisateurs/concepteurs qui ont participé aux réunions de conception menées dans le cadre de ce projet.

La figure 46 représente l'ensemble du processus de conception dans le cadre du projet LEA. L'activité de conception que nous avons étudiée à l'occasion de cette expérimentation s'inscrit dans le premier cycle itératif de conception/évaluation de définition des scénarios pédagogiques.

Ce cycle itératif de conception/évaluation comporte trois phases (cf. figure 46) :

- Les concepteurs élaborent dans une phase de conception les premiers scénarios pédagogiques se matérialisant par des spécifications du système à partir de l'analyse de leurs besoins.

- Une phase de maquettage permet de voir les premières spécifications du noyau fonctionnel du système retraçant les séquences des scénarios précédemment définis.

- Une phase d'évaluation consiste à préparer et à animer la phase de négociation autour des extensions à apporter au noyau du système existant et à définir de nouveaux scénarios ou à étendre ceux déjà existant.

L'expérimentation que nous avons montée s'est inscrite dans les travaux d'analyse pilotés par P. Cottier. Elle a consisté à observer les séances de conception collective de trois des quatre groupes de conception constitués pour le premier cycle de maquettage du LEA.

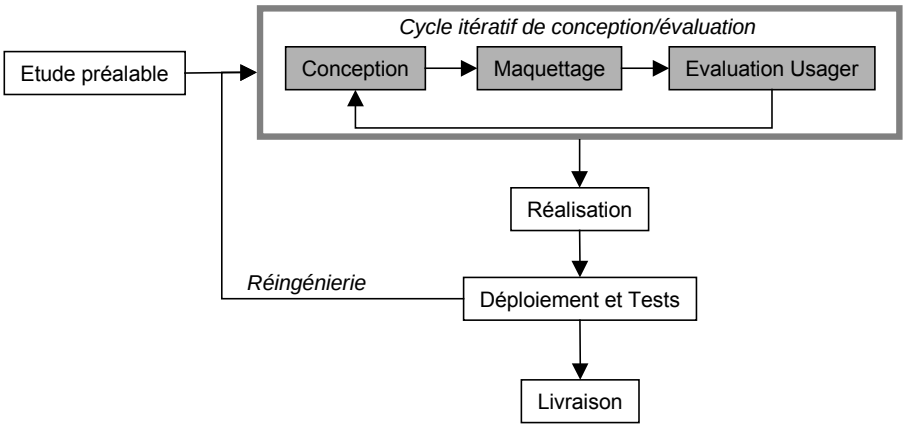


Figure 46. Démarche générale de conception du Livret Electronique d'Apprentissage.

Ces groupes étaient centrés chacun sur un cursus particulier : pharmacie, tôlerie et peinture automobile, pâtisserie, hôtellerie et restauration. Ils étaient animés par des chercheurs en informatique et en sciences de l'information et de la communication, et étaient constitués des différents usagers du livret, à l'exception des parents des apprentis : apprentis, maîtres d'apprentissage (du monde professionnel), formateurs. Chaque groupe se réunissait régulièrement, pour des séances de conception d'une à deux heures. Certaines d'entre elles ont été enregistrées au magnétoscope afin de disposer de productions verbales et des attitudes et positions de chacun, en lien avec l'objectif et les productions de la réunion. Les diverses productions écrites (notes, brouillons, dessins, schémas éventuels, etc.) et les sources d'informations utilisées (documents comme le référentiel métier, le référentiel de tâches, références à des systèmes de même type que le LEA comme le livret papier existant) ont également été répertoriées.

Le rôle des concepteurs consistait à proposer des scénarios possibles qui pourraient être mis en œuvre dans le système avant de passer à la phase d'évaluation auprès des futurs utilisateurs (formateurs, gestionnaires de formation, apprentis, maîtres d'apprentissage). Ces concepteurs étaient néophytes en matière de développement d'un artefact informatique, a fortiori un EIAH, mais, au sein de chaque groupe, ces concepteurs partageaient pour l'essentiel une même vue sur la formation, un même vocabulaire pour la décrire. Les groupes avaient par contre chacun leurs a priori sur ce que devait être le Livret Electronique d'Apprentissage : la plupart des formations du CFA, dont certaines existent depuis plus de vingt ans, se sont approprié dans leurs pratiques pédagogiques le Livret d'Apprentissage. Ainsi, certaines le considèrent comme un « carnet de liaison » entre l'apprenti, ses parents, son maître d'apprentissage en entreprise et le CFAVM, support à l'évaluation et l'auto-évaluation de l'apprenti, d'autres le considèrent comme un véritable référentiel métier et l'utilisent comme un outil d'articulation entre la formation et les activités en entreprise.

1.3.1.2. Expérimentation et résultats

La démarche de conception des scénarios pédagogiques a été constructive : les concepteurs ont du négocier et définir un méta-modèle d'expression des scénarios pédagogiques sans partir d'un modèle initial. Il faut néanmoins noter que le livret d'apprentissage papier a constitué une référence des fonctionnalités à mettre en place. Par contre, les scénarios pédagogiques conçus par chacun des groupes sont novateurs pour l'organisation cible en termes de situations pédagogiques, tant du point de vue de l'interaction que de la fonctionnalité.

Lors des réunions de conception, les formateurs ont produit des objets intermédiaires portant sur la description des scénarios. Ces objets, principalement des documents de type croquis (voir figure 47 pour un exemple), étaient utilisés comme supports et vecteurs de discussion. Ils sont centrés sur la scénarisation d'une activité mais sont rédigés en empruntant à un vocabulaire métier, spécifique au CFAVM.

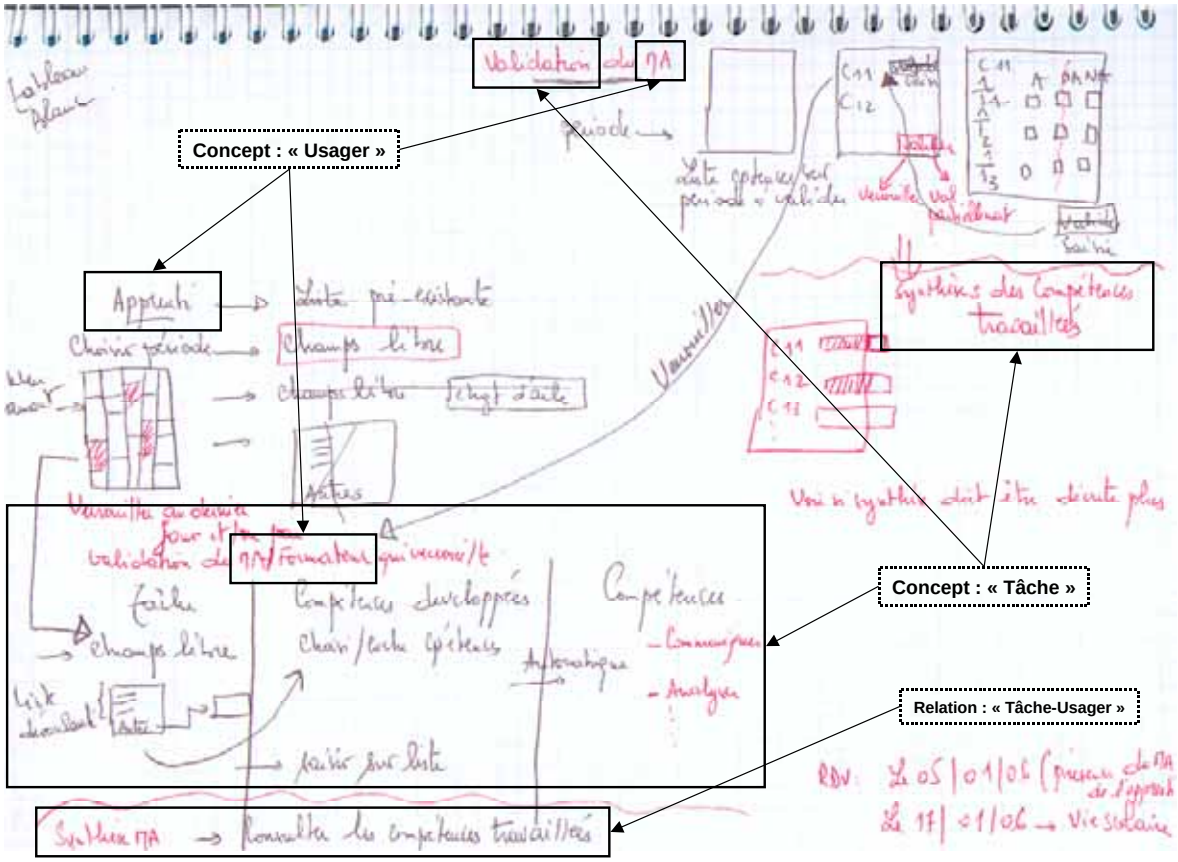


Figure 47. Un exemple d'extraction du méta-modèle d'expression à partir d'un objet intermédiaire de conception.

La nature des réunions de conception ne permettait pas une explicitation de ce vocabulaire « à chaud ». Nous avons donc du aider les concepteurs à formaliser le contenu de ces documents pour retrouver la structure de ces scénarios afin de les transmettre à l'ingénieur de développement.

Concrètement, nous avons d'abord tenté de capter les modèles implicites sur lesquels les concepteurs ont fondé la description de leurs scénarios à partir du contenu des documents produits. Ces modèles tirent leurs spécificités de la connaissance qu'ont les concepteurs du contexte de l'apprentissage. Ces derniers mobilisent leurs propres systèmes de représentation sur la pédagogie, la technologie, le but poursuivi et l'effet attendu, et s'appuient sur ces modèles pour participer aux réunions.

L'obtention d'un consensus, réifié par un document, un objet intermédiaire que le groupe s'accorde à considérer comme une trace importante de son activité, se fait par la négociation (transformation, adaptation et ajustement, adoption, etc.) autour de ces représentations, proches ici de la notion de schème proposée par [Rabardel P., 1995]. Ce document participe alors à la définition du méta-modèle adopté par les concepteurs pour exprimer les scénarios pédagogiques.

Une des difficultés de l'approche constructive est que le méta-modèle d'expression n'est pas explicite et reste peu verbalisé, bien qu'obtenu par consensus après négociation. Nous avons donc capturé dans un premier temps le vocabulaire métier utilisé dans les différents objets intermédiaires produits (cf. figure 47), puis nous avons établi un méta-modèle en analysant la structure des scénarios, décrite dans les objets intermédiaires. Ce méta-modèle (cf. figure 48) a évolué et s'est affiné au fur et à mesure des séances de conception[43]. Il n'a jamais été validé dans sa notation UML par les concepteurs mais les chercheurs participant à l'expérimentation l'ont présenté de manière informelle aux groupes de conception et l'ont discuté avec ces derniers.

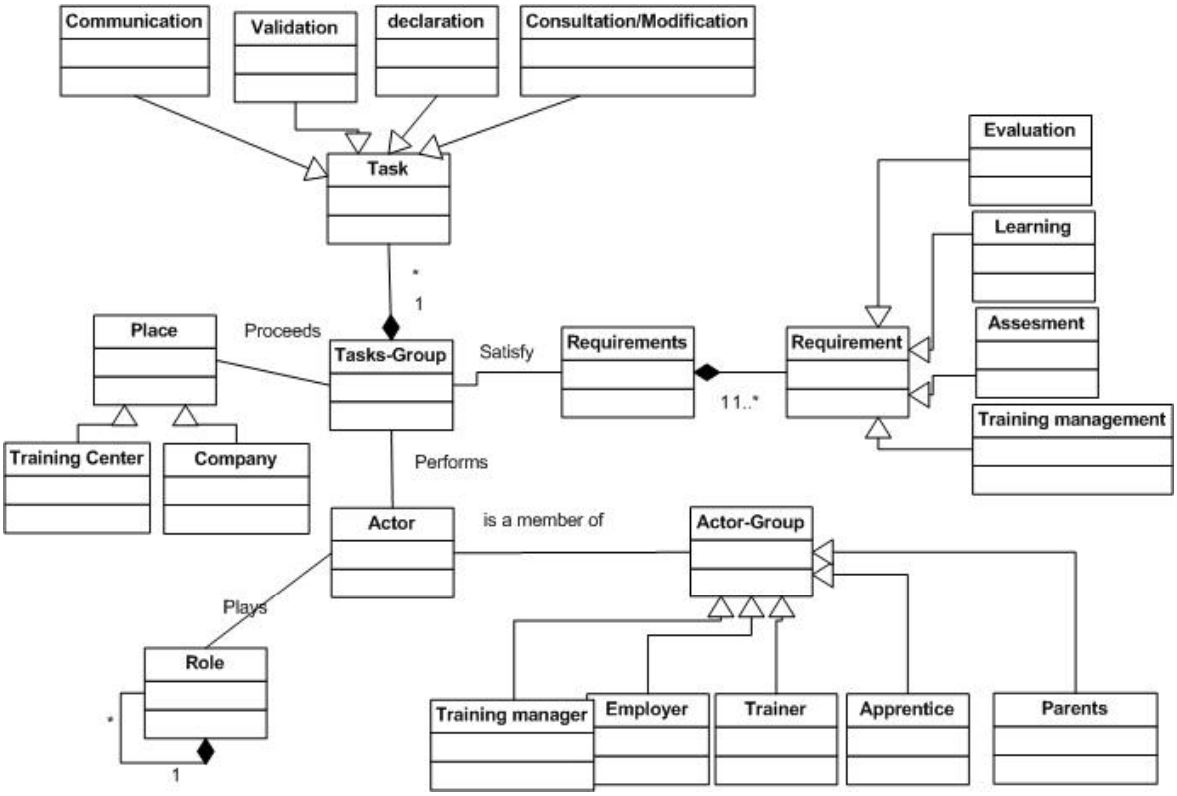


Figure 48. Méta-modèle métier du Livret Electronique d'Apprentissage.

Il est important de noter que le méta-modèle que nous avons élaboré a été obtenu en confrontant les objets intermédiaires produits par l'ensemble des groupes de conception. Nous avons en effet constaté que l'univers métier était partagé par l'ensemble des groupes de conception, malgré leurs centrations sur des formations différentes. Les différences de perception du livret d'apprentissage et de ses usages s'expriment quant à elles dans les scénarios pédagogiques.

Sur la base de ce méta-modèle et d'une représentation par un schéma XML, nous avons pu, toujours par analyse des objets intermédiaires, reconstruire une représentation explicite et

[43] La figure 47, par la présence de l'annotation « Voir si synthèse doit être décrite plus », témoigne d'une interrogation quant aux possibles évolutions du méta-modèle.

computationnelle des scénarios pédagogiques (cf. figure 49[44]). Ce sont ces représentations qui ont été utilisées pour construire le site Internet réifiant le LEA (cf. figure 50).

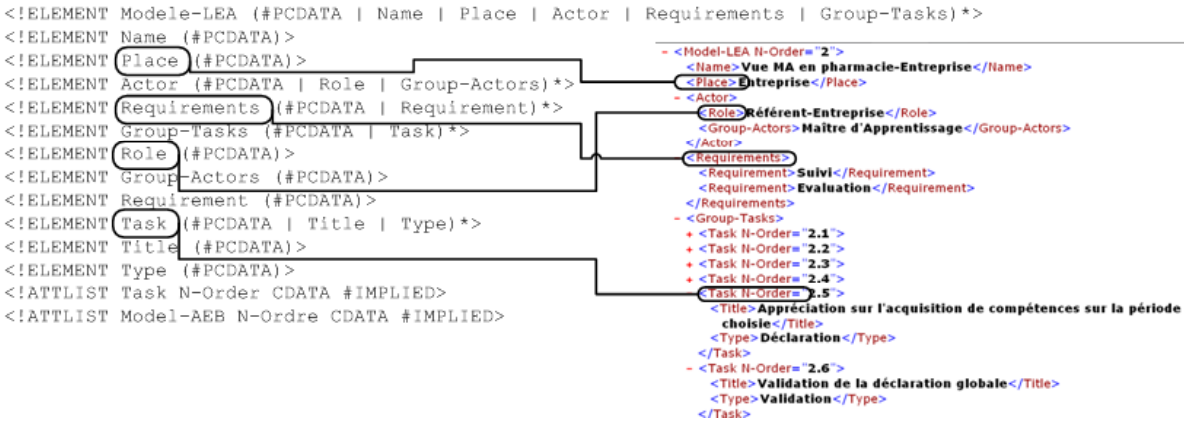


Figure 49. Versions computationnelles d'un scénario pédagogique et de son méta-modèle d'expression.



Figure 50. Captures d'écrans de l'application LEA.

1.3.2. Analyse des résultats

Ces travaux témoignent de la nature fortement itérative de l'approche constructive de la conception d'un scénario pédagogique : les définitions du méta-modèle d'expression et du scénario pédagogique se font conjointement et sont progressivement affinées au fil du temps. C'est en construisant le scénario pédagogique que les concepteurs définissent leur méta-modèle d'expression. Cette définition se fait par l'émergence, lors de la production d'objets intermédiaires,

[44] Par souci de lisibilité, cette figure présente dans sa partie gauche un extrait de la DTD XML du méta-modèle, et non de son schéma.

d'un vocabulaire métier consensuel : n'étant pas guidés par un méta-modèle initial, les concepteurs doivent s'accorder sur la définition de leur méta-modèle d'expression pendant qu'ils construisent les scénarios pédagogiques.

Notre rôle, en tant qu'experts de la modélisation et de la méta-modélisation, a été fondamental : sans nous, les concepteurs n'avaient pas les moyens d'expliciter et de formaliser les scénarios et le méta-modèle d'expression pédagogique. Même si nous avons fait aux concepteurs des retours sur les modèles que nous établissions, ils n'ont été qu'indirectement impliqués dans le processus de formalisation. C'est là un inconvénient majeur de l'approche constructive de la conception que nous avons adoptée (cf. figure 51) : si nous avons pu expliciter le méta-modèle d'expression des scénarios pédagogiques et en produire une représentation formelle permettant la spécification computationnelle des scénarios pédagogiques, les concepteurs n'ont fait que produire des objets intermédiaires très peu structurés et n'ont pu être associés à la formalisation du méta-modèle et des scénarios. C'est une de nos préoccupations actuelles et nous montrons en section 6 de ce chapitre comment nous avons décidé d'étudier les possibilités d'instrumentation de la conception permettant aux concepteurs de participer activement à l'explicitation du méta-modèle métier d'expression et de scénarios pédagogiques conformes à ce méta-modèle.

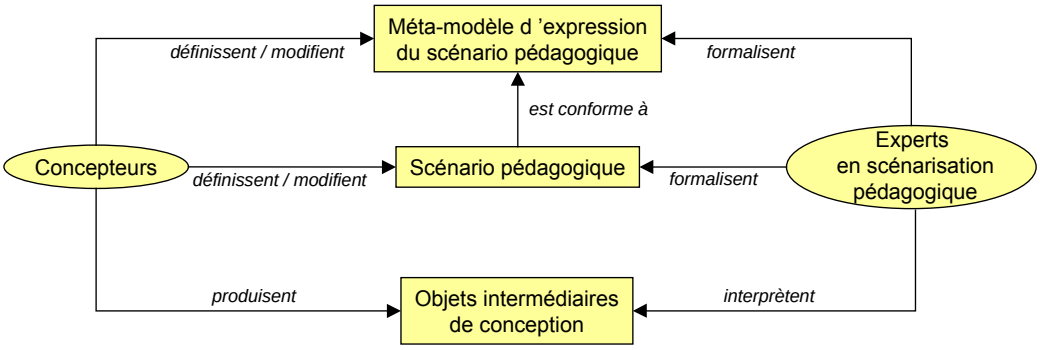


Figure 51. Approche constructive de la conception d'un scénario pédagogique adoptée.

La décision que nous avions prise de constituer et d'observer plusieurs groupes de conception, chacun centré sur un cursus de formation particulier, nous a permis de montrer que le partage de méta-modèles d'expression était envisageable, même s'ils étaient élaborés dans une approche constructive [El Kechaï H., & Choquet C., 2007]. Comme nous l'avons précisé, les groupes n'avaient pas les mêmes intentions de conception sur le LEA : les habitudes prises dans les formations amenaient chaque groupe à envisager des usages spécifiques du LEA. Il était donc possible que le méta-modèle d'expression défini par chacun des groupes soit spécifique à chaque formation. En élaborant un méta-modèle satisfaisant l'ensemble des groupes de conception, nous avons montré que les différences ne se situaient pas au niveau de la description de l'univers métier mais plutôt au niveau de la scénarisation des activités d'apprentissage. Par contre, il est incontestable que le méta-modèle obtenu est spécifique à un univers métier particulier : celui de la validation des acquis et du suivi de l'apprenant dans une formation par l'apprentissage. Nous estimons donc que ces travaux concourent à prouver qu'il est envisageable de développer une ingénierie de la scénarisation pédagogique basée sur l'élaboration, la capitalisation et le partage de méta-modèles métiers qui soit économiquement rentable.

1.4. Travaux visant à étudier le rôle des objets intermédiaires dans la scénarisation de l'activité de conception

Nous avons utilisé les expérimentations que nous avons montées autour des deux approches de la conception d'un scénario pédagogique pour étudier également le rôle des objets intermédiaires dans la scénarisation de l'activité de conception. Cette analyse a permis de mettre en exergue la nature hybride des objets intermédiaires [Mer S., & al., 1995] qui ne témoigne pas uniquement d'un consensus sur la production des scénarios pédagogiques mais aussi de la méthode d'obtention de ces productions. Egalement utilisés par les concepteurs comme une trace de leur activité, ces objets intermédiaires ont un rôle de structuration du processus de conception. Notre objectif était ici d'étudier comment le scénario de la conception se construisait dans les deux approches. Nous voulions notamment savoir s'il était possible de construire ce scénario de manière explicite, afin de pouvoir en faire un artefact de conception capitalisable et partageable.

1.4.1. Expérimentation et résultats

Lors de l'expérimentation de l'approche interprétative de la conception, les objets intermédiaires, comme le montre la figure 52, portaient des informations sur la scénarisation de l'activité de conception liées au méta-modèle d'expression pédagogique proposé. Dans l'exemple de la figure 52, l'organisation de la conception est faite autour du concept « ressource » du langage IMS-LD : la définition, l'affectation à des acteurs et la planification des tâches de conception portent sur la construction et la validation de ressources pédagogiques. Une fois le méta-modèle d'expression interprété par les concepteurs, le scénario de conception s'organise guidé par ce méta-modèle : définition des activités, des objectifs d'apprentissage, affectation des ressources, etc.

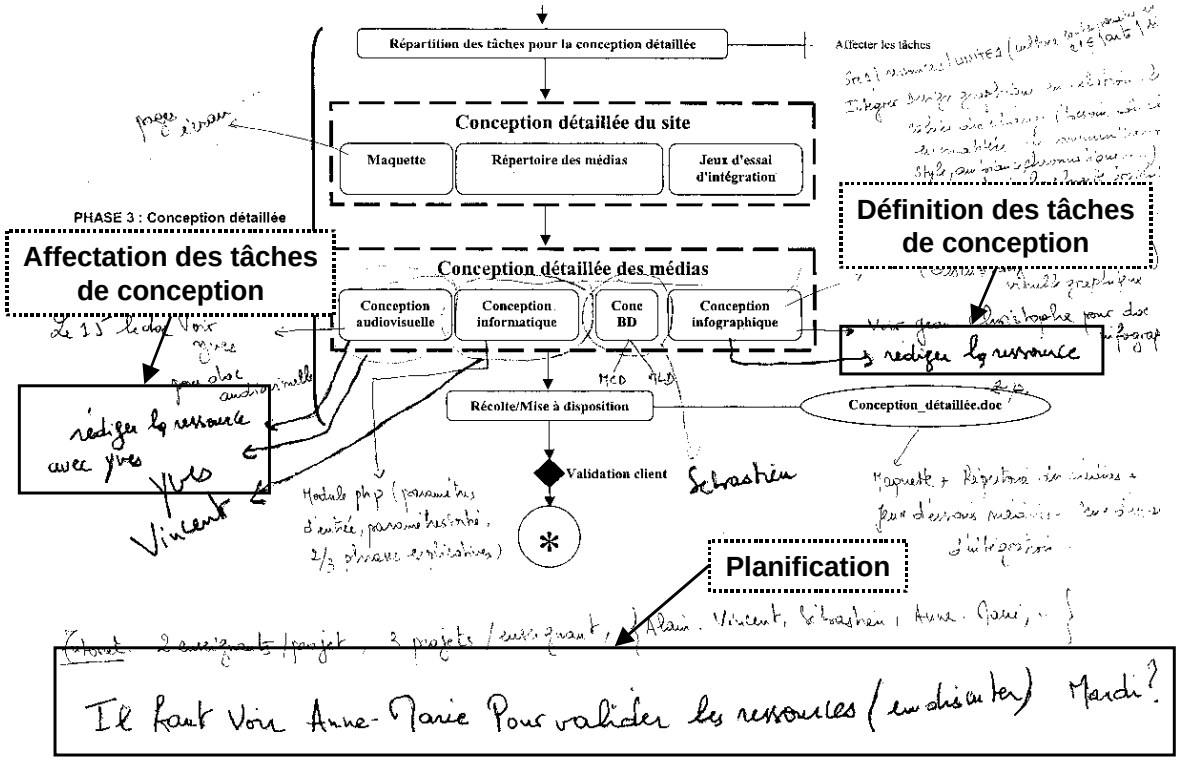


Figure 52. Extrait d'un objet intermédiaire véhiculant des informations de scénarisation de la conception.

Lors de l'expérimentation de l'approche constructive de la conception, le scénario de la conception ne pouvant pas être tendu par le méta-modèle d'expression pédagogique, d'autant que certaines activités de conception concernent la définition de ce méta-modèle, nous avons voulu analyser les objets intermédiaires dans la dynamique de leur construction afin d'identifier la méthode de conception adoptée par les concepteurs : organisation des tâches de conception, segmentation et résolution de problèmes, restructurations et changements d'objectifs, et leurs conditions de déclenchement. Nous avons donc enregistré au magnétoscope les séances de conception, afin d'avoir une trace des échanges autour des objets intermédiaires. Cet enregistrement vidéo des séances de conception nous a permis de procéder à une analyse qualitative des protocoles verbaux qui ont émergé dans les groupes de conception, et de lier cette analyse à la production et à la nature des objets intermédiaires produits et utilisés. Cette étude a essentiellement consisté à examiner des régularités apparaissant dans l'ensemble des comportements afin de préciser le contenu de différents types d'activités de conception et les transitions entre ces activités. Cette analyse nous a également permis d'étudier l'ordre dans lequel les concepteurs ont travaillé, les découpages apportés dans l'analyse des problèmes, les restructurations ou changements d'objectifs et leurs conditions de déclenchement, afin de mettre en évidence les stratégies utilisées du point de vue de l'organisation générale de l'activité, notamment la planification et la structuration du processus de conception.

Nous donnons dans la figure 53 un exemple d'interactions verbales autour d'un objet intermédiaire en évolution, et témoignant des transactions entre les concepteurs.

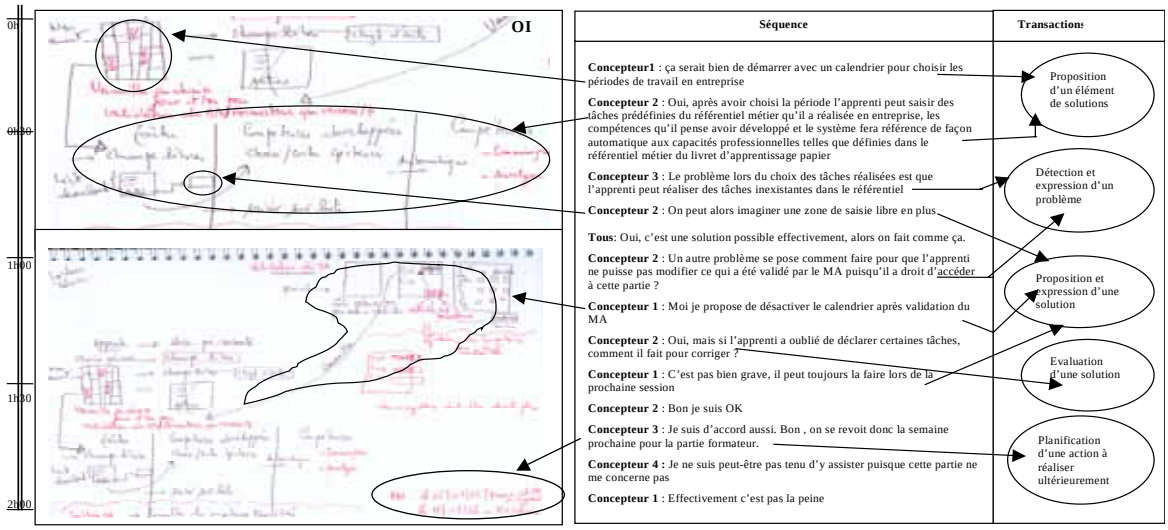


Figure 53. Analyse de l'évolution d'un objet intermédiaire, de la séquence interlocutoire et transactions déduites.

Cet objet intermédiaire (partie gauche de la figure) représente un scénario explicitant une situation pédagogique de suivi de l'acquisition de compétences chez l'apprenti. Cet objet a joué un rôle support à une activité de négociation caractérisée par un ensemble de transactions entre les concepteurs. Il est donc à la fois porteur de spécifications du futur produit et support de communication entre les concepteurs. Son analyse permet de le considérer comme le produit d'une phase où les concepteurs explicitent leurs intentions de conception et leurs besoins.

L'analyse des protocoles verbaux permet de situer l'évolution de l'objet intermédiaire :

- cet objet intermédiaire a été créé suite à l'identification collective d'une situation pédagogique dont l'objectif est d'amener l'apprenti à décrire son activité en entreprise en l'inscrivant dans le référentiel métier de la formation ;

- une première solution est proposée par deux des concepteurs (partie haute de la figure) ; elle consiste à scénariser une interaction où l'apprenti saisit dans une liste les compétences qu'il pense avoir développées ;
- deux concepteurs énoncent coup sur coup deux problèmes pouvant surgir lors du déploiement du scénario, ce qui amène le groupe à faire évoluer l'objet intermédiaire en proposant des solutions qui raffinent le scénario initial ;
- le groupe s'attache alors à évaluer la qualité du scénario et obtient un consensus sur la solution retenue ;
- finalement, l'objet intermédiaire est à nouveau situé dans l'organisation de la conception par la planification d'une réunion permettant de compléter le scénario en décrivant l'activité d'évaluation de l'apprenti par le formateur.

Nous avons alors identifié trois processus transactionnels intervenant dans la scénarisation de l'activité de conception et dont l'articulation permet de modéliser de manière synthétique l'activité de conception qui s'est déroulée au cours de cette séance.

Le processus « Gestion et organisation de l'activité » (cf. figure 54) met en œuvre la planification et l'établissement d'un plan d'actions de conception. Il donne souvent naissance à des documents avec prise de notes et annotations qui sont utilisés par la suite afin de récapituler ce qui a été traité auparavant, et pour donner un point de départ à la réunion en train de se dérouler et assurer de ce fait la continuité du processus de conception.

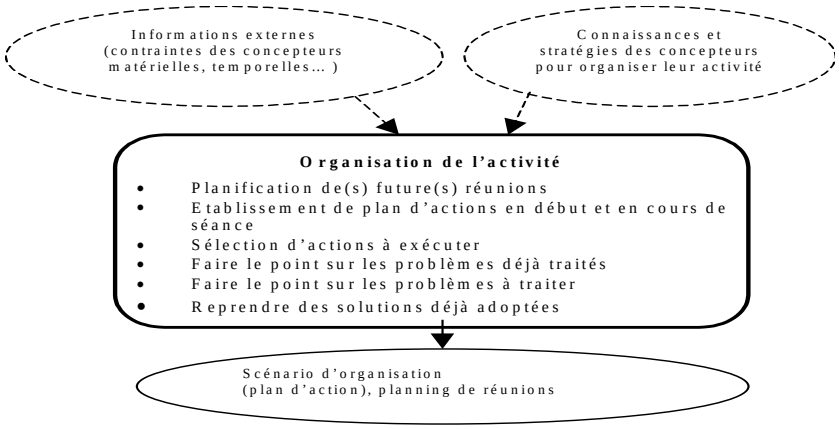


Figure 54. Schéma descriptif du processus « Organisation de l'activité ».

Le processus « Evocation de problèmes » (cf. figure 55) mobilise les connaissances implicites des concepteurs qui s'attachent à préciser les contraintes ou les spécificités techniques liées à l'usage et à la fiabilité du système à produire.

Le processus « Proposition et énoncé de solutions » (cf. figure 56) consiste à suggérer des solutions. Il s'agit le plus souvent d'apporter des précisions ou de définir des aspects à prendre en compte pour le futur système. Au fur et à mesure de l'avancée des séances de conception, les informations sont plus précises sur les différentes caractéristiques de la solution, ce qui permet de traduire progressivement la solution sous forme de spécifications. C'est un processus qui mobilise à la fois les connaissances implicites des concepteurs et des sources d'objets externes (comme par exemple un schéma d'un ensemble de fonctionnalités du LEA défini dans une précédente réunion sur lequel il est nécessaire de mieux préciser les fonctionnalités déjà définies ou d'en définir de nouvelles).

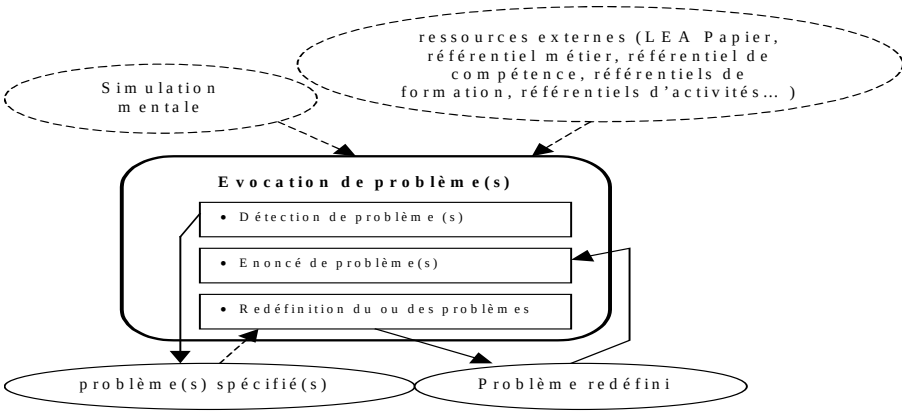


Figure 55. Schéma descriptif du processus « Evocation de problèmes ».

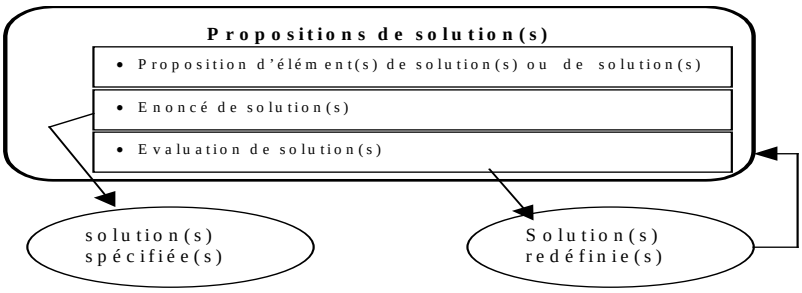


Figure 56. Schéma descriptif du processus « Proposition et énoncé de solution ».

Ces trois processus sont interdépendants. On notera par contre que nous ne pouvons pas déterminer une articulation récurrente de ces processus.

1.4.2. Analyse des résultats

Les deux objectifs que nous poursuivions en menant ces travaux étaient les suivants :

- nous voulions établir s'il était possible de déterminer le scénario de conception à partir des objets intermédiaires produits par les concepteurs, y compris dans une approche constructive de la scénarisation pédagogique, dans une perspective d'instrumentation et de support de l'activité de conception ;
- nous voulions établir s'il était possible d'abstraire et de formaliser ce scénario de conception de manière à le capitaliser et à le partager au sein de la communauté de pratiques de la scénarisation pédagogique.

Nous n'avons que partiellement atteint ces objectifs. Nous avons montré que le scénario de conception s'exprimait dans les objets intermédiaires, y compris dans une approche constructive de la conception, à condition de les analyser situés dans la dynamique de leur construction. Nous avons également montré qu'il était possible d'identifier des processus dont l'articulation permet de modéliser de manière synthétique l'activité de conception. Mais nous n'avons pas pu déterminer une articulation récurrente de ces processus, ce qui, en première analyse, pourrait laisser penser qu'il n'y a pas d'intérêt à envisager la capitalisation de scénarios de conception dédiés à l'organisation de l'activité de la conception par l'approche constructive.

Ces résultats étaient prévisibles : comme nous l'avons déjà précisé, nous pensons que le scénario de l'activité de conception émerge de l'activité dans une approche constructive de la conception parce que ce scénario se structure non seulement par rapport au contexte de l'activité mais également par rapport au méta-modèle d'expression pédagogique, lui-même en construction.

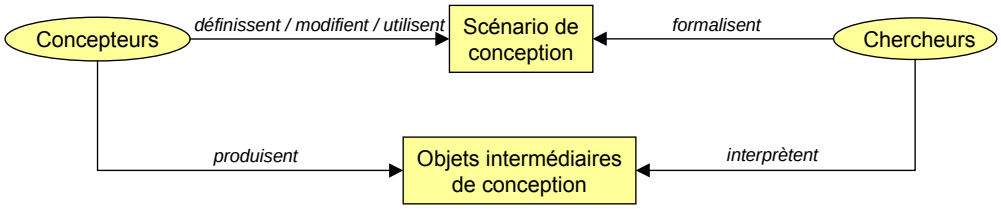


Figure 57. Processus d'élaboration du scénario de conception.

Il n'est donc à notre sens pas pertinent d'envisager une instrumentation et un support de la conception par l'approche constructive qui s'appuieraient sur un scénario de conception préétabli. Il nous semble par contre très souhaitable, en deuxième analyse, de chercher à identifier et formaliser le scénario de conception selon le processus que nous avons adopté et qui est représenté par la figure 57 :

- L'identification de processus transactionnels tels que ceux présentés en figures 54, 55 et 56 permet d'envisager un support à l'activité contextuelle, locale au processus transactionnel. Il semble en effet raisonnable de penser que soient associés à chaque processus un ensemble d'outils, de méthodes ou de techniques instrumentant et supportant les concepteurs impliqués dans le processus. Nous discutons plus en détail de ces perspectives de recherche en dernière partie de ce document.
- Nos travaux dans le cadre de l'approche interprétative de la conception montrent que le scénario de conception est lié au méta-modèle d'expression pédagogique. Dans une perspective de capitalisation et de partage des méta-modèles conçus par l'approche constructive, il est également pertinent de chercher à capitaliser et partager le scénario de conception lié. Ce scénario vient alors « documenter » le méta-modèle, en tant que guide de bonnes pratiques ou, à tout le moins, en tant qu'historique de sa genèse.
- Le scénario de conception pourrait également être utilisé pour, de manière analogue à un scénario pédagogique, déployer un environnement de conception adapté à l'utilisation du méta-modèle d'expression pédagogique. Nos résultats ne nous permettent cependant pas d'envisager actuellement une telle utilisation.

En synthèse, ces travaux ont démontré que les scénarios de conception étaient des artefacts qu'il était possible et intéressant de capitaliser et de partager, malgré l'absence apparente de récurrences dans l'articulation des processus transactionnels. Dans une approche interprétative de la conception, ces scénarios documentent le méta-modèle d'expression pédagogique et aident à son utilisation. Dans une approche constructive de la conception, l'identification des processus transactionnels qui s'articulent pour définir un scénario de conception en construction, permet d'envisager le support contextualisé de l'activité de conception.

1.5. Modélisation de la conception et de la réingénierie collectives d'un scénario pédagogique

Nos travaux ont montré les intérêts respectifs des approches interprétative et constructive pour la conception et la réingénierie collectives d'un scénario pédagogique.

L'approche interprétative structure l'activité de conception par le méta-modèle proposé : c'est en s'interrogeant sur la sémantique de ses concepts et en s'appropriant sa métaphore qu'un groupe de concepteurs construit progressivement le scénario de la situation pédagogique. Cette progression est rythmée par des évolutions du méta-modèle suite à des actes de réingénierie (après évaluation par le déploiement du scénario pour une session d'apprentissage ou simplement suite à une négociation entre les concepteurs). Ces évolutions témoignent de l'appropriation du méta-modèle par les concepteurs qui l'adaptent à leur propre contexte d'apprentissage et de conception. Ainsi, le méta-modèle, se situant dans un contexte, devient le méta-modèle métier du groupe de conception. Notons ici que cette approche nous semble particulièrement bien indiquée quand les membres du groupe de conception ne disposent pas d'un vocabulaire métier commun : le méta-modèle initial focalise les négociations, facilite l'établissement d'un consensus tout en limitant les interventions de régulation de l'activité de conception.

L'approche constructive permet à un groupe de conception qui dispose d'un vocabulaire métier commun de l'expliciter dans un méta-modèle d'expression du scénario pédagogique. Ce méta-modèle est obtenu par itérations successives, guidées par la négociation des scénarios pédagogiques. Ce méta-modèle témoigne du métier du groupe de conception par sa situation dans le contexte d'apprentissage et de conception. N'étant pas guidés par un méta-modèle préexistant, les concepteurs doivent également négocier et établir le modèle de leur activité de conception. Cette approche est plus coûteuse en temps de conception que l'approche interprétative, mais elle facilite la définition de scénarios pédagogiques adaptés au contexte d'apprentissage et répondant aux intentions de conception.

Ces deux approches nous semblent complémentaires.

L'approche interprétative est plus réaliste d'un point de vue de l'économie de l'ingénierie mais elle présuppose l'existence d'un méta-modèle apte à exprimer des scénarios pédagogiques adaptés au contexte d'apprentissage et suffisamment proche du contexte de conception pour être adopté par les concepteurs. Mais le choix d'un méta-modèle ne peut se faire que s'il est documenté sur son spectre d'application, tant du point de vue du contexte de l'apprentissage que de celui de la conception. Or, nous l'avons déjà constaté, la communauté EIAH ne propose pas actuellement un panel suffisant de méta-modèles documentés. L'approche actuelle tend plutôt à proposer un méta-modèle non-modifiable, le plus couvrant possible comme celui de IMS-LD, parfois documenté par une méthode de développement certes complète et ayant largement fait ses preuves comme le méta-modèle MOT et la méthode MISA [Paquette G., & al., 2005a], mais nécessitant un apprentissage long, ce qui nous semble inadapté lorsque l'on cible pour concepteurs des enseignants et des formateurs non spécialisés dans le développement d'EIAH.

L'approche constructive, bien que plus coûteuse en temps de réalisation et nécessitant, au moins dans notre expérimentation, une participation active des chercheurs pour formaliser les productions, permet l'élaboration de méta-modèles situés dans un univers métier et associés à un scénario de conception. Elle contribue en ce sens à renforcer l'approche interprétative en diversifiant les choix de méta-modèles.

L'objectif de notre proposition est de modéliser le processus de conception et de réingénierie d'un scénario pédagogique où ces deux approches de conception s'intègrent dans une ingénierie et une réingénierie des scénarios pédagogiques dirigées par les modèles.

Les sections suivantes présentent puis analysent ce modèle du processus de conception et de réingénierie collectives d'un scénario pédagogique.

1.5.1. Présentation des résultats

En reprenant la terminologie du méta-standard ODP-RM présentée en section 1.1.1., un *processus* a vocation à produire un ensemble *d'artefacts*. La figure 58 présente les artefacts produits par le processus de conception et de réingénierie collectives d'un scénario pédagogique, ainsi que les relations existant entre eux.

- Les objets intermédiaires sont produits pendant la conception du scénario pédagogique. Ils permettent de définir le méta-modèle d'expression pédagogique, le scénario pédagogique, le scénario de conception et les indicateurs prescrivant l'observation de l'activité d'apprentissage.
- Le méta-modèle d'expression du scénario pédagogique doit être explicite et formel. Il peut être préexistant à la conception du scénario (approche interprétative de la conception) ou défini pendant cette phase. Il est dans les deux cas modifiable par les concepteurs.
- Le scénario pédagogique est conforme au méta-modèle d'expression.
- Le scénario de conception documente le méta-modèle d'expression.
- Les indicateurs sont définis pendant la conception. Ils sont principalement déduits du scénario pédagogique et leur spécification est conforme au méta-modèle d'expression. Une fois valués, le méta-modèle d'expression permet de les représenter dans l'univers métier des concepteurs.
- Les moyens d'observation opérationnalisent les indicateurs. Ce sont des méthodes d'analyse qui spécifient les observés nécessaires à l'établissement des indicateurs.
- Les observés sont collectés par le dispositif de formation et permettent de valuer les indicateurs.
- Le dispositif de formation réifie le scénario pédagogique et les moyens d'observation.

La représentation des artefacts et de leurs relations telle qu'en figure 58 nous a permis d'identifier et de caractériser les flux de communication entre les processus impliqués dans la conception et la réingénierie collectives d'un scénario pédagogique : la production de chacun de ces artefacts mobilise un ensemble de processus et se fait par l'intermédiaire d'un ensemble de flux de communication. Chaque flux de communication, que nous assimilons à une interaction dans la figure 59, est caractérisé par un artefact, par le processus à l'initiative de l'interaction et par le processus sollicité par l'interaction. Chaque processus impliqué dans la conception et la réingénierie collectives d'un scénario pédagogique est alors caractérisé par l'ensemble des ports d'interaction qu'il entretient avec les autres processus.

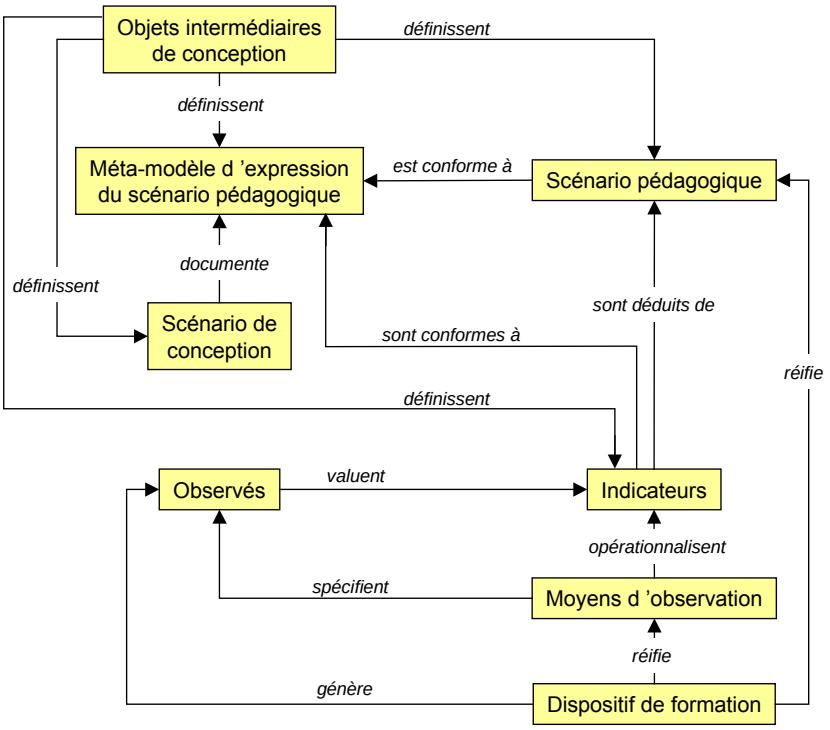


Figure 58. Les artefacts produits dans un processus de conception et de réingénierie collectives d'un scénario pédagogique.

La figure 59 présente le modèle du processus de conception et de réingénierie collectives d'un scénario pédagogique que nous avons établi. La figure 60 présente les sous-processus actifs dans le processus de conception d'un scénario pédagogique.

Ce modèle est une spécialisation du modèle métier de la réingénierie d'un EIAH présenté en section 1.1. de la 2nde partie de ce document.

- Le processus d'apprentissage participe à deux interactions :
  - il utilise le scénario pédagogique considéré comme un prototype susceptible d'évoluer en fonction des actes de réingénierie ;
  - il produit des observés, traces de son activité, à destination du processus d'analyse.
- Le processus de déploiement participe à cinq interactions :
  - il interprète les spécifications produites par le processus de conception pour déployer le scénario pédagogique ;
  - il déploie le scénario pédagogique destiné à être utilisé par le processus d'apprentissage ;
  - il interprète les moyens d'observation de l'activité du processus d'apprentissage décrits par le processus d'analyse, afin de les implanter dans le dispositif de formation ;
  - il peut produire des modèles capitalisables ou réutiliser des modèles existants pour mener à bien son activité. Ces modèles sont des modèles d'implantation, (1) spécifiques à une plate-forme de déploiement de scénarios pédagogiques ou (2) concernant l'opérationnalisation d'un moyen d'observation pour un dispositif de formation particulier.
- Le processus d'analyse participe à six flux de communication :
  - il interprète les spécifications produites par le processus de conception pour définir les moyens d'observation à mettre en place pour chaque indicateur ;

  - il produit les moyens d'observation, sous la forme de spécifications destinées à être interprétées par le processus de déploiement en vue de leur implantation dans la plate-forme cible ;
  - il traite les observés collectés par le dispositif de formation concernant l'activité du processus d'apprentissage, de manière à établir les indicateurs ;
  - il produit les indicateurs valués destinés à être interprétés par le processus de conception à des fins de réingénierie ;
  - les moyens d'observation décrits par ce processus sont indépendants d'une plate-forme cible et peuvent être capitalisés par le processus de gestion des traces d'usage ;
  - le processus d'analyse peut réutiliser des moyens d'observation existants et mis à disposition par le processus de gestion des traces d'usage.
- Le processus de gestion des ressources participe à huit flux de communication :
  - il capitalise et diffuse les objets métiers partagés par les processus de conception et de déploiement d'un scénario pédagogique et leur propose des moyens de partage et de réutilisation des différents modèles qu'ils produisent (modèles informationnels, technologiques ou computationnels, méta-modèles d'expression, scénarios pédagogiques, scénarios de conception).
- Le processus de gestion des traces d'usage participe à quatre flux de communication :
  - il capitalise les objets métier partagés par les processus de conception et d'analyse et leur propose des moyens de partage et de réutilisation de leurs productions (indicateurs, moyens d'observation).
- Le processus de conception participe à onze flux de communication :
  - il produit des spécifications à destination du processus de déploiement et du processus d'analyse ;
  - il interprète les indicateurs valués produits par le processus d'analyse afin de décider d'éventuels actes de réingénierie ;
  - il produit des artefacts capitalisables et réutilise des artefacts capitalisés (méta-modèles d'expression pédagogique, scénarios pédagogiques, scénarios de conception, indicateurs).

Le processus de conception d'un scénario pédagogique est, dans nos travaux, le pivot du processus de conception et de réingénierie collectives d'un scénario pédagogique. Son objectif premier est de produire des scénarios pédagogiques computationnels. Deux sous-processus coopèrent dans ce processus de conception :

- Le processus de création produit des objets intermédiaires. Plus ou moins explicites suivant les organisations, ces objets intermédiaires ont besoin d'être formalisés par le processus de formalisation qui fournit des spécifications aux processus de déploiement et d'analyse. Ce processus extrait des objets intermédiaires le méta-modèle d'expression adopté par le processus de création, le scénario pédagogique, les indicateurs qui sont nécessaires à l'interprétation de l'activité de la communauté d'apprentissage, et le scénario d'organisation de l'activité de conception adopté par le processus de création. Ces spécifications sont mises à disposition de la communauté de réingénierie d'un scénario pédagogique par l'intermédiaire des processus de gestion des ressources et de gestion des traces d'usage. Pour l'aider dans

son activité, le processus de formalisation peut utiliser des objets métier existant dans la communauté de réingénierie.

- Le processus de création peut utiliser un méta-modèle d'expression pédagogique, des descriptions d'indicateurs, un scénario pédagogique ou un scénario de conception que lui propose le processus de formalisation pour supporter son activité. Le processus de création peut décider d'actes de réingénierie sur un scénario pédagogique (impliquant parfois d'affiner le scénario de conception ou le méta-modèle d'expression), en interprétant les indicateurs de l'activité du processus d'apprentissage élaborés par le processus d'analyse.

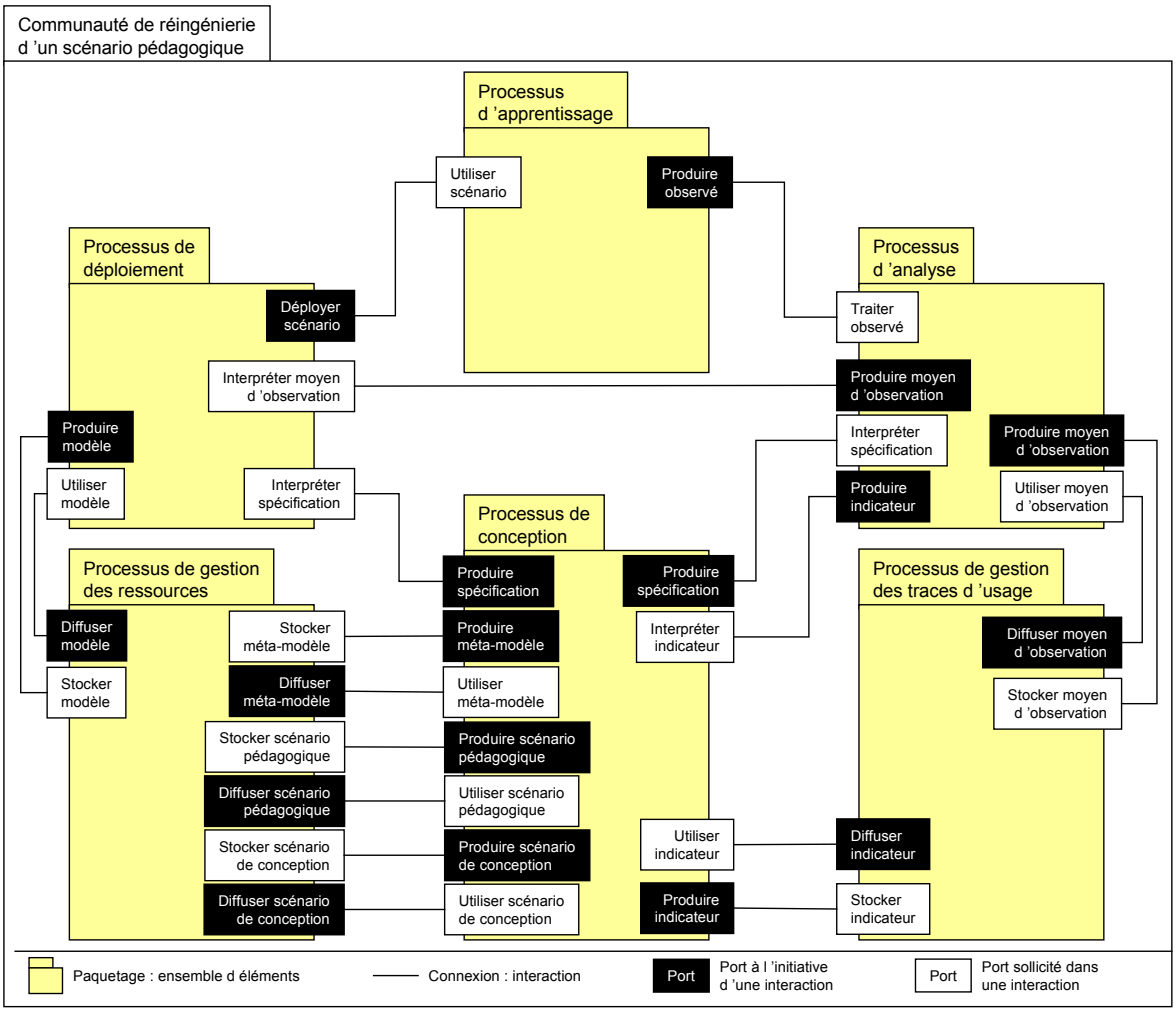


Figure 59. Le processus de conception et de réingénierie collectives d'un scénario pédagogique.

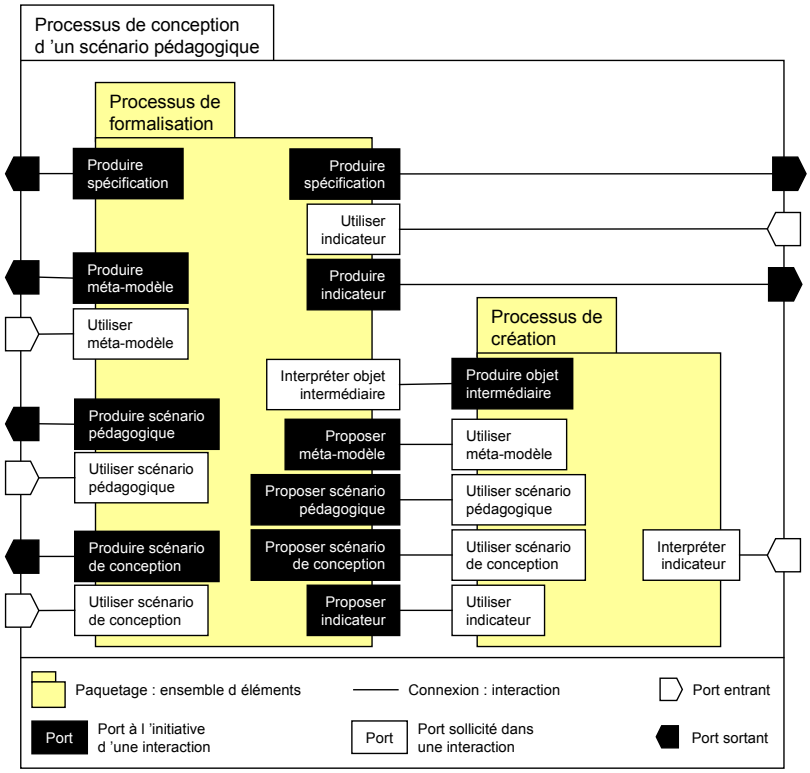


Figure 60. Processus de conception collective d'un scénario pédagogique.

1.5.2. Analyse de la proposition

Le modèle que nous proposons décrit un processus qui nous semble novateur dans son approche de l'ingénierie des scénarios pédagogiques (1) parce qu'il favorise l'implication de l'enseignant dans le processus de conception, notamment en permettant la scénarisation pédagogique et la modélisation de l'observation dans l'univers métier du concepteur et en facilitant l'interprétation des usages du dispositif de formation, et (2) parce qu'il systématise la capitalisation et la réutilisation de l'ensemble des artefacts produits par les différents processus impliqués dans la scénarisation pédagogique et dans l'analyse des usages.

Ce processus est un élément important de réponse à notre problématique de recherche :

- Ce processus permet aux concepteurs d'adopter une approche interprétative ou constructive de la conception. Les concepteurs peuvent définir leur propre méta-modèle d'expression pédagogique ou s'approprier un méta-modèle existant, et décrire ensuite des scénarios pédagogiques conformes à ce méta-modèle.
- Ce processus permet aux concepteurs d'adopter une approche interprétative ou constructive pour l'organisation de la conception. Les concepteurs définissent leur propre scénario de conception ou s'approprient un scénario de conception existant.
- Les méta-modèles et les scénarios pédagogiques sont formels, computationnels et suffisamment documentés pour permettre l'opérationnalisation des scénarios pédagogiques sur la plate-forme cible et faciliter la négociation de la réingénierie de cette plate-forme.

- Le processus amène les concepteurs à spécifier l'observation de la situation pédagogique à mettre en place en utilisant ou définissant des indicateurs pédagogiques. Le méta-modèle d'expression pédagogique défini ou utilisé par les concepteurs intègre les concepts nécessaires à la spécification des indicateurs. Ce méta-modèle d'expression pédagogique permet également la représentation des observés pour faciliter la comparaison entre les scénarios prédictifs et les scénarios observés.
- Le processus amène à spécifier l'observation de l'activité d'apprentissage, dans l'objectif de faciliter la négociation de la réingénierie de la plate-forme cible pour la rendre capable de collecter les données requises pour l'établissement des indicateurs pédagogiques.
- Le processus incite à capitaliser les artefacts produits au cours de ce processus. Il permet également le partage et la réutilisation de ces artefacts, dans l'objectif de développer des communautés de pratiques, de donner aux enseignants des outils leur permettant d'acquérir de nouvelles pratiques, et de rationaliser les coûts de développement induits.

Nous considérons que notre proposition participe à la définition d'un nouveau cadre méthodologique pour l'ingénierie des EIAH, capable de motiver les enseignants pour assumer de nouveaux rôles, pour faire évoluer leurs compétences, de manière à intégrer les EIAH dans leurs pratiques pédagogiques. Nos travaux et nos expérimentations ayant conduit à l'élaboration de ce modèle témoignent de l'intérêt d'adopter ce processus pour les enseignants. Parce qu'ils peuvent modéliser le scénario pédagogique dans leur univers métier, ils sont à même d'être les acteurs principaux du processus de conception. Parce qu'ils peuvent interpréter les retours d'usage du dispositif d'apprentissage, ils sont à même de faire évoluer leurs compétences.

Nous pensons également que notre proposition participe à la constitution de communautés de pratiques de la scénarisation pédagogique. L'approche constructive de la conception de scénarios pédagogiques et de modalités d'observation fait émerger des artefacts capitalisables susceptibles d'être partagés au sein d'une communauté d'enseignants s'identifiant par un univers métier et des pratiques pédagogiques spécifiques. L'approche interprétative de la conception participe alors à la cristallisation de ces communautés autour d'artefacts partagés. L'approche d'ingénierie des modèles sous-tendant ce processus de conception et de réingénierie des scénarios pédagogiques favorise également la capitalisation et le partage de ces artefacts en permettant de capitaliser des scénarios pédagogiques, des méta-modèles d'expression pédagogique, des spécifications d'indicateurs et de moyens d'observation dans des formalismes indépendants des plates-formes de diffusion utilisées comme dispositif d'apprentissage.

Nous utilisons ce modèle comme un outil de recherche, mais nous le proposons également à la communauté scientifique : les flux de communication qu'il identifie entre les processus définissent des actions de recherche pour instrumenter et supporter l'activité des processus impliqués, et permettent de situer ces actions de recherche les unes par rapport aux autres. Ces aspects sont discutés dans la dernière partie de ce document.

Notons enfin que nous ne retenons que six processus participant à la réingénierie d'un scénario pédagogique (cf. figure 59). Certains travaux [Vantroys T., 2003] [Oubahssi L., & al., 2005] insistent également sur le rôle joué par les administrateurs du système de formation. Nous en avons bien conscience mais nous considérons que dans le contexte où nous nous plaçons, les connaissances de ce rôle pouvant être impliquées dans le processus de réingénierie sont partagées par le processus de déploiement du scénario pédagogique, par le processus d'analyse et par le processus de conception. Nous ciblons en effet des organisations où les concepteurs sont des enseignants ou des formateurs pratiquant l'enseignement classique mais désirant élargir leurs

pratiques pédagogiques aux EIAH. Ces concepteurs maîtrisent donc le système organisationnel de la formation dans laquelle ils sont impliqués. Le processus de déploiement maîtrise quant à lui les possibilités et contraintes techniques et d'opérationnalisation du système de diffusion. Enfin, le processus d'analyse a connaissance des possibilités et limites de l'observation, qu'elles soient techniques, éthiques ou stratégiques.

1.6. Travaux visant à instrumenter le processus de conception d'un scénario pédagogique

Le modèle du processus de conception et de réingénierie d'un scénario pédagogique que nous proposons identifie deux sous-processus actifs dans le processus de conception (cf. figure 60) : le processus de création et le processus de formalisation. Nos travaux sur les approches interprétative et constructive de la conception de scénarios pédagogiques met en œuvre ces deux processus sans les instrumenter : nous avons été, en tant que chercheurs en informatique, les principaux artisans du processus de formalisation.

Avec l'objectif de rendre autonome les enseignants dans la conception et de réduire les coûts liés à l'implication de spécialistes informatiques, nous avons décidé d'étudier comment instrumenter le processus de création de manière à automatiser le processus de formalisation. En d'autres termes, nous avons décidé de construire un prototype d'éditeur collaboratif dédié à la scénarisation pédagogique, capable de supporter la formalisation et la capitalisation des artefacts produits par le processus de conception. Ce prototype, que nous appelons ECoS (Editeur Collaboratif de Scénarios pédagogiques), est destiné à nous aider dans l'étude de l'activité de scénarisation lorsqu'elle est instrumentée. Il n'a donc pas pour finalité d'être une solution logicielle instrumentant l'activité de conception : il est un outil de recherche que nous utilisons dans l'étude de cette instrumentation.

1.6.1. Description du prototype ECoS

ECoS permet l'édition graphique d'un méta-modèle d'expression pédagogique et de scénarios pédagogiques conformes à ce méta-modèle.

ECoS est un client Web, développé sur les technologies Java et XML. Il est composé de deux composants logiciels : une « applet » constitue l'interface client de l'éditeur et un service Web est dédié au partage collaboratif des scénarios et méta-modèles.

Concrètement, l'édition se fait à partir de deux panneaux, l'un réservé au méta-modèle, l'autre au scénario (voir figures 63 et 64). L'édition d'un méta-modèle se fait conformément au méta-méta-modèle de l'application (cf. figure 61) : un « concept » est décrit par un nom ; une « relation » est décrite par un nom et des cardinalités et permet de relier deux concepts ; une « propriété » peut caractériser un concept ou une relation. L'usager sélectionne la représentation concrète d'un concept parmi un choix d'icônes. Cet ensemble d'icônes est modifiable par ajout d'icônes dans un dossier côté serveur et mise à jour du fichier XML de configuration. Dès qu'un concept est créé, l'usager lui affecte un nom. Il peut également décider de caractériser ce concept par des propriétés nommées et typées par un type de donnée primaire. Lorsque l'usager relie à la souris deux concepts, il crée une relation entre ces concepts et doit nommer cette relation et renseigner les cardinalités. Il peut également caractériser la relation par un ensemble de propriétés et personnaliser sa représentation concrète (terminaison, couleur, épaisseur, etc.). De manière

automatique, le méta-modèle en cours de création est transformé en un schéma XML ; cette transformation est transparente pour l'usager mais ce dernier peut visualiser le code XML sous sa forme textuelle ou arborescente.

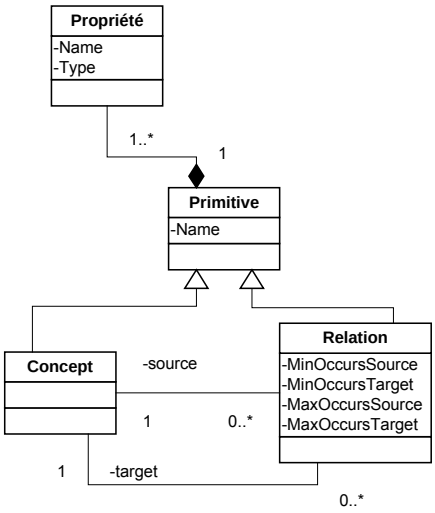


Figure 61. Méta-méta-modèle dans ECoS – diagramme de classes UML

Lorsque le panneau « Scénario » est sélectionné, le schéma XML du méta-modèle est utilisé pour générer l'interface d'édition d'un scénario pédagogique conforme à ce méta-modèle (voir figure 64). Les concepts définis par le méta-modèle sont accessibles dans la palette des concepts de l'éditeur et les relations sont accessibles dans une liste déroulante. L'édition du scénario se fait de manière conforme au méta-modèle : il n'est pas possible de créer de concepts ou de relations non conformes. Le scénario en cours d'édition est automatiquement transformé en un fichier XML conforme au schéma XML du méta-modèle d'expression pédagogique ; cette transformation est transparente pour l'usager mais ce dernier peut visualiser le code XML sous sa forme textuelle ou arborescente. L'édition d'un méta-modèle et d'un scénario est conjointe, toute modification du méta-modèle (par exemple, la suppression d'un concept) engendre des modifications du scénario (par exemple, la suppression de toutes les instances de ce concept).

La gestion de la collaboration est un système à base de « tickets » (voir figure 62) : l'accès en lecture seule est possible pour tout le groupe de concepteurs impliqués dans la définition du scénario pédagogique, mais un seul, à un instant donné, peut éditer le méta-modèle et le scénario. Chaque concepteur désirant obtenir le droit d'édition s'inscrit dans une file d'attente gérée par le service Web. Dès que le concepteur qui a le droit d'édition rend la main (bouton « sauver » de l'interface), le droit d'édition est transféré au concepteur suivant dans la file d'attente.



Figure 62. Interfaces de demande et d'arrêt de l'édition dans ECoS

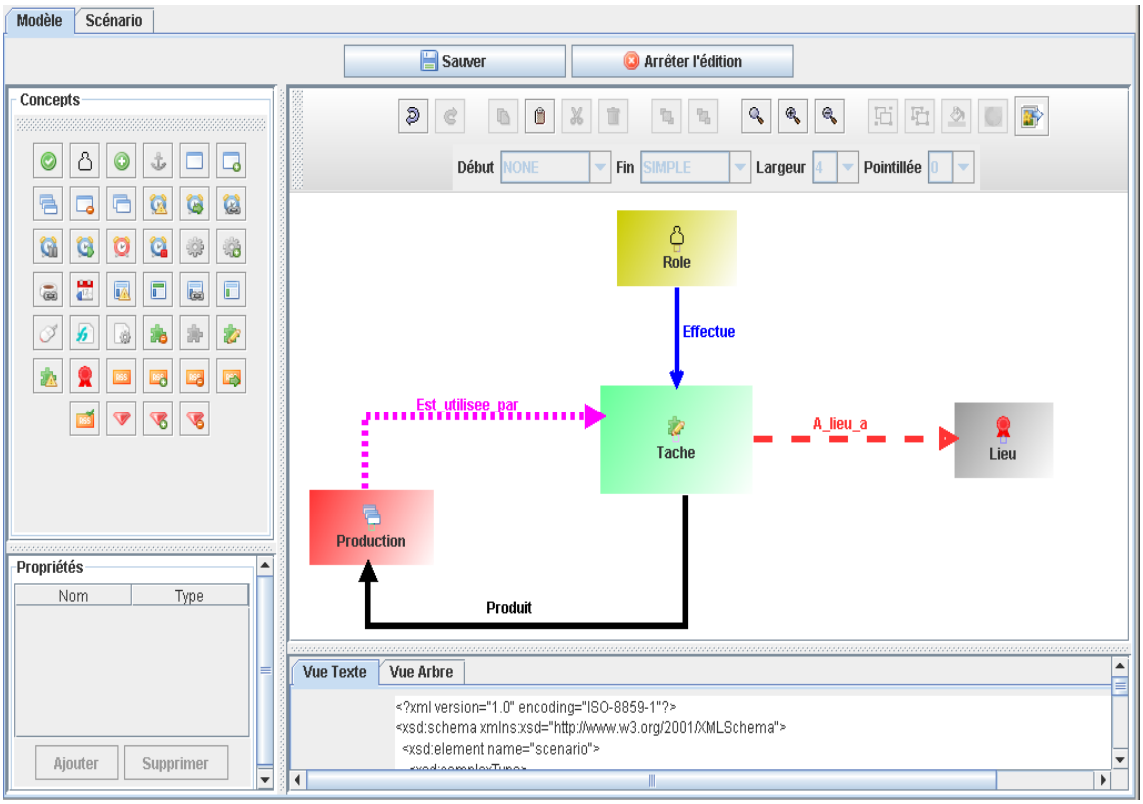


Figure 63. ECoS : panneau d'édition du méta-modèle d'expression pédagogique.

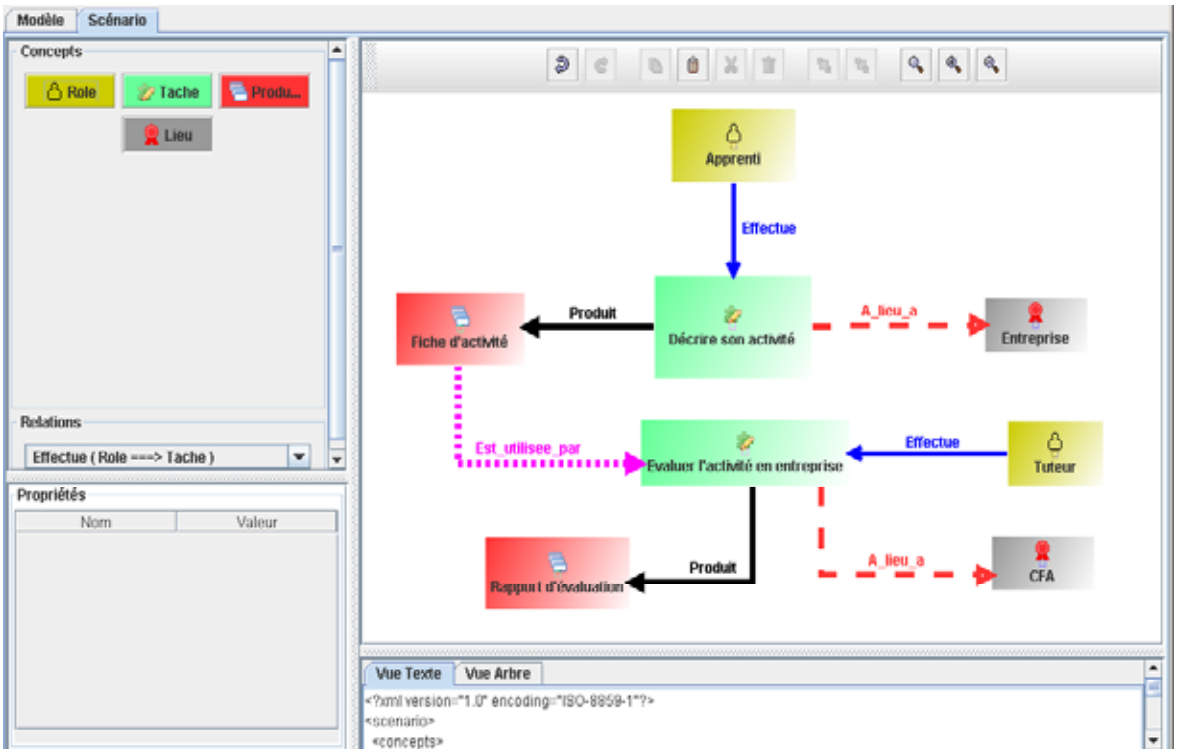


Figure 64. ECoS : panneau d'édition du scénario pédagogique.

1.6.2. Analyse du prototype ECoS

ECoS est centré sur l'édition collaborative de méta-modèles d'expression et de scénarios pédagogiques. Il n'offre pas de fonctionnalités pour la modélisation du scénario de conception et pour l'indexation des modèles en vue de leur capitalisation. De même, la modélisation des indicateurs n'est abordée que de manière indirecte : le méta-modèle peut permettre leur modélisation mais rien n'est prévu pour leur représentation, une fois valués. Il ne couvre donc qu'un sous-ensemble des tâches du processus de conception. Nous assumons ces limites : nous n'avons pas développé ECoS dans le but de proposer un environnement complet instrumentant et supportant le processus de conception.

L'intérêt principal de ECoS, du point de vue de notre problématique, est d'amener les concepteurs impliqués dans une approche constructive de la conception à produire des objets intermédiaires qui se structurent de manière explicite sur les deux niveaux de modélisation : le méta-modèle d'expression pédagogique et le scénario pédagogique. C'est en effet un des défauts que nous avons relevé de nos travaux sur l'approche constructive de la conception (cf. section 1.3.) : dans ces travaux, les concepteurs n'ont pas perçu les deux niveaux de modélisation quand ils produisaient des objets intermédiaires et ce n'est qu'après coup, quand nous leur avons montré les résultats de nos travaux, qu'ils ont eu conscience de ces deux niveaux de modélisation. Nous devons trouver des solutions à ce problème pour permettre aux concepteurs d'évoluer dans leurs pratiques de scénarisation et de s'approprier les techniques de modélisation. C'est pourquoi nous positionnons ECoS comme un outil d'étude de l'instrumentation de l'activité de conception et de ses apports, plutôt que comme une solution logicielle à l'instrumentation de la conception.

Pour étudier l'instrumentation de l'activité de conception, notamment selon l'approche constructive, nous avons décidé de monter des expérimentations où des concepteurs seront amenés à utiliser ECoS en association avec d'autres outils de communication synchrone. Ces outils – messagerie instantanée, tableau blanc, partage de documents – autorisent la production d'objets intermédiaires très informels. L'objet de notre étude est d'observer si, et dans quelles conditions, la formalisation de ces objets intermédiaires sur les deux niveaux de modélisation se fait avec ECoS. Une première expérimentation de ce type se déroule actuellement et devrait se conclure début 2008.

Nous avons développé ECoS pour qu'il corresponde à ce cadre expérimental :

- Le méta-méta-modèle de l'application est volontairement très simple dans l'objectif de faciliter les tâches de modélisation et de méta-modélisation. Cela limite bien sûr le potentiel d'expressivité des scénarios. En adoptant un paradigme de programmation orientée objet, nous nous sommes cependant laissé la possibilité de faire évoluer ce méta-méta-modèle.
- La méta-modélisation et la modélisation s'effectuent en parallèle. L'approche de construction du méta-modèle est empirique, à base d'essais et d'itération, approche qui semble être la seule réaliste pour des non-spécialistes de la modélisation [Karagiannis D., 2006].
- Toutes les actions usager, et donc les changements d'états d'un scénario ou d'un méta-modèle d'expression, sont traçables selon le principe de l'écoute événementielle. Cette fonctionnalité, associée à la transformation automatique des modèles et méta-modèles sous forme de fichiers et schémas XML stockés en externe, permet de sauvegarder les objets intermédiaires produits dans ECoS. Ces objets intermédiaires peuvent alors être documentés par les productions des autres outils de communication synchrone, de manière à faciliter l'analyse de l'activité de conception.

2. MODELISATION ET ANALYSE DES OBSERVATIONS

Ce chapitre présente nos travaux sur la modélisation et l'analyse des observations d'une session d'apprentissage dans le contexte de la conception et de la réingénierie d'un EIAH. Ces travaux visent donc à obtenir des résultats susceptibles d'aider le concepteur à mieux percevoir comment s'est déroulée une session d'apprentissage et à évaluer la pertinence pédagogique de son scénario afin de décider de l'opportunité d'actes de réingénierie du dispositif pour la session suivante. Ces actes de réingénierie consistent alors en des modifications du scénario pédagogique, des modalités d'observation de la session d'apprentissage, des ressources pédagogiques mais également du méta-modèle d'expression pédagogique.

Nos objectifs de recherche nous conduisent à considérer l'enseignant comme le principal acteur de la conception et de la réingénierie d'un EIAH. Dans cette optique, nous pensons que c'est l'enseignant qui est le mieux qualifié pour définir ce qu'il faut observer dans une session d'apprentissage, d'un point de vue pédagogique. Nous voulons également lui donner les moyens d'appréhender, dans son univers métier, les résultats de cette observation.

Nous avons montré dans la première partie de ce document que l'ingénierie des traces d'observation d'un système interactif était complexe (cf. section 3.5.). Les pratiques consistant à recueillir et exploiter des données acquises pendant l'interaction entre un système informatique et ses utilisateurs ont en commun d'avoir à composer avec un grand nombre de données acquises. Généralement, il s'agit alors de formuler des hypothèses sur la méthode et l'objectif de l'analyse, d'extraire du vaste ensemble de données recueillies les informations pertinentes, et de les lier entre elles pour établir un résultat. Les méthodes pour collecter, extraire et traiter ces données sont souvent lourdes et complexes [Mostow J., 2004]. Dans le cadre de la fouille de données par exemple, elles sont bien souvent basées sur une analyse mathématique et statistique [Bazsalisca M., & Naim P., 2001] et ont la particularité de travailler les données brutes de manière à les abstraire en indicateurs de plus haut niveau, par exemple pour identifier un mot-clé fréquemment utilisé dans un texte, ou une séquence d'interactions récurrente. Nous pensons que l'enseignant ne peut être le seul acteur impliqué dans la modélisation et l'analyse de l'observation : les compétences d'analyse et de développement informatique requises pour la collecte et le traitements des traces d'utilisation ne sont généralement pas à sa portée.

Nous avons donc porté nos efforts de recherche sur l'instrumentation de l'activité de ces trois rôles – le concepteur, l'analyste, le développeur – suivant deux dimensions :

- l'instrumentation des flux de communication existants entre ces trois rôles pendant les activités de modélisation et d'analyse de l'observation ;
- la capitalisation des artefacts produits pendant ces activités de modélisation et d'analyse.

La figure 65 montre le point de vue sur le modèle du processus de conception et de réingénierie d'un scénario pédagogique que nous avons ciblé avec ces travaux.

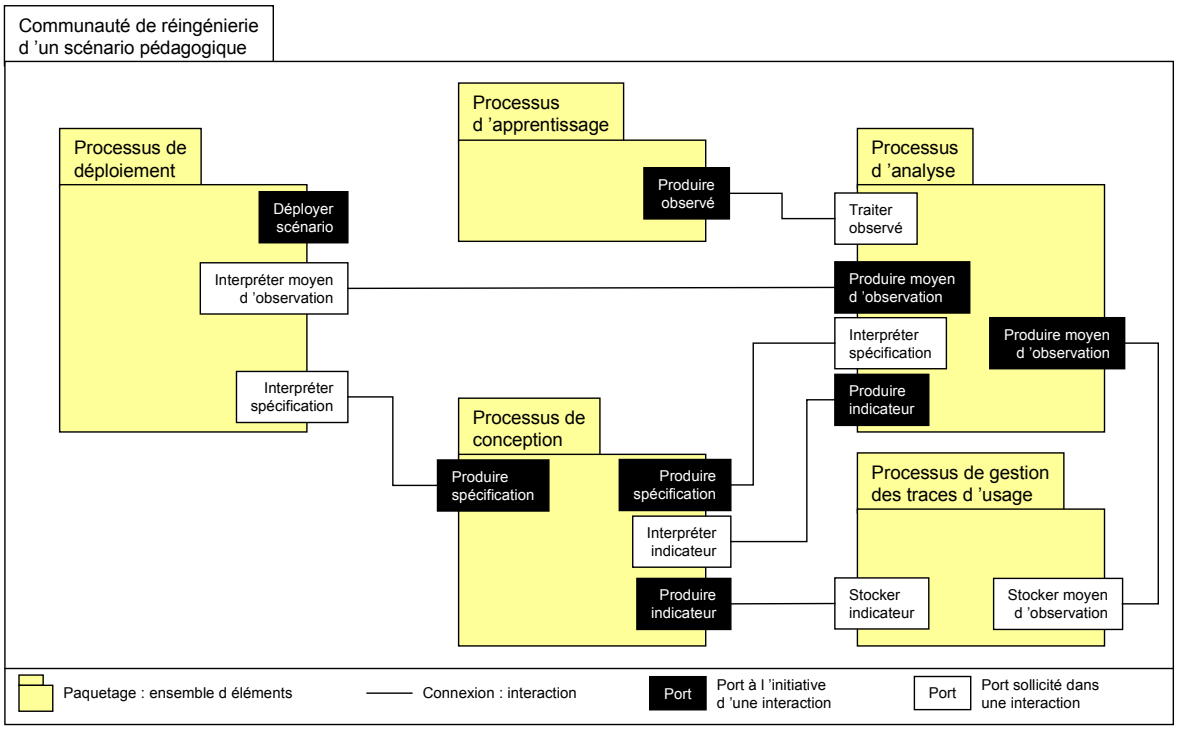


Figure 65. Point de vue sur le processus de conception et de réingénierie d'un scénario pédagogique de nos travaux sur la modélisation et l'analyse de l'observation.

Dans une première section, nous présentons notre approche de la modélisation et de l'analyse de l'observation de l'utilisation d'un EIAH.

La seconde section présente nos travaux visant à instrumenter la définition de relations entre un scénario pédagogique prédictif et les traces brutes générées par un dispositif d'apprentissage. Nos résultats consistent en la proposition d'un méta-langage permettant d'établir ces relations, tout en restant indépendant du langage d'expression pédagogique utilisé pour décrire le scénario pédagogique prédictif et du format des traces générées par le dispositif d'apprentissage. Nous présentons un exemple d'utilisation de ce méta-langage avec un scénario pédagogique exprimé en IMS-LD et des fichiers de « logs » générés par la plate-forme d'enseignement à distance Open-USS [Grob H.L., & al., 2004].

La troisième section présente une évolution de ce méta-langage intégrant l'instrumentation de la capitalisation des techniques d'analyse. A l'aide d'exemples, nous présentons (1) comment le méta-langage permet de décrire une technique d'analyse sous une forme générique et réutilisable et (2) comment ce méta-langage peut être utilisé pour guider la réingénierie du méta-modèle d'expression pédagogique afin de permettre la représentation des observés dans l'univers métier du concepteur.

Nous concluons ce chapitre par une analyse de nos résultats.

2.1. Notre approche de la modélisation et de l'analyse de l'observation de l'utilisation d'un EIAH

Nous avons fait l'hypothèse qu'une approche d'Ingénierie Dirigée par les Modèles était pertinente pour impliquer le concepteur[45] dans la modélisation (dimension prescriptive) et dans l'analyse (dimension descriptive) de l'observation de l'utilisation d'un EIAH. Nous considérons donc la modélisation de l'observation comme une succession de transformations entre « ce qu'il est important d'observer » – le modèle métier de l'observation – et « ce qu'il faut collecter » – le modèle de l'observation spécifique au dispositif d'apprentissage. Par analogie, nous considérons l'analyse de l'observation comme une succession de transformations entre « ce qui a été collecté » – la représentation des traces spécifiques au dispositif d'apprentissage – et « ce qu'il est important de percevoir » – la représentation métier des traces. Dans ce cadre, nos travaux sur la modélisation et l'analyse de l'observation de l'utilisation d'un EIAH nous ont conduit à caractériser ce champ d'activité sous trois aspects : son vocabulaire, les interactions entre ses acteurs, le cycle de vie de l'observation.

1ère définition : la trace. Tout utilisateur d'un système interactif est susceptible de laisser des traces de son utilisation. Lorsque l'enregistrement de cette trace par le système informatique est intentionnel, la structure de données générée est une séquence d'actions temporellement situées les unes par rapport aux autres. Communément, ces traces sont enregistrées dans des fichiers de « logs ». Certains systèmes, comme par exemple LISTEN (voir section 3.5.1. de la première partie de ce document), pré-traitent ces traces pour organiser les données collectées dans une base de données ou selon un schéma XML. Certains dispositifs d'apprentissage mettent en place d'autres vecteurs que l'EIAH pour collecter des traces d'utilisation, tels des enregistrements vidéos, des enquêtes par questionnaires. Nous appelons *traces* l'ensemble de ces données collectées par un dispositif d'apprentissage.

2nde définition : la donnée brute. Par définition, la nature et le format d'une *trace* sont dépendants du dispositif d'apprentissage considéré. Dans une perspective de capitalisation et de réutilisation des techniques d'analyse de ces traces, un des objectifs de la modélisation de l'observation consiste à représenter ces traces dans un format indépendant du dispositif d'apprentissage qui les a produites. De plus, seule une partie des données constituant une trace est significative pour l'analyse de l'observation. La modélisation de l'observation doit donc également s'attacher à définir des méthodes permettant de repérer et d'extraire des traces ces données significatives. Nous appelons *donnée brute* une telle donnée, obtenue par transformation de la trace : localisée dans la trace par la modélisation de l'observation, extraite de cette trace après la collecte et représentée dans un format indépendant du dispositif d'apprentissage.

3ème définition : l'observable et l'observé. Lorsque l'on s'attache à considérer la modélisation de l'observation et l'analyse de l'observation, toute donnée d'observation existe d'abord par la spécification de son obtention avant d'exister comme une donnée tangible, obtenue par l'observation. Nous appelons *observable* toute variable définie comme devant être valuée par l'observation de l'utilisation d'un EIAH. Nous appelons *observé* toute valeur *d'observable*. Notons que, selon cette définition, une donnée brute est un type particulier d'observable/observé.

4ème définition : le moyen d'observation. Modéliser l'observation consiste à définir l'ensemble des techniques d'analyse, automatiques ou non, permettant d'établir un observable. Analyser

[45] Rappelons que, dans notre problématique, l'enseignant est le concepteur de l'EIAH.

l'observation consiste à appliquer ces techniques sur les traces de manière à obtenir un observé. Nous appelons *moyens d'observation* de telles techniques. Un *moyen d'observation* est une fonction permettant d'obtenir un observable d'un ensemble d'observables. Un observable est donc modélisé par un ensemble d'observables et un moyen d'observation. L'application de ces moyens d'observation sur les observés permet de valuer les observables.

5ème définition : l'indicateur. Un *indicateur* est un observable signifiant sur le plan pédagogique, calculé ou établi à l'aide d'observés, et témoignant de la qualité de l'interaction, de l'activité et de l'apprentissage dans un EIAH. Inscrit dans l'univers métier du concepteur, un indicateur représente ce qu'il est important d'observer. Inscrit dans l'univers techno-centré de l'analyste et du développeur, un indicateur est un observable, il est donc modélisé par un ensemble d'observables et un moyen d'observation. Du point de vue d'un dispositif d'apprentissage spécifique, un indicateur est représenté par l'ensemble des traces nécessaires à son établissement. Dans le contexte de la scénarisation pédagogique, la modélisation métier des indicateurs se fait lors de la définition du scénario pédagogique. Le modèle d'expression pédagogique doit donc permettre la modélisation des indicateurs. La représentation des indicateurs, une fois valués, doit également être possible à niveau métier, sous la forme de scénarios descriptifs de l'utilisation de l'EIAH considéré. Le modèle d'expression pédagogique doit donc également permettre la représentation des observés valuant les indicateurs.

La figure 66 présente l'articulation de ces différents concepts dans une perspective IDM.

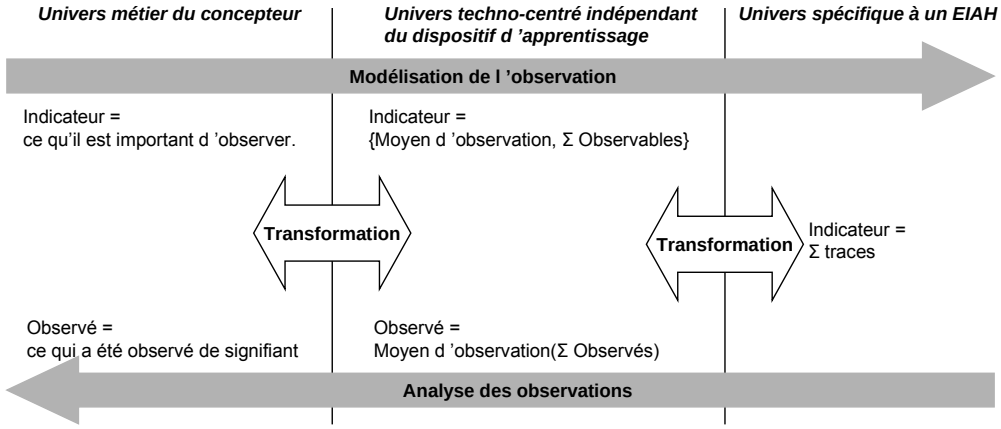


Figure 66. Approche IDM de la modélisation et de l'analyse de l'observation de l'utilisation d'un EIAH.

La présence des transformations sur la figure 66 éclaire sur la nature des interactions entre les acteurs impliqués dans la modélisation et l'analyse de l'observation de l'utilisation d'un EIAH :

- En tant que prescripteur, le concepteur doit définir quels sont les indicateurs observables qui lui semblent nécessaires d'établir pour évaluer la qualité du scénario pédagogique.
- En tant qu'utilisateur, le concepteur doit pouvoir interpréter les résultats d'analyse, les indicateurs observés, de manière à décider de la nécessité d'une réingénierie du scénario.
- Le développeur et l'analyste doivent comprendre la nature des indicateurs et négocier avec le concepteur les moyens d'observation et les observables associés.
- Une fois ceux-ci décrits, analyste et développeur doivent opérationnaliser les moyens d'observation et les observables, y compris les données brutes. Ceci les amène à déployer des moyens de collecte spécifiques au dispositif d'apprentissage.

La figure 67 présente les motivations de la négociation et de la discussion entre les acteurs de la modélisation et de l'analyse de l'observation. Ces interactions génèrent les flux de communication représentés en figure 65. Instrumenter la modélisation et l'analyse de l'observation passe donc par l'instrumentation des transformations entre l'univers du concepteur, l'univers de l'analyste et du développeur, et l'univers spécifique d'un dispositif d'apprentissage.

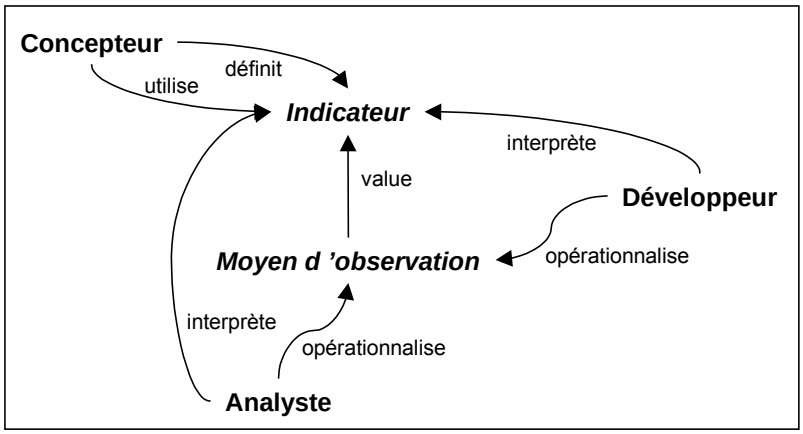


Figure 67. Vecteurs de négociation et de discussion entre les acteurs de la modélisation et de l'analyse de l'observation de l'utilisation d'un EIAH.

Le cycle de vie d'un indicateur et, plus généralement, d'un observable, se déduit directement des interactions entre les acteurs représentées par la figure 67 : un observable doit être défini (par le concepteur), puis obtenu (grâce aux spécifications d'opérationnalisation de l'analyste et du développeur) et enfin utilisé (par le concepteur). Nous considérons donc qu'une observation doit être modélisée selon trois facettes (cf. figure 68) :

- la facette « D » (defining) permet de modéliser l'observation par la définition d'un observable ;
- la facette « G » (getting) permet de modéliser l'observation par la définition d'un moyen d'observation ;
- la facette « U » (using) permet de modéliser l'observation par la définition de son utilisation.

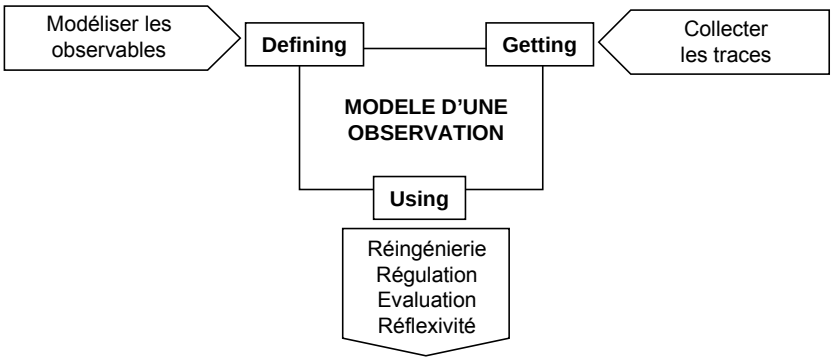


Figure 68. Trois facettes pour la modélisation d'une observation : le modèle DGU.

2.2. Travaux visant à instrumenter la transformation des traces brutes générées par un dispositif d'apprentissage

Pour instrumenter la transformation des traces générées par un dispositif d'apprentissage en données brutes (cf. section 2.1. pour une définition des termes) exprimées dans un format indépendant de ce dispositif d'apprentissage, nous avons décidé de définir un méta-langage, nommé UTL 1[46] (Usage Tracking Language, version 1), permettant de décrire cette transformation [Iksal S., & Choquet C., 2005b]. L'idée générale à la base d'UTL est que chaque trace d'utilisation prise en considération lors de la modélisation de l'observation doit concourir à témoigner d'un usage observé, et que ces usages observés sont à mettre en relation avec le scénario pédagogique prédictif afin de pouvoir les analyser. UTL, dans la version que nous présentons ici, ne considère que des traces collectées de manière automatique. De plus, il ne permet pas la description des moyens d'observation et ne supporte donc pas la modélisation de l'observation sous forme d'indicateurs : il est centré sur la transformation des traces dans un format indépendant du dispositif d'apprentissage, et sur leur association, en tant que témoin d'un usage observé, à une représentation du scénario pédagogique indépendante du méta-modèle d'expression pédagogique utilisé par le concepteur. Nous avons opérationnalisé UTL 1 sous la forme d'un schéma XML et ce langage peut être utilisé avec tout méta-modèle d'expression pédagogique disposant d'un « binding » XML et avec tout type de format de traces collectées automatiquement par un dispositif d'apprentissage. Les méthodes d'analyse permettant d'établir des indicateurs sont, dans le contexte d'utilisation de ce méta-langage, réifiées par des outils acceptant en entrée des traces exprimées dans un format indépendant du dispositif d'apprentissage et par une représentation du scénario pédagogique prédictif indépendante du méta-modèle d'expression pédagogique. Ces outils peuvent alors être combinés entre eux et réutilisés avec d'autres jeux de données, provenant d'autres dispositifs d'apprentissage, et/ou pour aider à l'évaluation d'autres scénarios pédagogiques, éventuellement exprimés selon un méta-modèle d'expression pédagogique différent.

Dans une première section, nous présentons cette première version du méta-langage UTL et consacrons une seconde section à un exemple d'utilisation.

2.2.1. Description du méta-langage UTL 1

Cette section présente les modèles d'information des types de données manipulées par la première version du méta-langage UTL. UTL 1 est composé de deux parties :

- Une première partie, nommée UTL/S, est dédiée à la représentation de la transformée du scénario pédagogique. Elle permet de décrire l'ensemble des *concepts traçables* du scénario pédagogique en leur associant un usage observé. La transformation du scénario pédagogique se fait par interaction entre le concepteur et le développeur. Il s'agit d'identifier dans le méta-modèle d'expression pédagogique employé par le concepteur les concepts candidats à l'observation, en fonction des objectifs d'observation que le concepteur se fixe.

[46] UTL existe en deux versions. Cette version fut la première développée. La seconde version intègre à ce langage des fonctionnalités de capitalisation des savoir-faire en matière de modélisation et d'analyse de l'observation de l'utilisation d'un EIAH. Elle fait l'objet de la troisième section de ce chapitre.

- Une seconde partie, nommée UTL/T, est dédiée à la représentation de la transformée des traces générées par le dispositif d'apprentissage. Elle permet de décrire les *traces* comme un ensemble de données, identifiées chacune par une méthode d'accès à la donnée correspondante dans les traces générées par l'EIAH.

Les figures 69 et 70 représentent les modèles d'information de ces deux parties, UTL/S et UTL/T. Nous avons adopté un formalisme analogue à celui du modèle d'information de IMS Learning Design [IMS-LD, 2003].

- Seuls les éléments sont présents (pas les attributs).
- Les diagrammes sont des structures de type arbre, à lire de gauche à droite. Un élément situé à gauche contient les éléments situés à droite. L'élément le plus à gauche est la racine de l'arbre, c'est à dire la donnée modélisée.
- Une relation OU (exclusif) est représentée par le symbole <.
- Une relation ET est représentée par le symbole [.
- Un élément participant zéro ou n fois à la relation est précédé par "*".
- Un élément participant au moins une fois à la relation est précédé par "+".
- Un élément participant au plus une fois à la relation est précédé par "?".
- Quand aucun des signes *, + ou ? n'est utilisé, c'est que l'élément participe exactement une fois à la relation.

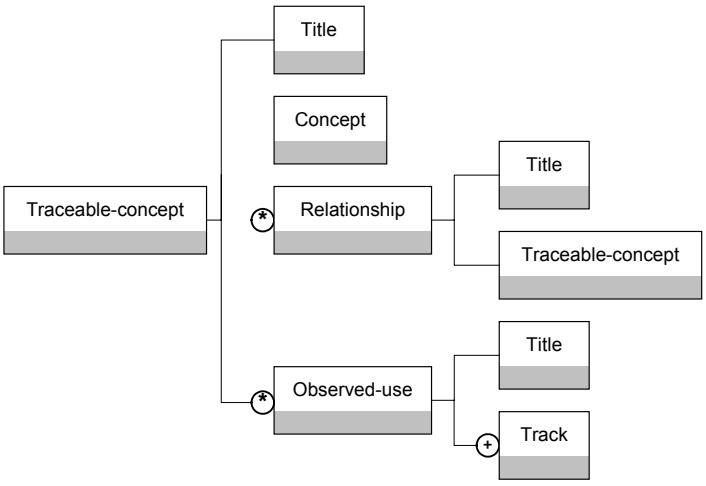


Figure 69. Le modèle d'information d'un concept traçable dans UTL 1.

L'élément *titre* (Title) permet de donner un nom au concept traçable.

La description d'un *concept traçable* (Traceable-concept) est composée de toutes les *relations* (Relationship) avec les autres *concepts traçables*. Par exemple, en considérant qu'un concepteur a décrit un scénario avec IMS-LD et que les concepts d'activité et de ressource ont été identifiés comme traçables, l'élément *relation* pourra être utilisé pour indiquer qu'une « activité » X est réalisée en utilisant une « ressource » Y. Le *titre* (Title) de la relation est utilisé pour caractériser la relation. C'est un champ texte ouvert. Dans le cadre de l'exemple précédent, le titre « utilisation » pourrait être affecté à la relation.

L'élément *concept* permet d'associer le *concept traçable* à un concept du langage de modélisation pédagogique employé par le concepteur. Cet élément permet de retrouver le concept du méta-

modèle d'expression pédagogique dont le *concept traçable* est l'instance. Par exemple, si l'activité « Voir les Objectifs » est définie dans le scénario pédagogique exprimé en IMS-LD, l'élément *concept* du *concept traçable* « Voir les Objectifs » contiendra la valeur « Activity ».

La dernière information correspond aux *usages observés* (Observed-use) associés au *concept traçable*. Elle permet la description des relations entre les *traces* et les *concepts traçables*.

Le *titre* (Title) d'un *usage observé* décrit la connexion sémantique entre les différents éléments *trace* (Track), comme, par exemple, les réponses d'un étudiant à un QCM ou, comme dans l'exemple présenté dans la prochaine section, le pilotage interactif d'une ressource vidéo.

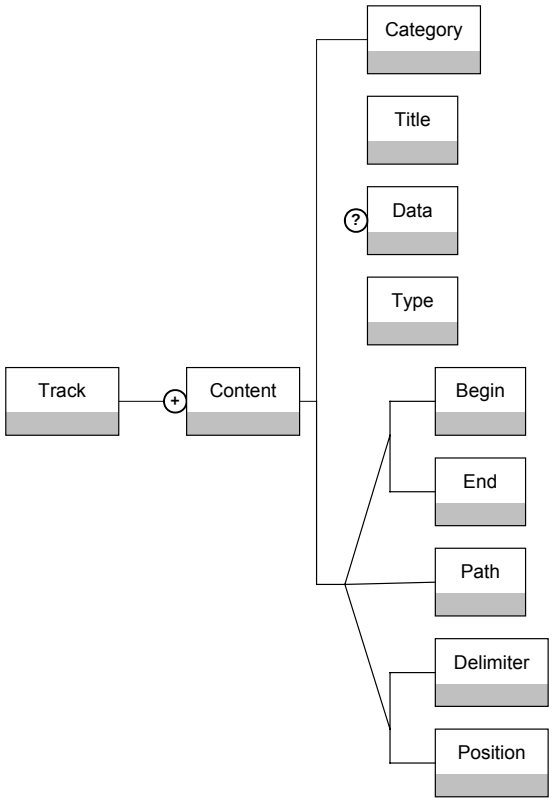


Figure 70. Le modèle d'information d'une trace.

Une trace est généralement composée de plusieurs informations dont seules certaines sont riches en signification pour le concepteur. La partie UTL/T d'UTL permet de représenter la méthode d'extraction de ces données contenues dans une trace. Le modèle d'information d'une *trace* (cf. figure 70) dans UTL est générique et nous proposons une implémentation qui est compatible avec la majorité des formats de traces collectées de manière automatique.

La description d'une *trace* (Track) se décompose en objets de deux *catégories* (Category): les *mots clés* (Keyword) et les *valeurs* (Value). Ces concepts génériques permettent la description de nombreux formats de traces, depuis des fichiers textes structurés jusqu'aux bases de données et aux vidéos (la section suivante donne un exemple pour un fichier de « logs » de type texte).

Le *titre* (Title) d'une trace nomme le contenu et donc lui associe un sens (par exemple : « date de début d'activité », « réponse au QCM », etc.)

Le champ *donnée* (Data) est utilisé pour stocker la valeur ou le mot clé.

Le type peut prendre pour valeur « Text », « XML » ou « Database ». Cette liste est ouverte.

Pour une trace de type « Database » ou « XML », le *chemin* (Path) contient le chemin d'accès à la donnée, soit une requête XPath ou SQL par exemple.

En ce qui concerne les fichiers de « logs » sous forme de fichiers texte structurés, UTL propose un ensemble de champs permettant d'indiquer la localisation de la donnée dans une chaîne de caractères, soit par la position des caractères, soit en utilisant des marqueurs.

Que la donnée soit un mot clé, c'est-à-dire un mot ou une phrase toujours présent au même endroit dans la trace, ce qui permet de la retrouver et de l'identifier, ou une valeur, c'est-à-dire une donnée collectée automatiquement par le dispositif d'apprentissage sur l'activité d'un acteur de la session d'apprentissage, comme le temps passé à lire une page, ou le nom d'une page lue, ou encore le résultat à un exercice, la localisation du contenu permet de spécifier la position de la valeur ou du mot clé dans la trace. Des attributs spécifiques ont été prévus pour cela :

- *Début* (Begin) donne la position du premier caractère du contenu.

- *Fin* (End) donne la position du dernier caractère (-1 pour la fin de la ligne).

- *Délimiteur* (Delimiter) correspond au délimiteur utilisé pour séparer la chaîne de caractères en différentes sections.

- *Position* donne la position de la section de chaîne de caractères à conserver.

2.2.2. Exemple d'utilisation de UTL 1

Cette section présente un exemple d'utilisation de UTL 1 dans le cadre d'une expérimentation consacrée à la conception, au déploiement, à l'analyse et à la réingénierie d'un dispositif d'apprentissage de la programmation d'un serveur HTTP, constitué au final de six activités. Ce dispositif et deux exemples de réingénierie sont par ailleurs présentés en première partie de ce document, section 1.

Rappelons que l'artefact informatique repose sur l'environnement Free Style Learning (FSL) [Brocke J.V., 2001], basé sur la plate-forme Open-USS [Grob H.L., & al., 2004]. Cette plate-forme génère des traces sous la forme d'un fichier texte structuré. Rappelons également que, lors de cette expérimentation, le scénario pédagogique prédictif a été modélisé en IMS Learning Design.

Pour ces mises à l'essai, nous avons donc (1) défini la transformation de IMS-LD en identifiant, avec le concepteur, les concepts du langage dont au moins une des instances était susceptible de devenir un concept traçable, (2) utilisé cette transformation et UTL/S pour décrire les *concepts traçables* du scénario pédagogique prédictif défini par le concepteur, (3) utilisé UTL/T pour décrire les éléments *traces* en les situant dans les fichiers de logs générés par FSL et Open-USS, et (4) défini des outils d'analyse génériques permettant d'établir, à partir des représentations UTL du scénario pédagogique et des traces, des informations signifiantes pour le concepteur.

Dans son scénario prédictif original (cf. section 1. de la première partie de ce document), le concepteur a défini une activité « Voir les Objectifs » consistant en la visualisation d'une ressource vidéo (« VideoIntro ») d'introduction aux objectifs d'apprentissage. Pour lui, il était important que les apprenants prennent le temps de visionner cette ressource, au regard de son potentiel didactique. Ainsi, au regard du scénario prédictif, les concepts « activity » et « learning object » ont été identifiés comme possédant des instances qui étaient des concepts traçables. Nous avons défini le schéma XML dont un extrait est représenté en figure 71 pour opérationnaliser la transformation du scénario pédagogique.

```
<xsd:element name="Activity"   type="TraceableConceptType"
    substitutionGroup="TraceableConcept"/>
<xsd:element name="LearningObject"
    type="TraceableConceptType"
    substitutionGroup="TraceableConcept"/>
```

Figure 71. Extrait de code XML du schéma de transformation d'IMS-LD.

Ce schéma est utilisé pour étendre le schéma XML d'UTL1 de manière à pouvoir représenter, sous la forme d'un fichier XML, les concepts traçables du scénario. Nous présentons un extrait XML de cette instanciation dans la figure 72. L'activité « Voir les Objectifs » est un concept traçable ; elle a une relation d'utilisation avec le concept traçable « VideoIntro », de type « LearningObject ». Cette ressource est caractérisée par un usage observé « utilisation du player vidéo », contenant plusieurs éléments de type trace, permettant de localiser les données signifiantes concernant l'utilisation du player vidéo dans le fichier de « logs » généré par le dispositif d'apprentissage déployé sur FSL.

```
…
<Activity Title="Voir les  Objectifs" Type=”Abstract-scenario”>
    <Relationship Title="Use" Concept="VideoIntro"/>
</Activity>
…
<Resource Title="VideoIntro">
  <ObservedUse Title="Managing">
    <Track Title="Start">
      <Content Category="Value" Title="Date" Type="Text" Begin="1" End="26"/>
      <Content     Category="Keyword"     Title="Task"     Type="Text"     Begin="33"
End="40">FreeApp</Content>
      <Content     Category="Keyword"     Title="Object"     Type="Text"     Begin="42"
End="57">Intro gestartet</Content>
    </Track>
    <Track Title="Play video">
      <Content Category="Value" Title="Date" Type="Text" Begin="1" End="26"/>
      <Content     Category="Keyword"     Title="Task"     Type="Text"     Begin="38"
End="53">FreeVideoPlayer</Content>
      <Content     Category="Keyword"     Title="Action"     Type="Text"     Begin="55"
End="60">start</Content>
      <Content Category="Value" Title="Time" Type="Text" Begin="75" End="-1"/>
    </Track>
    <Track Title="Pause video">
      <Content Category="Value" Title="Date" Type="Text" Begin="1" End="26"/>
      <Content     Category="Keyword"     Title="Task"     Type="Text"     Begin="38"
End="53">FreeVideoPlayer</Content>
      <Content     Category="Keyword"     Title="Action"     Type="Text"     Begin="55"
End="60">pause</Content>
      <Content Category="Value" Title="Time" Type="Text" Begin="75" End="-1"/>
    </Track>
    <Track Title="Stop video">
      <Content Category="Value" Title="Date" Type="Text" Begin="1" End="26"/>
      <Content     Category="Keyword"     Title="Task"     Type="Text"     Begin="38"
End="53">FreeVideoPlayer</Content>
      <Content     Category="Keyword"     Title="Action"     Type="Text"     Begin="55"
End="59">stop</Content>
      <Content Category="Value" Title="Time" Type="Text" Begin="74" End="-1"/>
    </Track>
  </ObservedUse>
</Resource>
```

Figure 72. Extrait XML de l'instanciation d'UTL 1 sur le scénario prédictif et sur le format des traces FSL.

Cette instanciation permet alors de parcourir le fichier de « logs » de FSL afin d'en extraire les données d'observation relatives à un usage observé, mis en corrélation avec un concept traçable du scénario prédictif. Ainsi, sur l'exemple de traces donné en figure 73, nous extrayons la donnée suivante :

```
[04/12/2002: 03:21:58 +0775]          [FreeVideoPlayer] stop() currentTime=178.0s
```

```
[04/12/2002:03:18:55 +0952]     [FreeApp] Intro gestartet
[04/12/2002:03:18:55 +0962]          [FreeVideoPlayer] start() currentTime=0s
[04/12/2002:03:21:58 +0775]          [FreeVideoPlayer] stop() currentTime=178.0s
[04/12/2002:03:22:38 +0982]          [FreeVideoPlayer] pause() currentTime=0.0s
[04/12/2002:03:22:39 +0002]          [FreeTextStudyManager] Standard-Init der Textstudy
[04/12/2002:03:22:39 +0012]            [FreeTextStudyManager] in showactualPage vor if mit
ende = false & shownNode: Heberger soi-même son site
[04/12/2002:03:22:39 +0022]              [FreeNotesManager] [Store] Notiz zu Réaliser un
serveur HTTP.Etude de textes.Heberger soi-même son site vorhanden?
[04/12/2002:03:22:39 +0032]          [FreeNotesManager] Nein.
[04/12/2002:03:22:39  +0032]                 [FreeNotesManager]  [NotesManager]  NoteButton
umschalten auf: Existiert nicht!
[04/12/2002:03:22:39 +0052]          [FreeTextStudyManager] LOAD FILE
[04/12/2002:03:22:39  +0072]                        [FreeTextStudyManager]  Lade  TS-Datei:
D:\FSL\Granulat\services\txtStudy\txt-0.htm
[04/12/2002:03:22:39 +0082]             [FreeLinkManager] Setze LinkViewButton für Topic:
txtStudy.Heberger soi-même son site auf false
[04/12/2002:03:22:39 +0153]     [FreeApp] textStudy gestartet
```

Figure 73. Extrait d'un fichier de traces généré par FSL.

Ces données ne sont pas directement exploitables par le concepteur sous cette forme. L'approche développée dans cette première version d'UTL permet néanmoins de corréler des éléments de traces générées par le dispositif d'apprentissage avec des aspects du scénario pédagogique prédictif. Ici, les données indiquant l'instant où chaque étudiant a arrêté la vidéo sont reliées à la ressource « VideoIntro » (éléments « Track »), elle-même utilisée par l'activité « Voir les Objectifs » (élément « Relationship »).

Il est alors possible de développer ou de réutiliser des outils travaillant sur ces données exprimées dans un format indépendant des traces générées par le dispositif d'apprentissage et du langage de modélisation pédagogique. Ces outils, partageant les mêmes formats d'entrée et de sortie, peuvent être combinés entre eux de manière à établir les indicateurs demandés par le concepteur.

La figure 74 montre un extrait du résultat produit par un outil d'analyse permettant l'établissement de l'indicateur « nombre d'étudiants qui n'ont pas terminé la vidéo d'introduction ». En référence à l'exemple de réingénierie présenté en section 1.1 de la première partie de ce document, c'est sur la base de ce résultat que la ressource « VideoIntro » a été modifiée, de manière à ne pas prendre en compte les dernières secondes de la vidéo, dont le contenu n'est pas signifiant.

```
Nb Users = 36
Service 3 : Video Duration
----------------
(SRC2A02) VideoIntro(Pause video) : 180.11063s
(SRC2A03) VideoIntro(Pause video) : 0.0s
(SRC2A04) VideoIntro(Pause video) : 177.70212s
…
----------------
Number of Students with video not completed : 30
```

Figure 74. Exemple de données calculées par un service d'analyse avec UTL 1.

Nous avons développé une architecture démontrant la validité de l'approche pour les outils d'analyse [Iksal S., & Choquet C., 2005a]. Cette architecture est basée sur les technologies Java et RMI. Elle permet la création et le partage d'outils d'analyse distribués et enregistrés auprès d'un serveur. La figure 75 schématise cette architecture. La figure 76 présente l'interface d'un outil d'analyse bénéficiant de cette architecture : pour reconstruire la séquence d'activités que chaque étudiant a réalisée, cet outil utilise les résultats d'un autre outil dédié à la reconstruction de la séquence des ressources utilisées, puis s'appuie sur la description en UTL 1 du scénario pédagogique pour associer les ressources aux activités. Notons ici que le spectre de l'application de cet outil est limité aux scénarios pédagogiques qui n'ont pas de ressources utilisées dans plusieurs activités.

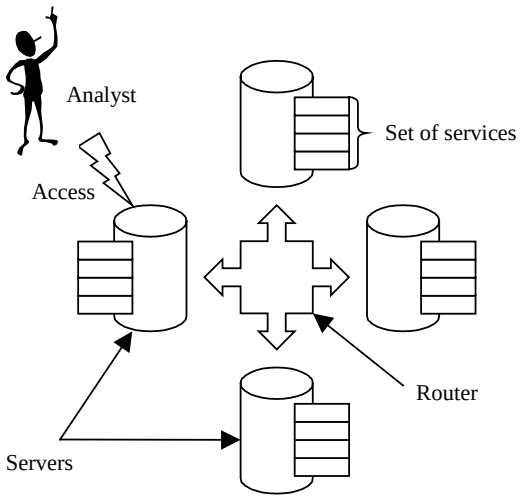


Figure 75. Architecture d'outils d'analyse distribués.

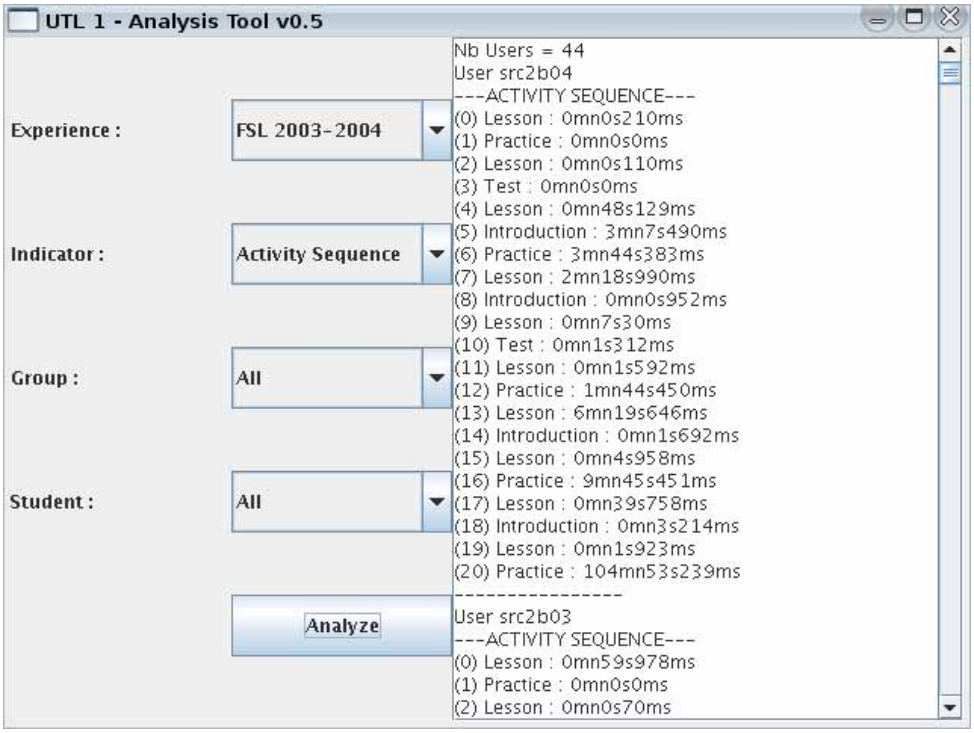


Figure 76. Interface d'un outil d'analyse exploitant UTL 1.

2.3. Travaux visant à instrumenter la modélisation et l'analyse de l'observation dans une perspective de capitalisation

Pour instrumenter la modélisation et l'analyse de l'observation dans une perspective de capitalisation, nous avons défini une nouvelle version du méta-langage UTL [Choquet C., & Iksal S., 2006] [Choquet C., & Iksal S., 2007] qui permet de modéliser un observable et, plus largement, toute donnée impliquée dans la modélisation de l'observation, selon les trois facettes du modèle DGU (voir section 2.1.). Ce méta-langage, UTL 2, instrumente la description des méthodes d'analyse de l'observation en vue de leur capitalisation en étendant UTL 1 avec un ensemble d'éléments dédiés à cette description et regroupés dans une section du langage nommée UTL/P (UTL/Patron). Cette section n'est pour le moment pas opérationnalisée puisqu'elle ne propose pas de grammaire formelle permettant de spécifier une méthode d'analyse[47]. Elle permet par contre une description structurée des indicateurs dans une forme indépendante des formats de traces générées par un dispositif d'apprentissage et du langage de modélisation pédagogique employé pour décrire le scénario pédagogique.

Nous présentons dans une première section le modèle conceptuel d'UTL 2 et les modèles d'information de ses éléments. Une deuxième section présente un exemple d'utilisation de ce méta-langage pour capitaliser la description des indicateurs impliqués dans la solution proposée par un patron de conception DPULS. C'est pour ce type d'utilisation que nous avons conçu UTL 2 : la capitalisation des savoir-faire techno-centrés d'analyse de l'observation de l'utilisation d'un EIAH. Cette section propose des exemples pour les différents modèles d'information présentés dans la section précédente. Une dernière section montre l'intérêt de l'utilisation de ce méta-langage pour formaliser l'observation mise en œuvre dans un dispositif d'apprentissage existant : ce travail de formalisation a posteriori permet de faire évoluer le méta-modèle d'expression pédagogique employé afin de le rendre capable de représenter les scénarios observés.

2.3.1. Description du méta-langage UTL 2

2.3.1.1. Modèle conceptuel du méta-langage UTL 2

UTL 2 est structuré en trois parties :

- La partie « patron » (UTL/P) permet de décrire la structure d'un observable. Cette partie est principalement dédiée à la capitalisation des savoir-faire techniques d'analyse de l'observation de l'utilisation d'un EIAH.
- La partie « scénario » (UTL/S) permet de lier la description des indicateurs au scénario pédagogique particulier du dispositif d'apprentissage. Ce lien sémantique se fait par instanciation de cette partie sur le langage de modélisation adopté par le concepteur et sur le scénario de la situation pédagogique. Cette méthode est décrite dans la section 2.2.
- La partie « trace » (UTL/T) permet de lier la description d'une donnée à collecter à la donnée effective qui devra être observée dans le dispositif d'apprentissage. Ce lien fonctionnel se fait par instanciation de cette partie sur les formats particuliers d'enregistrement des traces du dispositif. Cette méthode est décrite dans la section 2.2.

[47] La définition de cette grammaire formelle est un de nos objectifs de recherche.

Chaque donnée est décrite conformément au modèle DGU, selon les trois points de vue : définition, obtention, utilisation.

Nous avons identifié deux types principaux de données impliquées dans l'analyse de l'observation : la *donnée dérivée* et la *donnée primaire* (cf. figure 77).

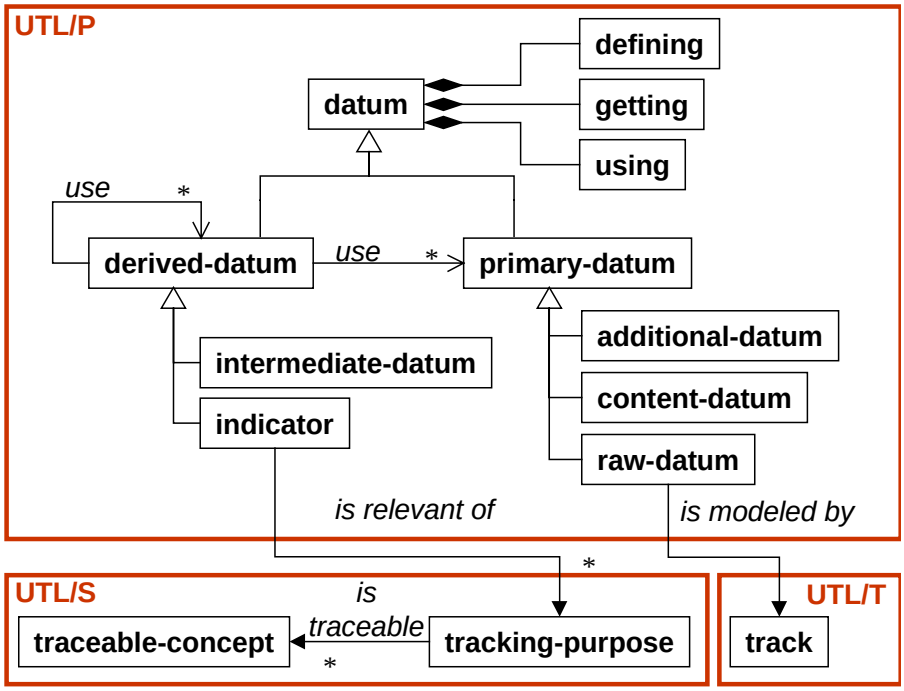


Figure 77. Modèle conceptuel du méta-langage UTL 2.

- Les *données primaires* ne sont pas calculées ou établies avec l'aide d'autres données.
  - Une *donnée brute* est obtenue par transformation de la trace : elle est localisée dans la trace par la modélisation de l'observation, extraite de cette trace après la collecte et représentée dans un format indépendant du dispositif d'apprentissage. Elle peut être collectée avant, pendant ou après la session d'apprentissage par le dispositif d'apprentissage comme, par exemple, un fichier de « logs » enregistré par le système, un enregistrement vidéo de l'apprenant pendant la session, les informations recueillies par un questionnaire avant ou après la session, l'ensemble des messages postés dans un forum. Chaque donnée brute est modélisée à l'aide d'un objet *trace* (track) selon le même principe que celui employé avec UTL 1 (cf. section 2.2.).
  - Une *donnée de production* (content data) est produite volontairement par les acteurs de la session d'apprentissage (apprenant, tuteur et/ou enseignant). Ces données sont principalement des travaux réalisés par les étudiants et destinés à être évalués, mais peuvent également être, par exemple, un rapport établi par le tuteur sur la qualité de l'activité ou d'une ressource pédagogique.
  - Une *donnée additionnelle* (additional data) est une donnée liée à la situation pédagogique et utilisée pour l'établissement des *données dérivées*. Ces données sont de nature très diverse : la valeur d'un champ d'une méta-donnée caractérisant une ressource, une taxonomie, une donnée *ad hoc*, etc.
- Les *données dérivées* sont calculées ou établies à l'aide des *données primaires* et/ou d'autres *données dérivées*.

- Un *indicateur* (indicator) est un observable signifiant sur le plan pédagogique, calculé ou établi à l'aide d'observés, et témoignant de la qualité de l'interaction, de l'activité et de l'apprentissage dans un EIAH. Ainsi, un indicateur est défini en fonction d'un *objectif d'observation* (tracking purpose), motivé par un objectif pédagogique, et donc lié à un *concept traçable* (traceable concept) du scénario pédagogique prédictif. L'ensemble de ces *concepts traçables* constitue l'instanciation d'UTL sur le langage de modélisation pédagogique, comme décrit en section 2.2.
- Une *donnée intermédiaire* (intermediate datum), au contraire d'un indicateur, n'a pas de signification pédagogique en soi. Elle est cependant nécessaire à la construction d'un ou de plusieurs indicateurs.

2.3.1.2. Le modèle d'information de la donnée brute

La figure 78 détaille les trois facettes d'une *donnée brute*.

La facette « définition » (Defining) de la donnée brute est décrite par trois éléments :

- le *titre* (Title) de la donnée doit être concis et sans ambiguïtés pour exprimer la sémantique de la donnée.
- la *cardinalité* (Cardinality) de la donnée représente le nombre d'instances de la donnée que l'on peut avoir.
- une *description* (Description) plus détaillée peut être ajoutée pour décrire de manière informelle la nature de la donnée.

La facette « obtention » (Getting) se concentre sur la description des moyens d'observation, c'est à dire de la méthode d'analyse permettant d'établir la donnée. Elle est composée de trois éléments :

- la *période d'acquisition* (Acquisition-time) prend ses valeurs dans la liste fermée {avant la session (Before-session) ; en cours de session (During-session) ; après la session (After-session)}.
- le *type de collection* (Collection-type) est :
  - une *collecte manuelle* (Human-collection) opérée par au moins un *rôle* (Role) (par exemple, un observateur de la session) en utilisant un *moyen de collecte* (Collection-vector) (par exemple une caméra, un papier et un crayon).
  - une *collecte automatique* (Automatic-collection), caractérisée par :
    - le *type d'enregistrement* (Record-type) qui prend ses valeurs dans une liste ouverte (par exemple fichier de log, chat, mail).
    - un *outil de collecte* (Record-tool) pour qui, s'il est déjà développé et utilisable dans l'environnement de formation, il est possible d'indiquer sa *localisation* (Location). Sinon, il est nécessaire d'en donner une *description* (Description) et/ou quelques *exemples* (Example) afin d'aider au développement de l'outil.
    - la *description de la trace* (Track). L'élément « Track » est en italique sur la figure 78 pour rappeler qu'il est conforme à la première version d'UTL (UTL 1).
- la *localisation* (Location) de la donnée, il s'agit souvent de l'URL du fichier qui la contient.

La facette « utilisation » (Using) comporte trois éléments :

- *utilisé-par* (Used-by) est proposé afin de faciliter la navigation dans un graphe de dépendances des données.
- *contenu* (Data) permet de stocker la donnée après son extraction de la trace source, conformément à la méthode présentée en section 2.2.
- *format* décrit comment la donnée est représentée, une fois obtenue (son schéma XML).

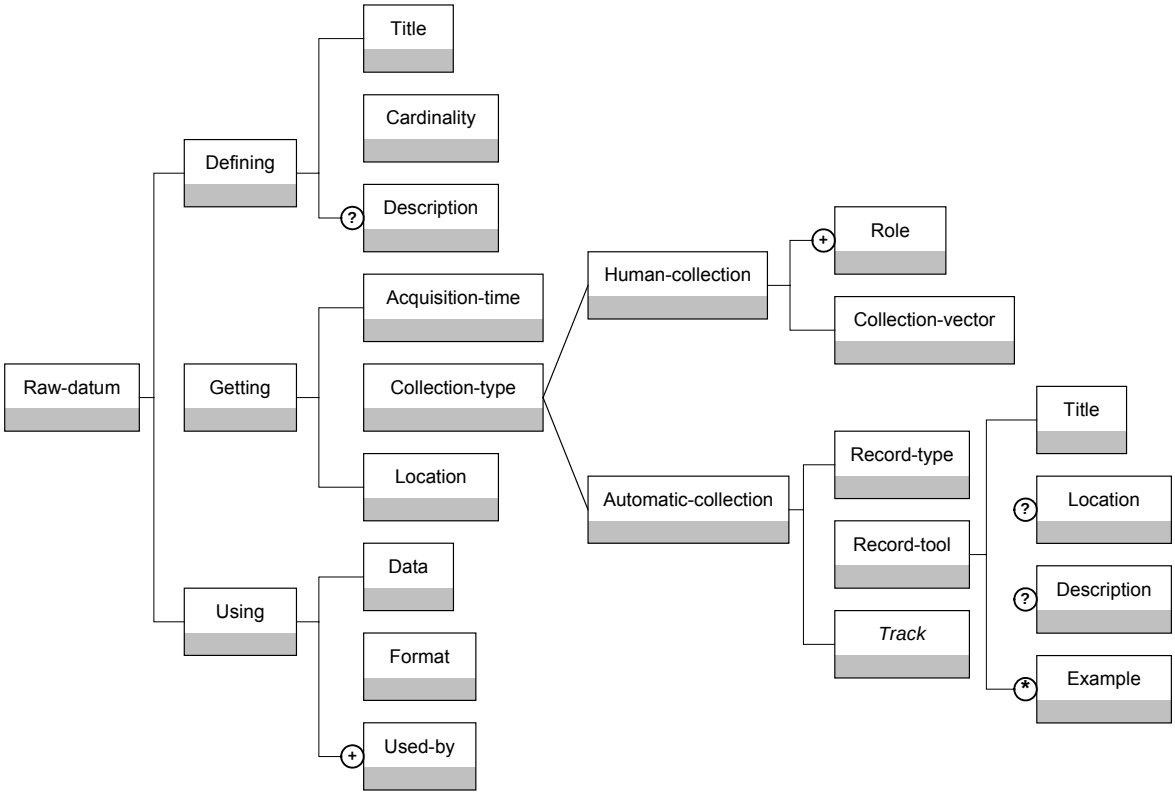


Figure 78. Le modèle d'information d'une donnée brute.

2.3.1.3. Le modèle d'information de la donnée de production

La figure 79 détaille les trois facettes d'une *donnée de production*.

Tout comme pour la *donnée brute*, la facette « définition » de la *donnée de production* est composée d'un *titre* et d'une éventuelle *description*.

Les *données de production* sont obtenues lors de la session de formation (rapports, exercices, ...). Elles sont par conséquent toujours clairement identifiées même celles non prévues. La facette « obtention » est caractérisée par :

- la *localisation* de la production,
- la *date* de la production,
- *l'acteur* (Actor) qui a produit cette donnée,
- au moins un *concept traçable* (Traceable-concept) du scénario pédagogique.

La facette « utilisation » est composée du *contenu* de la donnée, de son *format*, ainsi que de la liste des données qui l'utilisent, comme dans le cas de la *donnée brute*.

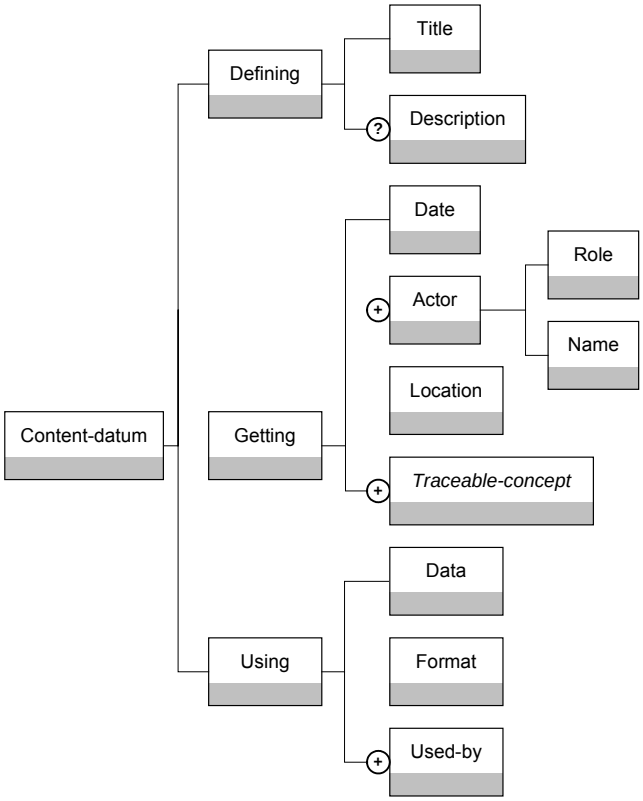


Figure 79. Le modèle d'information d'une donnée de production.

2.3.1.4. Le modèle d'information de la donnée additionnelle

La figure 80 détaille les trois facettes d'une *donnée additionnelle*.

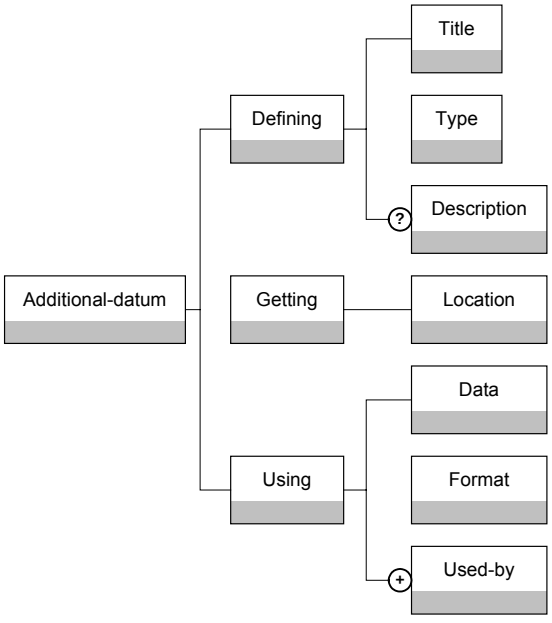


Figure 80. Le modèle d'information de la donnée additionnelle.

Les *données additionnelles* sont variées et nombreuses (une ontologie, une taxonomie du domaine, un curriculum académique, ...), c'est pourquoi la facette « définition » possède en plus du *titre* et de la *description*, un élément *type* (Type) pour classifier la donnée.

Une *donnée additionnelle* est un élément connu à l'avance et clairement identifié, la facette « obtention » fait donc directement référence à la *localisation* de la donnée.

La facette « utilisation » est composée du *contenu* de la donnée, de son *format* et de la liste des données qui l'utilisent.

2.3.1.5. Le modèle d'information de la donnée intermédiaire

La figure 81 détaille les trois facettes d'une *donnée intermédiaire*.

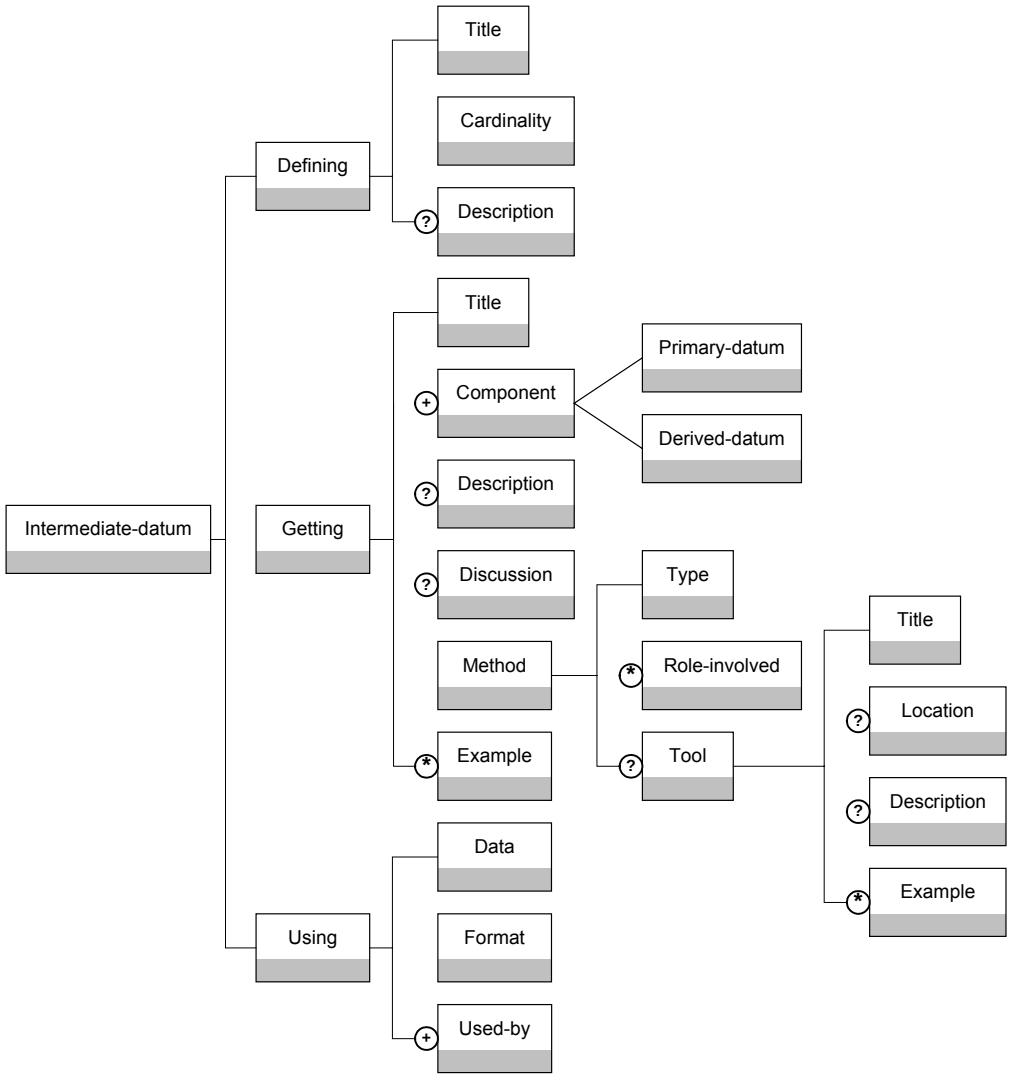


Figure 81. Le modèle d'information de la donnée intermédiaire.

La facette « définition » est composée du *titre* de la donnée, d'une *cardinalité* et d'une éventuelle *description*.

La facette « obtention » caractérise la construction de la donnée, comment la donnée est générée à partir d'autres données appelées *composants* (Component). Ces composants sont utiles à la définition d'un graphe de dépendances de la donnée vis-à-vis de *données primaires* (données brutes, de production ou additionnelles) et/ou de *données dérivées* (données intermédiaires ou indicateurs). C'est cet élément *composant* qui définit l'ensemble des observables nécessaires à l'établissement de la *donnée intermédiaire* (voir figure 66).

La facette « obtention » est également composée, éventuellement, d'une *description* et d'une *discussion* pour préciser la nature de la donnée désirée, et comporte obligatoirement un élément *méthode* (Method) qui peut être du type manuel, semi-automatique ou automatique.

Dans le cas où un acteur humain intervient dans l'établissement de la donnée, il faut indiquer son *rôle* (Role-involved). Si la méthode est totalement ou partiellement automatisée, l'outil *support* (Support-tool) doit être indiqué grâce à sa *localisation* dans la mesure du possible, ou par une *description* et quelques *exemples*. Nous considérons à cette étape qu'un seul outil peut être spécifié pour une donnée intermédiaire. Si toutefois d'autres outils peuvent être utilisés, il convient de définir plusieurs *données intermédiaires*.

La facette « utilisation » est composée du *contenu* de la donnée, de son *format* et de la liste des données qui l'utilisent.

2.3.1.6. Le modèle d'information de l'indicateur

La figure 83 détaille les trois facettes d'un *indicateur*. Les facettes « définition » et « obtention » sont similaires à celles de la donnée intermédiaire.

La facette « utilisation » est notamment caractérisée par trois éléments :

- l'élément *donnée* (Data) permet de stocker la valeur de *l'indicateur*, une fois calculé ou établi.
- l'élément *format* (Format) décrit le format de données à utiliser pour représenter l'indicateur.
- l'élément *contexte pédagogique* (Pedagogical-context) définit le ou les *objectifs d'observation* (Tracking-purpose) de *l'indicateur*. Comme le montre la figure 82, *l'objectif d'observation* est décrit par :
  - un ou plusieurs *concepts traçables* (Traceable-concept), qui permettent d'associer *l'indicateur* à un élément du scénario pédagogique
  - un *type d'exploitation* (Type). Nous avons défini actuellement quatre types d'exploitation (cf. figure 68) – réingénierie, régulation, évaluation et réflexivité. Nous considérons cette liste ouverte mais, dans le contexte du projet REDiM, nous limitons notre usage du langage à la réingénierie.
  - un ou plusieurs *rôles* (Recipient-role), qui précisent le destinataire de l'indicateur.
  - une *description* peut être ajoutée afin de décrire de façon détaillée *l'objectif d'observation*.

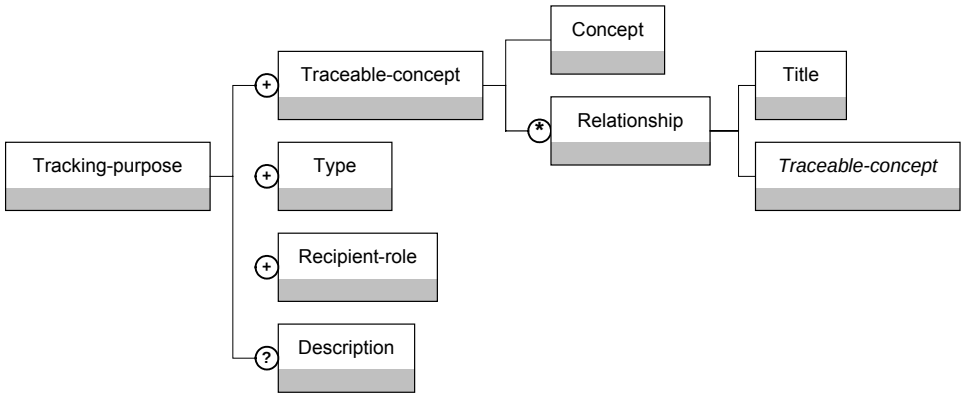


Figure 82. Le modèle d'information d'un objectif d'observation.

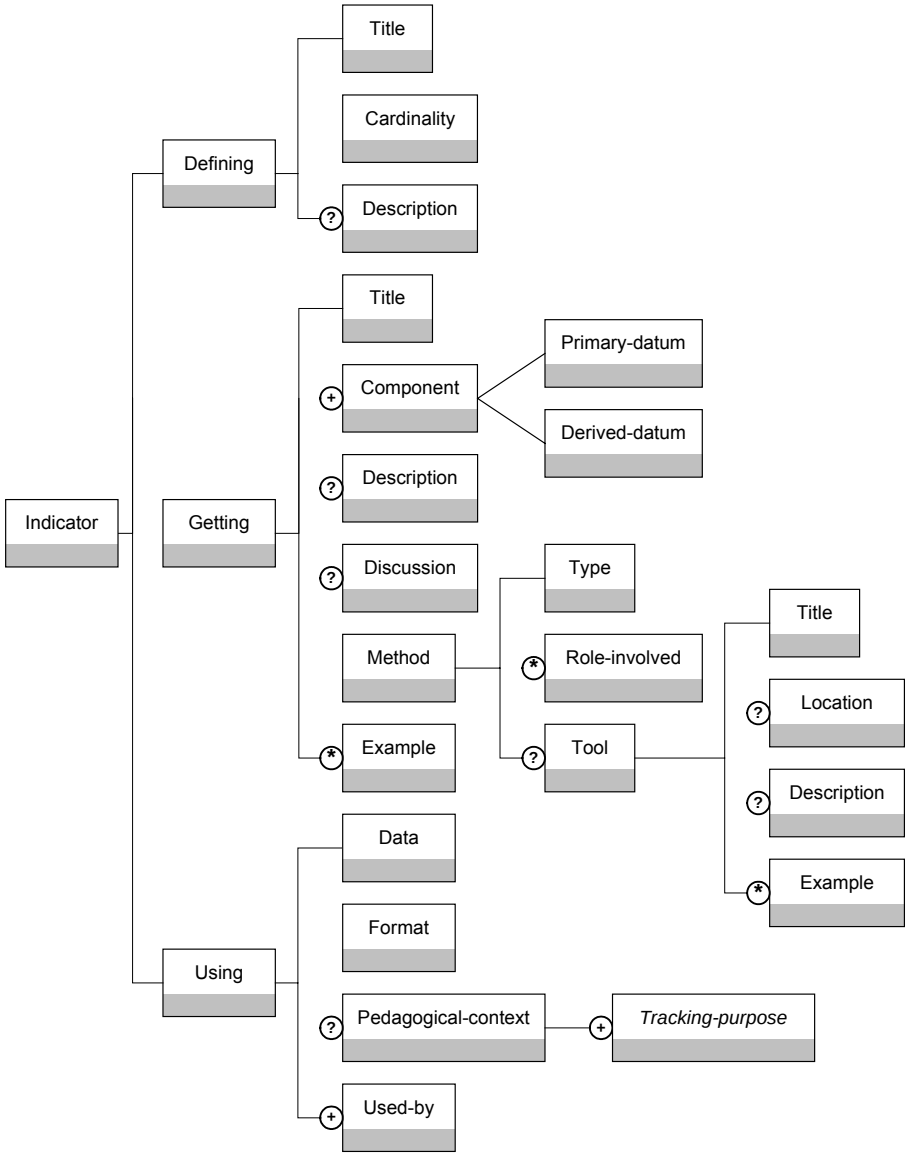


Figure 83. Le modèle d'information d'un indicateur.

2.3.2. Utiliser UTL 2 pour capitaliser les savoir-faire techniques d'analyse

L'objectif de cette section est de montrer, sur la base d'un exemple, comment le méta-langage UTL 2 peut être utilisé pour capitaliser des descriptions génériques et réutilisables d'indicateurs. Nous détaillons le processus de formalisation et d'abstraction supporté par UTL 2 qui amène à la définition d'un patron de conception proposant une solution d'analyse de l'utilisation d'un dispositif d'apprentissage. Le principe général de l'approche s'inscrit dans le processus de conception et de réingénierie d'un scénario pédagogique que nous proposons en section 1.5. :

1. A l'occasion du déploiement d'un scénario pédagogique sur un dispositif d'apprentissage spécifique, l'équipe de conception observe un usage imprévu du dispositif d'apprentissage.

2. Les concepteurs analysent cet usage imprévu et décident d'actes de réingénierie consistant, entre autres, à instrumenter la détection de cet usage afin de le prendre en compte dans la scénarisation pédagogique.
3. Les concepteurs définissent les indicateurs qu'il est important d'observer pendant la session d'apprentissage pour mettre en évidence l'usage en question.
4. Les analystes et les développeurs utilisent UTL 2 pour modéliser ces indicateurs, afin d'en obtenir une description indépendante des formats de traces du dispositif d'apprentissage et du langage de modélisation pédagogique.
5. Si la solution est efficace, l'équipe de conception peut s'appuyer sur les descriptions UTL 2 pour proposer à la communauté de pratique un patron de conception.

Le projet DPULS (Design Patterns for recording and analysing Usage in Learning Systems) a été financé par l'Europe, dans le cadre du Réseau d'Excellence Kaleidoscope, pour capitaliser sous la forme d'un langage de patrons de conception les expériences de neuf équipes européennes et d'une équipe canadienne en matière de recueil et d'analyse des usages d'un EIAH (cf. section 3.5.5. de la première partie de ce document). Une de nos contributions fut de construire le patron de conception « Playing Around with Learning Resources » qui propose une approche de détection des apprenants qui « papillonnent » entre les ressources au démarrage de l'activité d'apprentissage. Ce patron est reporté dans sa version originale en figure 89.

Dans ce patron, nous proposons une solution basée sur le calcul de deux indicateurs : « la caractérisation de la séquence de ressources » et « la caractérisation du temps de réalisation d'une activité ». Ce patron a été proposé dans DPULS pour aider à la régulation de l'apprentissage : l'interprétation de la trace de l'utilisation des ressources par un apprenant, ou du temps qu'il passe à réaliser une activité est différente selon que l'apprenant papillonne entre les ressources ou qu'il est réellement engagé dans l'activité. Le tuteur ou l'enseignant aura une réaction adaptée mais différente pour ces deux modes d'utilisation du système.

Nous avons extrait ce patron de nos différentes mises à l'essai du dispositif d'apprentissage présenté en première partie de ce document (section 1.) et des actes de réingénierie qui les ont suivies. Lors du premier déploiement du scénario pédagogique dans ce dispositif, l'enseignant accordait beaucoup d'importance à la séquence d'utilisation des ressources et aux temps passés pour réaliser les différentes activités. La nature du dispositif d'apprentissage[48] a permis l'émergence d'un usage imprévu : un « papillonnage » entre les ressources, caractérisé par des temps très courts de connexion aux ressources, notamment en début d'activité. Il est intéressant de détecter cet usage de manière à, par exemple, ne pas prendre en compte les performances des apprenants lorsqu'ils accédent au QCM d'évaluation dans ce mode, ou bien encore afin d'alerter le tuteur[49]. Nous avons alors défini avec UTL 2 les deux indicateurs « la caractérisation de la séquence de ressources » et « la caractérisation du temps de réalisation d'une activité » et développé les outils d'analyse permettant leur établissement.

L'objectif de l'indicateur « caractérisation de la séquence de ressources » est de repérer les séquences d'utilisation de ressources où l'apprenant passe un temps très court sur chaque

[48] Rappelons ici que la plate-forme de diffusion FSL utilisée pour cette expérimentation permet aux apprenants de naviguer librement parmi les ressources pédagogiques disponibles.

[49] Il est important de signaler que nous n'avons pas implanté les moyens d'observation de cet usage à ces fins puisque la décision de réingénierie a été différente : comme précisé en section 1 de la première partie de ce document, la solution adoptée a été de développer deux interfaces différentes pour le composant QCM. Mais nous avons fait ce travail de modélisation et d'analyse dans le cadre de nos activités de recherche liées au projet DPULS.

ressource. Concrètement, cet indicateur est évalué à « non significative » si le temps passé sur chaque ressource est inférieur à un pourcentage (dans notre contexte, 10%) du temps estimé de réalisation défini pour les ressources concernées. Ce calcul se fait sur la base des données brutes « date de démarrage d'une ressource » et « date de fin d'utilisation d'une ressource » extraites de la trace générée par le dispositif d'apprentissage. Ces données permettent à un outil d'analyse de calculer la « durée d'une ressource » et de reconstruire la « séquence de ressources » utilisées par l'apprenant. A l'aide de ces données dérivées et des données additionnelles « temps estimé de réalisation d'une ressource » et « temps typique de papillonnage pour une ressource en % », un autre outil d'analyse établit l'indicateur.

L'objectif de l'indicateur « caractérisation du temps passé sur une activité » est d'estimer si l'apprenant a tout juste commencé une activité ou s'il y est engagé depuis un temps conséquent. Concrètement, cette estimation se fait sur la base des mêmes données brutes que celles utilisées pour l'indicateur précédent. L'addition des données dérivées « durée d'une ressource » pour les ressources associées à une activité permet à un outil d'analyse d'établir la donnée dérivée « durée d'une activité ». C'est en utilisant cette donnée dérivée et les données additionnelles « temps estimé de réalisation d'une activité » et « temps typique de papillonnage pour une activité en % » qu'un outil d'analyse établit l'indicateur.

La combinaison des valeurs « non significative » et « au commencement » pour ces indicateurs témoignent du papillonnage. La figure 84 montre le graphe des dépendances entre les données, les flèches signifiant le besoin d'établir la donnée cible pour établir la donnée source.

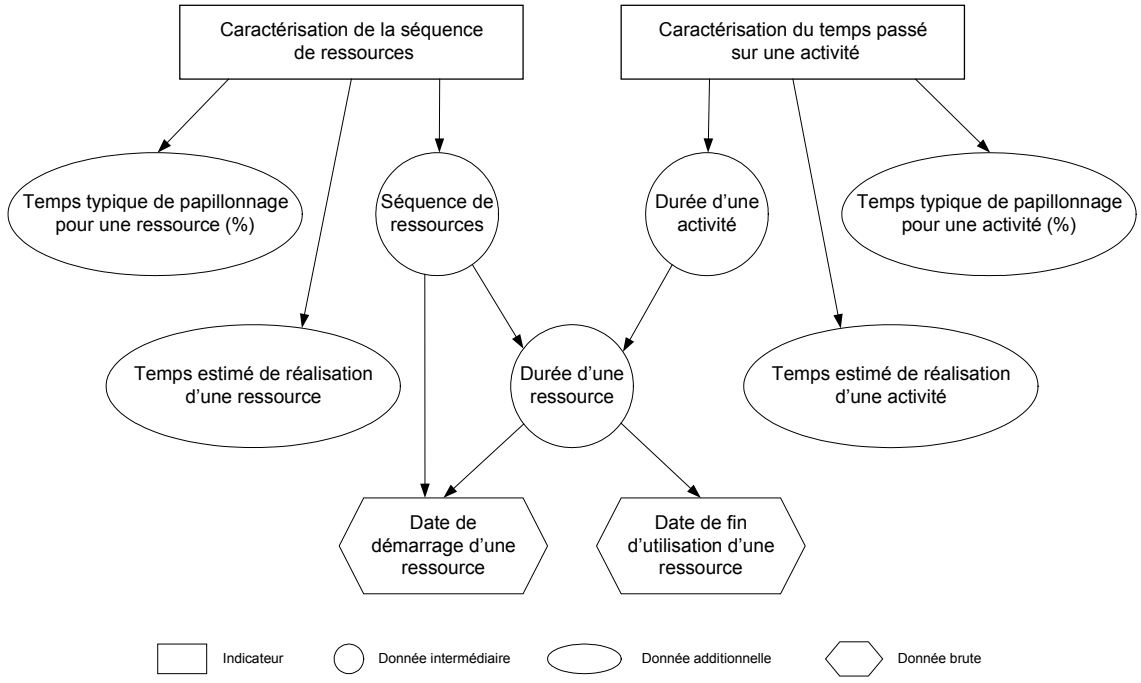


Figure 84. Graphe des dépendances entre les données observées pour la détection du papillonnage.

Les figures 85, 86, 87 et 88 montrent des exemples de données brutes, de données additionnelles, de données intermédiaires et d'indicateurs décrits avec UTL 2. Ces descriptions ont les caractéristiques suivantes :

- Seules les valeurs des éléments des données primaires sont spécifiques au contexte expérimental. Les descriptions des données intermédiaires et des indicateurs sont indépendantes de ce contexte et sont réutilisables.

- L'élément « Location » décrivant la méthode d'obtention propose un outil d'analyse compatible avec les modèles d'information de UTL 2. L'élément « Description » permet de donner des précisions sur le fonctionnement de cet outil. Nous envisageons ici une possible formalisation de cet élément.
- Toutes ces descriptions (resp. les formats de données) sont exprimées en XML et peuvent être modélisées (resp. utilisées) par le concepteur, le développeur ou l'analyste par l'intermédiaire d'un système interactif.

D	**Title**	Redim-RD-StartVideo					
	Cardinality	n					
	Description	Cette donnée correspond à la date de début de l'utilisation de la ressource vidéo.					
G	**Acquisition-time**	During-session					
	Collection-type	**Automatic-collection**	**Record-type**	Log-file			
			Record-tool	**Title**	Méthodes de génération de traces de FreeStyleLearning		
				Location			
			Track	**Content**	Category	Keyword	
					Title	Outil	
					Data	FreeApp	
					Type	Text	
					Begin	33	
					End	40	
				Content	Category	Keyword	
					Title	Action	
					Data	Intro gestartet	
					Type	Text	
					Begin	42	
					End	57	
				Content	Category	Value	
					Title	Date	
					Type	Text	
					Begin	1	
					End	26	
	Location	*~exp/StudentID/file*.FSL					
U	**Data**						
	Format	<rawdatum type= « Redim-RD-StartVideo »> <date> *long* </date> <student> *string* </student>> </rawdatum>					
	Used-by	Redim-DD-SeqRes					
	Used-by	Redim-DD-ResDur					

Figure 85. Description de la donnée brute « date de démarrage de la ressource vidéo » avec UTL.

D	**Title**	Redim-AD-TypTimeVideo
	Type	Scenario
	Description	Cette donnée donne la durée estimée de consultation de la ressource vidéo.
G	**Location**	Section métadonnée du scénario
U	**Data**	179
	Format	Integer, time in seconds
	Used-by	Redim-DD-SeqRes

Figure 86. Description de la donnée additionnelle « temps estimé de réalisation de la ressource vidéo » avec UTL.

D	**Title**	Redim-DD-SeqRes		
	Cardinality	n		
	Description	Calcule les séquences d'utilisation des ressources par étudiant		
G	**Title**	Filtrage et calcul des séquences d'utilisation des ressources par étudiant		
	Component	**Primary-datum**	Redim-RD-StartVideo, ...	
		Derived-datum	Redim-DD-ResDur	
	Description	Il s'agit de trier les sessions d'utilisation de ressources par étudiant et par date, de retrouver les durées et de combiner ces données.		
	Method	**Type**	automatic	
		Tool	**Title**	Calculation_Resource_Sequence
			Location	Redim.jar
U	**Data**			
	Format	<intermediatedatum type= « Redim-ID-SeqRes »> <student name= « *string* »> <session date= « *log* »> <resource> *string* </resource> <duration> *long* </duration> </session> </student> </intermediatedatum>		
	Used-by	Redim-I-CaracSeqRes		

Figure 87. Description de la donnée dérivée « séquences de ressources » avec UTL.

D	**Title**	Redim-I-CaracSeqRes			
	Cardinality	n			
	Description	Evaluation de la pertinence d'une séquence d'utilisation de ressources par étudiant			
G	**Title**	Comparaison de durées de séquences et de durées préconisées			
	Component	**Primary-datum**	Redim-AD-TypTimeVideo, ...		
		Primary-datum	Redim-AD-TypTimeGaming		
		Derived-datum	Redim-DD-SeqRes		
	Method	**Type**	automatic		
		Tool	**Title**	Calculation_Relevance_Resources_Sequence	
			Location	Redim.jar	
			Description	La séquence de ressources réalisée par un apprenant est évaluée comme « non significative » si la durée de chaque ressource est inférieure à une fraction de la durée préconisée (paramétrable : 10% par exemple).	
U	**Data**				
	Format	<indicator type= « Redim-I-CaracSeqRes »> <student name= « *string* » evaluation= « *string* »> <session date= « *log* »> <resource> *string* </resource> <duration> *long* </duration> </session> </student> </indicator>			
	Pedagogical-context	**Tracking-purpose**	**Traceable-concept**	**Concept**	Resource
			Type	Regulation	
			Recipient-role	Tutor / System	
			Description	Détection des périodes de papillonnage dans l'utilisation des ressources	

Figure 88. Description de l'indicateur « caractérisation de la séquence de ressources » avec UTL.

Le patron de conception « Playing Around with Learning Resources » présenté en figure 89 s'adresse au concepteur dans son univers métier. Les descriptions UTL 2 s'adressent au développeur et à l'analyste dans une perspective d'opérationnalisation de la solution proposée par le patron. Ces descriptions sont donc un complément technique au patron de conception proposé au concepteur : elles permettent de capitaliser et de partager des savoir-faire techniques associés à des savoir-faire pédagogiques.

General			
	Name	Playing Around with Learning Resources	
	Abstract	This pattern provides an approach to detect learner playing around with resources at the beginning of an activity.	
	Category	• Course usage	
	Context	**Type of System**	LMS
		Type of Situation	Individual learning The teacher intervenes only if solicited.
		Actors	• Instructional designer • Tutor
		General Description	You could record and analyze tracks of resources uses. It could be very valuable if you describe the resources with a metadata.
Problem			
	Statement	You want to know if a learner plays around with the system.	
	Tracking Focus	Actor's behaviour / performance	
	Analysis	At the beginning of an activity, when the learner discovers the learning environment, s/he could play around with it, starting browsing through resources without really engaging any learning activity. It could be problematic if it is not detected: actually, the learner is not involved in the activity tutor's and system reactions could have to take it into account, especially regarding user's profile evolution and assessment [DPULS 32.4, 2005].	
Solutions			
	Solution Name		
	Objective	Learning regulation by Teacher	
	Requisites	**Indicators**	▪ The characterization of the sequence of resources ▪ The characterization of the time of an activity
		Methods	Analyzing the sequence of resources consulted by the learner (semi-automatic)
	Description	Each resource is described by LOM (Learning Object Metadata) or, at least, you could estimate the typical learning time of a resource (the time needed for learners to use correctly the resource. See LOM specification for a formal definition, EducationalTypicalLearningTime resource descriptor). You could record (in log files for example) the sequence and time spent by a learner to consult a resources. One way could be to record for each resource the login time (date of connection in a log file) and the logout time (date of logout in a log file), and to calculate the effective duration of use (the difference between logout and login times). The Playing Around Typical Learning Time of a resource is defined by the fraction	

		of the typical learning time you estimate as the duration under which a resource cannot be really worked on, but only browsed. We recommend a duration equivalent to 10 per cent of the typical learning time. The sequence of resources attempted by a learner could be qualified as "non significant" if the time passed on each resource of the sequence is less than the relevant Playing Around Typical Learning Time. If such a "non significant" sequence is detected at the beginning of an activity (see the description of the indicator "the characterization of the time of an activity"), you could presume the learner is playing around with the system.	
	Discussion	▪ This solution is facilitated when the system records log files and when designers have previously described each resource with a metadata [DPULS 32.2, 2005].	
	Example	▪ FSL [Brocke, 2001] [Grob et al., 2004] experimentation by LIUM ▪ (contact: christophe.choquet@univ-lemans.fr)	
Related Patterns			
	Set of Related Patterns	**Related Pattern name**	Browsing Use of a MCQ
		Related Pattern type	Internal
		Relationship	IS MORE GENERAL
Pattern Identification			
	Author	V.Barré, C. Choquet ,S. Iksal, N. Randriamalaka	
	Date	November 2005	
	Version	**Number**	1.0
		Changes	
	Bibliographic References	[DPULS 32.2, 2005] Deliverable JEIRP DPULS, 32.2, section: Report on FSL experience from LIUM laboratory, 2005. [DPULS 32.4, 2005] Deliverable JEIRP DPULS 32.4, 2005. [Brocke, 2001], Brocke, J. v. (2001). Freestyle Learning - Concept, Platforms, and Applications for Individual Learning Scenarios. 46th International Scientific Colloquium, Ilmenau Technical University. [Grob et al., 2004], Grob, H. L., F. Bensberg, et al. (2004). "Developing, Deploying, Using and Evaluating an Open Source Learning Management System." Journal of Computing and Information Technology 12 no 2: 127-134.	

Figure 89. Le patron de Conception « Playing Around with Learning Resources (source : projet DPULS).

2.3.3. Utiliser UTL 2 pour la réingénierie du méta-modèle d'expression pédagogique

Cette section montre comment UTL 2 peut être utilisé a posteriori, sur un dispositif d'apprentissage et un jeu de traces existants, de manière à faire évoluer les méta-modèles d'expression du scénario pédagogique afin de permettre la retranscription des scénarios observés. Sur la base d'un exemple tiré d'une collaboration que nous entretenons avec l'équipe de recherche « Observation » de l'Université de Savoie [Iksal S., & al., 2007], nous montrons comment l'effort de formalisation qu'implique l'utilisation de UTL 2, facilite la réingénierie du méta-modèle d'expression pédagogique.

Cet exemple d'utilisation d'UTL repose sur une expérimentation montée par l'équipe de recherche « Observation » de l'Université de Savoie. Cette expérimentation est décrite dans [Kepka L., & al., 2007]. Elle a consisté à déployer un dispositif d'apprentissage et d'observation de l'activité pour une séance de travaux pratiques (TP) avec une classe de 15 étudiants, en première année de DUT, département Services et Réseaux de Communication au sein de l'Université de Savoie. Elle a eu lieu en juin 2006. L'objectif pédagogique du TP était de faire pratiquer la modélisation orientée objet. D'une durée de trois heures, cette séance demandait aux étudiants de décrire un projet avec le support d'un logiciel de création de diagrammes UML.

La méthodologie d'expérimentation mise en place par nos collègues laissait les étudiants effectuer leur TP de la manière habituelle, un par machine. Chaque poste était appareillé pour observer les activités des étudiants et envoyer les informations récoltées à un outil de visualisation (notons que les étudiants étaient informés de la nature expérimentale de la séance et qu'ils pouvaient consulter les traces collectées pendant la session).

Les étudiants avaient quatre types de diagrammes à réaliser dans l'ordre de leur choix, un compte-rendu à rédiger, et la possibilité de prendre une pause. Ils avaient pour consigne d'indiquer dans laquelle de ces six activité (pause comprise) ils se trouvaient via un petit agent logiciel autonome installé sur leur machine. De plus, un logiciel de type « enregistreur de frappes » permettait de détecter si un étudiant était actif ou non sur la machine, par traçage des actions au clavier et à la souris.

Après cette expérimentation, S. Iksal, permanent du projet REDiM, a collaboré avec cette équipe de recherche, d'une part pour éprouver UTL dans un contexte expérimental différent et d'autre part, pour formaliser des indicateurs pédagogiques et des outils d'analyse, l'objectif commun des deux équipes étant de tendre vers des représentations génériques, capitalisables et réutilisables.

Le modèle métier de représentation du scénario pédagogique prédictif est simple : il précise qu'un TP est un *ensemble d'activités* (activities) et que chaque *activité* (activity) *est réalisée* (is-performed-in) en un *temps maximal théorique* (time-to-finish). Ce temps est estimé par les concepteurs de l'expérimentation en fonction de leurs pratiques pédagogiques et de la difficulté relative de chaque activité. La figure 90 montre une représentation UML de ce modèle métier et une représentation XML du scénario pédagogique qui l'instancie.

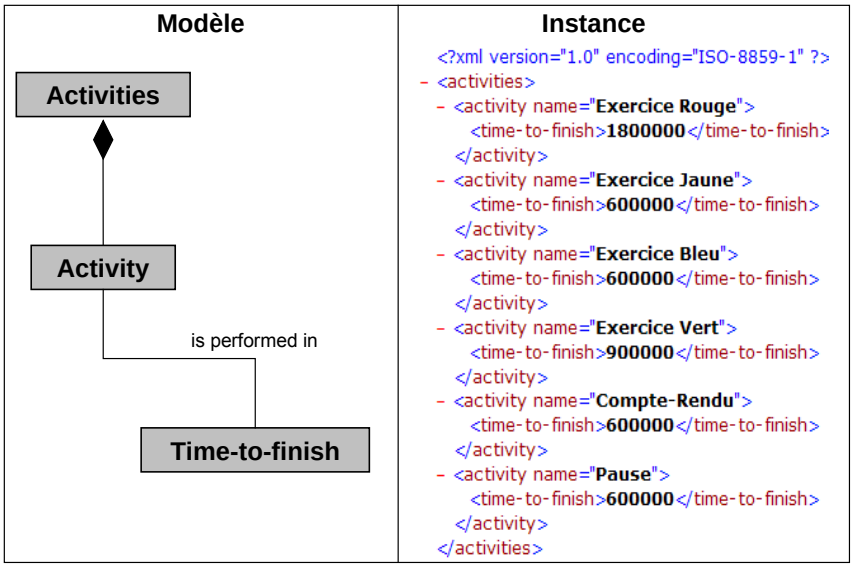


Figure 90. Modèle métier et scénario pédagogique de l'expérimentation de l'Université de Savoie.

Comme on le note dans la figure 90, le scénario pédagogique prédictif ne spécifie pas d'indicateurs pédagogiques et le modèle d'expression ne le permet pas. S. Iksal a endossé le rôle d'analyste pour interagir avec nos collègues – assumant ici le rôle de concepteurs de ce modèle métier – de manière à formaliser les indicateurs qu'ils ont jugé pertinent d'élaborer. Tout le travail a consisté à expliciter les attendus initiaux qui avaient amené nos collègues à monter cette expérimentation. La figure 91 montre le graphe de dépendances entre les données construites ou collectées pour l'expérimentation : les flèches signifiant le besoin d'établir la donnée cible pour établir la donnée source.

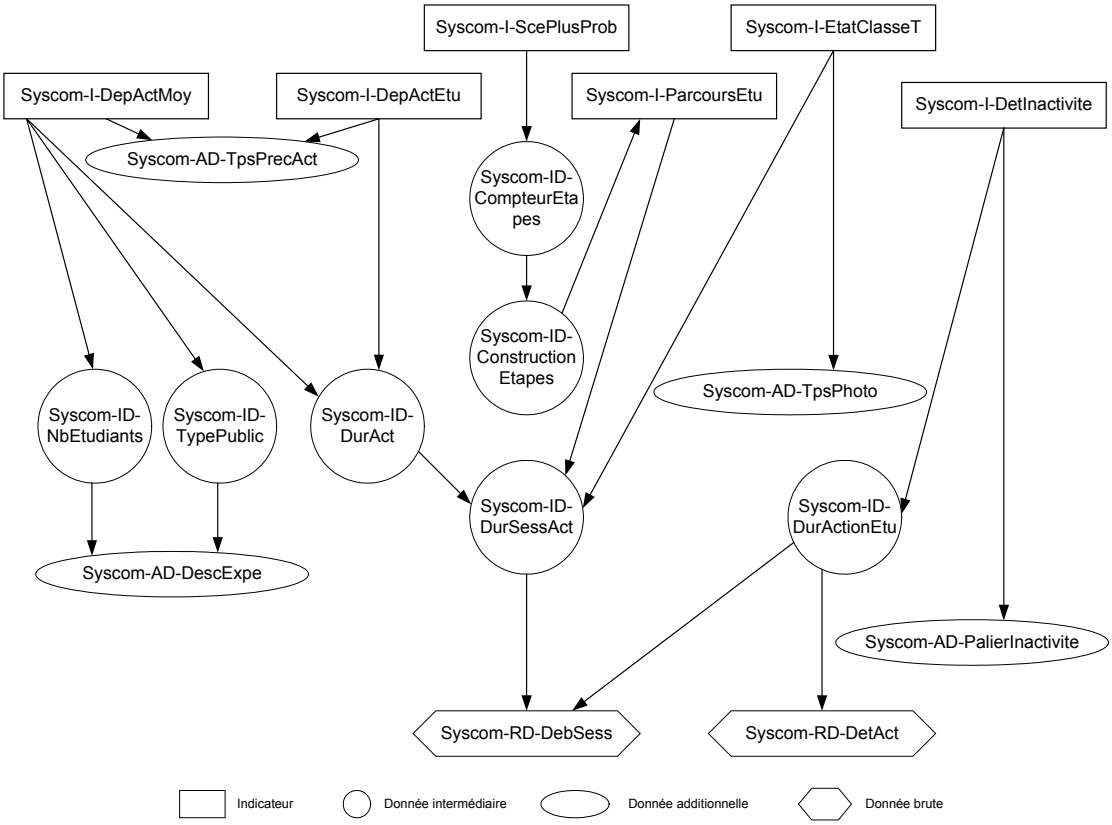


Figure 91. Graphe des dépendances entre données de l'expérimentation de l'Université de Savoie.

Nous n'allons pas décrire ici toutes les données mais nous centrer sur l'établissement d'un seul indicateur, et montrer comment ce travail de formalisation amène à faire évoluer le modèle d'expression d'un scénario pédagogique afin de permettre la retranscription dans ce modèle des scénarios observés.

L'indicateur « Syscom-I-DepActMoy » est une moyenne, pour chaque activité, de la différence entre le temps préconisé par activité (time-to-finish, isolé dans la donnée additionnelle « Syscom-AD-TpsPrecAct ») et le temps passé effectivement par chaque étudiant. Sa description est présentée dans la figure 92.

Le champ « Description » de l'objectif d'observation a été renseigné par les concepteurs. Ce texte est une représentation informelle du modèle métier de l'observation de l'activité d'apprentissage. Nous avons transformé ce modèle métier en modèle computationnel en considérant (1) que le concept traçable était l'activité (*activity*), (2) que l'activité était caractérisée par la différence entre le temps préconisé et le temps effectif mis pour la réaliser (*delay*), (3) que cette différence pouvait être qualifiée d'excessive (*exceeded*) et (4) que cette qualification dépendait du public cible

(*target*). Ce modèle computationnel est représenté par un schéma XML valuant l'élément « Format » de l'indicateur. La figure 93 oppose la description informelle de l'indicateur et son instance en XML, calculée sur la base des observations recueillies pendant la session.

D	**Title**	Syscom-I-DepActMoy				
	Cardinality	n				
	Description	Calcul de la moyenne du temps passé par activité et de l'écart par rapport au temps préconisé par l'enseignant.				
G	**Title**	Calcul de moyenne et comparaison				
	Component	**Primary-datum**	Syscom-AD-TpsPrecAct			
		Derived-datum	Syscom-ID-DurAct			
		Derived-datum	Syscom-ID-NbEtudiants			
		Derived-datum	Syscom-ID-TypePublic			
	Description					
	Method	**Type**	automatic			
		Tool	**Title**	Calculer_Depassement_Moyen_Activite		
			Location	Syscom.jar		
			Description	Calcule les temps moyens passés par activité puis compare ces temps avec les temps préconisés. Lorsque le temps est dépassé, on mémorise le dépassement et le public ayant réalisé l'activité.		
	Example					
U	**Data**					
	Format	<indicator type=« Syscom-I-DepActMoy »> <activity name=« *string* » exceeded=« *boolean* »> <delay> *long* </delay> <target> *string* </target> </activity> <indicator>				
	Pedagogical-context	**Tracking-purpose**	**Traceable-concept**	**Concept**	activity	
				Type	Reengineering / Regulation	
				Recipient-role	Designer / Tutor	
				Description	Evaluation de la difficulté d'une activité par rapport à un public particulier. Ainsi, si le public est novice dans le domaine, un délai supplémentaire pour effectuer l'activité est normal. Si il y a un dépassement pour un public standard, cela peut mettre en évidence une difficulté (activité mal conçue pour ce public, manque d'une information cruciale)	
	Used-by					

Figure 92. Description d'un indicateur de l'expérimentation de l'Université de Savoie.

L'objectif pédagogique qui motivait l'observation de l'activité était exprimé dans des termes métiers mais de manière informelle. L'étude menée avec UTL 2 a conduit à formaliser cet objectif pédagogique de manière à obtenir un modèle computationnel permettant d'exprimer un indicateur.

Afin de reconstruire les scénarios observés incluant les indicateurs, la négociation avec les concepteurs conduisant à faire évoluer le méta-modèle d'expression pédagogique est alors tendue par le modèle computationnel des indicateurs. En l'occurrence, nous avons proposé une évolution basée sur la fusion du méta-modèle métier d'expression pédagogique et du modèle computationnel des indicateurs. Ce méta-modèle, même s'il est simple, véhicule une sémantique pédagogique. Il pourra être utilisé pour le montage d'autres expérimentations proches et peut devenir un objet d'échange dans la communauté. La figure 94 présente ce nouveau méta-modèle d'expression pédagogique et une instance d'un scénario observé.

Description métier

Evaluation de la difficulté d'une **activité** par rapport à un public particulier. Ainsi, si le **public** est novice dans le domaine, un **délai** supplémentaire pour effectuer l'activité est normal. Si il y a un **dépassement** pour un **public** standard, cela peut mettre en évidence une difficulté (activité mal conçue pour ce public, manque d'une information cruciale)

Indicateur

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO8859-1"?>
<indicator type="Syscom-I-DepActMoy">
  <activity name="Pause" exceeded="true">
    <delay>1050907</delay>
    <target>DUT SRC 1ère année</target>
  </activity>
  <activity name="Exercice Vert" exceeded="true">
    <delay>1070682</delay>
    <target>DUT SRC 1ère année</target>
  </activity>
  <activity name="Exercice Jaune" exceeded="true">
    <delay>240138</delay>
    <target>DUT SRC 1ère année</target>
  </activity>
  <activity name="Compte-Rendu" exceeded="false">
    <delay>-3994</delay>
    <target>DUT SRC 1ère année</target>
  </activity>
  <activity name="Exercice Rouge" exceeded="true">
    <delay>568322</delay>
    <target>DUT SRC 1ère année</target>
  </activity>
  <activity name="Exercice Bleu" exceeded="true">
    <delay>281156</delay>
    <target>DUT SRC 1ère année</target>
  </activity>
</indicator>
```

Figure 93. Représentation métier versus computationnelle d'un indicateur de l'expérimentation de l'Université de Savoie.

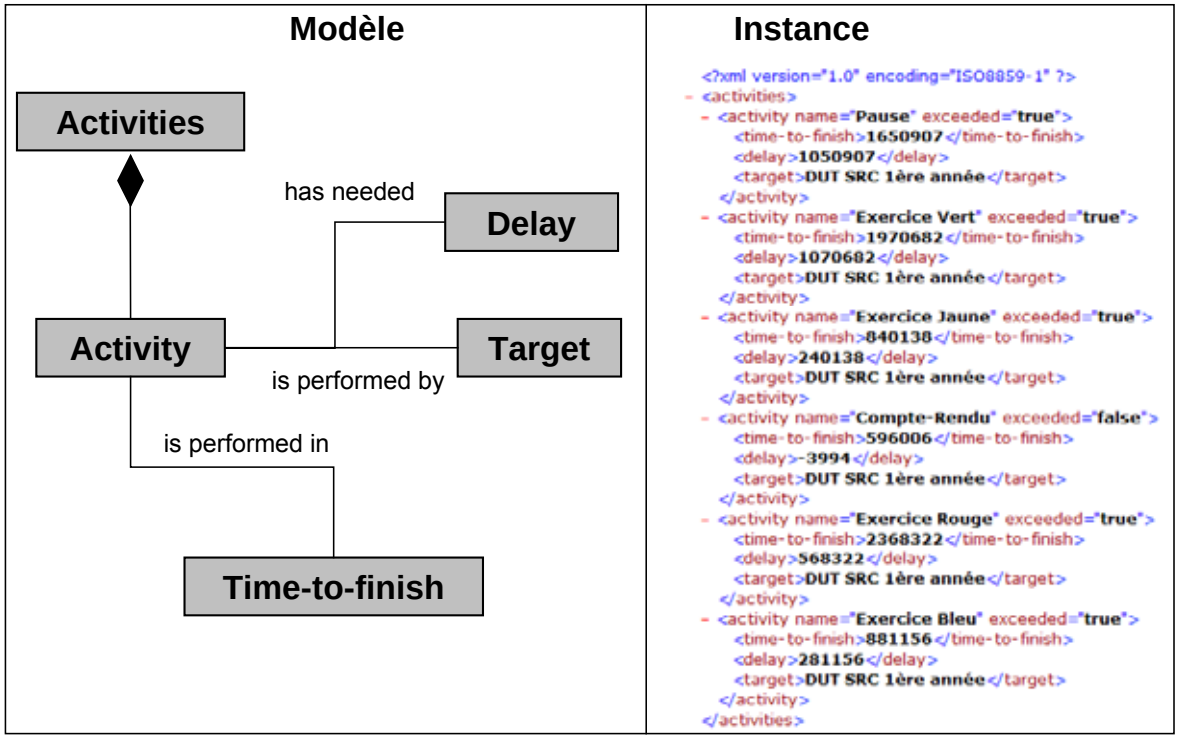


Figure 94. Le modèle métier après sa réingénierie et une instance de scénario observé au cours de l'expérimentation de l'Université de Savoie.

2.3.4. Analyse des résultats

Nos travaux sur la modélisation et l'analyse de l'observation de l'utilisation d'un EIAH se sont concrétisés par des résultats de deux natures différentes :

- la conceptualisation de notre approche de la modélisation et de l'analyse de l'observation par la proposition d'un vocabulaire spécifique au champ d'activité, par la définition d'un point de vue Ingénierie Dirigée par les Modèles pour la modélisation et pour l'analyse, et par l'identification des flux de communication entre les acteurs impliqués dans la modélisation et l'analyse ;
- un méta-langage instrumentant la modélisation et l'analyse de l'observation, et la capitalisation des savoir-faire.

Notre approche de la modélisation et de l'analyse de l'observation de l'utilisation d'un EIAH s'inscrit pleinement dans notre problématique de recherche : définir un cadre d'ingénierie des EIAH capable de motiver les enseignants pour assumer le rôle de concepteur d'un EIAH, pour faire évoluer leurs compétences en matière de conception, de manière à intégrer les EIAH dans leurs pratiques pédagogiques. En l'occurrence, nous pensons qu'une approche d'Ingénierie Dirigée par les Modèles est pertinente pour permettre à l'enseignant d'assumer son rôle dans la modélisation et l'analyse de l'observation de l'utilisation d'un EIAH.

Ce rôle est d'abord celui de prescripteur de l'observation. Parce que cela fait partie de son métier, l'enseignant est capable de définir, lorsqu'il modélise le scénario d'une activité pédagogique, ce qu'il est important d'observer pendant l'activité d'un point de vue pédagogique. Ces observations poursuivent plusieurs objectifs (évaluation, régulation, réflexivité de l'apprentissage) dont celui de la réingénierie : l'enseignant doit également pouvoir interpréter les résultats de l'analyse de l'observation afin d'évaluer la qualité de la situation pédagogique qu'il a mise en place.

Nous pensons que ces deux tâches de conception (prescription et évaluation de l'observation) ne peuvent être assumées par l'enseignant que dans son univers métier. Nous avons donc proposé une approche IDM (cf. figure 95) où la prescription de l'observation est transformée depuis l'univers métier du concepteur (ce qu'il est important d'observer) vers l'univers des techniques d'analyse (comment il faut observer), puis vers l'univers du dispositif d'apprentissage (ce qu'il faut collecter). A l'inverse, les traces collectées doivent être transformées de manière à appliquer des techniques d'analyse capables de produire des observés signifiants pour l'enseignant dans son univers métier. Nous avons donc décidé d'instrumenter cette approche en cherchant à définir des techniques permettant d'opérationnaliser ces différentes transformations.

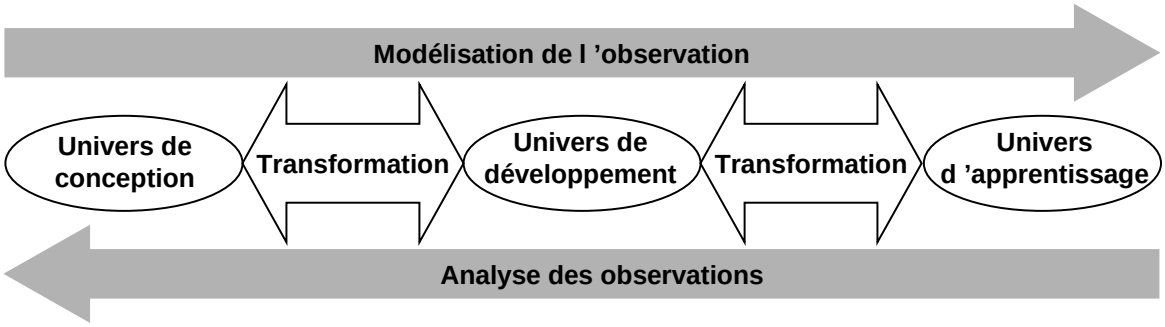


Figure 95. Approche IDM par la transformation des observations.

Notre proposition pour cette instrumentation a consisté à développer le méta-langage Usage Tracking Language. UTL, nous l'avons dit, n'est pas destiné à être utilisé par les enseignants : nous

avons bien conscience de sa complexité et le destinons aux analystes et aux développeurs. Par contre, une description UTL est « nourrie » par la modélisation métier effectuée par l'enseignant, le méta-langage offrant des fonctionnalités de transformation d'un indicateur depuis l'univers de conception vers l'univers de développement :

- La facette « Defining » d'un indicateur décrit le besoin d'observation. Ses éléments {Titre, Cardinalité, Description} guident l'analyse de la spécification métier de l'indicateur et/ou dirigent la négociation entre le concepteur et l'analyste pour expliciter la nature de l'indicateur.
- La facette « Using » d'un indicateur décrit l'objectif de l'observation, notamment en permettant de spécifier la portée de l'indicateur, sa « signifiance » sur le scénario pédagogique. UTL propose ici une méthode fondée sur la transformation du scénario pédagogique. Cette transformation s'opère en décrivant le méta-modèle d'expression métier dans la syntaxe proposée par UTL, à base de concepts traçables. La portée d'un indicateur est alors exprimée par un ensemble d'instances de ces concepts traçables, obtenues par transformation du scénario pédagogique.

La méthode n'est pas parfaite : elle repose essentiellement sur la qualité de la compréhension par l'analyste du méta-modèle d'expression pédagogique utilisé par le concepteur et du scénario pédagogique que ce dernier a défini. Elle est par contre cohérente avec notre approche IDM de la conception d'un scénario pédagogique qui cherche, d'une part à ne pas imposer de langage de modélisation pédagogique, et d'autre part à obtenir des méta-modèles d'expression et des scénarios pédagogiques explicites et formels. Elle permet également, par l'association des indicateurs à des éléments du scénario pédagogique, de définir un format (une structure de données) pour la représentation computationnelle de l'indicateur qui soit adaptée aux besoins de sa représentation à niveau métier. Enfin, et c'était là un de nos objectifs, elle permet d'obtenir une description de l'indicateur, et notamment de sa facette « Getting », indépendante du méta-modèle d'expression pédagogique spécifique au concepteur, autorisant ainsi la capitalisation de la description de l'indicateur et sa réutilisation dans un contexte différent.

Ce potentiel de capitalisation des savoir-faire est renforcé par les fonctionnalités offertes par UTL pour s'abstraire des formats de traces spécifiques aux dispositifs d'apprentissage. Nous proposons un modèle d'information pour la donnée brute qui permet d'acquérir ces données en les localisant dans la trace générée par le dispositif d'apprentissage, et de les représenter dans un format indépendant de ce dernier. De notre point de vue, ces éléments de la syntaxe d'UTL permettent de définir la transformation depuis l'univers d'apprentissage vers l'univers de développement et d'analyse.

La partie « patron » d'UTL participe également au potentiel du langage pour la capitalisation des savoir-faire de modélisation et d'analyse de l'observation :

- UTL propose de nombreux éléments permettant la description, l'exemplification, la discussion des spécifications, ce qui est central pour aider à la réutilisation de ces dernières.
- La nature du modèle d'information de la donnée brute ne permet pas de spécifier, à ce niveau de granularité, de traitements complexes. Au contraire, en proposant différents types de données primaires et la possibilité de les utiliser pour définir des données dérivées sur différents niveaux de granularité, UTL engage les développeurs et les analystes à expliciter leurs savoir-faire en définissant une composition d'observables tendus vers l'établissement d'un indicateur, plutôt qu'à développer un seul outil spécifique, embarquant une méthode d'analyse complexe.

Si la capitalisation des savoir-faire de modélisation et d'analyse de l'observation de l'utilisation d'un EIAH est un objectif que nous nous sommes fixé avec UTL qui nous semble atteint, quoique toujours perfectible, l'instrumentation de l'approche IDM de la modélisation nous semble imparfaite. En effet, l'Ingénierie Dirigée par les Modèles repose sur le concept de modèle computationnel productif, c'est à dire de modèles capables d'être utilisés pour générer du code, par transformation automatique[50]. Clairement, c'est un objectif que n'atteint pas UTL, du moins dans sa forme actuelle.

Qu'est-ce que le « code » dans un processus de modélisation de l'observation ? Il est de deux natures : les sondes logicielles à intégrer dans un EIAH spécifique et les outils d'analyse permettant d'établir des observés.

UTL n'a pas vocation à instrumenter la définition d'un modèle productif des sondes logicielles à intégrer dans un EIAH : le modèle technique de l'observation obtenu en utilisant UTL permet de spécifier le besoin d'obtenir des données brutes, non la façon de les obtenir. Il appartient donc aux développeurs et aux analystes de décider, en fonction des spécificités du dispositif d'apprentissage, le meilleur moyen d'obtenir ces données. Par contre, une fois la sonde intégrée, UTL permet d'obtenir la donnée dans un format indépendant du dispositif d'apprentissage considéré.

Lorsque la méthode d'analyse permettant d'établir un observé est automatique, UTL propose deux éléments pour la caractériser : la référence à un outil existant ou la description d'un outil à développer. Cette description est informelle dans la version actuelle d'UTL. Proposer des éléments de syntaxe aux développeurs permettant de formaliser cette description permettrait de rendre le modèle technique de l'observation productif pour l'opérationnalisation des méthodes automatiques d'analyse et nous explorons cette possibilité. Une autre possibilité serait d'encourager au développement de services d'analyse déclaratifs qu'il conviendrait de combiner pour opérationnaliser une méthode complexe d'analyse automatique. Un de nos objets d'étude est d'ajouter à la syntaxe d'UTL des éléments permettant de décrire formellement un assemblage de services d'analyse déclaratifs. Nous avons défini UTL sous la forme d'un schéma XML et ces nouveaux éléments permettraient d'augmenter ce schéma XML de manière à produire des fichiers XML conformes à ce schéma et décrivant, pour l'obtention d'un observé, l'articulation de services d'analyse déclaratifs.

[50] Nous ne considérons dans ce qui suit que les techniques automatiques de collecte et d'analyse de l'observation.

SYNTHESE DES CONTRIBUTIONS ET PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Cette section a pour objectif d'identifier les perspectives de recherche dans notre champ d'activité. Nous commençons par rappeler notre problématique de recherche et par faire la synthèse de nos résultats que nous mettons en perspective avec les travaux nationaux et internationaux dans notre champ d'activité. Nous énonçons ensuite les questions de recherche qu'il nous semble important que la communauté scientifique adresse dans le futur en présentant les actions de recherche que nous envisageons pour nos travaux propres ou que nous proposons à la communauté.

Synthèse des contributions et mise en perspective dans le champ d'activité

Nos recherches portent sur l'Ingénierie des EIAH. Les travaux que nous menons contribuent à définir un nouveau cadre d'ingénierie où les enseignants pourraient trouver leur place en tant que concepteurs de dispositifs d'apprentissage intégrant des EIAH. En analysant nos expériences passées et celles de la communauté scientifique, nous avons constaté que l'enseignant n'avait pas les moyens de s'impliquer dans le processus de conception et de développement d'un EIAH et que cet état de fait plaçait l'économie des EIAH dans une position difficile :

- trop peu d'EIAH sont utilisés sur le terrain ;
- les EIAH qui le sont ont nécessité un gros effort de recherche et de développement ;
- la pression économique et le souci de rentabilité immédiate tendent à imposer des normes et des standards pour le développement d'un EIAH qui correspondent à une vision techno-centrée et industrielle de la formation.

Nous considérons que ce problème est lié à la nature des résultats de la communauté scientifique dans le champ de l'ingénierie des EIAH :

- Les méthodes, techniques et outils proposés ne prennent que trop peu souvent l'enseignant pour cible. Parce qu'un EIAH est un système complexe à concevoir, il semble raisonnable de penser que les moyens employés pour le développer le sont également, et qu'il est nécessaire d'être un spécialiste d'une technique ou d'une méthode pour s'impliquer dans le développement. Nous pensons que la communauté scientifique doit s'employer à définir une ingénierie où l'enseignant tient une place centrale, où l'enseignant est l'interlocuteur et l'usager des moyens d'ingénierie.
- Les méthodes, techniques et outils proposés pour améliorer la productivité du développement adressent le problème par la normalisation des productions dans une optique d'interopérabilité

et de réutilisation. Ce faisant, elles technicisent encore le processus de développement et en excluent l'enseignant.

- Beaucoup de travaux ne se préoccupent que trop peu de la capitalisation et du partage des résultats avec la communauté de pratiques. Certains champs d'activité, tels que celui de la modélisation et de l'analyse de l'observation de l'utilisation d'un EIAH, n'en sont d'ailleurs encore qu'aux prémisses de la capitalisation et du partage au sein de la communauté de recherche.

Nous avons donc décidé de contribuer à la définition d'un nouveau cadre d'ingénierie des EIAH en proposant et instrumentant un processus de conception et de développement centré sur l'enseignant. Le cahier des charges que nous nous sommes fixé pour la définition de ce processus est le suivant :

1. L'enseignant doit pouvoir participer activement à la modélisation de l'EIAH. Pour cela, il doit pouvoir modéliser dans son univers métier, utiliser ses propres concepts pour mettre en place une situation pédagogique qui le satisfait et qui correspond à sa perception du contexte d'apprentissage.
2. L'enseignant doit percevoir les usages de l'EIAH qu'il a conçu :
    - la conception d'un EIAH est continue et l'enseignant doit pouvoir décider d'actes de réingénierie de l'EIAH en fonction de l'évolution de sa compréhension du contexte d'usage ;
    - l'analyse des retours d'usage d'un EIAH par l'enseignant participe à l'évolution de ses compétences et l'aide à mieux assumer son rôle de concepteur ;
    - la perception du comportement des apprenants motive l'enseignant en atténuant la désynchronisation des actes d'enseignement (conception du cours, animation d'une session d'apprentissage).
3. L'enseignant doit bénéficier des savoir-faire de la communauté de pratiques et partager avec elle ses propres expériences. Pour cela, le processus de conception et de développement doit encourager à la réutilisation d'artefacts existants et à la capitalisation des artefacts produits.

Nous avons choisi de centrer nos travaux sur l'ingénierie et la réingénierie d'un scénario pédagogique et fait l'hypothèse qu'une approche par l'Ingénierie Dirigée par les Modèles était pertinente dans ce cadre. Nos contributions sont de deux natures :

- Un premier travail a consisté à définir un processus de conception et de réingénierie collectives d'un scénario pédagogique.
- Un second travail a consisté à étudier les possibilités d'instrumentation des acteurs de ce processus.

Sans proposer de méthode d'ingénierie comme MISA [Paquette G., & al., 1997], le processus de conception et de réingénierie que nous proposons implique l'adhésion à certains principes méthodologiques :

- une approche de conception itérative et continue ;
- une approche de développement par prototypage et réingénierie ;
- la modélisation de l'observation de l'utilisation de l'EIAH et l'utilisation des observations pour guider la réingénierie ;

- l'Ingénierie Dirigée par les Modèles appliquée à la scénarisation pédagogique ;
- la capitalisation et la réutilisation des artefacts produits par le processus (scénarios pédagogiques, méta-modèles, indicateurs, scénarios de conception).

Le processus que nous proposons considère le scénario pédagogique comme un modèle de l'EIAH, conforme à un méta-modèle d'expression pédagogique susceptible d'être défini et/ou modifié par l'enseignant concepteur. Nous partageons ici l'approche de la scénarisation du projet MDEduc [de Moura Filho C.O., 2007], ce qui nous différencie des approches par les langages de modélisation tels que IMS-LD [IMS-LD, 2003], LDL [Ferraris C., & al., 2007] ou PALO [Rodriguez-Artacho M., 2002] qui, par définition, imposent un méta-modèle d'expression pédagogique. Cette approche permet au concepteur d'utiliser un langage métier de modélisation pédagogique adapté à son savoir-faire et à sa pédagogie. Elle permet également de favoriser l'émergence de méta-modèles métier spécifiques à un contexte d'utilisation dans une démarche complémentaire aux travaux de recherche qui proposent des méta-modèles spécifiques à des situations pédagogiques, tels les situations-problèmes coopératives [Nodenot T., 2005] avec le profil CPM [Laforcade P., 2004].

S'il est possible d'obtenir des modèles computationnels avec cette approche – le prototype ECoS que nous avons développé le prouve, par exemple – sous la forme de fichiers XML conformes à un schéma XML, reste le problème du déploiement effectif et sans pertes de ce scénario pédagogique sur une plate-forme existante. Dans l'approche IDM « classique », le modèle computationnel est productif : il est transformé automatiquement pour produire le code de l'application. Un scénario pédagogique computationnel n'est généralement pas utilisé de manière productive : il est déployé sur une plate-forme existante qui, au mieux, interprète le scénario pour configurer les environnements des acteurs de la situation pédagogique. Nous n'avons pas adressé ce problème dans nos travaux mais plusieurs travaux de recherche proposent des solutions plus ou moins satisfaisantes :

- Le projet LEA [Cottier P., 2007] a opté pour une solution radicale consistant à développer une plate-forme sur la base du méta-modèle métier obtenu. Cette solution n'est envisageable du point de vue économique qu'à la condition d'adresser une large communauté de pratiques fédérée autour d'un modèle métier stable.
- Le projet CPM [Laforcade P., 2005] propose une transformation avec pertes vers IMS-LD. Cette solution est peu satisfaisante puisque l'effort de modélisation à niveau métier est partiellement perdu du fait des pertes liées à la transformation vers IMS-LD. Le scénario pédagogique finalement déployé risque dans ce cas de ne pas correspondre aux intentions de conception initiales.
- Le projet Bricoles [Caron P.-A., 2006] propose une approche IDM où les possibilités de la plate-forme cible sont augmentées par des Web Services permettant de satisfaire le modèle métier. Cette approche est intéressante et mériterait, à notre sens, d'être développée.

Pour obtenir un méta-modèle d'expression et un scénario pédagogique computationnels, le processus de conception comporte, dans notre proposition, deux sous-processus actifs : le processus de création et le processus de formalisation. Pour permettre aux enseignants d'être les acteurs de ces deux processus, nous avons décidé d'étudier leur instrumentation en développant le prototype d'éditeur collaboratif de scénarios pédagogiques ECoS. L'objectif est ici d'étudier comment les enseignants structurent leurs productions sur les deux niveaux de modélisation : le méta-modèle d'expression pédagogique et le scénario pédagogique, assumant ainsi la formalisation de leurs productions. L'approche de modélisation choisie est graphique, en considérant l'intérêt

pour la communication entre acteurs des langages graphiques de modélisation pédagogique (Visual Instructional Design Languages – VIDL) [Botturi L., & Stubbs T.,2007] tels que E2ML [Botturi L., 2004]. Elle permet également, comme l'éditeur ModX [ModX, 2007] une modélisation et une méta-modélisation itératives, les modifications du méta-modèle se répercutant sur le scénario pédagogique. ECoS n'est qu'un premier prototype. Notamment, le méta-méta-modèle de l'application est volontairement très simple dans l'objectif de faciliter les tâches de modélisation et de méta-modélisation. Cela limite bien sûr le potentiel d'expressivité des scénarios. En adoptant un paradigme de programmation orientée objet, nous nous sommes cependant laissé la possibilité de faire évoluer ce méta-méta-modèle si nous constatons avec nos expérimentations la pertinence de cette approche de la modélisation. Le projet FreeStyler [Harrer A., & Hoppe U., 2007] a une approche complémentaire à la notre pour aider les concepteurs à produire des modèles formels qui réifient leurs intentions de conception : l'application offre des fonctionnalités de simulation du scénario sous sa représentation graphique, ce qui permet aux concepteurs d'anticiper sur d'éventuels problèmes de déploiement et d'affiner leur modélisation. Cependant, cette simulation repose sur une transformation du modèle graphique en un scénario IMS-LD, ce qui limite l'ensemble des concepts de modélisation.

Nos propositions en matière d'instrumentation du processus de conception et de réingénierie d'un scénario pédagogique ont, au delà d'ECoS, porté plus spécifiquement sur la modélisation et l'analyse de l'observation de l'utilisation d'un EIAH. Tâches centrales pour permettre l'évaluation et la réingénierie d'un scénario pédagogique, la modélisation et l'analyse de l'observation impliquent trois acteurs : le concepteur, le développeur et l'analyste. Là encore, nous avons cherché à impliquer l'enseignant-concepteur dans ces activités, malgré la complexité technique de la modélisation de l'observation et de l'analyse des traces d'usage d'un EIAH. Nous avons également privilégié la capitalisation des productions en incitant les acteurs de la modélisation de l'observation à décrire à grains fins la nature de l'observable, l'objectif d'utilisation de l'observé et la technique d'analyse permettant de valuer un observable par un observé. Notre approche IDM de la modélisation et de l'analyse de l'observation nous a conduit à proposer le méta-langage UTL dont les caractéristiques sont les suivantes :

- il permet la transformation de la modélisation de l'observation depuis l'univers métier du concepteur vers l'univers technique du développeur et de l'analyste, et la transformation des observés depuis l'univers technique vers l'univers métier ;
- il permet la description ré-entrante des observables comme étant une méthode d'analyse à appliquer sur les observés valuant un ensemble d'observables, depuis l'indicateur signifiant pour le concepteur jusqu'à la donnée brute collectée par le dispositif d'apprentissage ;
- il permet la représentation des données brutes dans un format indépendant des traces produites par le dispositif d'apprentissage ;
- il incite à la capitalisation des descriptions des observables ;
- dans une démarche de rétro-conception d'un dispositif d'apprentissage existant, il facilite l'identification des modifications à apporter au méta-modèle d'expression pédagogique pour qu'il permette la représentation des scénarios observés, dans une perspective d'interprétation par l'enseignant concepteur.

L'approche que nous développons par ce méta-langage intègre ou complète un ensemble de résultats cohérents obtenus par la communauté scientifique :

- Nous pensons, comme les auteurs du projet MUSETTE [Champin P.-A., & al., 2003] , que l'usager – dans notre contexte, l'enseignant – est le mieux à même de définir ce qu'il est important d'observer et en quoi cela est important. C'est dans ce sens que MUSETTE propose le concept de signature de tâche expliquée (SiTEx) [Mille A., & al., 2006]. Notre approche a été d'inciter le concepteur et l'analyste à spécifier un indicateur en décrivant sa nature (facette « Defining »), mais aussi son objectif d'utilisation (facette « Using »).
- Un scénario observé est pour nous un objet de même nature qu'un scénario pédagogique prédictif : ils doivent être comparés pour aider à la réingénierie de la situation pédagogique et ils représentent tous deux une stratégie (bonne ou mauvaise) d'apprentissage particulière. Nous partageons cette approche avec le projet TRAILS [Schoonenboom J., & al., 2007] qui les considère tous deux comme des « parcours ».
- Nous partageons la définition d'un indicateur avec les membres du projet DPULS [DPULS, 2005], qui se sont eux-mêmes appuyé sur la définition proposée par le projet ICALTS [ICALTS, 2004] : un indicateur est une variable signifiante sur le plan pédagogique, calculée ou établie à l'aide de données observées, et témoignant de la qualité de l'interaction, de l'activité et de l'apprentissage dans un EIAH. Cette définition, en la déclinant sur le plan pédagogique (i.e. ce qui est important à observer) et sur le plan technique (i.e. comment il faut observer) nous a permis de préciser le rôle du concepteur et celui de l'analyste et du développeur.
- Nous avons intégré les résultats du projet CAViCoLA [CAViCoLA, 2006] dont nous partageons une partie de la problématique – l'interopérabilité des dispositifs d'apprentissage et des outils d'analyse – mais nous avons considéré qu'il fallait proposer un langage permettant d'assurer cette interopérabilité plutôt que de proposer, comme CAViCoLA, un format d'échange à vocation de standard.
- Nous complétons la démarche initiée par DPULS concernant la capitalisation dans des patrons de conception des techniques d'analyse et de collecte des usages d'un EIAH. UTL offre en effet des possibilités de compléter la section « Solution » de patrons tels que ceux proposés par DPULS en décrivant la solution technique d'analyse de l'utilisation d'un dispositif d'apprentissage.

Pour conclure cette section, nous considérons que notre modélisation du processus de conception et de réingénierie d'un scénario pédagogique est une proposition contribuant à définir un nouveau cadre méthodologique pour l'ingénierie des EIAH, où l'enseignant occuperait une place centrale. Cette approche de l'ingénierie demande à la communauté scientifique de repenser l'instrumentation des activités de conception, de développement et d'analyse en prenant l'enseignant pour cible et en redéfinissant le problème de la réutilisation. Nous développons ces aspects dans la prochaine section.

Questions de recherche et actions à mener

Nous avons modélisé le processus de conception et de réingénierie d'un scénario pédagogique en identifiant les flux de communication entre les processus actifs à l'œuvre dans la conception et la réingénierie d'un scénario pédagogique. Cette modélisation est un outil guidant la recherche dans notre problématique : chaque flux de communication participe à caractériser l'activité d'un processus et précise ainsi la nature de l'instrumentation et du support de cette activité. Cette

analyse nous a conduits à identifier trois questions de recherche auxquelles il nous semble important que la communauté scientifique apporte des réponses :

- Comment instrumenter et supporter l'activité de l'enseignant dans son rôle de concepteur ?
- Quelle est l'approche IDM qui permettrait d'obtenir des modèles réellement productifs ?
- Pourquoi et comment capitaliser et partager les productions ?

Pour chacune de ces questions, nous en analysons les enjeux et la difficulté du problème posé, puis nos présentons les actions de recherche que nous envisageons dans REDiM et/ou que nous proposons à la communauté.

L'instrumentation et le support de l'enseignant dans son rôle de concepteur

Nous avons montré que les concepteurs produisent des objets intermédiaires qui définissent, parfois de manière très informelle et intriquée, leur méta-modèle d'expression pédagogique, le scénario pédagogique, les indicateurs pédagogiques et le scénario de conception. Le processus de conception que nous proposons identifie un processus de formalisation de ces objets intermédiaires et nous pensons que l'instrumentation et le support de l'activité de conception doivent avoir pour objectif de permettre aux enseignants d'assumer eux-mêmes la formalisation de leurs productions. Dans ce cadre, plusieurs problèmes se posent pour l'instrumentation et le support de l'activité de conception.

- Modéliser un EIAH nécessite de considérer le dispositif d'apprentissage selon plusieurs points de vue : point de vue du dispositif [Caron P.-A., 2007a], point de vue du scénario, point de vue des connaissances, etc. T. Nodenot par exemple, dans [Nodenot T., 2005], propose alors de définir plusieurs modèles, un pour chaque point de vue identifié, et d'articuler ces modèles pour produire l'EIAH. Même si, comme dans nos travaux, on se limite au seul scénario pédagogique, nous pouvons identifier plusieurs aspects traités par la modélisation : la scénarisation de l'activité d'apprentissage et la modélisation de l'observation de cette activité. [Pernin J.P., & Lejeune A., 2006] propose par exemple de modéliser le scénario pédagogique sous trois facettes : la prescription, l'observation, la régulation. Deux approches sont alors possibles pour la méta-modélisation :
  - définir plusieurs méta-modèles d'expression pédagogique et modéliser chaque point de vue séparément, puis tisser ou fusionner les modèles obtenus pour construire le scénario pédagogique ;
  - définir un seul méta-modèle capable d'exprimer l'ensemble de ces points de vue. Dans ce cas, il est également possible de travailler chaque point de vue séparément ou de concevoir un modèle unique, intégrant les différents aspects de la scénarisation.

  Produire plusieurs modèles est indéniablement structurant et cela va dans le sens de notre objectif d'aider l'enseignant à acquérir de nouvelles compétences. Mais nous approchons là la notion de méthode d'ingénierie, telle MISA qui préconise la définition de quatre modèles, avec le risque que nous avons identifié de démotiver l'enseignant par un apprentissage de ces pratiques qui peut être long et difficile. Nous avons pour notre part choisi d'explorer l'instrumentation de la modélisation où l'enseignant produit un seul méta-modèle d'expression pédagogique pour définir un scénario pédagogique englobant la scénarisation de l'activité des acteurs de l'apprentissage et l'observation de cette activité, mais nous pensons que les deux approches doivent être étudiées sur le terrain. Un projet de recherche comme CAUSA [CAUSA, 2007] [Pernin J.P., & Emin V., 2006], qui se propose de recueillir et de caractériser les

pratiques des enseignants en matière de scénarisation pédagogique, pourrait nous aider à identifier les avantages et les inconvénients de ces approches. En première analyse et en considérant les résultats de nos expérimentations, nous pensons que l'établissement d'un méta-modèle métier unique est plus adapté à l'approche constructive de la scénarisation : la nature fortement exploratoire et itérative, à base d'essais/erreurs, de la modélisation dans cette approche ne permet pas aux enseignants d'identifier, *a priori*, des points de vue sur l'artefact qu'ils modélisent. Par contre, il nous semble raisonnable de penser qu'une modélisation par point de vue serait profitable dans une approche interprétative de la scénarisation : dans ce cas, le méta-modèle d'expression pédagogique est bien identifié et suffisamment stable pour permettre à des chercheurs de définir, *a posteriori*, des points de vue différents sur l'artefact à produire et introduire, dans l'approche de conception avec ce méta-modèle métier, des éléments de méthode visant à supporter l'activité de modélisation.

- La méta-modélisation est une pratique difficile [Karagiannis D., & Höfferer P., 2006]. Dans notre contexte, nous pensons que le risque principal est que les enseignants produisent un méta-modèle trop spécifique ou trop général pour exprimer leur univers métier. Si, par exemple, l'univers métier n'est caractérisé que par deux types d'activités d'apprentissage, doit-on définir un concept d'activité générique dans le méta-modèle métier, ou est-il préférable de ne permettre de créer que les deux seuls types d'activités identifiés ? Nous pensons encore ici que la communauté scientifique a un rôle à jouer pour aider les enseignants à résoudre ce problème, afin notamment d'aider à la réutilisation par l'approche interprétative de la conception d'un méta-modèle métier produit selon l'approche constructive. C'est en négociant avec une communauté de pratiques et en analysant un méta-modèle métier que des chercheurs peuvent aider à le stabiliser dans une forme réutilisable. Plus généralement, nous pensons que cette méthodologie de recherche trouverait tout son intérêt pour guider le processus d'établissement d'un standard de langage de modélisation pédagogique. Nous l'avons dit, nous ne pensons pas que les propositions actuelles de langages de modélisation pédagogique telles que IMS-LD aient vocation à standard, mais nous sommes tout à fait conscients des intérêts qu'il y aurait à disposer d'un tel standard, à condition qu'il émerge de pratiques du terrain. Nous considérons que notre approche va dans ce sens en incitant à l'émergence de méta-modèles métiers spécifiques et au partage de ces méta-modèles au sein d'une communauté de pratiques. L'intervention des chercheurs pourrait alors consister à analyser ces méta-modèles de manière à identifier des rapprochements possibles entre ces méta-modèles afin d'élargir leurs spectres d'application. Nous avons pour notre part engagé une réflexion dans ce sens [El-Kechaï H., & Choquet C., 2007] où nous cherchons à établir des critères de mesure de la proximité de deux méta-modèles métier.
- L'activité de conception d'un scénario pédagogique repose sur la faculté du concepteur à se projeter dans la situation pédagogique qu'il veut mettre en place. Nous avons constaté sur le terrain (cf. sections 1.2. et 1.3. de la 2nde partie de ce document) que cela lui était difficile sur le plan de la modélisation de l'observation. L'identification des indicateurs ne se fait pas naturellement et, dans nos expérimentations, nous avons du proposer aux concepteurs un ensemble d'indicateurs potentiellement intéressant. Nous pensons qu'il est possible de développer une aide proactive pour l'identification de ces indicateurs en analysant automatiquement le schéma du méta-modèle métier en cours de définition par le concepteur. Plus exactement, nous explorons la possibilité d'appliquer des recommandations et des filtres sur un schéma XML représentant le méta-modèle métier, de manière à identifier dans ce méta-modèle les concepts traçables (au sens d'UTL) et suggérer aux concepteurs des observables potentiels [Barré V., & al., 2007b] [Barré V., & Choquet C., 2005a] [Barré V., & al., 2004] [Iksal

S., & al., 2004]. Ces recommandations font une analyse syntaxique de la structure du schéma XML pour identifier un ensemble d'éléments susceptibles d'être des concepts traçables. Pour chacun de ces éléments, elles identifient la nature d'un ou de plusieurs observables potentiels. Pour chacun de ces observables, elles proposent une modification du méta-modèle permettant de représenter les observés. Les filtres affinent la sélection en ne retenant que les éléments du méta-modèle qui ont des instances dans le scénario pédagogique en cours de définition. Cette sélection de concepts traçables et d'observables peut alors être proposée aux concepteurs afin qu'ils évaluent leur pertinence (pour plus de détails et des exemples d'utilisation, voir particulièrement [Barré V., & al., 2007b] [Barré V., & Choquet C., 2005a]). Ces travaux sont encore exploratoires et n'ont pas fait l'objet d'une opérationnalisation. En particulier, nous n'avons pas encore défini les modalités de l'interaction avec les concepteurs.

- L'aide proactive pour la modélisation de l'observation peut également intervenir au moment de la réingénierie d'un scénario pédagogique. Dans le cadre des travaux de thèse de N. Randriamalaka, nous étudions la possibilité de proposer aux concepteurs des indicateurs potentiels construits sur la base d'une analyse des observés collectés [Randriamalaka N., & al., 2007]. Il s'agit ici (1) de sélectionner un ensemble de données en croisant de manière semi-automatique en interaction avec l'analyste, les données primaires et intermédiaires déjà décrites avec UTL, par l'analyse des similitudes et des différences de leurs représentations UTL, (2) d'appliquer sur ces données un ensemble de méthodes d'analyse existantes de manière à générer des données intermédiaires et (3) de proposer au concepteur celles qui ont potentiellement du sens d'un point de vue pédagogique. Ces travaux sont en cours d'évaluation, c'est pourquoi nous ne les présentons pas comme des résultats mais comme des perspectives de recherche.

Vers des modèles réellement productifs

Obtenir des modèles productifs est un des objectifs de l'Ingénierie Dirigée par les Modèles. Dans notre contexte, un scénario pédagogique n'est généralement pas considéré comme un modèle productif puisqu'il est considéré comme devant être déployé par une plate-forme existante. Plus haut dans ce chapitre, nous avons rappelé les propositions existantes de transformation d'un scénario pédagogique métier en un scénario déployable par une plate-forme spécifique, la plus satisfaisante de notre point de vue étant celle proposée par le projet Bricoles [Caron P.-A., 2006].

Sans nier l'intérêt des travaux sur les plates-formes, nous constatons que l'essentiel des plates-formes existantes réifient une approche pédagogique particulière, en intégrant dans l'outil un ensemble de conceptions spécifiques (la métaphore de l'activité d'apprentissage, la structure d'un groupe d'apprenants, les modalités d'utilisation d'un service, etc.) qui ne sont que partiellement adaptables par le paramétrage. Déployer un scénario pédagogique exprimé dans un méta-modèle d'expression spécifique devient alors une succession de choix contraints par les possibilités techniques de la plate-forme. Nous proposons d'adopter une approche différente, basée sur l'évolution de la plate-forme tendue par les exigences des scénarios pédagogiques à déployer, plutôt que de contraindre les scénarios pédagogiques aux possibilités offertes par les plates-formes. Certaines communautés de pratiques et de développement autour de plates-formes spécifiques (comme par exemple autour de la plate-forme Moodle avec les conférences MoodleMoot[51] réunissant usagers et développeurs) se sont déjà structurées de manière à relayer auprès des développeurs les besoins exprimés par les usagers. Ce processus de mises à jour

[51] Le portail des conférences MoodleMoot est accessible à : http://moodlemoot.org/.

régulières des possibilités offertes par une plate-forme témoigne de la volonté de prendre en compte les besoins des usagers.

Nous pensons qu'il faut aller plus loin, et rechercher des solutions techniques permettant aux scénarios pédagogiques d'être productifs, c'est à dire rechercher des solutions techniques permettant de produire une spécification de plate-forme adaptée au déploiement du scénario pédagogique. Nous avons initié une collaboration avec l'équipe MODAL du LINA en ce sens. Cette équipe s'est spécialisée dans les Architectures Logicielles Ouvertes et propose des techniques à base de modélisation d'une architecture logicielle par des composants d'architecture. Les propositions de cette équipe portent notamment sur l'évolution des applications logicielles dirigée par l'évolution de son modèle d'architecture. Le principe de la collaboration est d'explorer les possibilités de transformer un scénario pédagogique exprimé dans un méta-modèle d'expression donné en un modèle d'architecture logicielle. Ce modèle peut alors être utilisé comme spécification pour choisir une plate-forme existante ou pour l'adapter. Mais il peut également être utilisé dans le cas où le méta-modèle d'expression pédagogique et/ou le scénario pédagogique évoluent, de manière à faire évoluer la configuration de la plate-forme cible, en déterminant les composants à ajouter dans le dispositif, ou en reconfigurant l'articulation existante entre les composants d'architecture. Plus généralement, nous pensons que les recherches actuelles menées dans le champ de la modélisation spécifique à un domaine (Domain Specific Modelling – DSM) [Cook S., 2006] et, plus largement, dans le champ de l'IDM, pourraient aider la communauté EIAH dans la recherche de ces solutions. C'est pourquoi nous avons proposé aux équipes de la communauté EIAH française impliquées dans l'approche IDM de la scénarisation pédagogique de se structurer en un groupe de discussion et d'échanges autour de ces questions. A l'initiative de X. Le Pallec, ce groupe est en contact avec la communauté IDM française, dans l'objectif de mener des actions de recherche communes sur l'application de l'approche IDM dans le contexte de la scénarisation pédagogique.

Les enjeux de la capitalisation et du partage des productions

Capitaliser des résultats pour les partager avec d'autres permet à ces résultats d'évoluer et de se stabiliser par l'usage. Cela permet également de fédérer des communautés de pratiques reconnaissant la pertinence de ces résultats. Comme nous l'avons déjà dit, nous pensons que la capitalisation des productions du processus de conception et de réingénierie d'un scénario pédagogique, et notamment les méta-modèles métier, permettra, avec la contribution de la communauté scientifique, l'élaboration de langages de modélisation pédagogiques bien adaptés pour un contexte d'utilisation donné et le développement de moyens techniques et méthodologiques dédiés à l'utilisation de ces langages. D'autre part, capitaliser des solutions à des problèmes spécifiques connus, telles par exemple qu'une méthode d'analyse de l'observation, un scénario de conception ou un scénario pédagogique, permet d'optimiser la productivité de futurs développements par la réutilisation de ces solutions. L'enjeu de la capitalisation est donc double :

- permettre l'émergence et la cristallisation de communautés de pratiques autour de méta-modèles métier ;
- rationaliser le développement d'un EIAH en permettant la réutilisation d'artefacts.

Les problèmes posés sont également de deux natures :

- La capitalisation d'artefacts nécessite de les documenter et de les indexer de manière à faciliter leur réutilisation. Notamment, un méta-modèle métier doit être capitalisé sous une forme suffisamment expressive et accompagné d'informations suffisamment pertinentes sur son

contexte d'utilisation pour permettre à des concepteurs de juger de sa pertinence dans leur propre contexte d'usage. Nous n'avons pas spécifiquement étudié ces questions mais nous pouvons dégager quelques pistes de réflexion.

1. Nous pensons que le paradigme des langages graphiques de modélisation pédagogique (VIDL) qui stipule qu'un EML doit exister sous deux représentations, l'une computationnelle à des fins d'opérationnalisation par la machine, et l'autre graphique à des fins de communication entre les acteurs humains de la conception, est pertinent dans ce contexte. Nous considérons donc que la capitalisation d'un méta-modèle métier doit inclure celle de sa représentation graphique. Cela pose néanmoins le problème du choix de la notation graphique qui doit être comprise et partagée.
2. Nous considérons que le scénario de conception utilisé par les concepteurs pour définir un méta-modèle est une source de documentation pertinente qui permet aux concepteurs de cerner l'impact du choix du méta-modèle métier sur l'organisation de l'activité de conception. La difficulté ici réside dans la possibilité de capter le scénario de conception pendant l'activité et de déterminer quels en sont les éléments remarquables. Nos travaux nous ont conduit à identifier quelques processus transactionnels dans un groupe de conception et nous avons décidé de monter une expérimentation avec ECoS où nous traçons l'activité de conception à des fins d'analyse plus approfondie (cf. section 1.6.2 de la 2nde partie de ce document). Mais le problème demeure entier et nous ne pouvons pas encore faire de propositions sur la forme que devrait avoir un scénario de conception destiné à documenter un méta-modèle métier.
3. Nous pensons enfin que le méta-modèle métier ne suffit pas pour caractériser le contexte d'utilisation des scénarios pédagogiques qu'il permet de définir. Une solution est certainement de documenter le méta-modèle métier avec des exemples de scénarios. Il serait également souhaitable de réfléchir à une structure de méta-données permettant l'indexation du méta-modèle métier en caractérisant le type de situation pédagogique qu'il permet de scénariser.

- La recherche d'un artefact existant susceptible d'être une solution à un problème de conception est en soi une activité difficile qu'il faut instrumenter. Nos activités de recherche, et notamment notre participation au projet DPULS, ont consisté à étudier le potentiel des langages de patrons de conception pour capitaliser des savoir-faire de conception d'EIAH. Un langage de patrons permet, s'il est conçu dans ce sens, une recherche de solutions à un problème à l'aide de fonctionnalités de recherche multi-critères portant sur la nature du problème lui-même, mais aussi sur le spectre d'application de la solution. Nous considérons qu'il est souhaitable d'étudier les possibilités d'aide proactive à cette activité de recherche d'un patron adéquat. Dans le contexte de la modélisation de l'observation de l'utilisation d'un EIAH, nous avons par exemple proposé des moyens pour décrire les indicateurs et les méthodes d'analyse sous une forme capitalisable. Nous avons également initié des travaux autour de l'aide à l'identification d'indicateurs pendant la conception d'un scénario pédagogique. Nous avons l'intention d'étudier la possibilité de coupler cette aide à une recherche automatique ou semi-automatique d'indicateurs existants, basée sur l'analyse des descriptions UTL des indicateurs. Cela nécessitera une évolution du langage UTL, et notamment de sa partie « patron », dont de nombreux éléments sont encore insuffisamment formalisés pour permettre une analyse automatique. Nous pensons que cette approche par les langages de patrons mérite d'être développée et qu'il est souhaitable d'étudier sa pertinence pour la capitalisation et la recherche de méta-modèles métier et de scénarios pédagogiques.

Pour conclure cette section, le partage des productions et des résultats ne sera effectif qu'à la condition que la communauté scientifique s'engage dans une politique de capitalisation. Cette politique peut être développée suivant deux types d'actions de recherche : le recueil et la valorisation des pratiques du terrain, comme par exemple le projet CAUSA dont l'objectif est de recueillir et caractériser les pratiques de scénarisation pédagogique, et la capitalisation des résultats de recherche, comme par exemple le projet DPULS qui a proposé un langage de patrons de conception capitalisant le savoir-faire d'équipes de recherche en matière d'analyse et de collecte des usages d'un EIAH. C'est en ce sens que nous nous sommes impliqués dans la structuration de la communauté de recherche « Educational Data Mining » qui cherche les moyens de capitaliser et de diffuser son expertise.

REFERENCES

- [Adam J.M., & al., 2005]
  Adam J.M., Bessagnet M.N., Bouzeghoub A., Caron P.A., Carron T., Choquet C., David B., Derycke A., George S., Iksal S., Labat J.M., Laforcade P., Le Pallec X., Lecocq C., Luengo V., Nodenot T., Oubahssi L., Peter Y., Rebaï I., Rosselle M., Vantroys T. (2005). Contributions de l'Action Spécifique « Conception d'une Plate-forme pour la recherche en EIAH » à l'ingénierie des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, Rubrique de la revue STICEF, Vol 12.
- [ADL-SCORM, 2004]
  ADL-SCORM (2004). Advanced Distributed Learning – Sharable Content Object Reference Model specification, accessible à: http://www.adlnet.gov/scorm/index.cfm, consulté le 01/09/07.
- [Aist G., 2001]
  Aist G. (2001). Helping Children Learn Vocabulary during Computer-Assisted Oral Reading. Ph.D. dissertation, Language Technologies Institute, School of Computer Science, Carnegie Mellon University.
- [Aleven V., & Koedinger K., 2001]
  Aleven V., Koedinger K. (2001). Investigation into Help Seeking and Learning with a Cognitive Tutor, In: AIED 2001 Workshop on help provision and help seeking in Interactive learning Environments, Luckin R. (Ed.), San Antonio (USA), p. 47-58.
- [Alexander C., & al., 1977]
  Alexander C., Ishikawa S., Silverstein M., Jacobson M., Fiksdahl-King I., Angel S. (1977). A Pattern Language, New York: Oxford University Press.
- [Anderson J., & al., 1995]
  Anderson J., Corbett A., Koedinger K., Pelletier R. (1995). Cognitive Tutors: Lessons Learned, In: Journal of the Learning Science, Vol. 4 (2), p. 167-207.
- [Avgeriou P., & al., 2003]
  Avgeriou P., Papasalouros A., Retails S., Skordalakis M. (2003). Toward a Pattern Language for Learning Management Systems, In: International Journal on Educational Technology & Society, Vol. 6 (2), p. 11-24.
- [Baker R., & al., 2007]
  Baker R., Beck J., Berendt B., Kröner A., Menasalvas E., Weibelzahl S. (2007). Proceedings of the Workshop on Data Mining for User Modeling, at the 11th International Conference on User Modeling (UM 2007), Corfu (Greece), accessible à : http://www.educationaldatamining.org, consulté le 01/09/07.
- [Barbot M.-J., & Camatarri G., 1999]
  Barbot M.-J., Camatarri G. (1999). Autonomie et Apprentissage, l'innovation dans la formation, In: PUF, Pédagogie scientifique et théorique, Paris.
- [Barré V., & al., 2007a]
  Barré V., Choquet C., El Kechaï H. (2007). From Data Analysis to Design Patterns in a Collaborative and Reengineering Context, In: Journal of Interactive Learning Research (JILR), Special Issue Usage Analysis in Learning Systems: Existing Approaches and Scientific Issues, Vol. 18 n°2, p. 285-308, ISBN 1093-023X.
- [Barré V., & al., 2007b]
  Barré V., Choquet C., Iksal S. (2007). Observation Scenario Development Using Recommendations, In: Proceedings of the 7th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'2007), Niigata (Japan).

- [Barré V., & al., 2005]
  Barré V., El Kechaï H., Choquet C. (2005). Re-engineering of Collaborative E-learning Systems: Evaluation of System, Collaboration and Acquired Knowledge Qualities., In: Proceedings of the workshop "Usage Analysis in Learning Systems", AIED'05, Amsterdam (Netherlands), p. 9-16.
- [Barré V., & Choquet C., 2005a]
  Barré V., Choquet C. (2005). Language Independent Rules for Suggesting and Formalizing Observed Uses in a Pedagogical Reengineering Context, In: Proceedings of the 5th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'2005), Taïwan, p. 550-554.
- [Barré V., & Choquet C., 2005b]
  Barré V., Choquet C. (2005). Une aide à la réingénierie d'un scénario pédagogique via la préconisation et la formalisation d'observables, In: EIAH 2005, 25-27 mai 2005, Montpellier (France), p. 141-152.
- [Barré V., & al., 2003]
  Barré V., Choquet C., Corbière A., Cottier P., Dubourg X., Gounon P. (2003). MOCA, une approche expérimentale de l'ingénierie des EIAH, In: EIAH 2003, 15-17 avril 2003, Strasbourg (France), p. 55-66.
- [Barré V., & al., 2004]
  Barré V., Choquet C., Iksal S., Corbière A. (2004). Usage analysis in an e-learning system: LD representation significance, In: IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'2004), 30 août - 1er septembre 2004, Joensuu (Finlande), p. 570-574.
- [Baulac Y., 1990]
  Baulac Y. (1990). Un micro-monde de géométrie – Cabri-géomètre, Thèse de l'université Joseph Fourier (Grenoble 1).
- [Bazsaliscza M., & Naim P., 2001]
  Bazsaliscza M., Naim P. (2001). Data Mining pour le Web, Paris, Eyrolles Eds.
- [Beck J., 2005]
  Beck J. (2005). Proceedings of the Workshop on Educational Data Mining at the 20th National Conference on Artificial Intelligence (AAAI 2005). Pittsburgh (USA), accessible à : http://www. educationaldatamining .org, consulté le 01/09/07.
- [Beck J., 2004]
  Beck J. (2004). Proceedings of the Workshop on Analyzing Student-Tutor Interaction Logs to Improve Educational Outcomes at the 7th International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS 2004). Maceio (Brazil), accessible à : http://www.educationaldatamining.org, consulté le 01/09/07.
- [Betbeder M.L., 2003]
  Betbeder M.L. (2003). SYMBA: un environnement malléable support d'activités collectives en contexte d'apprentissage, Thèse de l'Université du Maine, 2003.
- [Bézivin J., & al., 2005]
  Bézivin J., Blay-Fornarino M., Bouzeghoub M., Estublier J., Favre J. M. (2005). Rapport de Synthèse IDM. In: Synthèse de l'AS CNRS sur l'Ingénierie Dirigée par les Modèles (décembre 2005).
- [Bhanot V., & al., 2005]
  Bhanot V., Paniscotti D., Roman A., Trask B. (2005). Using Domain-Specific Modeling to Develop Software Defined Radio Components and Applications, In: the 5th OOPSLA Workshop on Domain-Specific Modeling (DSM'05), San Diego, California, USA, accessible à : http://www.dsmforum.org/events/DSM05/ Papers.html, consulté le 01/09/07.
- [Botturi L., 2004]
  Botturi L. (2004); E2ML : a visual instructional design language, In: Proceedings of AECT 2004 Convention, Chicago, Illinois, USA, vol. 2, p. 70-79.
- [Botturi L., & Stubbs T.,2007]
  Botturi L., Stubbs T. (Eds) (2007). Handbook of Visual Languages in Instructional Design: Theories and Practices, Hershey, PA (USA): Idea Group, ISBN : 978-159904729-4.
- [Brocke J.V., 2001]
  Brocke J.V. (2001). Freestyle Learning, Concepts, Platforms, and Applications for Individual Learning Scenarios, In: 46th International Scientific Colloquium, Ilmenau Technical University, Ilmenau, Allemagne, 2001.

- [Brown E., 2005]
  Brown E., Cristea A., Stewart C., Brailsford T. (2005). Patterns in authoring of adaptive educational hypermedia: A taxonomy of learning styles, In: Internation Journal on Educational Technology & Society, Vol. 8 (3), p. 77-90.
- [CABRILOG, 2007]
  Site du projet CABRILOG, accessible à http://www.cabri.com/v2/pages/fr/index.php, consulté le 01/09/07.
- [Caeiro Rodriguez M., & al., 2004]
  Caeiro Rodríguez M., Anido Rifón L., Llamas Nistal M. (2004).Towards IMS-LD Extensions to Actually Support Heterogeneous Learning Designs. A Pattern-based Approach, In: Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'04), Aug. 31 – Sept. 1, Joensuu (Finland), p. 565 – 569, ISBN: 0-7695-2181-9.
- [Caelen J., 2004]
  Caelen J. (2004). Le consommateur au coeur de l'innovation, CNRS éditions, Paris.
- [Caron P.-A., 2007a]
  Caron P.-A. (2007). Ingénierie dirigée par les modèles pour la construction de dispositifs pédagogiques sur des plateformes de formation, Thèse de l'Université des sciences et technologies de Lille.
- [Caron P.-A., 2007b]
  Caron P.-A. (2007). Bricoles: une approche dispositive des applications Web 2.0 utilisables pour enseigner, In: Actes de la conférence EIAH 2007, 27-29 Juin 2007, Lausanne (Suisse), p. 137-142.
- [Caron P.-A., 2006]
  Caron P.-A. (2006). Implantation de scénarios pédagogiques selon une approche orientée modèle, In: Actes des Premières Rencontres Jeunes Chercheurs en EIAH, INT, Evry.
- [Caron P.-A., & al., 2005]
  Caron P.-A., Derycke A., Le Pallec A. (2005). Bricolage and Model Driven Approach to design distant course, In: Proceedings of E learn 2005, world conference on E-learning in corporate Government, Healthcare & higther education, Vancouver, Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), p. 2856- 2864.
- [CAUSA, 2007]
  Site du projet CAUSA, accessible à : http://praxis.inrp.fr/praxis/projets/causa/, consulté le 01/09/07.
- [CAViCoLA, 2006]
  CAViCoLA (2006). Computer-based Analysis and Visualization of Collaborative Learning Activities, Action du réseau d'Excellence Européen Kaleidoscope, accessible à : http://www.noe-kaleidoscope.org, consulté le 01/09/07.
- [Champin P.-A., & al., 2003]
  Champin P.-A., Prié Y., Mille A. (2003). MUSETTE: Modeling USEs and Tasks for Tracing Experience, In: Proceedings of the workshop From Structured Cases to Unstructured Problem Solving Episodes For Experience-Based Assistance, ICCBR'03, Trondheim (Norway), p. 279-286.
- [Chikofsky E.J., & Cross J.H., 1990]
  Chikofsky E. J., Cross J.H. (1990). Reverse Engineering and Design Recovery: A Taxonomy, E.J. Chikofsky, J.H. Cross (Software IEEE, 1990).
- [Choquet C., & al., 2008a]
  Choquet C., Delozanne E., Luengo V. (2008). Analyse des traces d'utilisation dans les EIAH (numéro spécial de la revue Sciences et Techniques de l'Information et de la Communication pour l'Education et la Formation), Edité par INRP, à paraître, 2008, ISSN : 1764-7223.
- [Choquet C., & al., 2008b]
  Choquet C., Iksal S., Levene M., Schoonenboom J. (2008). Users' data : trails analysis, In: Technology-Enhanced Learning – Principles and Products, Edité par Nicolas Balacheff, Sten Ludvigsen, Ton de Jong, Ard Lazonder, Sally Barnes, Lydia Montandon, chez Springer Verlag, à paraître, 2008.
- [Choquet C., & al., 2007]
  Choquet C., Luengo V., Yacef K. (2007). Usage Analysis of Learning Systems: Existing Approaches and Scientific Issues (Journal of Interactive Learning Research special issue - Vol 18, n° 2), Édité par AACE Publications (174 pages), ISBN 1093-023X.

- [Choquet C., & Iksal S., 2007]
  Choquet C., Iksal S. (2007). Modeling Tracks for the Model Driven Reengineering of a TEL System, In: Journal of Interactive earning Research (JILR), Special Issue Usage Analysis in Learning Systems: Existing Approaches and Scientific Issues, Vol. 18 n°2, p. 161-184, ISBN 1093-023X.
- [Choquet C., & Corbière A., 2006]
  Choquet C., Corbière A. (2006). Reengineering Framework for Systems in Education, In: Journal of Educational Technology and Society, Vol. 9 n°4, p. 228-241.
- [Choquet C., & Iksal S., 2006]
  Choquet C., Iksal S. (2006). Usage Tracking Language: a Meta - Language for Modelling Tracks in TEL Systems, In: International Conference on Software and Data Technologies (ICSOFT), 11-14 Septembre 2006, Setubal (Portugal), p. 133-138, Édité par INSTICC, ICSOFT 06 n°2, Filipe J., Shishkov B., Helfert M. (ed.), ISBN 978-972-8865-69-6.
- [Choquet C., & al., 2005a]
  Choquet C., Luengo V., Yacef K. (2005). Proceedings of Workshop Usage Analysis of Learning Systems at the 12th International Conference on Artificial Intelligence and Education (AIED'05), Amsterdam (Netherlands), Edité par IOS Press (118 pages), accessible à http://www. educationaldatamining.org, consulté le 01/09/07.
- [Choquet C., & al., 2005b]
  Choquet C., Adam J.M., Barré V., Cardoso C., Celorrio C., Cottier P., David J.P., Delozanne E., Diagne F., El Kechaï H., Hotte R., Iksal S., Labat J.M., Le Calvez F., Lejeune A., Luengo V., Manca S., Merceron A., Pernin J.P., Persico D., Pozzi F., Randriamalaka N., Russel B., Sarti L., Stefanov K., Stefanova E., Verdejo M.F. (2005). DPULS Project – Design Patterns for recording and analysing Usage of Learning Systems, Action du Réseau d'Excellence Européen Kaleidoscope, site accessible à : http://www.noe-kaleidoscope .org, consulté le 01/09/07.
- [Choquet C., & al., 1998]
  Choquet C., Danna F., Tchounikine P., Trichet F. (1998). Modelling Knowledge-Based Components of a Learning Environment within the Task/Method Paradigm, In: Proceedings of the International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS'98) San Antonio (USA), Springer-Verlag, Lecture Notes in Computer Science (Intelligent Tutoring Systems) n°1452, p. 56-65.
- [Choquet C., & al., 1997a]
  Choquet C., Tchounikine P., Trichet F. (1997). Training Strategies and Knowledge Acquisition: using the same reflective tools for different purposes, In: Proceedings of EPIA'97, Springer Verlag, Lectures Notes in Artificial Intelligence n°1323, p. 119-129.
- [Choquet C., & al., 1997b]
  Choquet C., Tchounikine P., Trichet F. (1997). Reflective Tools to Analyse Student's Actions and Support Knowledge Acquisition, In: AI-Ed'97, 1997, p. 662-664, Édité par IOS Press, Frontiers in Artificial Intelligence and Applications (Artificial Intelligence in Education), Frontiers in Artificial Intelligence and Applications n°39.
- [Choquet C., & al., 1997c]
  Choquet C., Tchounikine P., Trichet F. (1997). La modélisation de la méthode de résolution de problème dans le système Emma, In: EIAO'97, 1997, Cachan (France), p. 263-275, Édité par Hermes, Environnements Interactifs d'Apprentissage avec Ordinateurs.
- [Choquet C., & al., 1995]
  Choquet C., Tchounikine P., Trichet F. (1995). Exploitations pédagogiques d'un modèle de raisonnement : une expérience en milieu industriel, In: EIAO'95, 1995, Cachan (France), p. 101-112, Édité par Eyrolles, Environnements Interactifs d'Apprentissage avec Ordinateurs - Tome 2.
- [Choquet C., 1993]
  Choquet C. (1993). Représentation et Manipulation des Connaissances dans un Atelier de Génie Didacticiel: Application au projet D.I.G.I.T.E.F., Thèse de l'Université Paul Sabatier (Toulouse 3), 1993.
- [Choquet C., & al., 1992]
  Choquet C., Mengelle T., Gouardères G., Malsallez B. (1992). L'assistance à l'usager dans DIGITEF : un mécanisme réutilisable, In: Intelligent Tutoring Systems, 1992, Montréal (Canada).
- [Choquet C., & al., 1991a]
  Choquet C., Péninou A., Gouardères G., Malsallez B. (1991). Un système de formation multi-tuteurs : représentation et manipulation des connaissances, In: Convention IA, 1991, Paris (France).

- [Choquet C., & al., 1991b]
  Choquet C., Péninou A., Gouardères G., Malsallez B. (1991). Méthodologie de conception, test et réalisation d'un logiciel éducatif dans une approche génie logiciel, In: Convention GL, 1991, Paris (France).
- [Choquet C., 1991c]
  Choquet C. (1991). Artificial Intelligence in Aeronautical and Spatial Technologies Training: DIGITEF pilot project, In: EXPERSYS'91, 1991, Paris (France).
- [Choquet C., & al., 1990]
  Choquet C., Gouardères G., Malsallez B. (1990). Le génie didacticiel au service de l'entreprise, In: 3èmes Journées Internationales du Génie Logiciel et de ses Applications, 1990, Toulouse (France).
- [Cook S., 2006]
  Cook S. (2006). Domain Specific Modelling, In: The Architecture Journal, Vol. 9 (Software Factories), revue en ligne accessible à : http://msdn2.microsoft.com/en-us/arcjournal/, consulté le 01/09/07.
- [Corbière A., 2006]
  Corbière A. (2006). Analyses des apports du méta-standard ODP-RM à la communauté EIAH : Instances sur un système de formation, thèse de doctorat en Informatique de l'Université du Maine (186 pages).
- [Corbière A., & Choquet C., 2005]
  Corbière A., Choquet C. (2005). ODP-RM : Un cadre de réingénierie des systèmes de formation, In: Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Education et la Formation (STICEF), Vol. 12, ISSN : 1764-7223.
- [Corbière A., & Choquet C., 2004a]
  Corbière A., Choquet C. (2004). Designer integration in training cycles : IEEE LTSA model adaptation, In: CALIE'04, 16-18 Février 2004, Grenoble (France), p. 51-62.
- [Corbière A., & Choquet C., 2004b]
  Corbiere A., Choquet C. (2004). A model driven analysis approach for the re-engineering of e-learning systems, In: ICICTE'04, 1-3 juillet 2004, Samos (Grèce), p. 242-247.
- [Corbière A., & Choquet C., 2004c]
  Corbière A., Choquet C. (2004). Re-engineering method for multimedia system in education, In: IEEE Sixth International Symposium on Multimedia Software Engineering (MSE), 13-15 décembre 2004, Miami (USA), p. 80-87.
- [Cottier P., 2007]
  Cottier P. (2007). Le sujet et le collectif en conception - LEA : genèse participative d'un EIAH, In : EIAH 2007, 27-29 juin 2007, Lausanne (Suisse), p.299-310.
- [Cottier P., 2006]
  Cottier P. (2006). Inscrire l'ingénierie dans les genèses: de la conception participative des environnements numériques de travail. In: Colloque IUR 2006.
- [Cottier P., & Schmidt C., 2004]
  Cottier P., Schmidt C. (2004). Le dialogue en contexte: pour une approche dialogique des environnements d'apprentissage collectif, In: Colloque ARCo 2004, 8-10 Décembre 2004, Compiègne (France).
- [Dalziel J.R., 2005]
  Dalziel J.R. (2005). From Re-Usable E-Learning Content to Re-Usable Learning Designs: Lessons from LAMS, In: Proceedings of the EDUCAUSE Australasia Conference, 2005, Auckland, New Zealand.
- [Dalziel J.R., 2003]
  Dalziel, J. R. (2003). Implementing Learning Design: The Learning Activity Management System (LAMS). In: Proceedings of the 20th Annual Conference of the Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education, Adelaide (Australia), Crisp G., Thiele D., Scholten I., Barker S., Baron J. (Eds), Interact, Integrate, Impact.
- [Delozanne E., 2005]
  Delozanne E. (2005). D32.6.1 : the structured set of design patterns, In: Kaleidoscope Deliverables, accès (restreint) à : http://www.noe-kaleidoscope.org, consulté le 01/09/07.
- [Dessus P., 2002]
  Dessus P. (2002). Description et prescription dans les méthodes de recherche en éducation, In: Les Sciences de l'Education, des recherches, une discipline, L'Harmattan (Paris).

- [Dimitrakopoulou A., 2004]
  Dimitrakopoulou A., et contributeurs (2004). D26.1.1.: State of the art on Interaction and Collaboration Analysis, In: Kaleidoscope Deliverables, accès (restreint) à : http://www.noe-kaleidoscope.org, consulté le 01/09/07.
- [DPULS, 2005]
  DPULS (2005). DPULS Design Patterns Browser, Action du réseau d'Excellence Européen Kaleidoscope, accessible à : http://www.noe-kaleidoscope.org, browser accessible à: http:// lucke.univ-lemans.fr:8080/ dpuls/login.faces, consultés le 01/09/07.
- [Egyed-Zsigmond E., & al., 2003]
  Egyed-Zsigmond E., Mille A., Prié Y. (2003). Club (Trèfle): a use trace model, In: Proceedings of the 5th International Conference on Case-Based Reasoning, Trondheim, Norvège, p. 146-160.
- [EIfEL, 2001]
  Site de la communauté EIfEL (European Institute for E-Learning), accessible à : http://www.eife-l.org/, consulté le 01/09/07.
- [E-LEN, 2007]
  Site du projet E-LEN : A Network of e-learning centres, accessible à : http://www2.tisip.no/E-LEN, consulté le 01/09/07.
- [El Kechaï H., 2007]
  El Kechaï H. (2007). Approche dirigée par les modèles pour accompagner la production de modèles d'expression de scénarios pédagogiques, In: Actes de la conférence EIAH 2007, 27-29 Juin 2007, Lausanne (Suisse), p. 515-526.
- [El Kechaï H., & Choquet C., 2007]
  El Kechaï H., Choquet C. (2007). Reusing Pedagogical Scenarios at a Knowledge Level: a Model Driven Approach, In: Proceedings of the 7th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'2007), Niigata (Japan), p. 670-674.
- [El Kechaï H., & Choquet C., 2006a]
  El Kechaï H., Choquet C. (2006). Understanding the Collective Design Process by Analyzing Intermediary Objects, In: Proceedings of the 6th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'2006), Kerkrade (Netherlands), p. 1047-1051.
- [El Kechaï H., & Choquet C., 2006b]
  El Kechaï H., Choquet C. (2006). Analyse d'une activité de conception collective par les objets intermédiaires, In: Actes du colloque "Scénariser l'enseignement et l'apprentissage : une nouvelle compétence pour le praticien ?" organisé par l'INRP et l'ERTé e-Praxis Colloque organisé dans le cadre de 8ème Biennale de l'Education, 14 avril 2006, Lyon (France), p. 25-30.
- [El Kechaï H., & Choquet C., 2005]
  El Kechaï H., Choquet C. (2005). Approche pragmatique de conception d'un EIAH : Réingénierie pédagogique dirigée par les modèles, In: EIAH 2005, 25-27 mai 2005, Montpellier (France), p. 189-200.
- [Faure D., & Lejeune A., 2005]
  Faure D., Lejeune A. (2005). Genscen', un éditeur graphique pour l'enseignant scénariste, In: EAIH'05, 25-27 mai 2005, Montpellier (France), Tchounikine P., Joab M., Trouche L. (Eds), INRP, p. 431-436, ISBN 2-7342-0999-3.
- [Favre J.-M., & Musset J., 2006]
  Favre J.-M., Musset J. (2006). Rétro-ingénierie dirigée par les métamodèles – Concepts, Méthodes et Outils, In: Actes du colloque IDM'06 – 2ndes journées « Ingénierie Dirigée par les Modèles », Lille (France), p. 51-66.
- [Favre J.-M., & al., 2006]
  Favre J.-M., Estublier J., Blay-Fornarino M. (2006). L'ingénierie dirigée par les modèles – Au delà du MDA, Traité IC2, série Informatique et Systèmes d'Information, Hermès, Lavoisier, Paris.
- [Ferraris C., & al., 2007]
  Ferraris C., Martel C. , Vignollet L. (2007). LDL for Collaborative Activities, In: Handbook of Visual Languages in Instructional Design: Theories and Practices, Botturi L., Stubbs T. (Eds), Hershey, PA (USA): Idea Group, p. 226-254, ISBN : 978-159904729-4.

- [Ferraris C., & al., 2005]
  Ferraris C., Lejeune A., Vignollet L., David J.-P. (2005). Modélisation de scénarios pédagogiques collaboratifs, In : Actes de la conférence EIAH 2005, 25-27 mai 2005, Montpellier (France), p. 285-296.
- [Ganesha, 2007]
  Plate-forme de téléformation Ganesha, accessible à : http://www.anemalab.org/ganesha/, consulté le 01/09/07.
- [George S., Derycke A., 2005]
  George S., Derycke A. (2005). Conceptions et usages des plates-formes de formation, numéro spécial de la revue STICEF, Vol. 12, George S., Derycke A. (Eds).
- [Goodyear P., & al., 2004]
  Goodyear P., Avgeriou P., Baggetun R., Bartouluzzi S., Retalis S., Ronteltap F., Rusman E. (2004). Towards a pattern language for networked learning, In: On line Proceedings of Networked Learning, accessible à : http://www.networkedlearningconference.org.uk/past/nlc2004/proceedings/individual_papers/goodyear_et_al.htm.
- [Gounon P., & al., 2005]
  Gounon P., Leroux P., Dubourg X. (2005). Décrire l'accompagnement des apprenants - Proposition d'une extension du langage de modélisation pédagogique IMS-Learning Design, In: EAIH'05, 25-27 mai 2005, Montpellier (France), Tchounikine P., Joab M., Trouche L. (Eds), INRP, p. 261-272, ISBN 2-7342-0999-3.
- [Graesser A., & al., 2001]
  Graesser A., Van Lehn K., Rosé C., Jordan P., Harter D. (2001). Intelligent Tutoring Systems with Conversational Dialogue, In: AI Magazine, American Association for Artificial Intelligence (Eds.), Vol. 22(4), p. 15-26, ISSN 0738-4602.
- [Grob H.L., & al., 2005]
  Grob H.L., Bensberg F., Dewanto B.L. (2005). Model Driven Architecture (MDA): Integration and Model Reuse for Open Source eLearning Platforms, In: e-learning & education, revue en ligne, Vol. 1, accessible à : http://eleed.campussource.de/archive/1/81/.
- [Grob H.L., & al., 2004]
  Grob H.L., Bensberg F., Dewanto B.L. (2004). Developing, Deploying, Using and Evaluating an Open Source Learning Management System, In: Journal of Computing and Information Technology, Zagreb, Croatie, University Computing Centre Eds., Vol. 12(2), p. 127-134.
- [Guéraud V., 2005]
  Guéraud V. (2005). Approche auteur pour les Situations Actives d'Apprentissage : Scénarios, Suivi et Ingénierie, mémoire d'Habilitation à Diriger les Recherches, accessible à : http://www.inrp.fr/atief/hdr.htm.
- [Guerrero L.A., & Fuller D., 2001]
  Guerrero L.A., Fuller D. (2001). A Pattern System for the Development of Collaborative Applications, In: International Journal on Information and Software Technology, Vol. 43 (7), p. 457-467.
- [Harrer A., & al., 2008]
  Harrer A., Martinez-Mones A., Dimitrakopoulou A. (2008). Users' data : collaborative and social analysis, In: Technology-Enhanced Learning – Principles and Products, Edité par Nicolas Balacheff, Sten Ludvigsen, Ton de Jong, Ard Lazonder, Sally Barnes, Lydia Montandon, chez Springer Verlag, à paraître, 2008.
- [Harrer A., & Hoppe U., 2007]
  Harrer A., Hoppe U. (2007). Visual Modelling of Collaborative Learning Processes – Uses, Desired Properties, and Approaches, In: Handbook of Visual Languages for Instructional Design: Theory and Practices, Botturi L., Stubbs T. (Eds), Idea Group Publishing, Hershey, PA., to be published (Nov. 2007).
- [Harrer A., & al., 2006]
  Harrer A., Malzahn N., Roth B. (2006). The remote control approach - how to apply scaffolds to existing collaborative learning environments. In: Groupware: design, implementation, and use, proceedings of criwg 2006, Y. Dimitriadis, I. Zigurs, & E. Gomez-Sanchez (Eds.), Vol. LNCS 4154, Berlin (Germany), Springer, p. 118-131.
- [Heiner C., & al., 2007]
  Heiner C., Heffernan N., Barnes T. (2007). Educational Data Mining Workshop, at the 13th International Conference on Artificial Intelligence in Education, Los Angeles, California (USA), accessible à : http://www.educationaldatamining.org, consulté le 01/09/07.

- [Heiner C., & al., 2006]
  Heiner C., Baker R., Yacef K. (2006). Proceedings of the Workshop on Educational Data Mining at the 8th International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS 2006), Jhongli (Taiwan), accessible à : http://www.educationaldatamining.org, consulté le 01/09/07.
- [Heiner C., & al., 2004]
  Heiner C., Beck J., Mostow J. (2004). Lessons on using ITS data to answer educational research questions, In : Proceedings of the ITS2004 Workshop on Analyzing Student-Tutor Interaction Logs to Improve Educational Outcomes, Aug. 30, Maceio (Brazil), p. 1-9.
- [Heller J., & al., 2007]
  Heller J., Levene M., Keenoy K., Albert D., Hockemeyer C. (2007). Cognitive aspects of trails: A stochastic model linking navigation behaviour to the learner's cognitive state. In: Trails in education: Technologies that support navigational learning, J. Schoonenboom, M. Levene, J. Heller, K. Keenoy & M. Turcsányi-Szabó (Eds.), p. 119-146, Rotterdam/Taipei: Sense publishers.
- [Hernandez-Leo D., & al., 2006]
  Hernandez-Leo D., Villasclaras-Fernandez E.D., Jorrin-Abellan I.M., Asensio-Perez J.I., Dimitriadis Y., Ruiz-Requies I., Rubia-Avi B. (2006). Collage, a collaborative learning design editor based on patterns, In : international Journal on Educational Technology and Society, vol. 9(1), p. 58-71.
- [Hernandez-Leo D., & al., 2005]
  Hernandez-Leo D., Asensio-Perez J. I., Dimitriadis Y. (2005). Computational representation of collaborative learning flow patterns using IMS learning design, In: International Journal of Educational Technology & Society, Vol. 8 (4), 75-89.
- [Hernandez Leo D., & al., 2004]
  Hernández Leo D., Asensio Pérez J.I., Dimitriadis Y. (2004). IMS Learning Design Support for the Formalization of Collaborative Learning Patterns, In: Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'04), Aug. 31 – Sept. 1, Joensuu (Finland), p. 350 - 354, ISBN: 0-7695-2181-9.
- [Hummel H., & al., 2004]
  Hummel H., Manderveld J., Tattersal C., Koper R. (2004). Educational modelling languages and learning design: new opportunities for instructional reusability and personalised learning, In: International Journal of Learning Technology, Vol. 1, n° 1, p 11-126.
- [IA, 2005]
  IA (2005). Interaction Analysis – Supporting participants in technology based learning activities, Action du réseau d'Excellence Européen Kaleidoscope, accessible à : http://www.noe-kaleidoscope.org, consulté le 01/09/07.
- [ICALTS, 2004]
  ICALTS (2004). Interaction & Collaboration Analysis' supporting Teachers & Students' Self-regulation, Action du Réseau d'Excellence Européen Kaleidoscope, accessible à : http://www.noe-kaleidoscope.org, consulté le 01/09/07.
- [IEEE-LTSA, 2002]
  IEEE LTSA draft 11 (2002). Draft Standard for Learning Technology Systems Architecture (LTSA). Working Paper of Learning Technology Standards Committee of the IEEE.
- [Iksal S., & al., 2007]
  Iksal S., Carron T., Marty J.-C. (2007), Modéliser les expérimentations basées sur les traces : Une étude de cas avec le langage UTL, Université du Maine / Université de Savoie, rapport de recherche (15 pages).
- [Iksal S., & Choquet C., 2005a]
  Iksal S., Choquet C. (2005). An Open Architecture for Usage Analysis in a E-Learning Context, In: Proceedings of the 5th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'2005), Taïwan, p. 177-181.
- [Iksal S., & Choquet C., 2005b]
  Iksal S., Choquet C. (2005). Usage Analysis Driven by Models in a Pedagogical Context, In: Proceedings of the workshop "Usage Analysis in Learning Systems", AIED'05, Amsterdam (Netherlands), p. 49-56.

- [Iksal S., & al., 2004]
  Iksal S., Barré V., Choquet C., Corbière A. (2004). Comparing prescribed and observed for the re-engineering of e-learning systems, In: IEEE Sixth International Symposium on Multimedia Software Engineering (MSE), 13-15 décembre 2004, Miami (USA), p. 106-109.
- [IMS, 2007]
  IMS (2007). IMS Global Learning Consortium, accessible à : http://www.imsglobal.org/, consulté le 01/09/07.
- [IMS-LD, 2003]
  IMS-LD (2003). IMS Learning Design, accessible à: http://www.imsglobal.org/ learningdesign/index.html, consulté le 01/09/07.
- [ISO/IEC-15414, 2002]
  ISO/IEC (2002). Information Technology : Open Distributed Processing Reference Model, Entreprise Language, ISO/IEC, 2002.
- [ISO/IEC-10746-1, 1998]
  ISO/IEC (1998). Open Distributed Processing Reference Model, Part 1: Overview, ISO/IEC, 1998.
- [ISO/IEC-10746-2, 1996]
  ISO/IEC (1996). Open Distributed Processing Reference Model, Part 2: Foundations, ISO/IEC, 1996.
- [ISO/IEC-10746-3, 1996]
  ISO/IEC (1996). Open Distributed Processing Reference Model, Part 3: Architecture, ISO/IEC, 1996.
- [ITEM-Sup, 2002]
  Les technologies de l'information et de la communication dans l'enseignement supérieur : pratiques et besoins des enseignants, Enquête pour le compte de la fédération ITEM-Sup. et du Ministère de l'éducation nationale, accessible à : http://gev.industrie.gouv.fr/IMG/pdf/item-sup.pdf, consulté le 01/09/07.
- [Jeantet A., 1998]
  Jeantet A. (1998). Les objets intermédiaires dans la conception. Eléments pour une sociologie des processus de conception. In : Sociologie du travail, XL, p. 291-316.
- [Jeantet A., & al., 1996]
  Jeantet A., Tiger H., Vinck D., Tichkiewitch S. (1996). La coordination par les objets dans les équipes intégrées de conception de produit. In: Coopération et Conception, Terssac G., Friedberg E. (Eds.), Toulouse (France): Octarès, p. 87-100.
- [Kaleidoscope, 2004]
  KALEIDOSCOPE (2004). The Kaleidoscope Project, accessible à: http://www.noe-kaleidoscope.org, consulté le 01/09/07.
- [Karagiannis D., & Höfferer P., 2006]
  Karagiannis D., Höfferer P. (2006). "Metamodels in action: an overview", In: Proceedings of the 1st International Conference on Software and Data Technologies (ICSOFT), INSTICC Press, Vol. 2 , p. IS-27-36, ISBN 975-8865-69-4.
- [Kepka L., & al., 2007]
  Kepka L., Heraud J.M., France L., Marty J.C., Carron T. (2007). Activity Visualization and Regulation in a Virtual Classroom (PDF), In : 10th IASTED International Conference on Computers and Advanced Technology in Education (CATE 2007), Beijing (China), à paraître.
- [Koper R., 2001]
  Koper R. (2001). Modeling Units of Study from a Pedagogical Perspective: the pedagogical meta-model behind EML, Educational Expertise Technology Centre, Open University of the Netherlands, accessible à : http://hdl.handle.net/1820/36
- [Koper R., & al., 2000]
  Koper R., Hermans H., Vogten H., Brouns F., & al. (2000) EML 1.0 – Reference manual, accessible à : http://hdl.handle.net/1820/81.

- [Laforcade P., & al., 2007]
  Laforcade P., Nodenot T., Choquet C., Caron P.-A. (2007). Model-Driven Engineering (MDE) and Model-Driven Architecture (MDA) applied to the Modelling and Deployment of Technology Enhanced Learning (TEL) Systems: promises, challenges and issues, In: Architecture Solutions for E-Learning Systems, Edité par Claus Pahl, Dublin City University, chez Information Science Reference, à paraître Nov. 2007, ISBN : 978-1-59904-633-4.
- [Laforcade P., & Choquet C., 2006]
  Laforcade P., Choquet C. (2006). Next Step for Educational Modeling Languages: The Model Driven Engineering and Reengineering Approach, In: Proceedings of the 6th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'2006), Kerkrade (Netherlands), p. 745-747.
- [Laforcade P., 2005]
  Laforcade P. (2005). Approche par transformation de modèles pour la conception d'EIAH, In : EAIH'05, 25-27 mai 2005, Montpellier (France), Tchounikine P., Joab M., Trouche L. (Eds), INRP, p. 213-224, ISBN 2-7342-0999-3.
- [Laforcade P., & al., 2005]
  Laforcade P., Nodenot T., Sallaberry C. (2005). Un langage de modélisation pédagogique basé sur UML, In: STICEF (Sciences et Technologies de l´Information et de la Communication pour l'Education et la Formation), Vol. 12, p. 89-115.
- [Laforcade P., 2004]
  Laforcade P. (2004). Métamodélisation UML pour la conception et la mise en œuvre de situations-problèmes coopératives, Thèse de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour, Décembre 2004.
- [LAMS, 2007]
  Site du projet LAMS – Learning Activity Management System, accessible à : http://www.lamsinternational .com/, consulté le 01/09/07.
- [Lejeune A., & Pernin J.P., 2004]
  Lejeune A., Pernin J.P. (2004). A Taxonomy for Scenario-based Engineering, In: Proceedings of the conference Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA 2004), Lisbonne (Portugal), p.249-256.
- [Le Préau, 2002]
  Quel modèle qualité pour la e-formation ? Enquête réalisée par le Préau en 2002, accessible à : http://www.preau.ccip.fr/images/etudes/etude_modele_qualite.pdf, consulté le 01/09/07.
- [Leroux P., 2002]
  Leroux P. (2002). Machines partenaires des apprenants et des enseignants – Etude dans le cadre d'environnements supports de projets pédagogiques. Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches de l'université du Maine.
- [Leroux P., 1996]
  Leroux P. (1996). Intégration du contrôle d'objets réels dans un hypermédia : un exemple d'intégration dans le système ROBOTEACH, In: actes du troisème colloque Hypermédias et Apprentissages, Bruillard E., Baldner J.M., Baron G.L. (Eds), Châtenay-Malabry.
- [LISTEN, 2007]
  LISTEN (2007). The LISTEN project, accessible à : http://www.cs.cmu.edu/~listen/, consulté le 01/09/07.
- [LOM, 2002]
  LOM (2002). Draft Standard for Learning Object Metadata, IEEE Inc.
- [Luckin R., & du Boulay B., 1999]
  Luckin R., du Boulay B. (1999). Designing a Zone of Proximal Adjustment, In: International Journal of Artificial Intelligence in Education (IJAIED), Vol. 10(2), p. 198-220, ISSN 1560-4292.
- [Meier A., & al., 2007]
  Meier A., Spada H., Rummel N. (2007). A rating scheme for assessing the quality of computer-supported collaboration processes, In: The International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning, Vol. 2(1), p. 63-86.
- [Martel C., 1998]
  Martel C. (1998). La modélisation des activités conjointes. Rôles, places et positions des participants, thèse de l'Université de Savoie, Septembre 1998.

- [Martel C., & al., 2007]
  Martel C., Vignollet L., Ferraris C. (2007). Une Ingénierie des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain basée sur un modèle de l'activité – de la conception à l'opérationnalisation et l'exécution des scénarios d'apprentissage, In: Actes du colloque IDM'07 – 3èmes journées « Ingénierie Dirigée par les Modèles », Toulouse (France), p. 183-198.
- [Martinez A., 2005]
  Martinez A. et contributeurs (2005). D31.2.1: Library of Interaction analysis methods, In: Kaleidoscope Deliverables, accès (restreint) à: http://www.noe-kaleidoscope.org, consulté le 01/09/07.
- [Mer S., & al., 1995]
  Mer S., Jeantet A., Tichkiewitch S. (1995). Les objets intermédiaires de la conception. Le communicationnel pour concevoir, J. Caelen et Kh. Zreik (éds), Paris, Europia, p. 21-41.
- [Merceron A., & Yacef K., 2004]
  Merceron A., Yacef K. (2004). Mining Student Data Captured from a Web-Based Tutoring Tool: Initial Exploration and Results, In: Journal of Interactive Learning Research (JILR), Vol. 15(4), p. 319-346.
- [Mille A., & al., 2006]
  Mille A., Caplat M., Philippon M. (2006). Faciliter les activités des utilisateurs d'environnements informatiques : quoi, quand, comment ?, In: la revue INTELLECTICA, Vol. 2(44), p. 121-143, ISSN 0769-4113.
- [Mille A., 2006]
  Mille A. (2006). From case-based reasoning to traces-based reasoning, In: Annual Reviews in Control, Vol. 30(2), ELSEVIER, p. 223-232, ISSN 1367-5788.
- [ModX, 2007]
  ModX (2007). Site du projet ModX, accessible à : http://noce.univ-lille1.fr/projets/ModX/, consulté le 01/09/07
- [Morch A., & Mehandjiev N.D., 2000]
  Morch A., Mehandjiev N. D. (2000). Tailoring as collaboration: The Mediating Role of Multiple Representation and Application Units, In: Proceedings of CSCW'2000, Philadelphia, Pensylvania, USA, December 2-6, p. 75-100.
- [Moreno N., & Romero J.P., 2005]
  Moreno N., Romero J.P. (2005). A MDA-based framework for building interoperable e-learning platforms, In: Actes en ligne de la conférence m-ICTE2005, accessible à : http://www.formatex.org/micte2005/193.pdf.
- [Mostow J., & Beck J., 2006]
  Mostow J., Beck J. (2006). Some useful tactics to modify, map and mine data from intelligent tutors; In: Special Issue on Educational Applications of the Journal Natural Language Engineering, Cambridge University Press, Vol. 12(2), p. 195-208.
- [Mostow J., 2004]
  Mostow J. (2004). Some useful design tactics for mining ITS data, In: Workshop on Analyzing Student-Tutor Interaction Logs to Improve Educational Outcomes, International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS'04), Maceio (Brésil), p. 20-28.
- [Mostow J., & al., 2002]
  Mostow J., Beck J., Chalasani R., Cuneo A., Jia P. (2002). Viewing and Analyzing Multimodal Human-computer Tutorial Dialogue: A Database Approach, In: Proceedings of the Fourth IEEE International Conference on Multimodal Interfaces (ICMI 2002), Oct. 14-16, Pittsburgh, PA (USA), p. 129-134.
- [Mostow J., & Aist G., 2001]
  Mostow J., Aist G. (2001). Evaluating tutors that listen: An overview of Project LISTEN. In: Smart Machines in Education, MIT/AAAI Press, K. Forbus, P. Feltovich (Eds.), p. 169-234.
- [de Moura Filho C.O., 2007]
  de Moura Filho C.O. (2007). MDEduc : conceiving and implementing a language-oriented approach for the design of automated learning scenarios, Thèse en Informatique de l'Université des Sciences et Techniques de Lille, Juin 2007.
- [de Moura Filho C.O., & Derycke A., 2007]
  de Moura Filho C.O., Derycke A. (2007). Concevoir des Scénarios Pédagogiques Exécutables avec des Patrons de Conception Pédagogiques, In : EIAH 2007, 27-29 juin 2007, Lausanne (Suisse), p.119-130.

- [Muller M., & Kuhn S., 1993]
  Muller M., Kuhn S. (1993). Participatory Design. Communications of the ACM, Vol. 36 (4), p. 25-28.
- [Nagase Y., & al., 2004]
  Nagase Y., Hashimoto D., Sato M. (2004). Applying Model-Driven Development to Business Systems using RM-ODP en EDOC, Workshop on ODP for Enterprise Computing, EDOC2004, p. 36-42.
- [Newell A., 1982]
  Newell A. (1982). The knowledge level, In : Artificial Intelligence, Vol 18, p. 87-127.
- [Nicaud J.F., 1987]
  Nicaud J.F. (1987). APLUSIX : un système expert de résolution pédagogique d'exercices d'algèbre, Thèse de l'université de Paris-Sud (Orsay).
- [Nodenot T., 2005]
  Nodenot T. (2005). Contribution à l'ingénierie dirigée par les modèles en EIAH : le cas des situations-problèmes coopératives, Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches de l'université de Pau et des pays de l'Adour.
- [OMG-ECA, 2004]
  OMG (2004). Enterprise Collaboration Architecture (ECA) Specification, version 1.0, 2004.
- [OMG-MDA, 2006]
  OMG (2006). MDA specification guide. Version 1.0.1, accessible à : www.omg.org/docs/omg/ 03-06-01.pdf, consulté le 01/09/07.
- [OMG-MOF, 2006]
  OMG (2006). Meta Object Facility (MOF) Specification. Version 2.0, accessible à : http://www.omg.org/mof/ , consulté le 01/09/07.
- [Oubahssi L., & al., 2005]
  Oubhassi L., Grandbastien M., Ngomo M., Claes G. (2005). The Activity at the Center of the Global Open and Distance Learning Process, In: Proceedings of the 12th International Conference on Artificial Intelligence in Education (AIED2005), Amsterdam (Netherlands), p. 386-394.
- [Paquette G., 2004]
  Paquette G. (2004). Educational Modeling Languages, from an Instructional Engineering Perspective, In: Online education using learning objects, McGreal R. (Ed), London: Routledge/Falmer, p. 331-346.
- [Paquette G., 2002]
  Paquette G. (2002). Modélisation des connaissances et des compétences, un langage graphique pour concevoir et apprendre, 357 pages, Presses de l'Université du Québec.
- [Paquette G., 1999]
  Paquette G. (1999). Meta-Knowledge Representation for Learning Scenarios Engineering, In: Proceedings of the 10th International Conference on Artificial Intelligence in Education, le Mans (France), Lajoie S., Vivet M. (Eds), IOS Press, p. 29-37.
- [Paquette G., & al., 2006]
  Paquette G., Léonard M., Lundgren-Cayrol K., Mihaila S., Gareau D. (2006). Learning design based on graphical knowledge-modeling, In: International Journal of Educational Technology and Society, Vol. 9 (1), p. 97-112.
- [Paquette G., & al., 2005a]
  Paquette G., De la Teja I., Léonard M., Lundgren-Cayrol K., Marino O. (2005). How to use an Instructional Engineering Method and a Modelling Tool, In: Learning Design - A Handbook on Modelling and Delivering Networked Education and Training, Koper R., Tattersall C. (Eds), Springer Verlag, p. 161-184.
- [Paquette G., & al., 2005b]
  Paquette G., Marino O., De la Teja I., Léonard M., Lundgren-Cayrol K. (2005). Delivery of Learning Design: the Explor@ System's Case. In. Learning Design – A Handbook on Modelling and Delivering Networked Education and Training, Koper R., Tattersall C. (Eds), Springer Verlag, p. 311-326.
- [Paquette G., & al., 2005c]
  Paquette G., Marino O., De la Teja I., Lundgren-Cayrol K., Léonard M., Contamines J. (2005). Implementation and Deployment of the IMS Learning Design Specification, Canadian Journal of Learning Technologies (CJLT), http://www.cjlt.ca/.

- [Paquette G., & al., 1997]
  Paquette G., Crevier F., Aubin C. (1997). Méthode d'ingénierie d'un système d'apprentissage, In: Revue Informations in Cognito, vol.8.
- [Pernin J.-P., & Emin V., 2006]
  Pernin J.-P., Emin V. (2006). Evaluation des pratiques de scénarisation de situations d'apprentissage : une première étude, In: actes du Colloque TICE Méditerranée 2006, Genova (Italie). Revue ISDM n° 25, accessible à : http://isdm.univ-tln.fr/articles/num_archives.htm#isdm25.
- [Pernin J.-P., & Lejeune A., 2006]
  Pernin J.-P., Lejeune A. (2006). Models for the re-use of learning scenarios, In: Proceedings of the Internation Conference Imagining the Future in ICT in Education. WG 3.1, WG 3.3, WG 3.5 Joint Conference. IFIP. Alesund. Norway, p. 49-59.
- [Pernin J.-P., & Lejeune A., 2004]
  Pernin J.-P., Lejeune A. (2004). Dispositifs d'apprentissage instrumentés par les technologies : vers une ingénierie centrée sur les scénarios, In: actes du colloque TICE 2004, Compiègne (France), p.407-414.
- [Peterson D., & Levene M., 2003]
  Peterson D., Levene M. (2003). Trail records and navigational learning, In: London review of education, Vol. 1(3), p. 207-216.
- [Pozzi F., 2005]
  Pozzi F., et contributeurs (2005). D32.4.1: The set of recurrent problems and description of solutions, In: Kaleidoscope Deliverables, accès restreint à : http://www.noe-kaleidoscope.org, consulté le 01/09/07.
- [PP, 2007]
  Projet communautaire Pedagogical Patterns, site du projet accessible à : http://www.pedagogicalpatterns.org/, consulté le 01/09/07.
- [Rabardel P., 1995]
  Rabardel P. (1995). Les hommes et les technologies. Approche cognitive des instruments contemporains, A. Colin, Paris.
- [Randriamalaka N., & al., 2007]
  Randriamalaka N., Iksal S., Choquet C. (2007). Indicators' Elicitation Process for Re-Engineering of Learning Scenario: Tracks Approach Based on Usage Tracking Language, In: Proceedings of the 7th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'07), July 18-20, 2007, Niigata (Japan), p. 492-496.
- [Randriamalaka N., & Iksal S., 2006]
  Randriamalaka N., Iksal S. (2006). Patterns Approach in the Re-Engineering Process of Learning Scenario, In: Proceedings of the 6th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'2006), Kerkrade, Pays-Bas, p. 799-803.
- [Rawlings A., & al., 2002]
  Rawlings A., van Rosmalen P., Koper R., Rodriguez-Artacho M., Lefrere P. (2002). Survey of educational modelling languages (emls). Technical report, September 19st 2002.
- [Rehal S., 1998]
  Rehal S. (1998). Communication of Insights in Early Stages of Collective Design Processes, In: Proceedings of the conference Work Life 2000, 20/21 April, Brussels (Belgium).
- [RELOAD, 2007]
  Site du projet RELOAD – Reusable eLearning Object Authoring & Delivery, accessible à : http://www.reload.ac.uk/, consulté le 01/09/07.
- [Rodriguez-Artacho M., & Verdejo Maillo M.F., 2004]
  Rodríguez-Artacho M., Verdejo Maíllo M. F. (2004). Modeling Educational Content: The Cognitive Approach of the PALO Language, In: International Journal of Educational Technology & Society, Vol. 7 (3), p. 124-137.
- [Rodriguez-Artacho M., 2002]
  Rodriguez-Artacho M. (2002). Technical Report: PALO Language Overview, LSI Dept / TR-2002-01, Universidad Nacional de Educación a Distancia.

- [Rohse S., & Anderson T., 2006]
  Rohse S., Anderson T. (2006). Design patterns for complex learning. Journal of Learning Design, Vol. 1(3), p. 82-91. http://www.jld.qut.edu.au/
- [Ronen M., & al., 2006]
  Ronen M., Kohen-Vacs D., Raz-Fogel N. (2006). Adopt & Adapt: Structuring, Sharing and Reusing Asynchronous Collaborative Pedagogy, In: Making A Difference: 7th International Conference of the Learning Sciences (Mahwah, New Jersey, USA), Barab S., Hay K., & Hickey D. (Eds.), Lawrence Erlbaum Associates, p. 599-605.
- [Samier H., 2000]
  Samier H. (dir.) (2000). L' université virtuelle, In : Les cahiers du numérique, Vol.1(2), Paris : Hermès, 224 pages.
- [Santos O.C., & al., 2004]
  Santos O.C., Boticario J.G., Barrera C. (2004). Authoring a Collaborative Task Extending the IMS-LD to be performed in a standard-based adaptive learning management system called ALFANET, In: Engineering Advanced Web Applications , Rinton Press Eds, USA, 2004, ISBN 1-58949-046-0.
- [Schneider D.K., 2006]
  Schneider D.K. (2006). La norme Learning Design, supports du cours Technologie Internet et Education, TECFA, accessible à : http://tecfa.unige.ch/guides/tie/pdf/files/pedago-ld.pdf, consulté le 01/09/07.
- [Schoonenboom J., & al., 2007]
  Schoonenboom J., Levene M., Heller J., Keenoy K., Turcsányi-Szabó M. (Eds.) (2007). Trails in education: Technologies that support navigational learning, In: Rotterdam/Taipei, Sense publishers.
- [Settouti L., & al., 2007]
  Settouti L., Prié Y., Marty J.-C., Mille A. (2007). Vers des Systèmes à Base de Traces modélisées pour les EIAH, Rapport de recherche RR-LIRIS-2007-016.
- [Settouti L., 2006]
  Settouti L. (2006). Système à base de trace pour l'apprentissage humain, In : Actes des 1ères Rencontres Jeunes Chercheurs sur les EIAH, Evry (France).
- [Settouti L., & al., 2006]
  Settouti L., Prié Y., Mille A., Marty J.-C. (2006). Système à base de trace pour l'apprentissage humain, In: Actes de TICE 2006 «Technologies de l'Information et de la Communication dans l'Enseignement Supérieur et l'Entreprise».
- [Suthers D., 1999]
  Suthers D. (1999). Effects of Alternate Representations of Evidential Relation on Collaborative Learning Discourse, In: Proceedings of the 3rd Conference on Computer Supported Collaborative Learning (CSCL 99), Stanford (USA), p. 611-621.
- [Tchounikine P., 2002]
  Tchounikine P. (2002). Pour une ingénierie des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, In: Revue I3, Vol. 2 n°1, p. 59-95.
- [Tchounikine P., & al., 1998]
  Tchounikine P., Choquet C., Istenes Z. (1998). Elaborating the Problem-Solving Model of a Fault Diagnosis Expert System by Knowledge Level Prototyping, In: Expert Systems with Applications (ESWA), Vol. 14, p. 303-312.
- [Tchounikine P., 1997]
  Tchounikine P. (1997). Mapcar: a framework to support the elaboration of the conceptual model of a Knowledge Based System, In: International Journal of Intelligent Systems, Vol. 12 n°6, p. 441-468.
- [Tchounikine P., & Choquet C., 1995]
  Tchounikine P., Choquet C. (1995). Fault diagnosis expert system for robots: a knowledge level prototyping experience, In: Proceedings of the Intenational Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering (SEKE'95), Washington (USA), p. 268-274.
- [Tchounikine P., 1994]
  Tchounikine P. (1994). Elaboration d'un modèle de raisonnement par prototypage à un niveau connaissance, In: Sciences et Techniques Educatives, Vol. 4 n°1, p. 483-501.

- [Tolvanen J.-P., 2006]
  Tolvanen J.-P. (2006). Domain-Specific Modeling: How to Start Defining Your Own Language, DevX.com, article accessible sur le site de l'entreprise à : http://www.devx.com/enterprise/ Article/30550, consulté le 01/09/07.
- [TRAILS, 2004]
  TRAILS Project (2004). Personalised and Collaborative Trails of Digital and Non-Digital Learning Objects, action du Réseau d'Excellence Européen Kaleidoscope, accessible à: http://www.noe-kaleidoscope.org, consulté le 01/09/07.
- [Turani A., & Calvo R.A., 2006]
  Turani A., Calvo R.A. (2006). Sharing Synchronous Collaborative Learning Structures using IMS Learning Design, In: Proceedings of the IEEE Seventh International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET'06), Housego S. (Ed), July 2006. IEEE Computer Society, p. 25-34.
- [UNIQUe, 2006]
  Site du projet UNIQUe (European University Quality in e-Learning), accessible à : http://unique. europace.org/, consulté le 01/09/07.
- [Vantroys T., 2003]
  Vantroys T. (2003). Du langage métier au langage technique, une plate-forme flexible d'exécution de scénarios pédagogiques, Thèse de l'Université des Sciences et Techniques de Lille.
- [Verdejo M.F., 2005]
  Verdejo M.F. et contributeurs (2005). D32.5.1 : The design pattern language, In: Kaleidoscope Deliverables, accès (restreint) à: http://www.noe-kaleidoscope.org, consulté le 01/09/07
- [Vinck D., 1999]
  Vinck D. (1999). Les objets intermédiaires dans les réseaux de coopération scientifique. Contribution à la prise en compte des objets dans les dynamiques sociales, In: Revue Française de Sociologie, vol. 40, n° 2, Ophrys, Gap, p.385-414.
- [Vinck D., & al., 1996]
  Vinck D., Jeantet A., Laureillard P. (1996). Objects and other intermediaries in the sociotechnical process of product design : an explanatory approach. In: The role of design in the shaping of technology, Perrin J., Vinck D. (Eds), Bruxelles : COST Social Sciences Serie, Commission of European Union, p. 297-320.
- [Wang H., & al., 2003]
  Wang H., Zhang D., Zhou J. (2003), MDA-based Development of E-Learning System, In : Proceedings of the 27th Annual International Computer Software and Applications Conference (COMPSAC'03), p. 684-68.

Titre : Ingénierie et réingénierie des EIAH – L'approche REDiM

Auteur : Christophe Choquet

Ce document présente nos recherches dans le domaine des EIAH (Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain). Ces travaux se sont structurés en tant que projet scientifique impliquant plusieurs chercheurs.

Ce projet, REDiM (Réingénierie des EIAH Dirigée par les Modèles), a pour objectif d'intégrer les enseignants et les formateurs de terrain dans le processus de conception d'un EIAH. La posture scientifique générale est de considérer la conception comme continue, supportée par un processus itératif alternant des phases d'analyse des usages et de réingénierie de l'EIAH, dans une approche dirigée par les modèles. Nous entendons en cela promouvoir une démarche d'ingénierie générative où l'EIAH est généré à partir de modèles prescriptifs (i.e. qui définissent et encadrent l'activité des acteurs de l'EIAH) ou, ad minima, prédictifs (i.e. qui décrivent et préconisent l'activité idéale que les acteurs de l'EIAH devraient avoir). Cette démarche d'ingénierie a également pour objectif de construire des modèles descriptifs qui rendent compte des situations pédagogiques observées, directement manipulables et interprétables par les concepteurs enseignants ou formateurs. Nos travaux se sont centrés sur une famille particulière de modèles d'un EIAH : les scénarios pédagogiques.

La première partie de ce document se consacre à définir notre position et notre problématique scientifiques. A partir d'exemples concrets extraits de nos expérimentations, nous listons les situations de conception qu'il convient d'éviter pour impliquer les enseignants et les formateurs dans les processus actifs de l'ingénierie d'un EIAH. Nous proposons alors une première problématisation de notre objet d'étude, l'ingénierie et la réingénierie d'un scénario pédagogique, et positionnons nos travaux par rapport à ceux de la communauté nationale et internationale qui leur sont connexes. Cette première partie se conclut par une présentation de notre problématique scientifique et de notre méthodologie de recherche.

La seconde partie de ce document présente nos résultats de recherche. Un premier ensemble de travaux s'est attaché à définir un modèle de l'ingénierie et de la réingénierie d'un scénario pédagogique. Ce modèle identifie les processus actifs participant au développement d'un scénario pédagogique et caractérise les flux de communication entre ces processus par les artefacts échangés. Un deuxième ensemble de travaux se centre sur l'instrumentation des activités de modélisation et d'analyse des observations de l'utilisation d'un EIAH. Nous proposons notamment un langage permettant (1) de définir ce qu'il faut observer pendant une session d'apprentissage, (2) de décrire la méthode d'analyse des observations collectées et (3) de représenter ces observations de manière à construire un ensemble de scénarios descriptifs qui rendent comptent des situations pédagogiques observées. Les caractéristiques de ce langage favorisent la capitalisation et le partage des savoir-faire d'analyse des traces d'utilisation d'un EIAH.

La dernière partie de ce document fait une synthèse de nos contributions et dresse un ensemble de perspectives de recherche sur l'instrumentation de l'enseignant dans son rôle de concepteur d'un EIAH, sur la définition et l'exploitation de modèles productifs pour le développement d'un EIAH et sur les moyens et les enjeux de la capitalisation et du partage des savoir-faire en matière d'ingénierie et de réingénierie d'un EIAH.

Mots-clés : ingénierie, réingénierie, EIAH (environnement informatique pour l'apprentissage humain), scénarisation pédagogique, analyse de traces, modélisation, métamodélisation, IDM (ingénierie dirigée par les modèles)