



HAL
open science

Conception Collective de scénarios pédagogiques dans un contexte de réingénierie : une approche par la métamodélisation située

Hassina El-Kechai

► **To cite this version:**

Hassina El-Kechai. Conception Collective de scénarios pédagogiques dans un contexte de réingénierie : une approche par la métamodélisation située. Informatique [cs]. Université du Maine, 2008. Français. NNT : . tel-00343203

HAL Id: tel-00343203

<https://theses.hal.science/tel-00343203v1>

Submitted on 30 Nov 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.



Thèse pour obtenir le grade de Docteur de l'Université du Maine

Spécialité : Informatique

Conception collective de scénarios pédagogiques dans un contexte de réingénierie

Une approche par la métamodélisation située

par

Hassina EL-KECHAÏ

Soutenue publiquement le 22 Octobre 2008 devant le jury composé de

M. ERIC BRUILLARD	Professeur à l'IUFM de Créteil	RAPPORTEUR ET PRÉSIDENT DU JURY
M. CHRISTOPHE KOLSKI	Professeur à l'Université de Valenciennes	RAPPORTEUR
M. LUC TROUCHE	Professeur à l'Institut National de Recherche Pédagogique, Lyon	RAPPORTEUR
M. THIERRY NODENOT	MCF Habilité à Diriger des Recherches à l'Université de Pau et des Pays de l'Adour	EXAMINATEUR
M. CHRISTOPHE CHOQUET	MCF Habilité à Diriger des Recherches à l'Université du Maine	ENCADRANT
M. PIERRE TCHOONIKINE	Professeur à l'Université de Grenoble	DIRECTEUR

Année 2008

Numéro d'Ordre :



Réingénierie des EIAH
Dirigée par les Modèles

Remerciements

Je tiens à remercier M. Eric BRUILLARD, Professeur des universités à l'IUFM de Créteil de m'avoir fait l'honneur d'être rapporteur et président de mon jury de thèse.

Je tiens à remercier M. Christophe KOLSKI, Professeur des universités et directeur du groupe de recherche RAIHM « Raisonement Automatique et Interaction Homme-Machine » de l'université de Valenciennes, M. Luc TROUCHE, Professeur des universités à l'Institut National de Recherche Pédagogique (INRP) de Lyon de m'avoir fait l'honneur d'être rapporteurs de la thèse.

Je remercie M. Thierry NODENOT, Maître de conférences Habilité à Diriger des Recherches de l'université de Pau et des pays de l'Adour de m'avoir fait l'honneur d'être examinateur de la thèse.

Je remercie Christophe CHOQUET, Maître de conférences Habilité à Diriger des Recherches du Laboratoire d'Informatique de l'Université du Maine (LIUM), qui a assuré l'encadrement scientifique de cette thèse. Je le remercie pour avoir dirigé cette thèse, pour sa confiance constante depuis mon stage de DEA, et pour la rigueur qu'il m'a toujours imposée.

Je remercie Pierre TCHOUNIKINE, Professeur des universités au LIG (Laboratoire d'Informatique de Grenoble) d'avoir dirigé cette thèse, pour sa relecture, ses retours, ses conseils toujours très constructifs.

Je tiens à remercier également Philippe COTTIER, Maître de conférence au Laboratoire d'Informatique de l'Université du Maine (LIUM) de m'avoir fait partager l'expérience de la conception participative dans le projet LEA. Je le remercie pour toutes les discussions que nous avons eues, et de m'avoir apporté sa vision SHS de l'ingénierie des EIAH.

Merci à tous les formateurs, les maîtres d'apprentissage, les apprentis, et les acteurs de la vie scolaire du Centre de Formation des trois Villes de la Mayenne (CFAVM) pour leur disponibilité et leur implication dans les réunions de conception du LEA, avec un merci particulier à Mme. BURON, formatrice du CFA et chef de secteur (formation peinture, tôlerie automobile) qui a toujours su motiver les troupes pour les réunions de conception du groupe Mayenne. Je n'oublie pas également de remercier Faouzi Amier, ingénieur de développement et ami avec qui j'ai eu le plaisir de travailler sur différents projets de recherche.

J'adresse également tous mes remerciements à tous mes collègues redimiens sur le site de l'IUT de Laval : Raphaëlle, Pierre, Vincent, Sébastien, Claudine, Lahcen sans oublier mes compatriotes de thèse redimiens : Noa, Boubekour, Firas, Diem, Amine ainsi que ceux qui sont sur le site du Mans en particulier Mathilde.

Merci à toutes les personnes qui travaillent à l'IUT de Laval : enseignants du département SRC (Services et Réseaux de Communication) en particulier Anne-Marie pour ses conseils en enseignements et Sarah d'avoir pris la peine de relire et de corriger mes articles en

anglais, enseignants du département Informatique, personnels IATOSS : Merci à Nathalie d'avoir toujours pris en charge tous les tracas de mes déplacements en conférences, merci à Brigitte, responsable du personnel d'avoir pris en charge les tracas de mes autorisations de travail à la direction départementale du travail et les tracas de mes titres de séjour à la préfecture, merci au personnel du service informatique et particulièrement à Pierre-Yves pour le nombre de fois où il m'a conseillé dans mes choix matériels et logiciels et pour avoir souvent pris le temps de m'apprendre plein de choses.

Merci à Alain, Patricia et Naïma pour l'expérience partagée de la thèse avec ses bons moments et ses déboires.

Merci à Sonia, Lila, Lilia, Nacima, Hammama, Hichem, Salah, Farida pour leur amitié constante depuis plusieurs années déjà, ainsi que Anissa, Rabéa, Lydia et Lynda.

Merci à Elisabeth, Brigitte, Sylvie, Yann, et d'autres pour les bons moments de rigolade en salle café, ou en pause déjeuner.

Je souhaite aussi évoquer quelques personnes rencontrées à gauche et à droite en conférences, écoles d'été, réunions de travail, en DEA ou encore en Algérie : Xavier, Pierre-André, Fatou, Sandra, Hend, Nabila, Margarida, Patrice, Samir.

Enfin, je n'oublie pas tous mes étudiants, en particulier la promotion INFO2 2008-2009, et les promotions Licence Professionnelle CRSPM 2006-2007 et 2007-2008 avec qui j'ai énormément apprécié de travailler en projets tuteurés.

Tanemirth amokrane.

À la mémoire de ma grand-mère paternelle "Mamasse".

À mes parents.

À toute ma famille.

“Les choses qu’il importe à un homme de savoir et dont la connaissance est nécessaire à son bonheur ne sont peut-être pas en grand nombre, mais en quelque nombre qu’elles soient, elles sont un bien qui lui appartient, qu’il a le droit de réclamer partout où il le trouve et dont on ne peut le frustrer sans commettre le plus inique de tous les vols puisqu’elle est de ces biens communs à tous dont la communication n’en prive point celui qui le donne”.

Jean-Jacques Rousseau, Les rêveries du promeneur solitaire.

*“Jamais la connaissance n’a manqué à mon esprit ;
il est peu de secrets que je n’aie éclaircis ;
en soixante-douze ans j’ai pensé nuit et jour ;
c’est alors que j’ai su que je n’ai rien compris”.*

Omar Khayyâm, ROBÂÏÂT (Les quatrains).

Résumé

Dans ce document, nous présentons le travail de recherche que nous avons mené dans le domaine des EIAH (Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain). Ce travail a pour objectif d'intégrer des enseignants et des formateurs dans le processus de conception, et plus spécifiquement dans la conception des situations d'apprentissage opérationnalisées dans l'EIAH. Celles-ci sont décrites par un modèle particulier : "le scénario pédagogique".

Une des phases essentielles du processus de conception de ce scénario est l'élaboration de son métamodèle d'expression pédagogique. Celui-ci définit un langage de modélisation pédagogique, qui permet de spécifier formellement le scénario pour répondre à différents objectifs : opérationnalisation, échange, réutilisation, interopérabilité.

Dans cette thèse, nous nous intéressons plus particulièrement aux aspects pédagogiques, méthodologiques et technologiques de l'activité de conception de ces métamodèles et de ces scénarios.

Le caractère idiosyncrasique des situations d'apprentissage, ainsi que le caractère hétérogène des futurs utilisateurs (enseignants et apprenants) de l'EIAH, justifient le développement et la mise en oeuvre de démarches spécifiques de conception.

C'est sur cette base que nous proposons une approche que nous nommons "constructive" de métamodèles d'expression et de scénarios pédagogiques. Cette approche a comme particularité d'impliquer dans la conception les utilisateurs finaux (essentiellement les enseignants) de l'EIAH que nous désignons par usagers-concepteurs.

Les métamodèles produits dans ce type de conception nous amènent à les considérer comme "situés". Un métamodèle situé est créé pour décrire des situations dans des contextes d'apprentissage spécifiques, et n'a en principe pas vocation à décrire des situations en dehors de ce contexte.

Dans la première partie de ce document, nous précisons le contexte de notre travail et nous présentons une première problématisation de notre objet d'étude, ainsi que la nature de nos résultats. Ensuite, nous positionnons nos travaux par rapport à ceux qui sont menés dans le même domaine. Cette première partie se conclut par une présentation de notre problématique scientifique.

La seconde partie de ce document présente nos résultats de recherche. Un premier travail est mené sur le terrain dans le cadre du projet de recherche LEA (Livret Electronique d'Apprentissage). Ce projet nous a permis de mettre en oeuvre nos premières idées de solutions pour répondre à la problématique. Sur la base de cette étude, un deuxième travail est mené où nous avons défini et instrumenté un ensemble de processus de conception collective de métamodèles d'expression et de scénarios pédagogiques. Ces processus con-

tribuent à l'explicitation des métamodèles et des scénarios ainsi qu'à l'accompagnement de leur évolution tout le long de la conception. Nous caractérisons les différents artefacts échangés par ces différents processus.

Un troisième travail est également mené sur le terrain pour tester la pertinence de nos propositions.

La dernière partie de ce document dresse un bilan et un ensemble de perspectives de recherche ouvrant ainsi la voie à de nouveaux travaux dont certains sont en cours.

Mots clés : Ingénierie, Réingénierie, EIAH, Scénarisation pédagogique, Modélisation, Métamodélisation, Conception participative.

Sommaire

1	Introduction	15
1.1	Introduction générale	15
1.2	La position des travaux dans le projet REDiM	18
1.3	Définition des principaux termes utilisés	22
1.4	La conception du scénario pédagogique vue comme un processus de modélisation	24
1.4.1	Le processus de construction d'un scénario pédagogique	24
1.4.2	Rôle du métamodèle d'expression pédagogique	26
1.5	Les deux principales approches de conception d'un scénario pédagogique	26
1.5.1	Approche interprétative de la scénarisation	27
1.5.1.1	Exemple d'une expérimentation visant à étudier l'approche interprétative de la conception d'un scénario pédagogique	28
1.5.1.2	Analyse et résultats de la mise à l'essai.	30
1.5.1.3	Limites de l'approche interprétative.	32
1.5.2	Approche constructive de la scénarisation	32
1.6	Eléments de la problématique	34
1.6.1	Spécificité de l'activité de conception de scénarios pédagogiques et nécessité d'une approche constructive	34
1.6.2	Spécificités des métamodèles dans une approche constructive de la scénarisation	36
1.6.3	Première problématisation de notre objet d'étude et nature de notre résultat	38
1.7	Les travaux réalisés	40
1.7.1	L'étude menée dans le projet LEA	40
1.7.2	Définition et construction des processus de conception collective	42
1.7.3	Les applications développées	43
1.8	Organisation du document	44

I	Première partie	47
2	Positionnement scientifique	49
2.1	Introduction	49
2.2	Travaux visant l'étude et l'analyse des situations de travail en conception . .	51
2.2.1	Conception collective et participative : analyse de situations de travail	51
2.2.2	Nature des processus de conception collective	54
2.2.2.1	La conception en tant que processus cognitif distribué	54
2.2.2.2	La conception en tant que processus situé	55
2.2.2.3	La conception en tant que processus de résolution de problèmes opportuniste	55
2.2.3	Les objets en conception	56
2.3	Travaux menés sur l'activité de conception de scénarios pédagogiques	59
2.3.1	Approche par les langages de modélisation pédagogique	60
2.3.1.1	La spécification IMS Learning-Design	61
2.3.1.2	Le langage de modélisation pédagogique LDL	63
2.3.1.3	Le langage de modélisation pédagogique PALO	64
2.3.2	Analyse des approches par les langages de modélisation pédagogique	65
2.3.3	Approche par l'IDM	68
2.3.3.1	Travaux menés sur CPM	70
2.3.3.2	Approche par les patrons pédagogiques : Le projet MDEduc	71
2.3.3.3	Approche dispositifiv e : le projet Bricoles	73
2.3.4	Analyse des travaux menés en IDM	74
2.3.5	Autres travaux menés en conception de scénarios pédagogiques	75
2.3.5.1	Travaux relevant d'une approche industrielle de la conception pédagogique : la méthode d'ingénierie MISA	75
2.3.5.2	Travaux visant la réutilisation de scénarios pédagogiques : la méthode des pléiades	77
2.3.6	Analyse de MISA et de la méthode des pléiades.	79
2.4	Discussion	80
3	Problématique scientifique	83
3.1	Introduction	83
3.2	Définition de la problématique	84

Sommaire	11
3.2.1 Classification des approches de scénarisation	85
3.2.2 Problématique et questions de recherche	90
II Deuxième partie	93
4 Expérimentation de l'approche constructive dans le projet LEA : approche par les objets intermédiaires de la conception	95
4.1 Présentation du projet LEA	95
4.2 Objectifs de l'étude menée dans le projet LEA	97
4.3 Genèse du projet : première expérience du projet menée par le CFA	98
4.4 Démarche de recherche adoptée dans le projet LEA	100
4.5 Description du système conçu et développé	101
4.5.1 Niveau "suivi" dans le système LEA : description d'un scénario-type LEA	102
4.5.2 Niveau "conception" dans le système LEA	105
4.6 L'activité de conception du système LEA	109
4.6.1 Processus de développement mis en oeuvre dans le projet LEA	109
4.6.2 La conception participative dans le projet LEA	110
4.7 Démarche et résultats de l'analyse de l'activité de conception dans le projet LEA	112
4.7.1 Démarche d'analyse adoptée	112
4.7.2 Analyse des OI et leur dynamique	114
4.7.3 Analyse des discussions et processus impliqués dans la production des OI	119
4.7.4 Etape de structuration	123
4.8 Discussion	126
III Troisième partie	131
5 Proposition, instrumentation et mise en oeuvre	133
5.1 Introduction	133
5.1.1 Principaux aspects de l'activité de conception collective	134
5.1.2 Orientations fonctionnelles pour assister les usagers-concepteurs dans la conception collective de scénarios pédagogiques	135

5.2	Définition des artefacts produits dans un processus de conception collective d'un scénario pédagogique	137
5.3	Définition des processus de conception collective de scénarios pédagogiques .	138
5.4	Description des processus proposés et mise en oeuvre dans l'environnement Tasmim	143
5.4.1	L'environnement Tasmim : structure générale	144
5.4.2	Processus d'explicitation des métamodèles et des scénarios pédagogiques : description et mise en oeuvre	146
5.4.2.1	Description	146
5.4.2.2	Mise en oeuvre et besoins de formalisation	149
5.4.2.3	Instrumentation	154
5.4.3	Processus de capitalisation : description et mise en oeuvre	164
5.4.3.1	Description	164
5.4.3.2	Mise en oeuvre et besoins de formalisation	167
5.4.3.3	Instrumentation	169
5.4.4	Processus de repérage des actions en modélisation : description et mise en oeuvre	171
5.4.4.1	Description	171
5.4.4.2	Mise en oeuvre et besoins de formalisation	174
5.4.4.3	Instrumentation	176
5.4.5	Processus de gestion : description et mise en oeuvre	179
5.4.5.1	Description	179
5.4.5.2	Mise en oeuvre et instrumentation	180
5.4.6	Processus de documentation : description et mise en oeuvre	182
5.4.6.1	Description	182
5.4.6.2	Mise en oeuvre et besoins de formalisation	183
5.4.6.3	Instrumentation	186
5.4.7	Processus de perception : description et mise en oeuvre	189
5.4.7.1	Description	189
5.4.7.2	Mise en oeuvre et besoins de formalisation	190
5.4.7.3	Instrumentation	192
6	Mise en oeuvre dans le contexte LPCRSPM	199
6.1	Présentation de l'étude menée dans le projet LPCRSPM	199

6.1.1	Contexte du projet de conception LPCRSPM	199
6.1.1.1	Objectifs de l'étude menée et adéquation de la situation avec nos objectifs	200
6.1.1.2	Démarche mise en oeuvre dans le projet LPCRSPM	202
6.1.2	Le processus de développement mis en oeuvre dans le projet LPCRSPM	203
6.1.2.1	Conception	203
6.1.2.2	Mise en oeuvre	206
6.2	Description du déroulement de l'activité de conception du scénario péda- gogique	209
6.3	Les objets produits	213
6.3.1	Analyse du premier état du métamodèle	215
6.3.2	Analyse du second état du métamodèle	217
6.3.3	Analyse du troisième état du métamodèle	218
6.4	Analyse	219
6.4.1	Mise en évidence du caractère progressif de la construction des mé- tamodèles	219
6.4.2	Mise en évidence de la construction par essais-erreurs du métamodèle	220
6.5	Discussion	221
 IV Quatrième partie		 223
 7 Analyse de notre proposition, travaux en cours, et perspectives		 225
7.1	Bilan	225
7.2	Analyse critique des travaux réalisés	228
7.2.1	La pertinence de la thèse défendue	228
7.2.2	La pertinence de l'approche proposée	229
7.3	Perspectives	231
7.3.1	Les évolutions de l'approche proposée : la scénarisation par prototy- page intégrant l'opérationnalisation	231
7.3.2	Travail en cours sur les outils de Tasmim	234
7.3.2.1	Spécification d'un outil support à l'animation des réunions de conception	235
7.3.2.2	Structuration des échanges dialogiques basée sur la défini- tion d'actes de langage	238

7.3.3	Vers une scénarisation des situations de conception	240
V	Table des illustrations	243
VI	Bibliographie	251
	Références bibliographiques	253
VII	Annexes	267
A	Réalisations dans le contexte LPCRSPM	269
B	Spécifications et architecture de l'outil de brainstorming des schémas heuristiques	275
B.1	Le produit	275
B.2	Fonctions du produit	275
B.3	Architecture du produit	277

1

Introduction

Sommaire

- 1.1 Introduction générale
- 1.2 La position des travaux dans le projet REDiM
- 1.3 Définition des principaux termes utilisés
- 1.4 La conception du scénario pédagogique vue comme un processus de modélisation
- 1.5 Les deux principales approches de conception d'un scénario pédagogique
- 1.6 Eléments de la problématique
- 1.7 Les travaux réalisés
- 1.8 Organisation du document

“Toute connaissance des choses, tirée uniquement de l’entendement pur ou de la raison pure, n’est qu’illusion ; il n’y a de vérité que dans l’expérience”.

Kant, Prolegomènes à toute métaphysique future.

Ce chapitre expose les principaux éléments nécessaires à la compréhension de ce travail. Il s’agit ici de donner un aperçu global du contenu de cette thèse. On y trouvera donc une présentation du contexte de travail, une première problématisation de notre objet d’étude, et une vision synthétique de notre proposition et des travaux réalisés. Certaines parties de ce chapitre sont abordées de manière plus détaillée dans la suite du document.

1.1 Introduction générale

Cette thèse s’inscrit dans le domaine de l’ingénierie des EIAH (Environnements Informatiques pour l’Apprentissage Humain).

En tant qu’environnement informatique dont la finalité est de susciter ou d’accompagner un apprentissage, un EIAH embarque une intention didactique et/ou pédagogique [Tchounikine et al. 2004].

Dans notre travail, l’intention pédagogique est décrite par un objet particulier : le scénario pédagogique. Celui-ci doit être explicite. Nous situons ainsi notre travail dans le domaine

de la scénarisation pédagogique.

La scénarisation pédagogique, qui peut être vue comme une forme d'ingénierie, propose un processus d'organisation et de planification à l'intérieur duquel s'insère la création d'un scénario pédagogique [Charlier et Daele 2002]. C'est un domaine qui trouve ses sources dans le design pédagogique dont l'origine remonte à John Dewey [Dewey 1900] qui, il y a un peu plus d'un siècle réclamait le développement d'une "science charnière" entre les théories de l'apprentissage et les pratiques éducatives.

Paquette dans [Paquette 2002] définit le design pédagogique comme l'ensemble des théories et des modèles permettant de comprendre, d'améliorer et d'appliquer des méthodes d'enseignement favorisant l'apprentissage.

[Berger et Kam 1996] définissent le design pédagogique (instructional design) ainsi : *"Instructional Design is the systematic development of instructional specifications using learning and instructional theory to ensure the quality of instruction. It is the entire process of analysis of learning needs and goals and the development of a delivery system to meet those needs. It includes development of instructional materials and activities ; and tryout and evaluation of all instruction and learner activities"*.

Dans [Charlier et Daele 2002], le scénario pédagogique est défini comme *"le résultat du processus de conception d'une activité d'apprentissage, processus s'inscrivant dans un temps donné et aboutissant à la mise en oeuvre du scénario. Dans un scénario, on trouve donc des objectifs, une planification des activités d'apprentissage, un horaire, une description des tâches des étudiants, des modalités d'évaluation qui sont définis, agencés et organisés au cours d'un processus de design"*.

La notion de scénario pédagogique était souvent décrite comme une "préparation de leçon par un enseignant". Depuis l'apparition d'Internet pour le grand public et en particulier dans les écoles et les universités, de nombreux enseignants se sont vite rendus compte que "préparer une leçon" devenait de plus en plus complexe. Beaucoup d'incertitudes planaient sur le déroulement des activités qu'ils avaient prévues avec leurs élèves ou étudiants. Cette complexité et cette incertitude, qui s'expriment en plus dans un contexte d'innovation pédagogique et institutionnelle, sont liées à l'utilisation des TIC (Technologies de l'Information et de la Communication) pour l'apprentissage : problèmes techniques, disponibilité du matériel, organisation du travail des apprenants, problèmes d'encadrement etc. Les enseignants se doivent donc de concevoir toute cette complexité avant de mettre en oeuvre des activités avec leurs apprenants, ce qui exige une certaine méthode et souvent un travail en équipe.

Certains auteurs ne font aucune distinction entre un scénario pédagogique et un scénario d'apprentissage¹. D'autres, non seulement les différencient mais font également une distinction avec un scénario de formation. Une définition classique est celle de [Paquette et al. 1997] qui proposent de considérer un scénario pédagogique comme la *"conjonction d'un scénario d'apprentissage et d'un scénario de formation qui lui est associé avec*

¹Pour notre part, nous utilisons indifféremment les termes "scénario pédagogique" et "scénario d'apprentissage".

l'expression des liens qui les unissent" :

- Un scénario d'apprentissage est *"l'ensemble des activités destinées aux apprenants et organisées en un tout cohérent"*.
- Un scénario de formation est *"l'ensemble des activités destinées au formateur et organisées en un tout cohérent"*.

Quant à Pernin [Pernin 2004], il définit le scénario pédagogique comme *"la description du déroulement d'une situation d'apprentissage en termes de rôles, d'activités et d'environnement nécessaire à sa mise en oeuvre, mais aussi en termes de connaissances manipulées"*. Notons que cette dernière définition est assez proche de la définition du scénario (le Learning Design) dans une approche EML².

En fonction de la granularité (le niveau de description de la situation d'apprentissage), Pernin définit les trois niveaux de scénarisation suivants :

- *(Scénariser la structuration pédagogique.)* organiser les unités de structuration pédagogique telles que les cours, les modules, les leçons, les cursus, les crédits.
- *(Scénariser l'enchaînement d'activités.)* organiser les activités d'un apprenant ou d'un groupe d'apprenants au sein d'une séquence pédagogique, d'une séance, etc.
- *(Scénariser la réalisation de tâche.)* décrire le déroulement d'une tâche précise (comme par exemple parcourir un hyper-document, résoudre un exercice, manipuler une simulation).

Ainsi, la notion de scénario pédagogique n'est pas standardisée. De nombreuses définitions sont publiées, mais elles se recoupent. La définition que nous adoptons est la suivante³ : *"Un scénario pédagogique décrit de façon plus ou moins précise un événement imaginé au profit d'apprenants ciblés"*⁴. Elaboré par des formateurs, il est destiné à décrire la "séquence" d'apprentissage.

Nous pensons que l'activité qui amène à élaborer un scénario pédagogique est aussi importante que le scénario lui-même. En effet, le groupe de conception qui décrit un scénario pédagogique, est invité à positionner l'activité d'apprentissage qu'il veut mettre en oeuvre en questionnant ses intentions, ses objectifs, de même que le contexte dans lequel l'activité d'apprentissage prend place [Brassard et Daele 2003]. Le scénario pédagogique vise ainsi à prendre en compte différentes dimensions liées à la mise en oeuvre d'environnements d'apprentissage. Nous pensons donc que l'activité qui a abouti à sa production et comme

²Une définition simplifiée pour EML (Educational Modeling Language), est donnée dans [Schneider 2006] : *"Un langage de design qui sert à définir des scénarios pédagogiques"*.

³Si nous avons adopté cette définition qui peut paraître trop générale, c'est parce que nous souhaitons nous détacher de toute approche de scénarisation. Cette définition met également l'accent sur les caractères prédictif et subjectif de la scénarisation qui sont centraux en réingénierie pédagogique.

⁴<http://www.educa.ch/dyn/58570.asp>, page consultée le 01/03/2008.

le souligne [Charlier et Daele 2002], devrait constituer à la fois un parcours de réflexion et un moyen de faire émerger le projet d'une action pédagogique commune.

1.2 La position des travaux dans le projet REDiM

Si cette thèse s'inscrit dans le contexte de la scénarisation pédagogique, elle n'en concerne pas pour autant tous les aspects, elle n'en retient qu'une partie. Cette dernière relève de la modélisation des scénarios pédagogiques et, plus particulièrement, notre travail se caractérise par une référence privilégiée : celle du projet REDiM que nous abordons dans cette section.

Le projet REDiM, mené au LIUM, s'intéresse à l'activité de scénarisation pédagogique dans un contexte de Réingénierie des EIAH Dirigée par les Modèles.

La réingénierie⁵ (reengineering, en anglais) est définie dans [Chikofsky et Cross 1990] comme "le processus d'examen et d'altération d'un système afin de le reconstituer sous une nouvelle forme". L'activité de réingénierie requiert l'utilisation de modèles qui permettent d'abord l'étude des détails d'une implantation et ensuite, l'application des correctifs ou des transformations nécessaires. Ces modèles peuvent être utilisés pour détecter les anomalies, pour effectuer les corrections à même les modèles, pour élaborer des tests de régression et pour générer automatiquement des corrections plus complètes [St-Denis 2001]. Dans le projet REDiM, les modèles manipulés sont ceux qui décrivent des situations d'apprentissage, en l'occurrence les scénarios pédagogiques.

Dans le projet REDiM, nous adoptons les définitions de scénario prédictif et scénario descriptif que donnent [Pernin et Lejeune 2004] :

- Un scénario prédictif est établi *a priori* par un concepteur en vue de la mise en place d'une situation d'apprentissage.
- Un scénario descriptif décrit *a posteriori* le déroulement de la situation d'apprentissage en y incluant en particulier les traces de l'activité des acteurs (essentiellement les apprenants) et leurs productions.

Concrètement, le processus de réingénierie dans le cadre de REDiM repose sur l'idée principale de :

- Décrire formellement une situation d'apprentissage par un scénario prédictif. Celui-ci est utilisé pour aider et diriger l'analyse de la situation d'apprentissage lorsqu'elle est mise en oeuvre dans l'EIAH, et qu'elle est réalisée par des apprenants. En effet, l'analyse peut être menée par l'observation en se basant sur le scénario prédictif : l'analyse est ainsi dirigée par un modèle.

⁵Les termes reconception, reconfiguration et remise à neuf sont également utilisés.

- Décrire formellement le déroulement effectif de la situation d'apprentissage résultant de l'analyse menée par un scénario descriptif. Celui-ci est alors utilisé pour améliorer le scénario prédictif à partir de ce qui a été observé. La réingénierie est ainsi dirigée par un modèle.

L'objectif principal du projet REDiM est de favoriser l'appropriation du travail de conception pédagogique par des utilisateurs de l'EIAH comme des enseignants ou des formateurs. Favoriser cette appropriation passe par un objectif opérationnel qui est de parvenir à une maîtrise méthodologique de l'ensemble du cycle de vie du scénario pédagogique. Il faut donc fournir aux utilisateurs de l'EIAH des supports informatiques nécessaires à la gestion de ce cycle de vie : de la spécification des besoins de l'utilisateur, jusqu'à la maintenance et l'évolution du scénario (notion de réingénierie pédagogique).

Pour répondre à cet objectif, le choix adopté dans le projet REDiM est d'inscrire l'ingénierie de l'EIAH dans une approche IDM (Ingénierie Dirigée par les Modèles). Celle-ci se singularise par une démarche par laquelle tout ou une partie d'une application informatique (l'EIAH) est générée à partir de modèles. Pour cela, il faut bien sûr que tant les modèles que leurs processus de conception soient rendus explicites pour être interprétés.

La principale question de recherche ciblée par REDiM est la suivante :

“Comment permettre aux enseignants d'être les acteurs principaux du processus d'ingénierie d'un EIAH ?”

Pour répondre à cette question, deux postulats sont posés :

- Le premier est de considérer l'EIAH comme un environnement socio-technique, c'est-à-dire un système intégrant un ensemble de pratiques spécifiques, de techniques et de technologies ayant pour fonction de favoriser l'apprentissage.
- Le second est de considérer l'ingénierie de l'EIAH comme relevant d'un processus de conception continue. Celui-ci est le résultat d'un constat : les modèles évoluent sous l'impulsion d'actions permanentes de réajustement et de rénovation, en fonction de l'évolution des situations d'apprentissage ainsi que des situations de leur conception.

La figure 1.1 présente le point de vue métier du processus de réingénierie d'un EIAH défini dans REDiM [Choquet 2007]. Les conventions graphiques sont celles du profil UML⁶ pour ECA (Entreprise Collaboration Architecture) présenté par le consortium OMG (Object Management Group) [OMG 2004]. Ce profil est destiné à supporter la modélisation dans un processus de développement dirigé par les modèles utilisant le cadre ODP-RM (Object Distributed Processing - Reference Model) [Nagase et al. 2004].

⁶Unified Modeling Language.

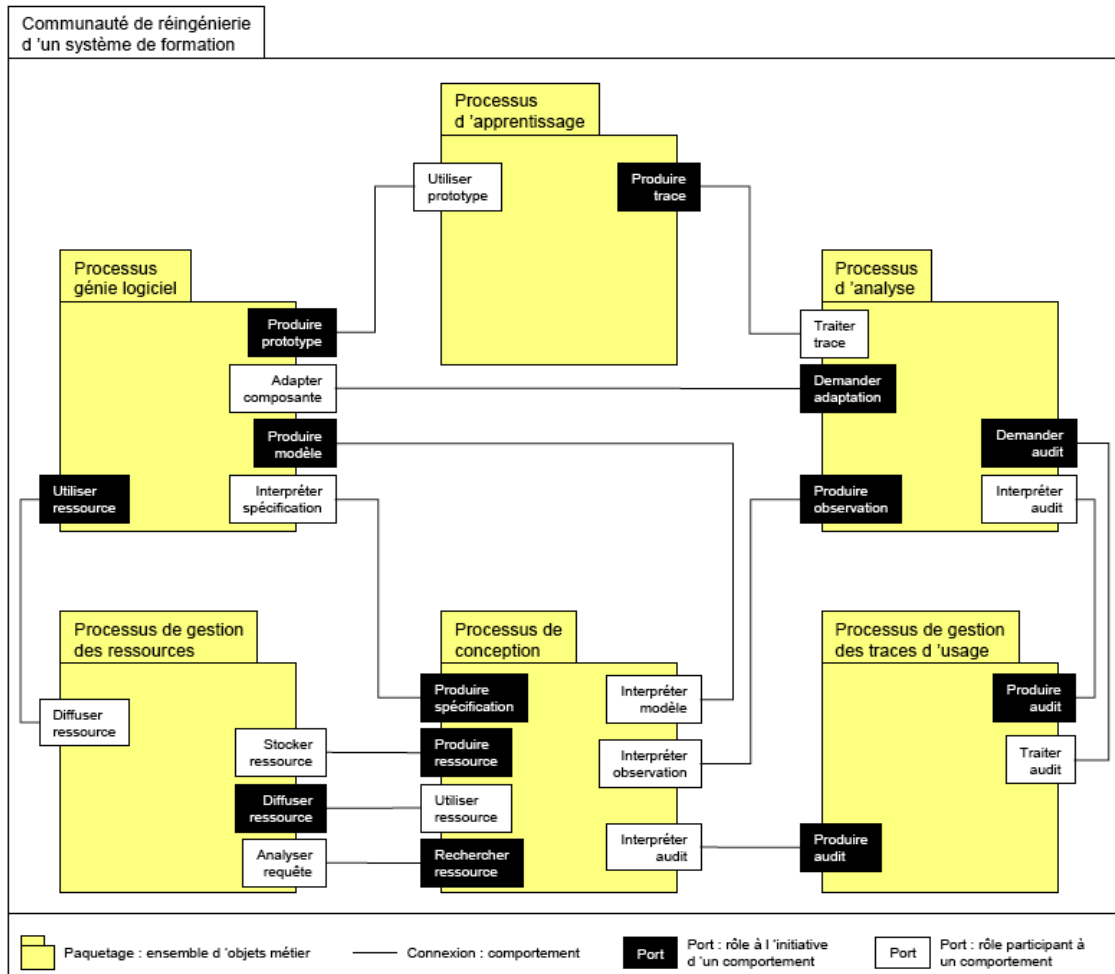


Figure 1.1: Diagramme de paquetages UML représentant le processus de réingénierie d'un EIAH suivant le système de notation du profil UML ECA de l'OMG, source : [Choquet 2007]

ODP-RM est un cadre générique permettant de supporter le processus de modélisation d'un système complexe et distribué en demandant aux concepteurs d'instancier dans 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. . .). Plus d'informations sur l'application de ce cadre en EIAH sont données dans [Corbière 2006]⁷. Comme le montre la figure 1.1, six processus sont définis 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.

⁷Dans le cadre de ses travaux de thèse, A. Corbière a instancié le cadre ODP-RM sur un système de formation. Il a montré son potentiel en tant que cadre unificateur à favoriser la collaboration sur différents points de vue du concepteur des différentes composantes d'un système de formation. Ceci est rendu possible grâce à la définition d'un ensemble de concepts consensuels utilisés dans le discours des concepteurs favorisant une communication et une compréhension entre eux.

Ce qui nous intéresse ici est de situer notre travail dans ce processus métier. Nous ne donnons donc pas une description de chacun de ces processus, une présentation détaillée est donnée dans [Choquet 2007].

Dans notre travail, nous ciblons une phase particulière de ce processus de réingénierie : le processus de conception.

Ce dernier produit des spécifications de la situation d'apprentissage interprétables à des fins de développement. Le processus de conception comme le montre la figure 1.1 doit interpréter des modèles informationnels (typiquement, le métamodèle d'un langage de modélisation pédagogique) proposés par un processus externe (ici le processus "Génie Logiciel"). Le point de vue que nous proposons dans ce travail porte sur le fait que le métamodèle d'expression pédagogique devrait être construit par les usagers-concepteurs (enseignants) et non imposé par un processus externe à leur situation de travail (comme le processus "Génie Logiciel" par exemple).

Ce point de vue repose sur l'hypothèse de recherche qui est la suivante : "Il est possible pour des enseignants ou des formateurs de définir des modèles (de la situation d'apprentissage) qui soient exploitables par la machine".

Le travail que nous avons mené a abouti à une validation partielle de cette hypothèse en première analyse. En effet, comme nous le verrons plus loin dans ce document, l'analyse que nous avons menée a abouti au constat que les modèles produits ne sont pas productifs dans le sens de l'IDM. Ils servent essentiellement de pivot de communication, et de compréhension entre les usagers-concepteurs eux-mêmes et avec les développeurs.

Dans le projet REDiM, nous adoptons une vue orientée modèles issue de MDA (Model Driven Architecture) [OMG 2006]. Cette dernière préconise une architecture de modélisation en couches sur quatre niveaux de description, dans laquelle nous situons les métamodèles d'expression et les scénarios pédagogiques (cf. figure 1.2) :

- M3: contenant le méta-métamodèle (couche auto-descriptive) qui permet de définir uniformément des métamodèles.
- M2: contenant les métamodèles d'expression pédagogique. Un métamodèle permet de définir formellement un langage de modélisation pédagogique. Pour cela, il utilise une notation (xml par exemple).
- M1: contenant les différents modèles (en l'occurrence les scénarios pédagogiques indépendants de l'EIAH).
- M0: Le monde réel c'est-à-dire contenant les entités à modéliser, ici liées à l'EIAH.

Il faut noter que les niveaux ne sont pas absolus : en cas de nécessité, on peut avoir plusieurs modèles intermédiaires. Les relations existantes entre les niveaux M1-M2 et M2-M3 sont équivalentes. M2 définit la structure de M1 tout comme M3 définit la structure de M2. Le M3 définit sa propre structure. MDA considère que, quels soient les niveaux M1, M2 et M3, tous les éléments sont des modèles. Autrement dit, le méta-métamodèle et les métamodèles sont aussi des modèles.

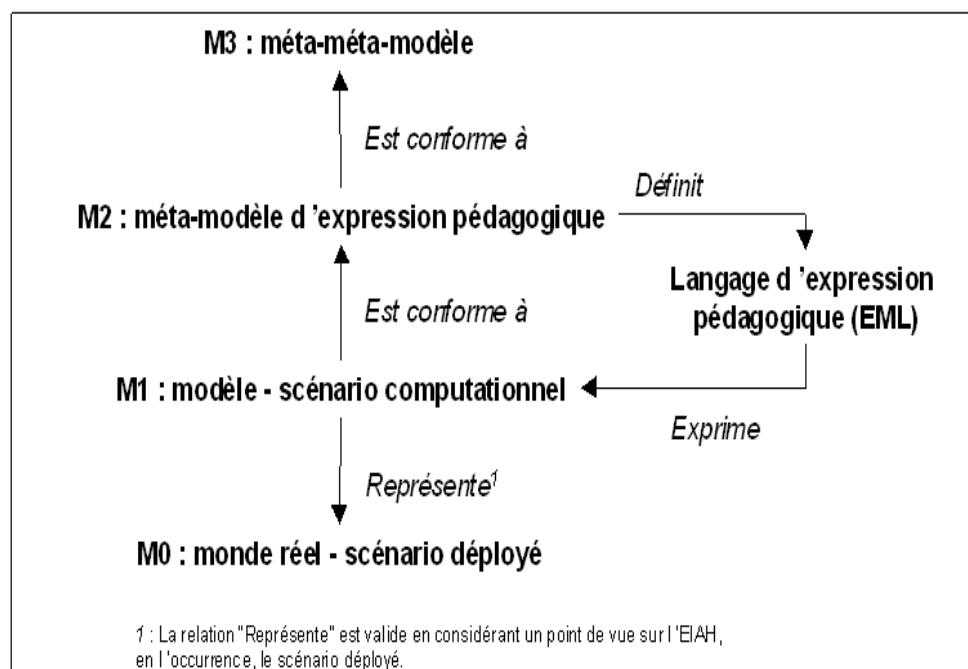


Figure 1.2: Vue orientée modèles de la scénarisation pédagogique adoptée dans REDiM, source : [Choquet 2007]

1.3 Définition des principaux termes utilisés

Nous donnons dans cette section une définition de certains termes fréquemment employés dans ce document :

- *⟨Connaissances pédagogiques :⟩* Nous utilisons le terme “connaissances pédagogiques” dans le sens du savoir, objet de l’apprentissage. Les connaissances pédagogiques constituent des notions d’un domaine métier spécifique. Par exemple : une formule, une règle en mathématiques ou une procédure, une fonction en programmation.
- *⟨Domaine pédagogique :⟩* Nous utilisons le terme “domaine pédagogique” dans le sens d’un domaine d’enseignement (comme par exemple les mathématiques). Un domaine pédagogique est caractérisé par le fait qu’il utilise un vocabulaire métier spécifique (connaissances pédagogiques) au domaine d’enseignement traité.
- *⟨Situation pédagogique :⟩* Une situation pédagogique est définie par le contexte organisationnel dans lequel l’activité d’apprentissage des utilisateurs de l’EIAH (apprenants, enseignants etc.) est réalisée.
- *⟨Situation de conception :⟩* Une “situation de conception” est définie par le contexte organisationnel dans lequel l’activité des concepteurs de la situation d’apprentissage est réalisée.

- *⟨Approche pédagogique :⟩* Nous utilisons le terme “approche pédagogique” dans le sens d’une stratégie ou d’une démarche pédagogique mise en oeuvre dans l’objectif d’induire des apprentissages spécifiques. Par exemple le CSCL (Computer Supported Collaborative Learning) pour des apprentissages collaboratifs, la pédagogie de projet pour des apprentissages de réalisation d’une production concrète, ou encore les PBL (Problem-Based Learning) pour des apprentissages de contenu et de développement de compétences de résolution de problèmes.
- *⟨Raisonnement en modélisation :⟩* Nous considérons la modélisation pédagogique comme une résolution de problèmes mettant en oeuvre un raisonnement des acteurs qui modélisent. Nous utilisons le terme “raisonnement” dans le même sens que [Tebaa Gable 1993], qui le considère comme basé sur : la compréhension, la résolution et l’évaluation de la situation modélisée. La compréhension de la situation modélisée prend en compte le contexte de sa mise en oeuvre ainsi que les contraintes pour choisir la stratégie de résolution à adopter pour la décrire.
- *⟨Primitives de modélisation :⟩* Le terme “primitives de modélisation” que nous utilisons regroupe les concepts manipulés du domaine pédagogique traité (par exemple la notion de contrainte d’intégrité en base de données) ou de l’approche pédagogique (par exemple la notion de tâche, d’étape en pédagogie de projet). Il constitue le vocabulaire métier généralement utilisé dans un domaine d’enseignement ou dans une approche pédagogique spécifique. Les primitives de modélisation incluent également les relations entre les concepts métiers.
- *⟨Structure de modélisation :⟩* Nous désignons par structure de modélisation la manière dont est organisé et est représenté l’ensemble des primitives de modélisation, composant ainsi un métamodèle d’expression pédagogique. Certains métamodèles comme nous le verrons plus loin utilisent des métaphores pour exprimer des structures de modélisation.
- *⟨Métamodèle situé :⟩* Nous désignons par métamodèle situé tout métamodèle spécifique à un domaine ou à une approche pédagogique.
- *⟨Métamodèle générique :⟩* Nous désignons par métamodèle générique tout métamodèle indépendant d’un domaine ou d’une approche pédagogique.

1.4 La conception du scénario pédagogique vue comme un processus de modélisation

1.4.1 Le processus de construction d'un scénario pédagogique

Dans les travaux menés en conception de scénarios pédagogiques, il est admis que leur description s'inscrit dans un cycle de vie emprunté au domaine du développement logiciel. Une représentation de ce cycle de vie inspirée de [Laforcade 2004][Vantroys 2003] est donnée dans la figure 1.3. Elle est composée de six phases :

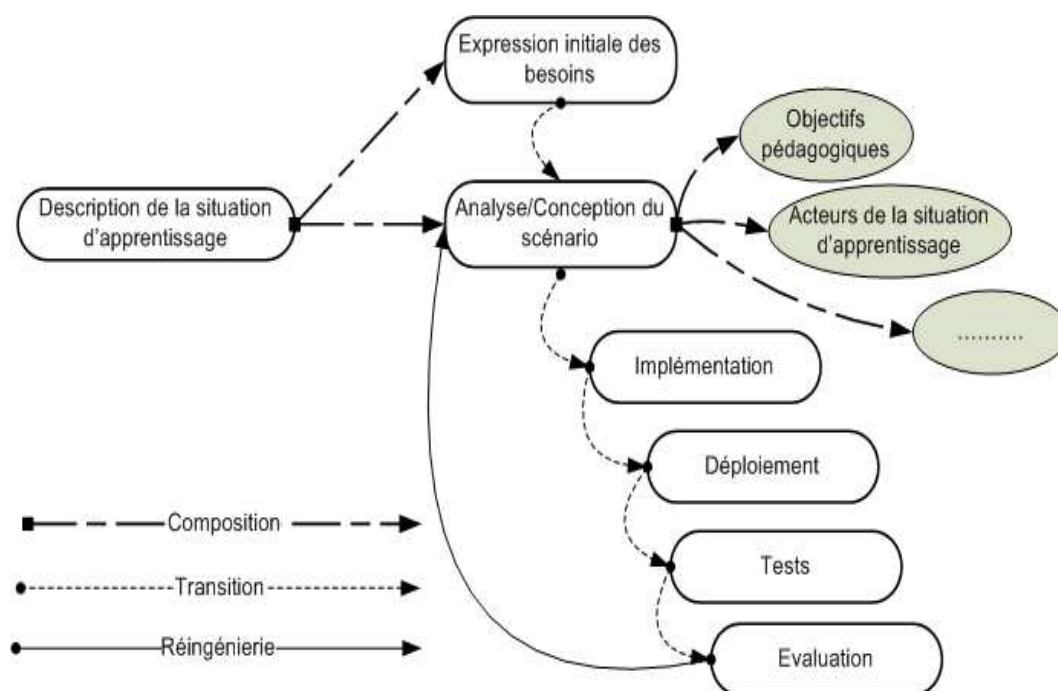


Figure 1.3: Processus itératif de conception d'un scénario pédagogique

1. Expression initiale des besoins.

Cette phase a pour objectif d'initialiser ce processus par une expression des besoins à satisfaire indépendamment de la méthode qui sera utilisée pour concevoir la situation d'apprentissage. Il apparaît souhaitable que cette analyse soit menée en amont.

2. Analyse et conception.

Cette phase a pour objectif de permettre de formaliser les étapes préliminaires de développement de la situation d'apprentissage afin de satisfaire le plus fidèlement possible les besoins énoncés à l'étape précédente.

Pour ce faire, le point de départ est un énoncé informel (le besoin tel qu'il est exprimé, complété par des recherches d'informations auprès des experts du domaine pédagogique, comme par exemple les enseignants), ainsi que de l'analyse de

l'existant éventuel (c'est-à-dire la manière dont les processus à traiter par le système d'apprentissage se déroulent chez les futurs utilisateurs). La phase d'analyse permet de lister les résultats attendus.

La phase de conception permet quant à elle de décrire de manière non ambiguë, le plus souvent en utilisant un langage de modélisation pédagogique, le fonctionnement futur de la situation d'apprentissage, afin d'en faciliter la réalisation. Cette phase amène à produire un scénario pédagogique.

3. Implémentation ou implantation.

Cette phase a pour objectif de transformer la conception (notamment exprimée à l'aide d'un langage de modélisation pédagogique par exemple) en code écrit dans un langage donné (XML par exemple). Ce code est interprétable par la machine et le scénario est donc opérationnel.

4. Déploiement.

Cette phase a pour objectif de mettre en oeuvre le scénario conçu pour qu'il puisse être réalisé par des apprenants. Le déploiement peut se faire par exemple sur une plateforme de formation de type LMS (Learning Management System).

5. Tests.

Cette phase a pour objectif 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 affinés, plus les spécifications de conception sont jugées stables.

6. Évaluation.

Cette phase a pour objectif de déduire à partir des tests précédents les améliorations possibles à apporter au système d'apprentissage, ce qui peut amener à revoir l'expression des besoins et/ou l'analyse et la conception du scénario réalisées au départ.

Une des phases essentielles de ce cycle de vie est la phase de conception décrite en (2). De notre point de vue, celle-ci relève d'un processus de modélisation décrivant la situation d'apprentissage via un scénario pédagogique explicite.

L'étape 6 en réingénierie implique un retour par un cycle itératif. Ainsi, il est possible de remonter toute phase vers les phases qui l'ont précédée. Ce cycle de réingénierie qui va de la spécification de la situation d'apprentissage aux tests permet le prototypage en scénarisation.

1.4.2 Rôle du métamodèle d'expression pédagogique

Un métamodèle est un modèle. Cette notion est présente partout et dans de nombreux domaines. Nous ne cherchons pas à donner une définition de modèle dans le contexte de différents usages, mais à en choisir une qui prenne sens dans notre contexte d'étude.

Nous adoptons pour le métamodèle d'expression pédagogique la définition d'un modèle proposée par [AI-Watch 1995] : *“un modèle, une abstraction qui permet de réduire la complexité en se focalisant sur certains aspects, de façon indépendante des aspects liés à l'implantation. Il est utilisé pour représenter et structurer des connaissances du domaine relevant de la pratique des concepteurs ainsi que de leurs relations. Il constitue donc le savoir acquis par l'étude ou l'expérience”*.

Une première fonction d'un tel métamodèle est de permettre de représenter et de structurer des connaissances d'un domaine pédagogique. Nous pensons qu'il constitue un objet qui devrait pouvoir servir au dialogue entre les usagers-concepteurs qui sont les experts du domaine pédagogique (les enseignants).

Comme le souligne [Leroux 1994] : *“Modéliser permet de penser une réalité, en l'occurrence une expertise, en la simplifiant ; cela permet de séparer l'essentiel de l'accessoire ; cela permet de communiquer, d'assurer un échange, une confrontation, une négociation”*.

Chercher à modéliser conduit donc généralement les usagers-concepteurs à s'interroger sur la façon dont ils souhaitent que le système résolve les problèmes [Trichet 1998].

Ainsi, un métamodèle d'expression pédagogique pourra être utilisé pour servir à d'autres fins qu'exprimer un scénario comme par exemple l'évaluation de la démarche de conception. Il devient ainsi un cadre favorisant la compréhension. Il peut constituer un guide ou une base de raisonnement pour ses usagers-concepteurs.

1.5 Les deux principales approches de conception d'un scénario pédagogique

Différents travaux dans la communauté EIAH abordent l'activité de scénarisation pédagogique. Deux principales approches émergent.

La première est basée sur l'utilisation d'un métamodèle pré-défini pour exprimer le scénario pédagogique ; nous la désignons par “approche interprétative”. La seconde est basée sur une construction du scénario et du métamodèle par abstraction depuis une source ; nous la désignons par “approche constructive”.

La figure 1.4 illustre ces deux approches. Pour simplifier la lecture de cette figure, nous représentons la notion de scénario et de métamodèle sur le même niveau qui est le niveau “modèle”.

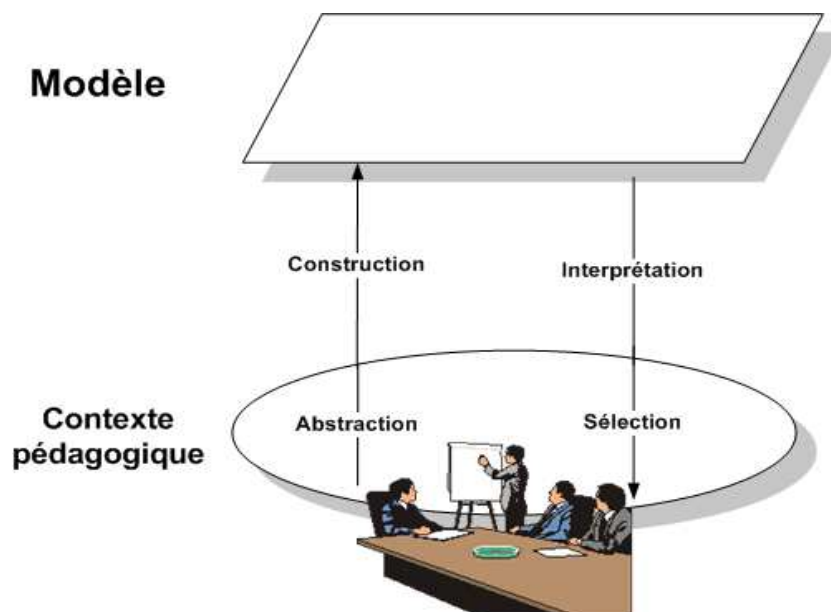


Figure 1.4: Les approches interprétative et constructive de la scénarisation pédagogique

1.5.1 Approche interprétative de la scénarisation

Dans cette approche de conception, la construction du scénario relève d'un processus d'interprétation. Ce processus consiste à sélectionner et à interpréter un métamodèle pré-défini, puis à représenter le scénario pédagogique avec ce métamodèle.

La description du scénario est guidée par la structure du métamodèle choisi. Ce dernier, quand il est générique⁸, propose une structure en modélisation qui est fixe (par exemple la métaphore du théâtre dans le cas d'IMS Learning-Design⁹ [IMS-LD 2003]), mais réutilisable pour décrire des scénarios dans différents domaines et/ou pour différentes approches pédagogiques.

Parce que la scénarisation est guidée par un métamodèle, cette approche favorise une acquisition de connaissances dirigée par les modèles et allège le travail conséquent de la modélisation. Elle est certes excellente pour des apprentissages techniques de la modélisation (respect strict de la formalisation et des contraintes, conformité de la notation...) par les usagers-concepteurs ; mais elle reste limitée par l'absence de questionnements des interlocuteurs et pour décrire les spécificités d'une situation d'apprentissage cible.

Afin de mieux illustrer nos propos, nous proposons dans ce qui suit de relater une expérimentation que nous avons menée. Celle-ci visait l'étude de l'approche interprétative de la conception d'un scénario pédagogique dans un contexte de gestion de projet Web.

⁸Nous utilisons dans ce document souvent la désignation de métamodèle générique. Nous rappelons que nous désignons par métamodèle "générique", tout métamodèle qui reflète une démarche de conception en des termes indépendants d'un domaine ou d'une approche pédagogique spécifique.

⁹La spécification IMS Learning-Design est un langage de modélisation pédagogique (EML) permettant de modéliser des situations d'apprentissage.

1.5.1.1 Exemple d'une expérimentation visant à étudier l'approche interprétative de la conception d'un scénario pédagogique

Cette expérimentation a été effectuée dans le cadre du projet REDiM. La principale motivation était d'associer des enseignants de l'IUT de Laval à un travail en scénarisation pédagogique [El-Kechaï et Choquet 2005].

Ce travail a été mené sur la base de la proposition d'une activité collective de scénarisation entre enseignants et chercheurs pour la conception d'une activité d'apprentissage et le développement d'un EIAH.

Cet EIAH a été mis à l'essai pour étudier comment le processus d'ingénierie et de réingénierie d'un scénario guidé par un métamodèle d'expression pédagogique, permet à des enseignants de s'approprier, de concevoir et d'intégrer dans leurs pratiques, des dispositifs d'enseignement et d'apprentissage supportés par les TIC (Technologies de l'Information et de la Communication).

Nous avons travaillé avec l'équipe pédagogique composée de 15 enseignants d'un département d'IUT - spécialité Services et Réseaux de Communication - à la définition d'une activité collective proposée à des étudiants (au nombre de 56 répartis en groupes). Ces étudiants devaient développer un site internet en suivant une méthodologie de gestion de projet Web.

La principale motivation des enseignants était d'amener les étudiants à s'organiser et à mettre en oeuvre leurs connaissances sur un problème concret (des conditions proches de la réalité de l'entreprise) afin de leur permettre de mieux maîtriser les techniques de gestion de projet Web et d'évaluer leurs aptitudes à travailler dans une entreprise.

La pédagogie de projet Web à l'IUT est mise en oeuvre par l'intermédiaire de projets tuteurés, permettant aux étudiants de travailler en équipe à la réalisation d'un projet mobilisant la plupart des compétences enseignées par leur formation.

Une activité de tutorat a été mise en place consistant 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.

Pour mettre en oeuvre cette activité, nous avons proposé aux enseignants d'utiliser un environnement développé au LIUM nommé Symba [Betbeder 2003]. C'est un environnement informatique malléable (au sens de [Morch et Mehandjiev 2000]) support d'ACCA (Activités Collectives en Contexte d'Apprentissage). Il permet de faire travailler les apprenants sur les compétences relatives à l'organisation d'une activité collective. Symba dissocie pour cela quatre espaces (pour une présentation détaillée voir [Betbeder et Tchounikine 2003]). Les deux principaux sont l'espace d'organisation qui permet aux apprenants d'explicitier l'organisation de leur activité sous forme de plans et de tâches, et l'espace d'activité qui propose aux apprenants un environnement de réalisation spécifique pour chaque tâche. Cet environnement de réalisation est généré à partir de l'organisation qui a été définie.

Dans cette mise à l'essai, nous avons mis en oeuvre une approche interprétative de la scénarisation illustrée par la figure 1.5. Elle a consisté à expliciter le scénario de l'activité (le scénario prédictif) en utilisant un langage de modélisation pré-défini : IMS Learning-Design [IMS-LD 2003].

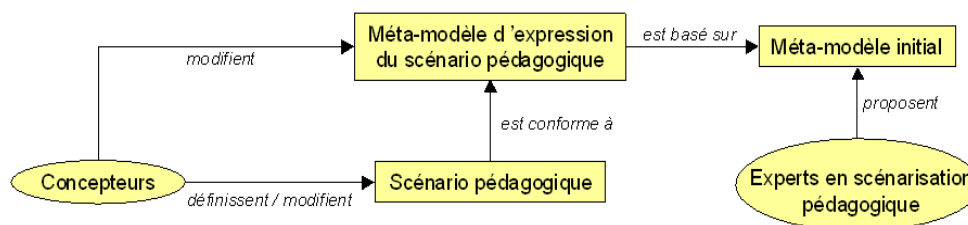


Figure 1.5: Approche interprétative de la conception d'un scénario pédagogique adoptée, source : [Choquet 2007]

La conception du scénario pédagogique de l'activité s'est faite sur la base d'un modèle de la tâche¹⁰ qui a été défini par les enseignants. Ce modèle de la tâche a été établi sur la base de notre utilisation d'IMS-LD pour guider la conception et interroger les enseignants sur leurs intentions pédagogiques. Nous leur avons présenté les primitives d'IMS-LD et en cherchant à instancier ces primitives, l'équipe pédagogique a réussi à définir le scénario prédictif de l'activité. Ainsi par exemple, les enseignants ont réfléchi et se sont questionnés sur certains aspects de la scénarisation comme les rôles des apprenants, le choix des outils de l'environnement, la description des tâches et des objectifs pédagogiques, la mise en place d'une stratégie d'accompagnement, les modalités de collaboration, le type de productions à chaque étape du scénario, les délais de réalisation des tâches etc.

Le modèle de la tâche élaboré par les enseignants a abouti à un scénario en 5 étapes (définition du projet, conception générale, conception détaillée, réalisation et intégration, diffusion) structurées en tâches séquentielles ou parallèles. Ce scénario a ensuite été mis en oeuvre dans Symba.

La figure 1.6 illustre l'étape 2 du modèle de la tâche : l'étape de conception générale. Elle est structurée en 2 tâches parallèles - "structure du site et des pages Web" et "architecture et infrastructure" - suivies de la tâche "aspect du site". Cette même figure donne un extrait de la représentation formelle du scénario dans le langage IMS-LD ainsi qu'une copie écran illustrant la mise en oeuvre de l'étape 2 (la conception générale) dans Symba.

¹⁰Nous entendons ici par modèle de la tâche, la perception qu'a (ou que devrait avoir) l'étudiant de l'activité proposée.

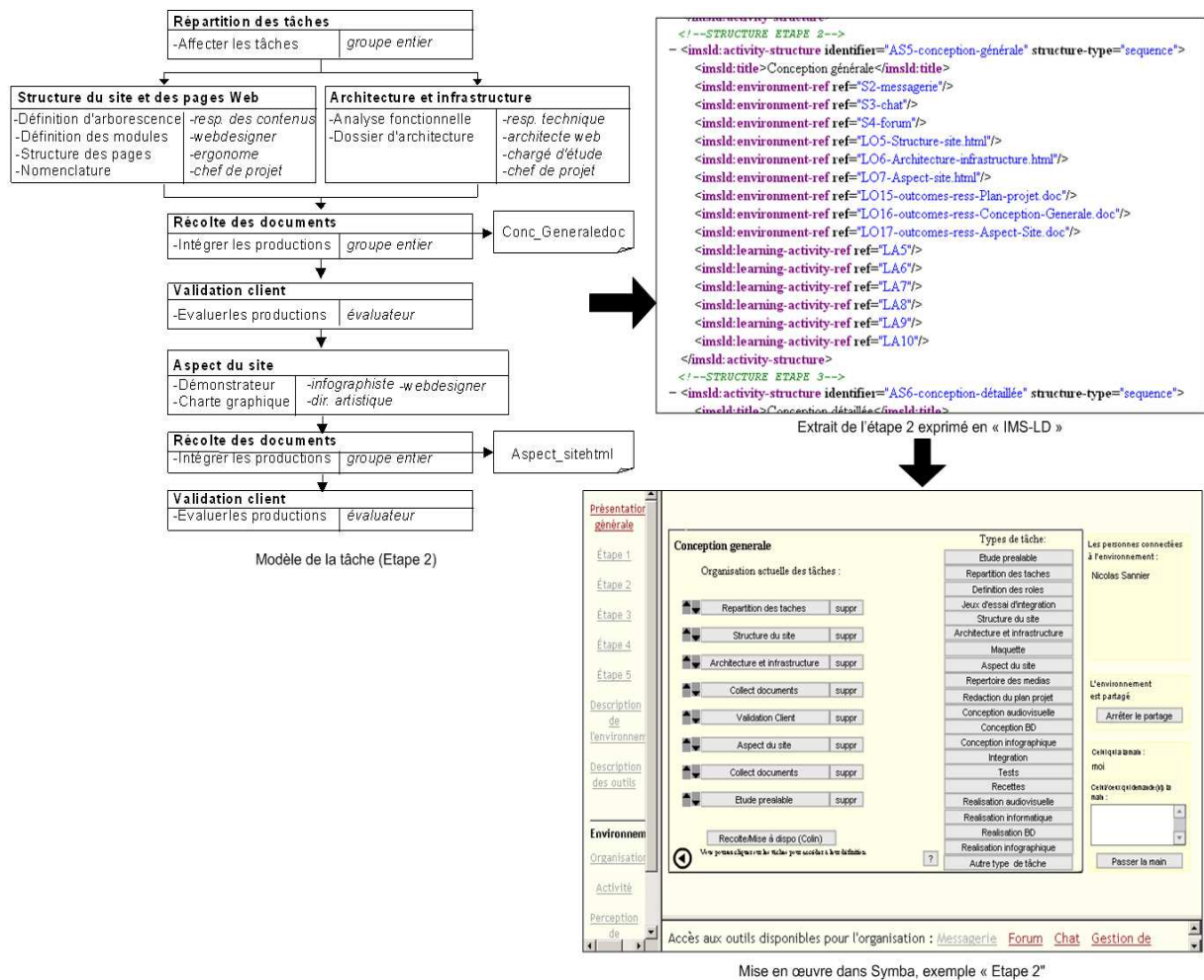


Figure 1.6: Extrait de l'activité d'apprentissage (conception et mise en oeuvre dans Symba)

1.5.1.2 Analyse et résultats de la mise à l'essai.

La réflexion *a priori* sur la situation d'apprentissage mise en oeuvre dans Symba a permis de mettre en place un ensemble de moyens dédiés à l'observation de son déroulement pour chaque groupe d'apprenants.

La nature malléable de Symba et des scénarios (scripts collaboratifs¹¹) qu'il permet de mettre en oeuvre, ainsi que l'objectif d'apprentissage qu'il vise (l'organisation) apporte une certaine flexibilité favorisant des adaptations à différents niveaux de l'activité (au niveau du plan de tâches, des différentes étapes, des rôles des apprenants etc.). Symba donne ainsi des possibilités de rééditer le script initial (le scénario prédictif), ce qui a permis de donner la possibilité aux apprenants de modifier le scénario durant le déroulement de leur activité. Nous avons capturé les séquences d'activités de chaque groupe d'apprenants telle qu'elle

¹¹ "CSCL scripts are activity models that aim at enhancing the probability knowledge generative interactions such as conflict resolution, explanation or mutual regulation occur during the collaboration process". [Dillenbourg et Tchounikine 2007].

se sont déroulées en session. Nous avons identifié les rôles tenus par les apprenants au sein d'un groupe etc. Nous avons ainsi pu reconstituer les scénarios observés (descriptifs) pour les différents groupes à partir de ce que nous avons perçu du déroulement de l'activité via Symba. Nous avons décrit ces scénarios en IMS-LD, ce qui nous a permis de comparer ce qui était prévu par les enseignants avec ce qui s'est déroulé en session en restant dans un même modèle de représentation [Barré et al. 2005] [Barré et al. 2007].

Nous ne présentons pas ici les résultats de cette expérimentation de façon détaillée (pour plus de détails voir [El-Kechaï et Choquet 2005]). Nous nous focalisons ici sur la dimension plus générale de la réingénierie du dispositif, et plus spécifiquement sur l'aspect qui nous intéresse : les avantages et les inconvénients d'une approche interprétative de la scénarisation.

Les résultats de cette mise à l'essai ont permis aux enseignants d'avoir une réflexion pédagogique sur l'activité proposée, et de déterminer des actes de réingénierie. Nous prendrons ici pour exemple la réflexion autour de l'évolution du métamodèle du langage IMS-LD.

Dans cette expérimentation, les enseignants ont souhaité exprimer des besoins "situés" c'est-à-dire spécifiques à l'approche pédagogique adoptée (la pédagogie de projet). Ces besoins ont précisément consisté dans cette étude à relever la nécessité de certains outils pour réaliser certaines activités, comme par exemple un tableau blanc partagé pour l'activité "aspect du site" représentée dans la figure 1.6 afin de permettre aux étudiants d'élaborer la charte graphique de leur site 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. Ils ont ainsi décidé d'exploiter des services de communication à des fins pédagogiques et de spécifier les activités d'échange (notamment les activités d'évaluation entre pairs) de la communication graphique des sites en construction.

IMS-LD s'est avéré insuffisant pour exprimer tous ces besoins, ce qui nous a amené à adopter une extension au niveau de la primitive "services" de IMS-LD. Cette extension définie par [Hernández-Leo et al. 2004] est décrite par une nouvelle primitive de modélisation nommé "groupservice" pour soutenir les interactions dans les groupes. Cette primitive est composée des informations nécessaires à la description des participants, du type de communication (écriture, dialogue, dessin etc.) et de l'espace de travail. Ceci a abouti à la modification du langage utilisé initialement pour la description du scénario.

L'analyse des scénarios observés pendant la mise à l'essai du dispositif d'apprentissage, et la négociation de la conception du scénario prédictif par les enseignants leur a permis de mieux comprendre la situation pédagogique qu'ils ont mise en place. Cette compréhension a eu trois conséquences :

- La réingénierie du scénario pédagogique a abouti à la définition de nouvelles activités et de nouvelles modalités de collaboration entre pairs.
- Les résultats de cette réingénierie ont fait évoluer le scénario pédagogique.

- Cette évolution a amené à définir de nouvelles primitives pour IMS-LD et à favoriser ainsi sa réingénierie. La réingénierie de IMS-LD était nécessaire afin de mieux exprimer les transformations subies par le scénario pédagogique.

Cette mise à l'essai nous a amené au constat qu'une approche interprétative, en restant proche - et dirigée par - un métamodèle d'expression pédagogique a permis aux enseignants de passer d'une simple définition et d'une organisation des contenus à la réflexion sur les modalités pédagogiques, et à la négociation du scénario pédagogique. La réflexion de l'équipe pédagogique a ainsi évolué d'une simple description et mise à disposition de ressources jusqu'à poser des questions vives (traçage de l'activité et de l'interaction, formalisation de scénarios à base de rôles), et de ce fait à être plus centrés sur la scénarisation pédagogique.

1.5.1.3 Limites de l'approche interprétative.

Les enseignants ont bénéficié de cette expérience. Néanmoins, cette approche n'a pas été totalement satisfaisante.

D'une part le caractère abstrait d'IMS-LD n'a pas permis de répondre à certains besoins spécifiques des enseignants. Ces besoins portaient sur la prise en compte de certaines modalités de collaboration comme nous les avons énoncées précédemment. D'autre part, utiliser IMS-LD a imposé une structure de modélisation basée sur une métaphore (théâtrale). Pour pouvoir l'utiliser, il était nécessaire de modéliser le scénario conformément à cette structure. Il est difficile d'évaluer l'influence qu'a pu avoir cette structure de modélisation sur le scénario produit. Les enseignants auraient-ils produit un scénario différent si sa conception n'était pas guidée par IMS-LD ?

Le risque lorsque l'on choisit un métamodèle pré-défini est que certains particularismes peuvent émerger *in situ* (dans la situation d'apprentissage). Ils ne peuvent pas être toujours anticipés dans une situation de conception. La description de ces particularismes peut ne pas être prise en charge par le scénario pédagogique car le métamodèle choisi pour l'exprimer ne l'autorise pas. Le métamodèle devrait donc donner les moyens aux usagers-concepteurs d'adapter et de faire évoluer leur scénario.

1.5.2 Approche constructive de la scénarisation

Afin de répondre aux insuffisances de l'approche interprétative énoncées précédemment, nous proposons dans cette thèse une approche constructive en scénarisation impliquant les enseignants dans la conception. Cette conception porte non seulement sur les scénarios (comme c'était le cas dans l'approche interprétative que nous avons décrite précédemment), mais également sur leurs métamodèles d'expression pédagogique. Nous proposons d'inscrire la conception dans un contexte collectif impliquant les utilisateurs finaux de l'EIAH (nous ciblons les enseignants ou les formateurs).

Une approche constructive en conception consiste à analyser les caractéristiques d'un contexte d'apprentissage particulier, à identifier les connaissances (objets de l'apprentissage visé), à cristalliser ces connaissances pour construire un métamodèle d'expression pédagogique, et à utiliser ce dernier pour exprimer des scénarios. Cette approche devrait permettre d'aboutir à la production d'un métamodèle adapté et adaptable pour décrire la situation d'apprentissage ciblée par les usagers-concepteurs. Il est toutefois difficile de juger de la pertinence de sa réutilisation dans d'autres contextes d'apprentissage. Cette approche est illustrée par la figure 1.7.

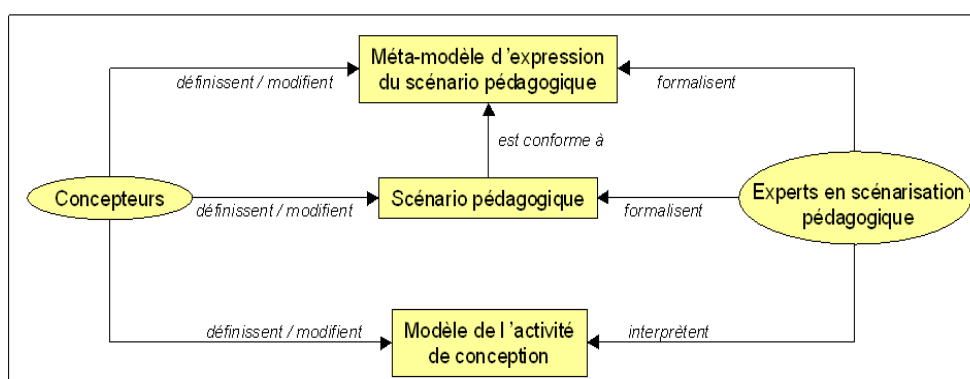


Figure 1.7: Approche constructive de la conception d'un scénario pédagogique adoptée, source : [Choquet 2007]

Dans cette approche, les usagers-concepteurs (enseignants) qui sont les experts du domaine pédagogique, sont impliqués dans la conception du scénario et de son métamodèle. Il ne s'agit donc pas d'exprimer un scénario avec un métamodèle pré-défini comme c'est le cas de l'approche interprétative.

Une telle approche présente des avantages. Elle favorise par nature la prise en compte des connaissances et des spécificités d'un domaine pédagogique cible. Elle accorde plus d'importance aux experts du domaine (les enseignants), qui se sentent ainsi plus impliqués dans le processus de conception et sont plus à même de valider la modélisation.

Bien que son principal inconvénient est qu'elle nécessite une analyse du domaine pédagogique plus conséquente que dans l'approche interprétative et un travail d'abstraction qui alourdit le travail de modélisation, elle reste cependant excellente pour :

- partir des besoins et intérêts spontanés des usagers-concepteurs ;
- permettre l'expression personnelle et la créativité ;
- développer l'autonomie (donc valorisation des tâtonnements et d'une pratique des enseignants en scénarisation qualifiée de "bricolage" dans certains travaux [Caron 2007a]).

[Adreit et Vidal 1998] précisent qu'en adoptant une approche constructive en modélisation, les usagers-concepteurs : *“raisonnent, exercent leur intelligence et récursivement...élaborent leur propre activité de conception”* [Simon 1981][LeMoigne 1985][LeMoigne 1990]. Les métamodèles deviennent ainsi des états qui rétro-agissent sur le processus de conception [Morand 1994] (cf. figure 1.8).

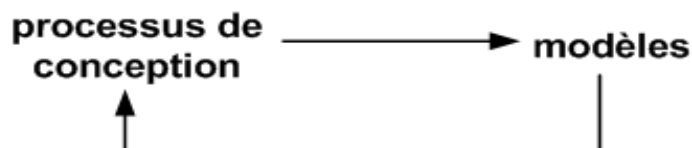


Figure 1.8: Les modèles : résultats et moyens dans le processus de conception [Adreit et Vidal 1998]

Afin de bien comprendre les phénomènes inhérents à cette approche, nous nous sommes intéressés à des situations de travail en conception dans le cadre d'une deuxième mise à l'essai. Cette dernière est menée dans le cadre d'un projet de recherche nommé LEA¹² (Livret Electronique d'Apprentissage) pour la conception d'un outil de suivi d'apprentis. Un des principaux intérêts que nous portons à ce projet porte sur le fait qu'il implique des formateurs dans le travail de conception.

Dans ce projet, aucun métamodèle n'est proposé ou imposé aux usagers-concepteurs : la conception n'est donc pas interprétative. Cette mise à l'essai est abordée de manière détaillée dans la troisième partie de ce document.

1.6 Éléments de la problématique

1.6.1 Spécificité de l'activité de conception de scénarios pédagogiques et nécessité d'une approche constructive

Dans une approche interprétative, le processus de conception de scénarios pédagogiques est un processus à la croisée des chemins. Plusieurs acteurs interviennent tout le long du processus. D'un côté, il y a le monde des concepteurs, experts en modélisation pédagogique (ingénieur pédagogique, informaticien par exemple) qui spécifient le métamodèle. D'un autre côté, il y a le monde des utilisateurs qui sont essentiellement les enseignants qui utilisent le métamodèle conçu pour décrire leur scénario pédagogique. Ce scénario pédagogique s'adresse à des apprenants qui réalisent l'activité d'apprentissage. Dans la figure 1.9, nous donnons les cas d'utilisation de ces différentes situations.

¹²Le projet LEA est un projet de recherche ANR, résultat d'un partenariat qui rassemble le LIUM (Laboratoire d'Informatique de l'Université du Maine) et le CFAVM (Centre de Formation des Apprentis des trois Villes de la Mayenne), subventionné par le ministère de la recherche, direction de la technologie.

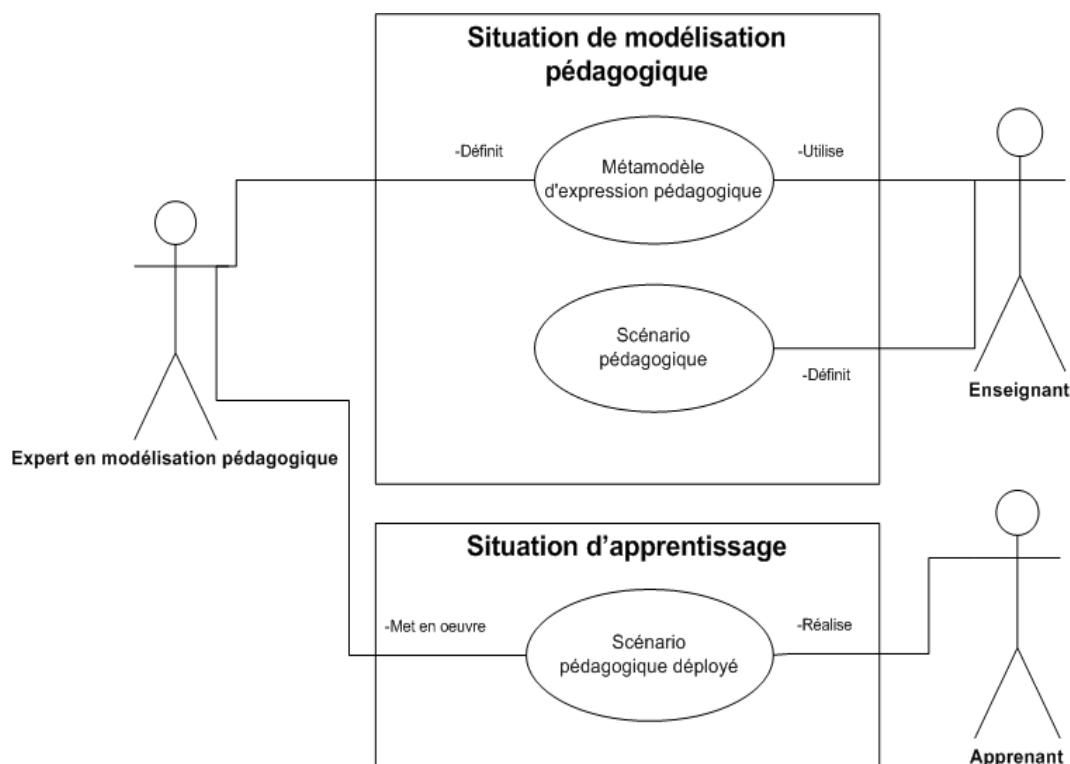


Figure 1.9: Cas d'utilisation des acteurs impliqués dans l'activité de conception et de réalisation du scénario pédagogique

Le travail qui porte sur la définition du métamodèle n'est pas pris en compte dans une approche interprétative de la scénarisation pédagogique. L'idée partagée est de mettre à disposition des enseignants des langages dont les métamodèles encadrent la formulation de leurs scénarios comme c'est le cas par exemple dans [Ferraris et al. 2007] ou dans [IMS-LD 2003].

Ces métamodèles sont conçus par des experts en modélisation (par exemple les informaticiens) et s'adressent à des enseignants qui sont les experts du domaine pédagogique et sont les plus aptes à décrire la situation pédagogique. Ceci peut engendrer une tension plus ou moins palpable entre le métamodèle conçu d'un côté et la situation d'apprentissage qu'il décrit de l'autre. Cette tension relève de l'interprétation des spécificités de la situation pédagogique par l'expert chargé de la modélisation.

Si ce dernier n'implique pas les enseignants dans le travail de conception du métamodèle, ceci risque d'engendrer une perte de l'intentionnalité, et aura pour conséquence un problème d'inappropriation du métamodèle dans la situation pédagogique ciblée. Le métamodèle conçu risque ainsi de poser des difficultés d'appropriation de la part des enseignants qui vont l'utiliser pour exprimer leurs scénarios pédagogiques.

Parce que l'approche constructive que nous proposons implique les utilisateurs finaux (les enseignants) du métamodèle dans sa conception, nous pensons que ceci favorise son appropriation.

En proposant une approche constructive de la scénarisation, nous ajoutons un niveau supplémentaire au cycle de vie du scénario pédagogique. Ce niveau supplémentaire, nous conduit à modifier la figure 1.3 de la section 1.4.1 pour aboutir à une démarche de construction d'un scénario pédagogique composé de 7 étapes au lieu de 6 (cf. figure 1.10).

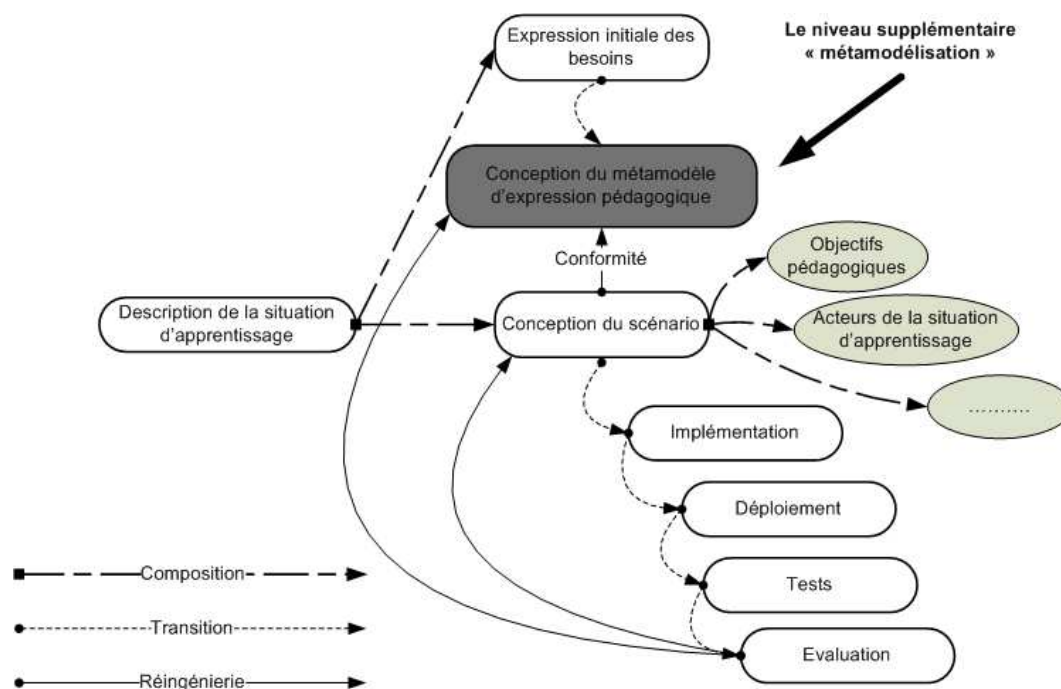


Figure 1.10: Cycle de vie du scénario pédagogique intégrant une étape de métamodélisation

Ce niveau supplémentaire porte sur la métamodélisation. Il s'agit concrètement de donner les moyens aux usagers-concepteurs de définir leur métamodèle d'expression pédagogique. Ce dernier servira dans l'étape de scénarisation en fournissant un cadre de modélisation auquel doit se conformer la description du scénario pédagogique, tout en permettant de revenir à l'étape de métamodélisation.

1.6.2 Spécificités des métamodèles dans une approche constructive de la scénarisation

Dans une approche constructive, un métamodèle d'expression pédagogique est à la fois résultat et moyen de conception. Il est construit collectivement et évolue, soit en phase amont de sa mise en oeuvre et/ou par des actes de réingénierie.

Une des spécificités d'un tel métamodèle est qu'il déclenche lors de sa conception des interactions entre les usagers-concepteurs provoquant tour à tour négociation, délibération, appropriation, conception et concrétisation. Il est le résultat d'un ensemble d'actions où :

- Un usager-concepteur passif (qui n'agit pas sur le métamodèle à un moment donné) perçoit un métamodèle exprimé par d'autres usagers-concepteurs, l'interprète et se l'approprie (construit sa propre compréhension du métamodèle). Ce processus

d'appropriation peut susciter des interrogations, des divergences, ce qui l'amène à agir et devenir ainsi un usager-concepteur actif (qui agit sur le métamodèle à un moment donné).

- Un usager-concepteur actif élabore et applique des actions sur un métamodèle : l'interprétation qu'il en construit l'amène à le transformer, et à le faire évoluer.

Nous pensons qu'un tel processus suscite la créativité et l'appropriation de la conception, cependant une question subsiste. Dans [Adreit et Vidal 1998], il est souligné que ce type d'évolution peut poser des problèmes de la terminaison du processus de conception : de version en version, le processus est *a priori* sans fin. [Simon 1982] souligne toutefois qu'il se termine lorsque les usagers-concepteurs jugent avoir atteint un "satisfactum" : soit que le métamodèle construit est jugé satisfaisant, soit que le coût de la poursuite du processus est jugé rhédibitoire. Le processus de conception peut alors être interrompu : la version courante du métamodèle constitue un métamodèle-résultat, compromis de conception.

Un métamodèle conçu par ses propres utilisateurs présente également d'autres spécificités. Pour les lister, nous proposons les critères discriminants suivants :

- Il est construit à partir de connaissances endogènes au contexte de ses utilisateurs, leur permettant ainsi de raisonner pour décrire leur situation d'apprentissage. Parce qu'il est construit par ses propres utilisateurs, nous pensons que ceci favorise son intelligibilité. En effet, comme le souligne [Dubet 1994] : *"une méthodologie utilisée mettant en oeuvre la participation des professionnels dans leur contexte réel de travail engendre un processus compréhensif, interprétatif et heuristique, discours et émotions pour donner de l'intelligibilité et sens à l'action"*.
- Il utilise une structure de modélisation spécifique, définie également par les usagers-concepteurs.
- Il explique ou rend compréhensible une situation d'apprentissage cible. Il fonctionne donc correctement dans son domaine d'application (situation d'apprentissage spécifique). Sa réutilisation dans d'autres contextes d'apprentissage ne peut être garantie.
- Il permet la médiation entre le sujet et l'objet de conception (la situation d'apprentissage) ainsi qu'entre les sujets. Il est donc issu d'une situation de conception collective, distribuée et située¹³. Parce que la conception du métamodèle dans notre approche constructive relève de l'action située¹⁴ [Suchman 1987], nous

¹³ Nous partageons le point de vue de [Brassac 1994] selon qui, les adjectifs "située" et "distribuée", renvoient à une perspective à la fois interactionniste (importance donnée aux interactions entre les sujets) et constructiviste (importance donnée à la construction d'un objet dans la situation du sujet).

¹⁴ Le "courant situé" de l'action et de la cognition est généralement associé aux travaux de Lucy Suchman. La thèse défendue par Suchman dans [Suchman 1987] couvre plusieurs points ; en substance : une remise en cause profonde du paradigme computo-représentationnaliste alors dominant, la mise en évidence du caractère opportuniste et improvisé de l'action, l'accent mis sur son ancrage matériel et social, et par

le désignons par “métamodèle situé”, c’est-à-dire spécifique à un domaine ou à une approche pédagogique (par opposition à un métamodèle générique).

- Il conserve un caractère flexible et ouvert pour faciliter sa maintenance et son évolution. Nous entendons par flexibilité, la possibilité de modifier le métamodèle. Cette flexibilité est rendue nécessaire par la nature évolutive de la conception.

Les approches de la scénarisation qui adoptent des métamodèles génériques ne satisfont qu’imparfaitement ces critères. En effet, ces métamodèles ont deux spécificités :

- Ils sont réfléchis et conçus indépendamment des situations d’apprentissage où ils sont mis en oeuvre. Ils ne sont donc pas spécifiques à un domaine pédagogique. Ceci leur donne un niveau d’abstraction tel qu’ils sont utilisés pour la description de situations d’apprentissage dans des contextes différents. Pourtant, le poids des connaissances pédagogiques n’est pas le même dans ces différents contextes.
- Etant donné la nature générique de ces métamodèles, la description des scénarios une fois réalisée et installée, évolue peu ; son seul motif d’évolution est la détection d’un défaut de fonctionnement ou de déroulement de la situation d’apprentissage : les métamodèles génériques ne sont ni modifiables ni évolutifs.

1.6.3 Première problématisation de notre objet d’étude et nature de notre résultat

Le Moigne [LeMoigne 1990] définit la modélisation comme *“l’action d’élaboration et de construction intentionnelle, par composition de symboles, de modèles susceptibles de rendre intelligible un phénomène perçu complexe, et d’amplifier le raisonnement de l’acteur projetant une intervention délibérée au sein du phénomène ; raisonnement visant notamment à anticiper les conséquences de ses projets d’actions possibles”*.

Cette définition explicite le fait que la modélisation renvoie toujours à une intentionnalité, c’est à dire qu’une situation ne va être modélisée qu’en fonction de certaines fins. La modélisation n’est donc pas objective.

Nous partageons ce point de vue. Ainsi, l’argumentation de cette thèse est qu’il n’y a modélisation pédagogique précisément que par référence à un raisonnement, à un contexte pédagogique cible et réciproquement (un raisonnement à son tour, ne peut exister que par référence à une modélisation dans un contexte pédagogique spécifique).

Cette thèse est une tentative de concevoir la modélisation pédagogique comme basée sur une construction progressive et collective de métamodèles d’expression et de scénarios pédagogiques, conception impliquant des usagers-concepteurs.

L’essentiel des spécificités de l’approche que nous proposons et que nous retenons sont les suivantes :

voie de conséquence le rôle fondamental joué par les facteurs contextuels et les mécanismes de production d’intelligibilité mutuelle entre acteurs [Relieu et al. 2004].

- un métamodèle devrait devenir un composant tout aussi essentiel de la démarche d'ingénierie pédagogique que le scénario lui-même ;
- parce qu'il est construit par ses utilisateurs, un métamodèle est situé dans la conception ;
- parce sa conception est collective, un métamodèle est amené à être négocié, transformé favorisant ainsi son évolution. Notons qu'il peut évoluer lors de sa conception : en amont de la mise en oeuvre de la situation d'apprentissage, c'est-à-dire *a priori*. Il peut évoluer également après le déroulement de la session d'apprentissage, c'est-à-dire *a posteriori* par des actes de réingénierie, mais également pendant la session d'apprentissage.

Si nous avons expliqué l'intérêt de proposer une approche constructive de la scénarisation, il nous faut rendre compte du contenu d'une telle approche. Porte-elle sur une méthode de conception ? un processus ? un modèle ? etc. Pour cela, il nous faut répondre à un ensemble de questions de recherche :

- Comment permettre l'expression des métamodèles et des scénarios pédagogiques par des usagers-concepteurs ?
- Comment prendre en compte la nature collective de la conception ?
- Comment rendre compte de l'évolution des métamodèles et des scénarios pour assurer la continuité du processus de conception ?

Pour répondre à ces questions, nous avons mené des expérimentations de situations de conception. Le constat auquel nous avons abouti dans ces expérimentations rejoint celui de [Lebahar 1998] :

- Le processus de conception consiste en une construction de modèles impliquant des résolutions de problèmes. Ces dernières portent sur l'énoncé de problèmes portant sur le contenu de la situation à décrire ainsi qu'à l'évaluation de la meilleure solution à apporter en fonction des objectifs visés. Ces résolutions de problèmes sont plus ou moins bien définies et donnent lieu à des processus plus ou moins planifiés ou opportunistes¹⁵.
- Les modèles en conception sont des objets qui parcourent l'activité de conception. Pour assurer la continuité du processus, il faut atteindre leur aspect dynamique.

Pour prendre en compte ces constatations, nous avons défini et instrumenté un ensemble de processus de conception collective définissant et caractérisant un ensemble d'artefacts,

¹⁵Des processus de conception opportuniste sont des processus où les concepteurs ne suivent que très rarement des schémas pré-établis [Visser 1994].

qui contribuent à l'élaboration des modèles et mettent en exergue leur dynamique. Nous entendons par dynamique des modèles le fait qu'ils passent par des états intermédiaires durant leur conception : ils sont produits, mobilisés, transformés, rejetés, repris ... Ils occupent ainsi une place importante dans l'action. Rendre compte de cette dynamique constitue un feed-back qui restitue une logique de conception utile pour la poursuite du processus de conception.

1.7 Les travaux réalisés

Pour tester notre approche, nous avons développé un environnement appelé Tasmim¹⁶. Cet environnement permet de modéliser des situations d'apprentissage selon une approche constructive. Il propose pour cela un éditeur collaboratif qui permet de concevoir collectivement des métamodèles et des scénarios pédagogiques.

Tasmim offre les moyens de capitaliser les modèles conçus et propose également un ensemble d'outils visant à produire des artefacts (traces des actions de modélisation, documentation et états des modèles conçus ...). Ces artefacts constituent une traçabilité de la conception et sont à leur tour capitalisés.

Parce que nous considérons les modèles comme des objets traversant le processus de conception, les artefacts précédents capitalisés vont servir à rendre compte de l'état des modèles et à restituer aux usagers-concepteurs leur dynamique dans la conception.

Ces outils sont le résultat de l'instrumentation d'un ensemble de processus d'assistance à la conception pédagogique. Nous les avons identifiés et définis suite à une analyse de situations de conception menée dans le projet LEA (Livret Electronique d'Apprentissage). Trois étapes principales composent notre démarche de recherche :

- une analyse menée dans le cadre du projet LEA ;
- la définition des processus pour assister la conception collective de métamodèles et de scénarios pédagogiques ;
- l'instrumentation de ces processus par des outils rassemblés dans l'environnement Tasmim.

A chacune de ces étapes un travail est réalisé. Nous donnons un aperçu de ces travaux dans ce qui suit :

1.7.1 L'étude menée dans le projet LEA

Ce projet met en oeuvre le processus d'ingénierie et de réingénierie suivant l'approche de la conception participative, en partenariat avec un Centre de Formation par l'Apprentissage. C'est dans ce contexte que nous avons mené une expérimentation destinée à explorer les

¹⁶Tasmim est la traduction arabe du terme conception.

processus de conception selon une approche constructive de la modélisation.

Ce projet vise la conception d'un outil de suivi de jeunes apprentis dans le cadre de la formation par l'apprentissage. L'outil en question n'est pas un EIAH, mais un ENT (Environnement Numérique de Travail) et les fonctionnalités du LEA sont le résultat de l'opérationnalisation d'un ensemble de scénarios.

Les scénarios mis en oeuvre dans le LEA ne sont pas des scénarios pédagogiques centrés activité (comme ceux décrits par IMS-LD par exemple). Ce sont des scénarios de suivi que nous qualifions de "scénarios de réalisation de tâches" dans le sens de [Pernin 2004]. Ils décrivent le parcours que doit réaliser des acteurs de la formation par l'apprentissage pour le suivi et la gestion de la formation d'un apprenti en alternance (qui réalise sa formation en entreprise et au CFA).

Par exemple, un apprenti peut déclarer ses réalisations en entreprise. Il a un retour sur son bilan de progression en formation. Ceci l'aide à prendre des initiatives pour gérer sa formation, et par conséquent à développer des compétences d'autonomie et de réflexivité sur son parcours d'apprentissage. L'enseignant tuteur qui suit l'apprenti peut évaluer le parcours de son apprenti, avoir une vision de ce qui a été réalisé en entreprise, gérer et réguler au mieux le parcours de formation de son apprenti par rapport à un référentiel métier et des compétences qu'il est supposé acquérir.

L'objectif de notre participation au projet LEA est de répondre à une question : comment se concrétise la construction des modèles et leur transformation et quels sont les éléments observables qui permettent de rendre compte de ces transformations ?

Bien que le LEA n'est pas un EIAH et que les scénarios qu'il met en oeuvre ne sont pas centrés activité, le projet constitue une bonne opportunité pour mener une analyse de terrain. Il présente un certain nombre d'intérêts : il met en oeuvre une activité de conception impliquant ses utilisateurs et s'écarte volontairement de toute approche formelle (il n'impose pas de métamodèles pré-établis).

Ce projet réunit chercheurs (sciences humaines, informatique), développeurs et usagers (entreprises, enseignants, apprentis). L'objectif de cette collaboration est d'aboutir à des connaissances, des modèles et un dispositif mettant en oeuvre les pratiques des utilisateurs. Le résultat de l'analyse menée dans le projet LEA (présenté dans la seconde partie de ce document) nous a amené à un ensemble de constatations.

Nous avons constaté que l'activité de conception intégrant une approche constructive relève d'une organisation mettant en oeuvre l'ensemble des éléments participant à la gestion, au stockage, au traitement, et à la diffusion de l'information sous forme d'Objets Intermédiaires. Dominique Vinck définit l'Objet Intermédiaire (OI) comme " *toute entité, physique, graphique ou textuelle, se trouvant entre plusieurs acteurs ou comme production entre plusieurs étapes dans un cours d'action*" [Vinck 2005]. Ces OI contribuent à la production des modèles.

L'analyse de la conception par les objets intermédiaires nous a permis de souligner ses difficultés, notamment par rapport au fait qu'elle est perçue lente et coûteuse. En effet, elle amène à produire une quantité d'artefacts telle qu'elle nécessite une gestion et une

perception de son déroulement pour assurer sa continuité.

Pour cela, nous avons défini un ensemble de processus. Ces derniers accompagnent la conception et permettent de rendre compte des transformations subies par les modèles conçus.

1.7.2 Définition et construction des processus de conception collective

A partir des résultats de l'analyse précédente, nous avons spécifié un ensemble de processus définissant et caractérisant un ensemble d'artefacts qui contribuent à l'élaboration des modèles et mettent en exergue leur dynamique :

1. Un processus que nous désignons par "processus d'explicitation".

Le but recherché ici est de donner les moyens aux usagers-concepteurs de construire eux-mêmes de manière collective leurs propres métamodèles et scénarios, tout en permettant de faire évoluer ces derniers. Favoriser l'évolution des scénarios pédagogiques nécessite d'apporter une flexibilité aux métamodèles. Nous entendons par flexibilité le fait de rendre possible l'adaptation des différents éléments constitutifs du métamodèle que peuvent induire des transformations subies par le scénario pédagogique. Pour cela, ce processus se base sur un cycle de Cristallisation/Métamodélisation/Scénarisation (CMS) que nous avons défini. Celui-ci permet :

- d'exprimer sur deux niveaux de description des métamodèles et des scénarios pédagogiques ;
- de mettre en oeuvre des cycles d'essais-erreurs entre ces deux niveaux de description pour favoriser un prototypage en modélisation adapté à un contexte où les connaissances sont incertaines et évolutives ;
- de proposer des moyens et outils de modélisation collective et assurer ainsi une fonction de médiation entre les usagers-concepteurs. Le but recherché est de favoriser une négociation autour des métamodèles et des scénarios en construction. Ceci permet l'évaluation ainsi que la validation collective de la modélisation attendue.

2. Un ensemble de processus regroupés sous la désignation de "processus d'assistance". Le but recherché ici est d'accompagner l'évolution de la modélisation pour assurer sa continuité.

Les métamodèles et scénarios sont à la fois résultats et moyens du processus de conception, il s'agit ici de mettre en avant leur rôle d'intermédiation dans l'action et dans le collectif de conception. Ceci consiste à relever les transformations qu'ils subissent tout le long de leur conception, de les restituer aux usagers-concepteurs et de rendre compte de l'état et du contexte de leur production. Ces processus ont pour fonctions de :

- permettre une capitalisation et une gestion des modèles produits pour assurer la fonction de médiation dans l'action de conception ;
- permettre la perception des états des modèles et des actions menées tout le long de leur conception. Ceci a pour fonction d'assurer la coordination des acteurs et une lecture de l'activité de conception à travers la dynamique des modèles produits.

Tous ces processus sont interactifs et cette interaction est réalisée par un ensemble d'artefacts échangés et circulant entre ces processus.

1.7.3 Les applications développées

L'environnement développé Tasmim est une application Web proposant des outils instrumentant les processus précédents.

- Dans le but de rendre autonomes les usagers-concepteurs dans la conception et de réduire les coûts liés à l'implication de spécialistes informatiques dans la formalisation des modèles produits (interprétables par la machine), nous proposons d'éditer les métamodèles et les scénarios à l'aide d'un prototype nommé ECoS (Editeur Collaboratif de Scénarios)¹⁷. Il est dédié à la scénarisation pédagogique capable de supporter la formalisation des artefacts produits. Il instrumente le processus d'explicitation et met en oeuvre le cycle CMS en permettant de modéliser :

1. **Sur un premier niveau de description des métamodèles d'expression pédagogique.**

La description de ces métamodèles se fait graphiquement sur la base d'un métamodèle mis en oeuvre dans cet éditeur. Ce dernier génère une représentation formelle du métamodèle dans une notation XML (XML-Schema).

2. **Sur un deuxième niveau de description des scénarios pédagogiques.**

La description de ces scénarios se fait graphiquement sur la base des primitives du métamodèle décrit au premier niveau. Une représentation formelle du scénario est également générée dans une notation xml (en conformité avec le schéma XML de son métamodèle).

Ces deux niveaux de description sont représentés par deux vues différentes. L'utilisateur peut passer de l'une à l'autre et l'éditeur se charge de gérer les événements de synchronisation entre ces deux vues.

- Des outils qui captent les différents états des modèles construits et qui restituent l'état de la conception aux usagers-concepteurs. Ces outils permettent :
 1. de capitaliser dans une base de données XML les métamodèles et les scénarios produits ;

¹⁷Ce prototype ECOS dans sa première version a été développé en étroite collaboration avec F. Amier.

2. de documenter les métamodèles produits et de capitaliser cette documentation dans une notation XML ;
3. de tracer les différentes actions des acteurs dans la conception d'un métamodèle spécifique dans ECoS, de capitaliser ces traces dans une notation XML, et de permettre d'accéder à cette traçabilité pour retrouver l'historique des actions de conception ;
4. de visualiser les liens chronologiques entre métamodèles et entre différentes version d'un même métamodèle. Cette perception permet d'accéder au contenu d'un modèle spécifique.

Ces outils ont comme particularité d'être indépendants. Leur communication est réalisée par des entrées (quand ils produisent des artefacts)/sorties (quand ils consomment des artefacts) dans/de la base de données XML.

L'environnement Tasmim a principalement été expérimenté dans le cadre de la conception d'une situation d'apprentissage, conception réalisée par des apprenants.

Il s'agit d'apprenants issus d'une formation en LPCRSPM¹⁸ participant à des projets tutorés dont un des objectifs est l'apprentissage de la conception pédagogique. Une des spécialisations qu'offre cette formation porte sur l'acquisition de savoirs et de compétences en e-learning.

L'activité de conception dont il est question dans cette expérimentation porte sur la conception et l'opérationnalisation d'un produit ludo-éducatif à destination de collégiens. Cette activité produit et met en oeuvre un scénario pédagogique retraçant un parcours ludique de découverte. Dans ce cadre, Tasmim est utilisé pour réaliser la modélisation pédagogique de l'application.

1.8 Organisation du document

Ce document est composé de 4 parties.

La première partie est consacrée à la présentation du cadre scientifique de notre travail.

Elle est composée de deux sections.

- La section 1 présente notre positionnement scientifique. Dans un premier temps, nous présentons les différents travaux menés en conception et en scénarisation pédagogique, ainsi que les différentes approches qu'intègrent ces travaux. Nous concluons cette partie par une discussion sur l'inadéquation de ces travaux par rapport à nos objectifs.
- Après une première problématisation présentée dans cette introduction du document, la section 2 détaille notre problématique scientifique, l'argumente et présente nos

¹⁸Licence Professionnelle de Conception et Réalisation de Services et Produits Multimédia.

objectifs de recherche en s'appuyant sur le positionnement scientifique. Des questions de recherche sont posées.

La seconde partie de ce document est composée d'une seule section. Celle-ci présente l'étude que nous avons menée dans le cadre du projet LEA. L'analyse menée dans le cadre de cette étude a constitué un moyen méthodologique de recherche pertinent dans notre travail. Elle a permis de proposer un cadre structurant de nos propositions pour répondre à la problématique.

La troisième partie de ce document détaille nos propositions. Elle est composée de deux sections.

- La section 1 présente notre proposition scientifique. Elle porte sur un processus de conception collective de métamodèles et de scénarios pédagogiques. Nous proposons des processus d'assistance pour accompagner la conception. Cette section présente également l'instrumentation de notre proposition du point de vue de l'architecture et de l'implémentation informatique. Dans cette section, et pour chaque processus, nous présentons d'abord son rôle, ses spécifications et son instrumentation. L'instrumentation va ainsi nous servir pour donner des exemples et faciliter la compréhension de nos propositions.
- La section 2 présente essentiellement la mise en oeuvre de notre proposition dans le contexte LPCRSPM. Dans cette partie, nous discutons également la validité de nos propositions par rapport à certaines hypothèses et objectifs que nous avons posés.

Nous enchaînons sur la dernière partie de ce document qui présente un bilan de notre travail, une analyse critique et les limites de nos propositions. Elle ouvre ainsi des voies de poursuite de nos travaux que nous présentons en perspectives.



Positionnement et problématique scientifiques

2

Positionnement scientifique

Sommaire

- 2.1 Introduction
- 2.2 Travaux visant l'étude et l'analyse des situations de travail en conception
- 2.3 Travaux menés sur l'activité de conception de scénarios pédagogiques
- 2.4 Discussion

“Nul homme ne peut vous révéler ce qui n'était déjà en éveil dans l'aube où vous parvenez par vous-même à la connaissance”.

Gibran Khalil Gibran, Le prophète.

Dans cette section, nous positionnons notre approche dans le cadre général des travaux menés en conception de scénarios pédagogiques. Nous nous intéressons à ces travaux de deux points de vue. Le premier porte sur l'analyse des situations de travail en conception. Nous nous intéressons à la nature de cette activité et à ses spécificités, ce qui nous amène à étudier certains travaux menés dans des communautés autres que celle des EIAH. Le second porte sur les approches de conception menées en scénarisation pédagogique dans la communauté EIAH. Plus spécifiquement, nous nous intéressons à la nature profonde de l'objet de notre travail, en l'occurrence le métamodèle d'expression pédagogique (ses caractéristiques, sa description, le processus de sa conception). Nous discutons ensuite la pertinence de la place qu'il tient dans l'activité de conception de scénarios pédagogiques. A partir de cette discussion, nous posons le cadre de notre travail et situons notre proposition scientifique.

2.1 Introduction

Les études menées sur les situations de conception reconnaissent depuis de nombreuses années son caractère “mal défini” (ou “mal structuré”). Ce dernier souligne le fait que le concepteur dispose, au départ, d'une représentation mentale incomplète et imprécise de l'objet à concevoir [Eastman 1969] [Simon 1973]. Ce n'est que progressivement que le concepteur complète et précise sa représentation mentale [Bonnardel et Rech 1998].

Ceci rejoint notre point de vue. En effet, les difficultés que nous avons rencontrées dans l'explicitation et la formalisation des scénarios pédagogiques avec des enseignants et des formateurs (que ce soit dans le cadre du projet LEA ou dans notre pratique pédagogique au sein de l'IUT de Laval), nous ont amené à dresser le constat suivant : ni les connaissances pédagogiques fondant la situation d'apprentissage à décrire, ni le mode de leur mise en oeuvre ne sont généralement disponibles et aisément formulables.

Exprimer des scénarios est donc loin de relever d'une compilation¹ de connaissances à exprimer dans un métamodèle pré-établi. Elle relève plutôt d'une construction rationnelle fondée sur la pratique pédagogique. L'incertitude de la formulation des scénarios pédagogiques par des enseignants devrait donc devenir un constat presque natif pour la communauté travaillant sur les scénarios pédagogiques. Ce constat est également fait par plusieurs travaux menés en analyse de situations de conception [Bonnardel et Rech 1998].

Ces travaux mettent en exergue les spécificités du raisonnement dans les activités de conception. Certains [Cauzinille Marmeche et al. 1985], mettent l'accent sur le raisonnement par analogie mis en oeuvre par certains concepteurs. D'autres [Wang et Howard 1991] [Purcell et Gero 1991] [Visser 1996], évoquent le raisonnement par cas.

De telles études sont indispensables pour souligner la composante créative des activités de conception. C'est cette composante créative de la conception qui nous a amené à la considérer comme constructive.

Dans cette perspective :

- Nous étudions la forme et le rôle des modèles, à la fois résultats et moyens du processus de conception.
- Nous mettons en avant le rôle d'intermédiation que jouent les modèles, à la fois dans l'action et dans le collectif de conception.

Nous montrons dans ce document que dans ce type de situation, les modèles produits sont des objets situés et donc empiriques² de ces situations.

Dans cette partie du document, nous nous intéressons dans un premier temps à l'analyse des situations de conception. De nombreux travaux ont été publiés sur la question dans divers domaines : ergonomie cognitive, sociologie de l'innovation ou de manière plus globale dans le domaine désigné par "les sciences de la conception". Ces travaux ont énormément contribué - et contribuent toujours activement - à identifier les diverses propriétés des activités de conception. Il s'agit ici de ressortir les spécificités des situations de conception, en particulier dans un cadre collectif.

¹Nous utilisons le terme compilation de connaissances dans le sens de leur réorganisation selon une structure de modélisation imposée par un métamodèle pré-établi alors qu'elles étaient (ou seraient) probablement organisées autrement avant que le métamodèle en question ne soit pris en compte (ou si le métamodèle en question n'est pas pris en compte).

²Nous utilisons le terme objet empirique dans le sens du fruit d'une expérience entre un sujet donné et un objet donné. Nous l'utilisons ici par opposition à l'objet conceptuel, qui est le produit de l'entendement considéré comme universel (standard ou norme).

Dans un second temps, nous nous intéressons aux objets de conception que sont les métamodèles et les scénarios pédagogiques en analysant les travaux menés en scénarisation. Nous analysons les principales approches de leur conception, les contextes de leur construction, les spécificités de leur application, leurs niveaux de description et la nature de leur structuration. Nous discutons ensuite l'adéquation des approches de conception de scénarios existantes avec la nature et les spécificités de l'activité de conception.

2.2 Travaux visant l'étude et l'analyse des situations de travail en conception

Dans cette section, nous souhaitons mettre l'accent sur certains éléments de base de la compréhension des processus de conception. Pour cela, nous abordons l'étude des situations de conception dans différents travaux de deux points de vue qui nous intéressent. Il s'agit de mettre d'abord l'accent sur la dimension multi-acteurs de ces processus, avant d'exposer les rôles des objets de conception³ dans ces processus.

2.2.1 Conception collective et participative : analyse de situations de travail

Les processus de conception participative se sont développés en Suède depuis les années 70. Caelen [Caelen 2004] définit la conception participative comme un *processus collectif dans lequel les acteurs transforment collectivement un artefact. . . L'artefact, qui n'est peut-être au début qu'une idée vague, devient un concept qui se concrétise au fur et à mesure de l'avancement de la conception et se transforme en fin de cycle en un prototype. 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 développer ses pratiques et ses habiletés. La conception participative utilise le paradigme "concevoir en faisant collectivement"*.

Au début des années 90, Granath dans [Granath 1993] a introduit le processus de conception collective pour distinguer une nouvelle dimension de la conception participative, différente de celle considérée pendant les années 70 et 80. *"Un processus de conception collectif est une activité de conception participative où tous les acteurs sont considérés comme experts. . . Il s'agit d'un acte créatif dans un processus collectif auquel contribuent activement, avec leurs différents savoirs, toutes les personnes concernées par le résultat du processus"* [Rehal 1998].

Plusieurs travaux mettent l'accent sur la nature collective des processus de conception. Françoise Darses [Darses 2004a] la considère comme la transformation socio-technique la plus marquante qu'a connue la conception. Les enjeux de recherche sont alors de définir des environnements de travail distribué intégrant outils de conception et modalités d'assistance visées.

³Les auteurs cités dans cette section utilisent le terme "objets de conception" dans le même sens qu'Objets Intermédiaires, terme évoqué dans la partie introduction de ce document. Bien que nous convenons ici de garder les termes tels qu'ils sont utilisés par les auteurs dans les travaux cités, nous soulignons toutefois que nous utilisons indifféremment les termes "objets de conception" et "objets intermédiaires".

La conception collective est mise en oeuvre dans différents domaines : architecture, ingénierie mécanique, électronique, aéronautique, informatique, automatique etc. et différents travaux de recherche abordent la conception collective. Certains insistent sur la nécessité des démarches centrés utilisateurs [Vredenburg et al. 2001], d'autres [Lonchamp 2004], sur la nécessité d'intégrer les acteurs dans l'ensemble du cycle de vie du produit. Tous ces travaux mettent l'accent sur le caractère mal défini et ouvert de la conception.

Le cadre de travail souvent adopté dans ces travaux emprunte au modèle classique de résolution de problèmes [Newell et Simon 1972] centré sur les connaissances et le raisonnement. C'est le cas de nombreux travaux menés en ergonomie, en psychologie du travail et en sciences de la conception, qui considèrent que la résolution de problèmes en conception se fait par des mécanismes cognitifs identiques [Darses 2004b] :

- explorer un espace-problème formé d'états de problèmes (initiaux, intermédiaires, finaux) ;
- appliquer des opérateurs de transformation pour opérer cette exploration ;
- élaborer la procédure de résolution en mettant au point des stratégies qui supposent de décrire des états possibles du problème, et de définir des opérateurs gouvernant la transformation d'un état vers un autre.

Cette construction confère un caractère situé aux processus de résolution de problèmes [Vera et Simon 1993]. C'est ainsi que l'approche théorique sur laquelle se base la plupart de ces travaux se situe dans le cadre de la cognition située⁴ [Suchman 1987] et distribuée [Hutchins 1994].

C'est le cas par exemple des travaux menés dans le cadre du projet EIFFEL [Projet-Eiffel 2002]. Ce projet CNAM-INRIA est le résultat d'un partenariat entre différentes équipes de recherche françaises et étrangères ainsi qu'avec des partenaires industriels. L'objectif du projet EIFFEL est de contribuer à la définition d'outils et de méthodologies de conception adaptés aux besoins de différentes organisations de la conception. Un fort accent est mis sur les activités collectives de conception.

Les fondements scientifiques de ce projet rejoignent nos points de vue, notamment sur la nature "mal définie" de la conception où :

- Un grand nombre de degrés de liberté existe dans l'état initial du problème. Les solutions ne sont pas uniques et correctes, mais variées, acceptables et plus ou moins satisfaisantes.
- Le problème ne préexiste pas à la solution : l'un et l'autre sont construits simultanément.

⁴L'approche de la cognition située reprend les principes de la théorie de l'action située ('situated action') en les appliquant à la cognition.

- Il n'existe pas un seul chemin prédéterminé vers la solution.
- L'organisation de l'activité est opportuniste.
- L'élaboration d'une solution se base non seulement sur des connaissances génériques, mais également sur des connaissances particulières, liées à des problèmes spécifiques.

Nous retrouvons également ces spécificités dans les travaux de Jean Caelen portant sur la conception par une démarche dite "par moments" [Caelen 2004]. Cette approche met aussi en avant le caractère évolutif et opportuniste de la conception.

Nous portons un intérêt à cette approche car elle met en exergue un certain nombre d'éléments et de points de vue que nous rejoignons :

- La nécessité de mettre en oeuvre une démarche centrée utilisateur, et donc d'impliquer les utilisateurs dans le travail de conception. Il ne s'agit donc pas de concevoir pour l'utilisateur mais avec lui.
- La mise en valeur de la nature évolutive et continue du processus de conception.

Caelen propose une approche instrumentée de la conception participative formalisée en termes de phases, de moments et de primitives. Les phases sont des séquences à gros grain qui articulent des moments de conception.

La conception est identifiée par des ensembles d'activités liées temporellement, à l'issue desquelles les participants réalisent un acte de création vis-à-vis de la tâche de conception. Ces ensembles d'activités sont nommés moments de la conception, un moment pouvant se réaliser sur une ou plusieurs séances de conception. L'ensemble des moments est représenté par un graphe (cf. figure 2.1).

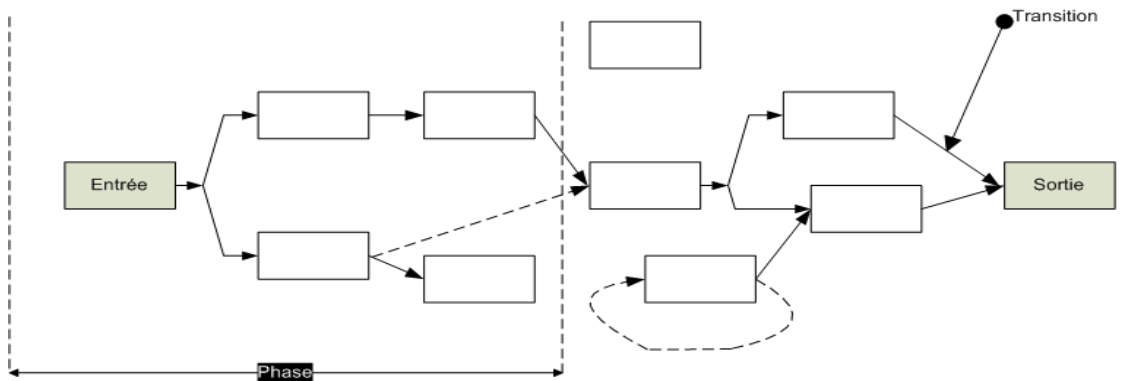


Figure 2.1: Exemple de processus de conception : la conception participative par "moments", source : [Caelen 2004]

L'enchaînement des moments se négocie de manière opportuniste entre les acteurs, ce qui se matérialise par l'ajout de transitions dans le graphe des moments, et ce qui rend la représentation dynamique et adaptable à la nature créative de l'activité de conception.

Cette approche met l'accent sur la capitalisation des transitions entre les moments comme jalons de la conception. L'objectif de cette capitalisation est de restituer par la suite le processus qui s'est déroulé afin d'assurer sa continuité ou sa réutilisation.

2.2.2 Nature des processus de conception collective

Nous décrivons ici les principales caractéristiques des situations de conception collective telles qu'elles ressortent de nombreux travaux publiés sur la question en ergonomie cognitive comme en ergonomie générale, en psychologie, dans de nombreuses revues et numéros spéciaux qui se sont consacrés spécifiquement au travail collectif, dans des champs de recherche dédiés au travail collectif comme le CSCW (Computer Supported Collaborative Work) ou l'Intelligence Artificielle Distribuée (IAD).

C'est en prenant en compte ces caractéristiques que nous avons axé nos travaux, orientés vers la production d'artefacts d'aide aux activités de conception collective située. Nous précisons dans la partie 3 de ce document cette voie et rappelons certains éléments qui peuvent de notre point de vue guider la conception de scénarios pédagogiques selon une approche constructive. Ces caractéristiques sont décrites dans ce qui suit.

2.2.2.1 La conception en tant que processus cognitif distribué

Les théories dites de la "cognition distribuée" s'inscrivent dans une mouvance qui s'intéresse particulièrement aux dépendances cognitives entre des individus, dont l'action et l'information dépendent des uns et des autres.

"L'idée de cognition sociale distribuée met en lumière le fait que des individus travaillant en coopération sont susceptibles d'avoir des connaissances différentes et doivent engager un dialogue pour rassembler leurs sources et négocier leurs différences. La notion de cognition socialement distribuée est analogue à celle d'intelligence distribuée (...) Les différentes sources de connaissance doivent coopérer pour résoudre un problème, parce qu'aucune ne dispose à elle-seule des informations suffisantes" [Cicourel 1994].

La performance du processus de conception dépend des compétences des acteurs concepteurs capables, individuellement et collectivement, de mobiliser les ressources cognitives. La cognition émerge comme un phénomène distribué. La connaissance est ainsi distribuée entre les acteurs [Flor et Hutchins 1991], chacun en détenant une part.

Au sein du système cognitif distribué qu'est le processus de conception collective, les représentations internes sont des connaissances tacites portées par les acteurs concepteurs, et les représentations externes, ou connaissances explicites, sont portées par les artefacts que nous nommons plus loin objets intermédiaires.

Au cours de la propagation de l'information, celle-ci change de support et de nature : Elle passe d'une représentation interne (connaissances tacites) à une représentation externe (connaissances explicites). Ces représentations suscitent aussi des actions possibles dans la mesure où elles structurent les processus cognitifs des individus et du groupe de

conception.

2.2.2.2 La conception en tant que processus situé

Le thème de l'action située est l'oeuvre de Lucy Suchman et de son ouvrage: "Plans & situated action" [Suchman 1987]. Selon Suchman qui soutient une hypothèse alternative inspirée des travaux en ethnométhodologie, une branche de la sociologie, les actions humaines sont loin d'être contrôlées et générées de bout en bout par des plans, c'est-à-dire des représentations internes qui spécifieraient intégralement les différentes étapes de leur réalisation ; l'ordre concret de l'action ne peut jamais être déterminé à l'avance. Le terme "situated action" sous-tend l'idée que toute action dépend étroitement des circonstances matérielles, sociales et culturelles dans lesquelles elle a lieu.

Comme ces caractéristiques peuvent changer à tout moment, pour s'y adapter, les individus ajustent alors de manière *ad hoc* et improvisée leurs actions aux nouvelles circonstances environnementales.

Du point de vue de l'interaction, les points saillants qui ressortent de cette perspective sont les suivants [Salembier et al. 2001] :

- la réussite de l'interaction repose sur une production de l'intelligibilité mutuelle, production qui se réalise sur la base d'un accès mutuel aux ressources disponibles dans un environnement matériel, social et culturel particulier et plus ou moins stable ;
- les significations portées par le langage mis en oeuvre au cours de cette production de l'intelligibilité mutuelle ne reposent pas seulement sur une interprétation des unités linguistiques utilisées, mais aussi sur une interprétation d'autres éléments de la situation.

2.2.2.3 La conception en tant que processus de résolution de problèmes opportuniste

Concevoir consiste à transformer un besoin, ou tout du moins un besoin exprimé, en définition d'une solution. Ce processus est mis en oeuvre en permettant de passer d'une solution initiale problématique, dans laquelle un besoin n'est pas satisfait, ou est considéré comme pouvant être mieux satisfait, à une situation dans laquelle il l'est, ou l'est mieux [Lonchamp 2004]. D'un point de vue macroscopique, c'est une résolution de problèmes [Simon 1973].

Les problèmes de conception présentent certaines caractéristiques particulières [Lonchamp 2004] :

- La conception est un problème mal défini au sens défini par [Simon 1973] [Schön 1983][Visser 2002] car certains aspects de la conception peuvent être initialement incomplets, ou non spécifiés formellement.

- La conception est un problème ouvert car la solution du problème n'est pas unique, et n'appartient pas à un ensemble fini, mais admet plusieurs solutions.
- La conception est aussi un problème dont la résolution est collective, en effet c'est un processus complexe, qui exige une certaine méthode et souvent un travail en équipe.

Un processus de conception est donc incomplètement défini et en évolution. Françoise Darses [Darses 2004b] souligne que dans ce genre de processus de conception, l'observation de groupes de conception a permis de constater la prégnance des "bas" niveaux de représentation de la solution. Ceci amène les concepteurs à adopter une organisation de leur processus selon une démarche opportuniste.

L'un des apports majeurs du courant de l'action/cognition située est d'avoir mis en évidence le caractère opportuniste et improvisé de l'action en conception.

Dans une démarche opportuniste de conception, on peut envisager le fait que les acteurs adoptent une démarche spontanée, non normalisée ni réglementée, opportuniste [Gregori 1999], en ce sens où ils exploitent la richesse de la situation dans laquelle ils se trouvent. Ainsi ils utilisent les possibilités offertes par la matérialité qui conforme le cadre de la décision, les ressources que le contexte de travail offre (supports symboliques, instruments opératoires, etc.), ainsi que l'environnement psychosocial constitué par les autres acteurs bien sûr, mais aussi par la valeur sociale des objets [Latour 1994] [Fixmer et Brassac 2004].

2.2.3 Les objets en conception

Parce que la conception relève du registre de l'action, plusieurs travaux abordent son étude à travers les objets produits au cours d'un processus de développement. Certains travaux s'intéressent à la conception à travers ces objets (leur nature et leurs rôles etc.) qui, plus que de simples artefacts, sont des instruments. Le terme instrument ici désigne ce que Rabardel [Rabardel 2005] nomme "instrument subjectif" révélateur de l'activité des acteurs composé :

1. d'une part, d'une composante artefact qui peut être de nature technique et matérielle, mais aussi de nature plus immatérielle comme les concepts, les signes, les règles ;
2. d'autre part, d'une composante schématique, nommée "schèmes d'utilisation", et qui est formée d'invariants organisateurs de l'activité du sujet, dans les classes de situations et domaines d'activités qui sont habituellement les siens.

D'autres travaux se focalisent davantage sur la nature argumentative et interactionniste de l'activité de conception de ces objets comme [Darses 2004b] [Darses 2004a] [Gregori 1999] [Roussel et al. 1998].

Ces deux approches nous semblent complémentaires lorsque l'on mène une analyse des situations de conception. En effet, dans notre propre expérience d'analyse, nous nous sommes d'abord intéressés aux objets de conception que sont (les métamodèles et les scénarios).

Afin de comprendre les phénomènes qui entourent leur dynamique, l'analyse de l'activité communicationnelle s'est avérée nécessaire. [Jeantet et al. 1996] expliquent cette complémentarité en évoquant la nature "hybride" des objets en conception : ils sont à la fois modélisation de la réalité et instruments de coordination entre les acteurs. Dans le même sens, Rabardel [Rabardel 2005] évoque les concepts d'instrument subjectif et instrument psychologique : *"L'instrument psychologique est pour Vygotsky spécifiquement dédié aux médiations à soi et aux autres. L'instrument subjectif, s'inscrit dans l'ensemble des rapports dans laquelle se déploie l'activité du sujet"*.

Dans différentes études menées, une approche par les objets a montré son intérêt pour comprendre le déroulement de la conception dans divers contextes. Elle a permis "une bonne lecture de l'acte de concevoir" [Mer et al. 1995] [Boujut et Blanco 2003] [Jeantet 1998] [Subrahmanian et al. 2003].

C'est le cas par exemple, dans les travaux en conception de produits. Nicolas Gregori [Gregori 1999] a mené une étude de séances de conception via l'analyse des objets dits "intermédiaires" produits par les concepteurs. La notion d'Objet Intermédiaire (OI) trouve ses origines en sciences sociales : un concept qui désigne les productions d'acteurs engagés dans une conception. Il peut s'agir de supports de communication, d'outils de médiation entre participants, d'artefacts représentant le futur produit [Boujut et Blanco 2003].

Les OI remplissent trois fonctions : la représentation (ils matérialisent des intentions et sont des indicateurs des conditions de leur production), la traduction (ils introduisent dans l'action des transformations, ils évoluent donc) et la médiation (ils participent à la construction de points de vue partagés par les acteurs). "Objets traces" de l'activité de conception, ils peuvent être utilisés pour mieux comprendre la genèse en conception. Matérialisés, ils constituent un support à partir duquel l'activité de conception peut être lue.

Les résultats de l'analyse menée par N. Gregori sur des situations de conception de produits a permis de mettre en évidence des dimensions qui caractérisent l'activité de conception dans un cadre collectif. Ils mettent en valeur le caractère distribué et opportuniste de la conception et mettent en avant les transformations des représentations des concepteurs à travers les Objets Intermédiaires (cf. figure 2.2).

"Le produit à concevoir est le fruit d'une succession d'objets intermédiaires qui en sont non seulement des représentations échelonnées dans le temps, mais qui agissent en tant qu'acteurs de la conception. Les objets intermédiaires deviennent tout le long de la conception des ressources pour l'action mais ne forment pas nécessairement un ensemble de données inaltérables" [Gregori 1999].

Cette analyse met l'accent sur le fait que l'accomplissement du processus de conception qui mène à la définition et à la réalisation d'un produit est profondément ancré dans la situation. Il est extrêmement sensible aux variations du contexte et des représentations que les concepteurs construisent du produit lui-même.

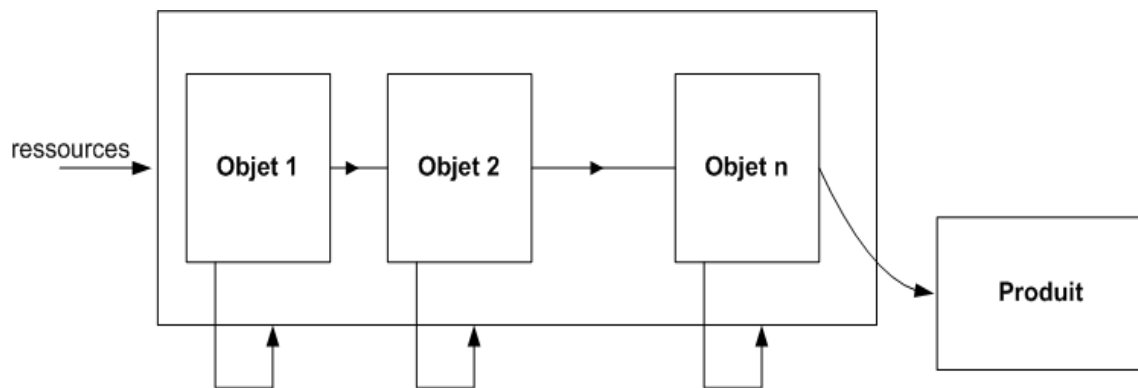


Figure 2.2: La conception à plusieurs en tant qu'activité distribuée et opportuniste, source : [Gregori 1999]

Dans une de ses expérimentations, Deshayes [Deshayes 1998], montre également que l'objet de conception est dans un espace de transformations, d'élaboration du travail de connaissances et dans la communication de ce travail. Il est objet transitionnel, communicable à autrui par la représentation de l'objet. Il donne dans la figure 2.3, un schéma des modes d'existence de l'objet et de ses transformations.

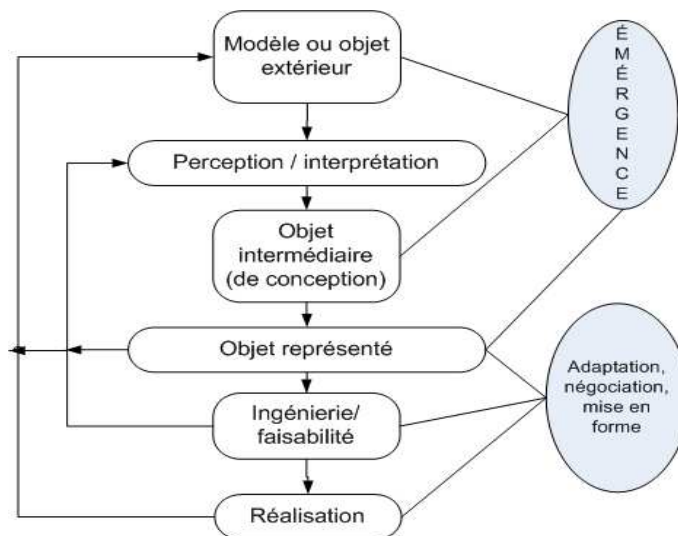


Figure 2.3: Schéma des modes d'existence de l'objet et de ses transformations, source : [Deshayes 1998]

La notion d'objet intermédiaire a aussi été utilisée en IHM. Par exemple, nous citons les travaux de Anne-Laure Fayard et Wendy Mackay qui utilisent le terme "strip papers"⁵ pour les désigner. Dans ces travaux, [Fayard et Mackay 1997] mettent aussi l'accent sur l'importance d'une démarche participative qui permet de fonder l'innovation dans le contexte. Elles soulignent en citant [Kyng et Greenbaum 1991] que la conception participative transforme une approche unidirectionnelle où l'on observe et interroge les utilisateurs en une approche bidirectionnelle où les utilisateurs sont non seulement interrogés et observés, mais aussi intégrés dans le processus de conception.

Différentes techniques spécifiques, telles que le brainstorming, la conception fondée sur les scénarios et le prototypage rapide (e.g., [Muller 1991]) aident les utilisateurs à générer de nouvelles idées et à communiquer les uns avec les autres pendant le développement d'un système. La méthode avec les strip papiers⁶ a été testée dans des situations de réalité augmentée avec des contrôleurs aériens. L'objectif était de créer quelque chose de radicalement nouveau, tout en le faisant de façon évolutive et en conservant aux artefacts, ici les strips, leur aspect familier.

Les résultats des observations de cette expérimentation ont confirmé le rôle essentiel de ces objets. Par exemple, un contrôleur peut tenir un strip en main pendant plusieurs minutes. Le strip joue alors le rôle d'un pense-bête concret qui rappelle au contrôleur qu'il faut intégrer un nouvel avion ou changer le cap de cet avion pour résoudre un conflit. Écrire physiquement sur les strips aide le contrôleur à mémoriser les instructions qu'il a données. Dans [Fayard et Mackay 1997], les auteurs mettent également l'accent sur le rôle d'intermédiation des strips entre les contrôleurs qui les utilisent pour communiquer. Par exemple, lorsque le contrôleur radariste parle au pilote, le contrôleur organique peut attirer son attention en se penchant sur le tableau de strips et en écrivant sur un strip. Étant donné qu'il est très important pour le radariste de toujours parler calmement aux pilotes, de telles formes de communication sont essentielles.

Selon Fayard et Mackay, la nature physique des strips offre une très grande variété de styles d'interaction. Ces styles sont adaptables aux situations et sont partagés par le groupe et l'individu. Par exemple, des contrôleurs décalent souvent les strips d'avions en conflit, ce qui permet de se rappeler facilement par la suite qu'il y a un problème à gérer.

Ainsi, cette étude a permis de mettre l'accent sur le rôle des strip-papiers comme objets de communication, comme aides-mémoires, ainsi que leur rôle dans l'évaluation des situations de vols afin de trouver la meilleure solution de gestion des conflits.

2.3 Travaux menés sur l'activité de conception de scénarios pédagogiques

Après avoir présenté quelques travaux qui se sont intéressés à la nature de l'activité de conception et à ses spécificités dans la section précédente, nous allons nous intéresser dans

⁵Strip papiers en français.

⁶Un strip est une bande de papier qui contient la description du plan de vol nécessaire à un contrôleur aérien.

cette section à une activité de conception en particulier : l'activité de scénarisation pédagogique.

Différents travaux dans la communauté EIAH abordent l'activité de scénarisation pédagogique. Le point commun entre tous ces travaux porte sur l'importance de l'expression et de la formalisation des scénarios pédagogiques.

1. Dans une première section, nous considérons les travaux qui se sont centrés sur la définition d'un langage de modélisation pédagogique (EML), destiné à la description de scénarios. Nous présentons d'abord les concepts fondamentaux de l'EML. Nous en retenons ensuite les trois plus significatifs : la spécification IMS-LD [IMS-LD 2003], le langage LDL [Ferraris et al. 2005], et le langage PALO [Rodriguez Artacho 2002]. Cette approche de la scénarisation par les langages de modélisation est dominante dans la communauté, grâce notamment à la proposition de la spécification IMS-LD.
2. La deuxième section porte sur l'Ingénierie Dirigée par les Modèles (IDM). Nous présentons dans un premier temps les concepts fondamentaux de l'IDM, et dans un second temps, trois des travaux les plus représentatifs de l'IDM appliqués en scénarisation pédagogique dans la communauté EIAH : un travail mené au LIUPPA [Laforcade 2004] et deux travaux différents de l'équipe NOCE menés au laboratoire LIFL [Caron 2007b] [De Moura Filho et Derycke 2007].
3. Dans une troisième section, nous abordons de manière très synthétique deux travaux. Le premier centré sur la définition et l'instrumentation de la méthode d'ingénierie pédagogique MISA (Méthode d'Ingénierie des Systèmes d'Apprentissage) [Paquette et al. 1997]. Cette méthode présente une vision industrialisée du processus de conception pédagogique. Le second travail propose une méthode dite "des pléiades" [Villiot-Leclercq 2007] pour formaliser des scénarios en vue de leur réutilisation.

2.3.1 Approche par les langages de modélisation pédagogique

Koper de l'Open University of the Netherlands (OUNL) [Koper 2001][Koper 2002] propose de décrire les situations d'apprentissage à l'aide d'un Langage de Modélisation Pédagogique (EML : Educational Modeling Language) : *"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"*.⁷ [Rawlings et al. 2002].

Le modèle EML repose au plus haut niveau sur la structuration des situations d'apprentissage en "Unités d'étude" (Units of Study). Typiquement, une Unité d'Etude (UE) peut être un cours, une leçon, une étude de cas, un travail pratique, etc. Pour Koper, chaque type d'objet (étude de cas, texte de référence etc.) occupe (dans une situation d'apprentissage donnée) un statut précis, et entretient un ensemble de relations

⁷Un EML est un modèle sémantique qui décrit le contenu et les processus d'une unité d'apprentissage d'un point de vue pédagogique en permettant leur réutilisation et leur interopérabilité.

avec les autres objets de l'environnement. L'EML place l'activité au centre du dispositif. La figure 2.4 montre que pour un EML, l'unité d'étude est considérée comme une composition d'activités réalisées par un ensemble d'acteurs dans un environnement donné. L'EML distingue plusieurs types d'activités parmi lesquelles on peut distinguer les activités d'apprentissage, les activités d'accompagnement et les activités d'instrumentation.

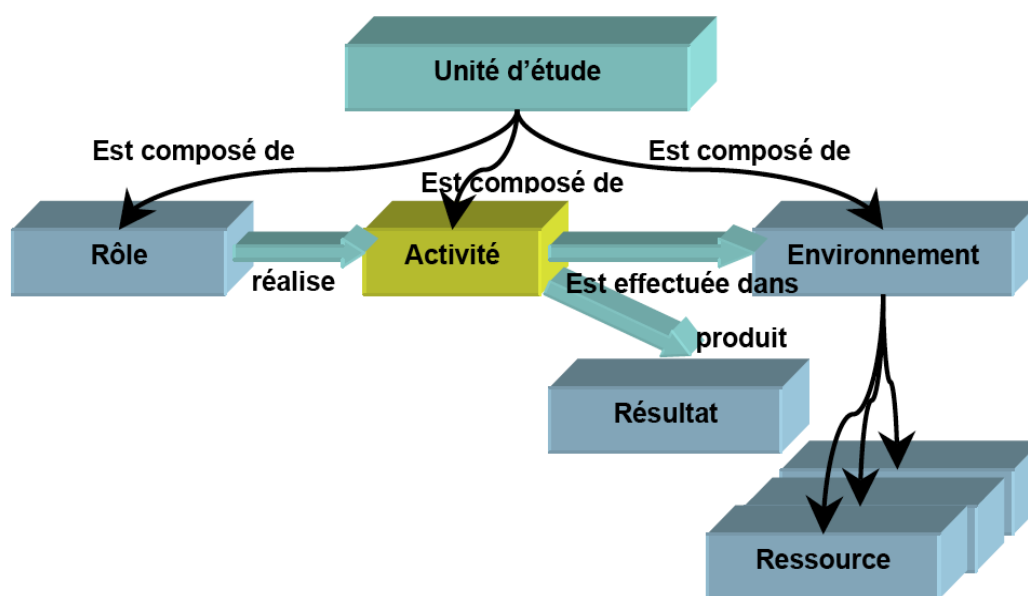


Figure 2.4: Une vue simplifiée du modèle EML, l'activité est au centre du dispositif, source : [Pernin 2003]

2.3.1.1 La spécification IMS Learning-Design

La spécification IMS Learning-Design est née d'un besoin de standardisation pour favoriser l'interopérabilité⁸ des scénarios. Compte-tenu du fait que les scénarios pédagogiques sont produits par des concepteurs divers, avec des méthodes variées, et qu'ils répondent à des besoins spécifiques, l'interopérabilité est basée sur l'idée de définir une base explicite, une norme ou un ensemble de normes, que chaque plateforme d'apprentissage va "implanter" dans son propre fonctionnement.

C'est dans cet objectif qu'une première synthèse des travaux sur les EML a été réalisée par le groupe de travail CEN/ISSS⁹ sur les technologies d'apprentissage. Les résultats de ces travaux ont été réutilisés au sein du groupe de travail "Learning-Design" du consor-

⁸Permettre l'opérationnalisation de scénarios pédagogiques conçus par une organisation sur une plateforme donnée par d'autres organisations sur d'autres plateformes.

⁹Comité Européen de Normalisation (CEN) qui en 1997, crée l'Information Society Standardization System (CEN-ISSS) pour "fournir des produits et services orientés vers la normalisation afin de favoriser le développement de la société de l'information".

tium IMS¹⁰ qui a débouché en novembre 2002 sur une proposition de standardisation, IMS Learning-Design (IMS-LD).

IMS-LD est un langage formel qui permet de spécifier le déroulement d'une unité d'apprentissage. Il permet de séparer cette spécification en plusieurs parties :

- les objectifs et les pré-requis de l'unité d'apprentissage ;
- les activités qui vont permettre l'apprentissage ;
- les ressources nécessaires (pédagogiques, matérielles et humaines) ;
- et l'ordonnancement du tout.

Unité d'apprentissage (UA) décrite selon la métaphore du théâtre

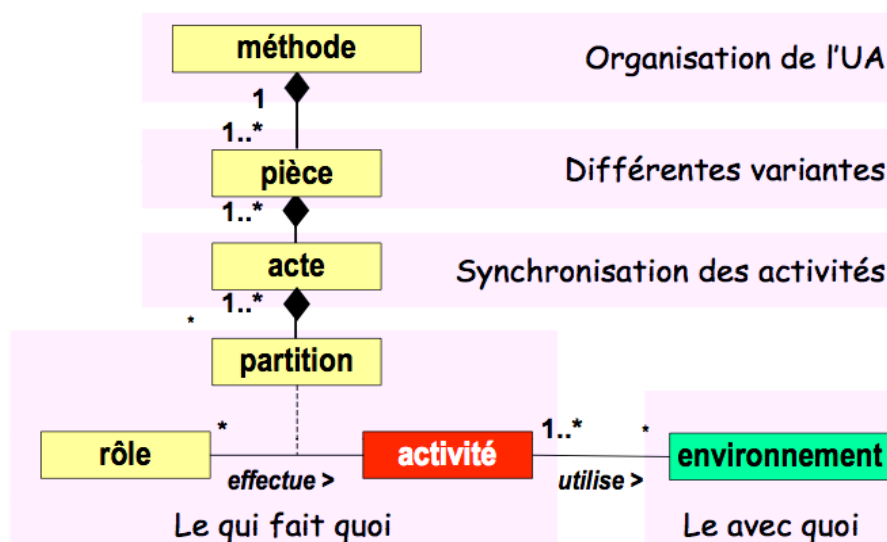


Figure 2.5: Modèle conceptuel du langage IMS-LD, source : [Ferraris et Lejeune 2007]

Comme le montre la figure 2.5, IMS-LD repose sur les principes suivants : une personne tient un rôle et accomplit des activités en utilisant éventuellement des ressources, des services et des outils. Il existe deux rôles génériques : les encadrants (“Staff”) et les apprenants (“Learner”). Les apprenants peuvent recevoir un soutien (“Support-activity”) au cours des activités. Les activités caractérisées par des objectifs et des pré-requis possèdent une structure spécifique, utilisent des ressources et produisent des résultats.

La structure de modélisation d’IMS-LD est basée sur la métaphore du théâtre qui décrit l’unité d’apprentissage sous forme de pièces (mises en scène). Une pièce est composée d’actes exécutés en séquence. Les actes sont formés de partitions qui associent un rôle à une activité effectuée dans un environnement (décor) [Ferraris et Lejeune 2007].

¹⁰Instructional Modeling System (IMS) : <http://www.imsglobal.org>.

2.3.1.2 Le langage de modélisation pédagogique LDL

LDL (Learning Design Language) [Ferraris et al. 2005][Ferraris et al. 2007][Durand 2006] se présente comme une alternative à IMS-LD pour décrire des scénarios collaboratifs. Contrairement à IMS-LD qui est indépendant de toute approche pédagogique, LDL cible une approche pédagogique spécifique (le CSCL).

LDL a été initié en 2003 par les travaux de recherche dans le cadre du projet Emergence "ScéClasse" par SysCom¹¹ (Université de Savoie), la société Pentila et ARCADE¹² du CLIPS-IMAG (Université de Grenoble).

LDL est destiné à la scénarisation, enrichi par des concepts du modèle de participation [Martel 1998] afin de capturer les interactions inhérentes aux activités collaboratives [Ferraris et al. 2005]. Il se base principalement sur les concepts d'enceinte, de rôle et de position pour modéliser les activités collaboratives comme illustré dans la figure 2.6.

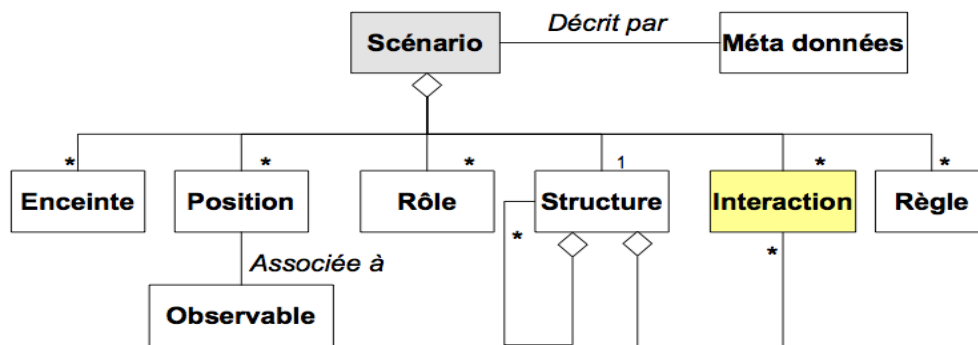


Figure 2.6: LDL, métamodèle simplifié, source : [Ferraris et Lejeune 2007]

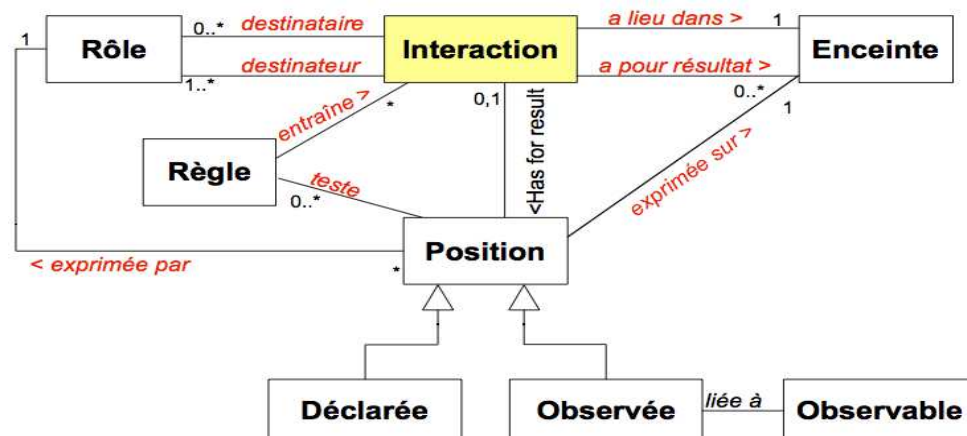


Figure 2.7: Notion d'interaction dans LDL, source : [Ferraris et Lejeune 2007]

¹¹ Systèmes Communicants.

¹² Ateliers de Réalisation et de Conception d'Applications Destinées à l'Éducation.

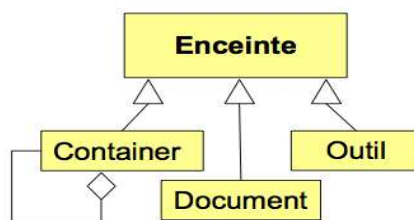


Figure 2.8: Notion d'enceinte dans LDL, source : [Ferraris et al. 2007]

LDL est né du constat que les activités sont imprévisibles par nature, collaboratives et essentiellement fondées sur des interactions entre participants [Ferraris et Lejeune 2007] (cf. figure 2.7).

La structure de modélisation de LDL permet de scénariser l'activité comme un enchaînement *a priori* d'interactions. Les interactions ont lieu dans des enceintes (cf. figure 2.8) qui doivent être perçues comme des contenants complexes. Les enceintes peuvent être un chat, un document à lire, une question QTI...

2.3.1.3 Le langage de modélisation pédagogique PALO

L'UNED (Universidad Nacional de Educación a Distancia) propose un langage nommé PALO [Rodríguez Artacho 2002]. L'approche de scénarisation privilégiée se base sur de la structuration pédagogique. Celle-ci consiste à structurer des cours en modules incluant une déclaration de cette structuration, les activités des apprenants et des tuteurs, l'ordonnancement séquentiel des activités.

Pour scénariser, PALO propose une approche par la définition/utilisation de gabarits désignés par "Instructional Template". Il relève ainsi d'une démarche de scénarisation qui se veut spécifique au contexte pédagogique contrairement à IMS-LD considéré comme neutre pédagogiquement. En effet, PALO permet d'articuler un sous-ensemble des éléments du modèle d'information, de manière à centrer sur un domaine pédagogique spécifique (voir [Rodríguez Artacho et Verdejo Maíllo 2004] pour un exemple de gabarit utilisé pour scénariser une activité d'expérimentation en chimie). PALO inscrit la scénarisation pédagogique dans un cadre de travail structuré en cinq couches (cf. tableau 2.1).

La couche "Educational Content" incite 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 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 [ADL-SCORM 2004]).

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

Table 2.1: Cadre de travail de PALO (traduit de [Rodríguez Artacho et Verdejo Maíllo 2004])

2.3.2 Analyse des approches par les langages de modélisation pédagogique

IMS-LD est candidat à la standardisation. Il supporte la diversité des approches et stratégies pédagogiques. Il permet la description de situations d'apprentissage individuelles ou collectives, en présentiel ou à distance. Il est qualifié de "neutre pédagogiquement" parce qu'il est indépendant de tout domaine et de toute approche pédagogique. Il est donc générique.

Ces dernières années ont vu émerger des travaux qui proposent des extensions de IMS-LD comme dans [Santos et al. 2004] [Caelen 2004] [Gounon et al. 2005] [Turani et Calvo 2006]. Ces extensions ont pour objectif de décrire plus précisément ce qui caractérise un contexte d'apprentissage (par exemple pour mieux décrire l'accompagnement des apprenants dans une situation d'apprentissage).

Dans d'autres travaux comme [Hernández-Leo et al. 2004] [Ferraris et al. 2005], les auteurs relèvent l'insuffisance d'IMS-LD pour exprimer des scénarios collaboratifs.

Ceci souligne à notre sens le fait que malgré la capacité d'IMS-LD à exprimer toute situation d'apprentissage, il ne permet pas toujours de répondre à certains besoins situés de certains concepteurs. Sa nature trop abstraite ne permet pas de décrire de manière plus spécifique ce qui caractérise leur pratique et leur contexte.

Par exemple dans les travaux de [Hernández-Leo et al. 2004], les auteurs soulignent l'insuffisance de IMS-LD pour permettre de décrire des modalités de collaboration. En effet, la spécification "service" (correspondant à une primitive) dans IMS-LD décrit les caractéristiques d'une 'ressource' qui soutient une activité d'apprentissage (une "learning-activity"). Le problème est qu'IMS-LD ne permet pas aux concepteurs de décrire des possibilités de collaboration en définissant un service. Pour y remédier, une extension est apportée à IMS-LD pour supporter ce type de situation. Cette extension porte sur la définition d'un nouveau type de services pour soutenir les interactions dans les groupes. Cette nouvelle primitive nommée "GroupServices", dont les caractéristiques sont présentées dans la figure 2.9, permet de décrire les interactions intervenant au niveau des services dans les

scénarios pédagogiques.

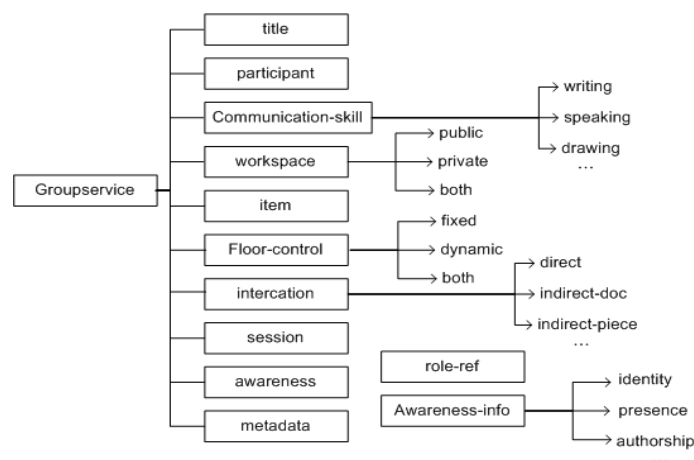


Figure 2.9: Extension de l'élément LD "service", source : [Hernández-Leo et al. 2004]

Par ailleurs, les auteurs qui sont à l'initiative de la proposition LDL, soulignent dans [Ferraris et Lejeune 2007] un certain nombre de critiques. Parmi les critiques, nous en citons ici deux qui dénotent à notre sens le besoin de décrire les spécificités d'un contexte pédagogique [Ferraris et Lejeune 2007] :

- *L'activité¹³ est une boîte noire.*
- *Les propriétés¹⁴ sont un fourre-tout.*

Une des principales critiques de ces auteurs que nous partageons porte sur la structure de modélisation d'IMS-LD. En effet, IMS-LD impose une structure de modélisation des scénarios selon la métaphore du théâtre et contraint à décrire les scénarios dans cette structure qualifiée de complexe (une organisation de scénario dans cette structure est illustrée dans la figure 2.10).

¹³L'activité correspond à la primitive 'activity' de IMS-LD.

¹⁴Les propriétés correspond à la primitive 'property' de IMS-LD.

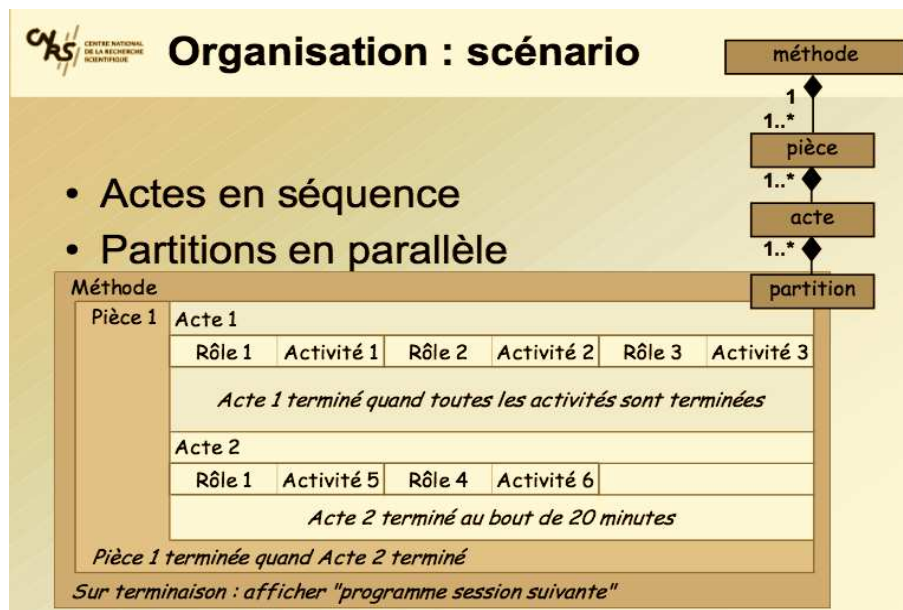


Figure 2.10: Structuration du scénario en IMS-LD, source : [Lejeune et Marino 2005]

Cette critique de IMS-LD peut à son tour être transposée à LDL. En effet, nous pensons que de la même façon qu'IMS-LD se base sur la métaphore du théâtre, LDL décrit des scénarios pédagogiques en se basant sur la notion d'interaction dans une enceinte comme le montre la figure 2.11. Il impose à son tour une structure de modélisation spécifique et contraint de décrire les scénarios dans cette structure.

Parce que LDL est considéré comme générique (pour une approche pédagogique spécifique : le CSCL), il permet de décrire toute situation d'apprentissage collaborative dans une structure figée et fixe. Or, comme le souligne [Tchounikine 2008], dans une approche macro-scripts CSCL, la collaboration (la façon dont les apprenants s'engagent dans les situations d'apprentissage) est un phénomène émergent. Des événements imprévus peuvent/vont alors arriver en situation d'apprentissage. Les enseignants doivent donc disposer de degrés de flexibilité (possibilité de modifier le script).

Comme nous l'avons expliqué dans la section 1.5.1.3, la modification du script peut dans certains cas ne pas être autorisée par le métamodèle. Il faudra alors modifier le métamodèle pour prendre en charge la modification du script. Le métamodèle ne devrait donc pas être figé. Il faudra alors donner les moyens de le modifier et de l'adapter.

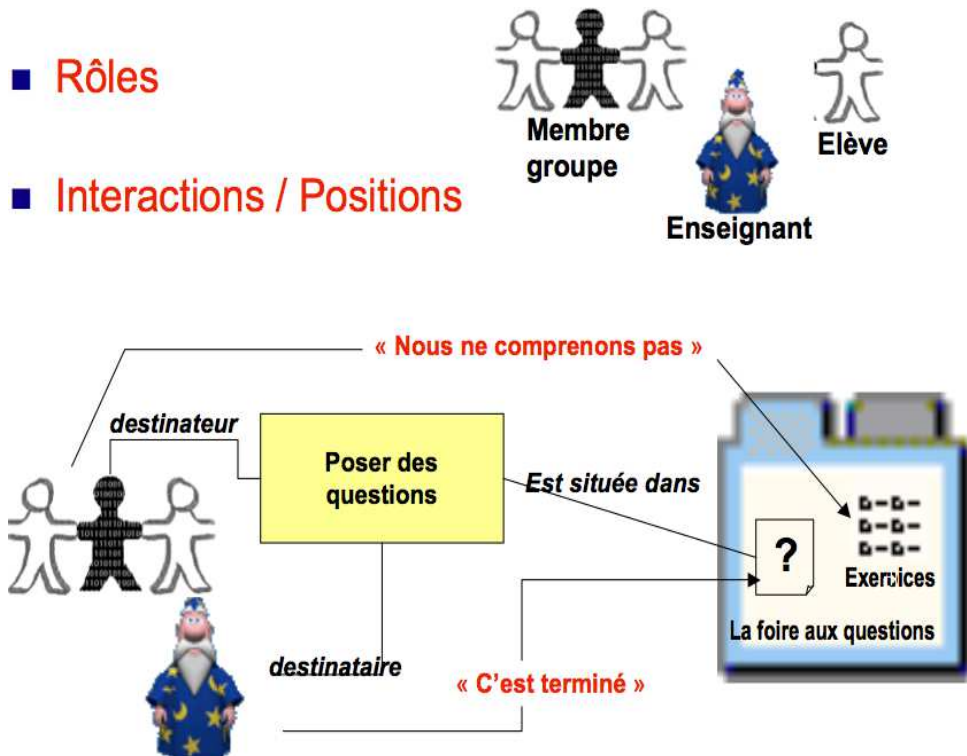


Figure 2.11: Exemple d'interactions dans une enceinte décrite par LDL, source : [Ferraris et Lejeune 2007]

Le langage de modélisation PALO quant à lui inscrit la scénarisation dans une approche différente des métamodèles génériques. Celle-ci ne se veut pas neutre pédagogiquement mais se base sur la volonté de contextualiser les aspects pédagogiques à décrire. Cette contextualisation est rendue possible grâce aux gabarits. Elle est toutefois focalisée sur le modèle de contenu uniquement. La structuration, et la description de la situation d'apprentissage sont basées sur une métaphore propre au langage de modélisation. Ainsi, les concepteurs utilisant le langage peuvent décrire de manière située leur situation d'apprentissage, néanmoins cette description reste dans un modèle de représentation fixe. La richesse de l'expressivité des scénarios est basée sur la diversité des gabarits proposés.

2.3.3 Approche par l'IDM

L'IDM (Ingénierie Dirigée par les Modèles) est un paradigme de développement logiciel où les aspects liés aux contingences d'une plateforme d'exécution cible n'apparaissent que tardivement dans le processus [Blanc 2005]. Cette approche prend tout son sens dans le cadre des architectures logicielles dirigées par les modèles utilisant des standards tels que MDA (Model Driven Architecture) proposée par l'OMG¹⁵[OMG 2006]. Cette approche consiste à élaborer les modèles de la logique métier des systèmes in-

¹⁵Object Management Group.

dépendamment des plateformes, puis à transformer ces modèles automatiquement vers des modèles dépendant des plateformes. Ainsi, la complexité des développements des plateformes n'apparaît plus dans les modèles de la logique métier mais se retrouve dans la transformation.

Le principe clé du MDA consiste en l'utilisation de modèles aux différentes phases du cycle de développement d'une application. Plus précisément, MDA préconise l'élaboration de modèles d'exigences (CIM), d'analyse et de conception (PIM) et de code (PSM) [Blanc 2005].

1. **Le modèle d'exigence CIM (Computation Independent Model).** Un modèle d'exigences ne contient pas d'informations sur l'implémentation de l'application. C'est pourquoi, dans le vocabulaire MDA, les modèles d'exigences sont appelés des CIM (Computation Independent Model), littéralement "modèle indépendant de la programmation".

Par exemple, avec UML¹⁶, un modèle d'exigence peut se résumer à un diagramme de cas d'utilisation. Ce dernier contient en effet les fonctionnalités fournies par l'application (cas d'utilisation) ainsi que les différentes entités qui interagissent avec elle (acteurs) sans apporter d'information sur le fonctionnement de l'application.

2. **Le modèle d'analyse et de conception abstraite PIM (Platform Independent Model).** Une fois le modèle d'exigences réalisé, le travail d'analyse et de conception peut commencer. C'est dans cette étape que la modélisation est la plus présente, avec diverses méthodes comme Merise [Tabourier 1986] par exemple.

MDA considère que les modèles doivent également être indépendants de toute plateforme d'implémentation. Ils sont nommés à cette étape des PIM (Platform Independent Model).

3. **Le modèle de code ou de conception concrète PSM (Platform Specific Model).** Les modèles de code servent essentiellement à faciliter la génération de code à partir d'un modèle d'analyse et de conception. Ils contiennent toutes les informations nécessaires à l'exploitation d'une plateforme d'exécution. Dans le vocabulaire MDA, ces modèles de code sont appelés des PSM (Platform Specific Model). Le rôle de ces modèles est principalement de faciliter la génération de code. Ils sont donc essentiellement productifs mais ne sont pas forcément pérennes. L'autre caractéristique importante des modèles de code est qu'ils font le lien avec les plateformes d'exécution.

Certains travaux de la communauté EIAH ont repris cette approche dans le cadre de la scénarisation pédagogique. Le cycle des transformations appliquées aux EIAH est donné dans la figure 2.12.

Nous présentons dans cette section trois de ces travaux.

¹⁶Unified Modeling Language.

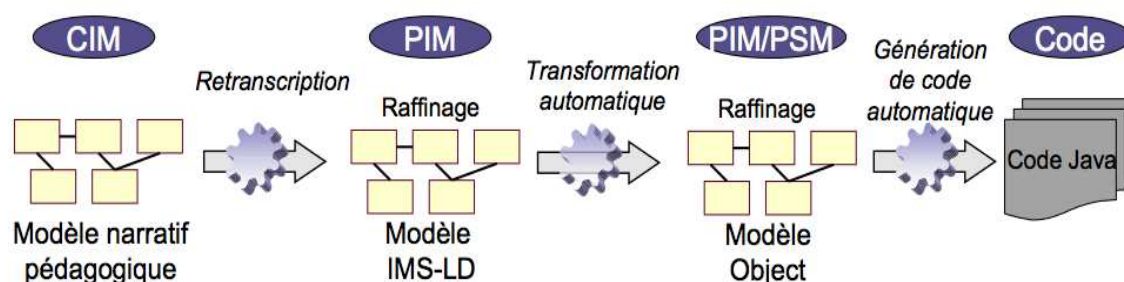


Figure 2.12: Cycle de transformations et EIAH, source : [Nodenot et al. 2005]

2.3.3.1 Travaux menés sur CPM

Ce travail se situe en amont des EML (niveau PIM). Il s'agit donc de la phase de transition CIM-PIM du cycle présenté dans la figure 2.12 où un langage CPM est construit et proposé sous la forme d'un profil UML¹⁷ pour exprimer des scénarios pédagogiques. CPM (Cooperative Problem-based learning Metamodel) exploite la richesse graphique proposée par UML.

Les scénarios visés dans ce travail sont destinés à décrire des situations problèmes coopératives (PBL pour Problem Based Learning). Cette approche de la scénarisation amène ainsi à positionner CPM comme un langage graphique spécialisant UML pour la conception de PBL, relevant ainsi d'une approche située de la scénarisation.

Le langage CPM est composé du métamodèle CPM [Nodenot et al. 2003] (syntaxe abstraite) représenté dans la figure 2.13 et du profil CPM [Laforcade et al. 2003] (syntaxe concrète) représenté dans la figure 2.14.

Le profil utilise un élément principal "le stéréotype". Dans ce travail, une technique de transformation de modèles de CPM (au niveau CIM) vers IMS-LD (au niveau PIM) est proposée. Pour extraire les informations nécessaires au modèle cible conforme à IMS-LD, la technique adoptée consiste à déterminer pour chaque concept d'IMS-LD la méta-classe UML et le stéréotype utilisés comme équivalents dans la spécification du même concept avec le langage CPM. Chaque composante d'IMS-LD est alors construite à partir des informations extraites de CPM. L'auteur [Laforcade 2005] à l'initiative de CPM, note toutefois que certains éléments sont plus difficilement déductibles que d'autres.

¹⁷ Un profil UML est un ensemble de stéréotypes et de contraintes qui vient compléter la définition standard d'UML (i.e, le métamodèle UML).

Les stéréotypes permettent d'étendre la sémantique des éléments de modélisation : il s'agit d'un mécanisme d'extensibilité du métamodèle d'UML.

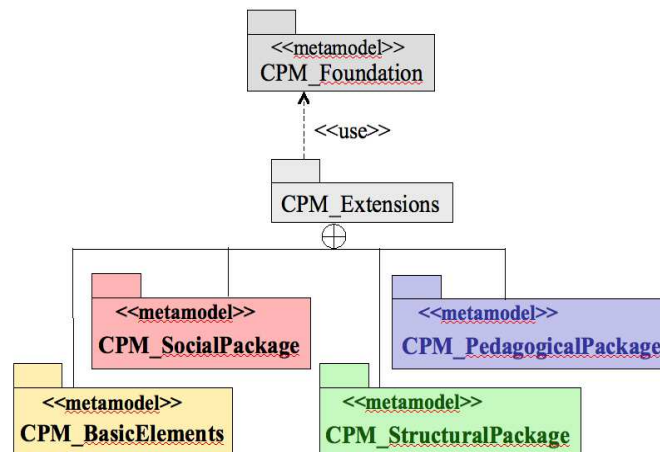


Figure 2.13: Paquetage du métamodèle CPM, source : [Laforcade 2004]

Stéréotype	Méta-classe	Contrainte	Icône
LearningPhase	Core::Operation ActivityGraphs::ActionState ActivityGraphs::SubactivityState UseCases::UseCase Core::Classifier		»»
Activity	Core::Operation ActivityGraphs::ActionState ActivityGraphs::SubactivityState UseCases::UseCase Core::Classifier	oui	»
Role	UseCases::Actor ActivityGraphs::Partition	oui	⤴

Définition valeur marquée	Type valeur	Sur stéréotype
phaseKind	String	LearningPhase
roleKind	String	Role
activityKind	String	Activity

Figure 2.14: Profil CPM (extraits), source : [Laforcade 2004]

2.3.3.2 Approche par les patrons pédagogiques : Le projet MDEduc

Le projet MDEduc, de l'équipe de recherche NOCE¹⁸ du laboratoire LIFL de l'Université Lille 1, s'inscrit également dans une Ingénierie Dirigée par les Modèles.

Dans le cadre de ses travaux de thèse [De Moura Filho 2007], C.O de Moura Filho partage notre position sur la scénarisation pédagogique. Il 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 langage de modélisation pédagogique adapté à leurs pratiques, à leurs contextes et à leurs objectifs. Cette approche est le résultat d'un constat que nous partageons et que nous avons précédemment évoqué dans ce document. Il s'agit du risque de distance qu'il peut y avoir entre pédagogues et développeurs logiciels [De Moura Filho et Derycke 2007]. Alors que la scénarisation basée sur CPM souligne la nécessité d'un ingénieur pédagogique

¹⁸Nouveaux Outils pour la Coopération et l'Éducation.

pour mener le travail de modélisation (notation UML considérée comme trop complexe pour la faire manipuler à des enseignants), cette seconde approche propose une démarche qui se veut plus accessible à des enseignants. Elle s'appuie pour cela sur le concept de patron pédagogique de conception.

Ce travail puise dans les moyens offerts par l'IDM pour permettre à un enseignant de spécifier des scénarios pédagogiques basés sur des patrons. Dans cette démarche, les modèles informels jouent un rôle majeur dans la démarche de conception de scénarios.

La démarche de conception consiste à donner les moyens d'éditer des scénarios à base de patrons et d'autoriser les allers-retours entre représentations informelles proches du langage naturel et des représentations plus formelles.

Afin de situer cette démarche dans le cycle représenté dans la figure 2.12, l'idée est d'utiliser les patrons comme base d'édition du CIM d'un scénario pédagogique.

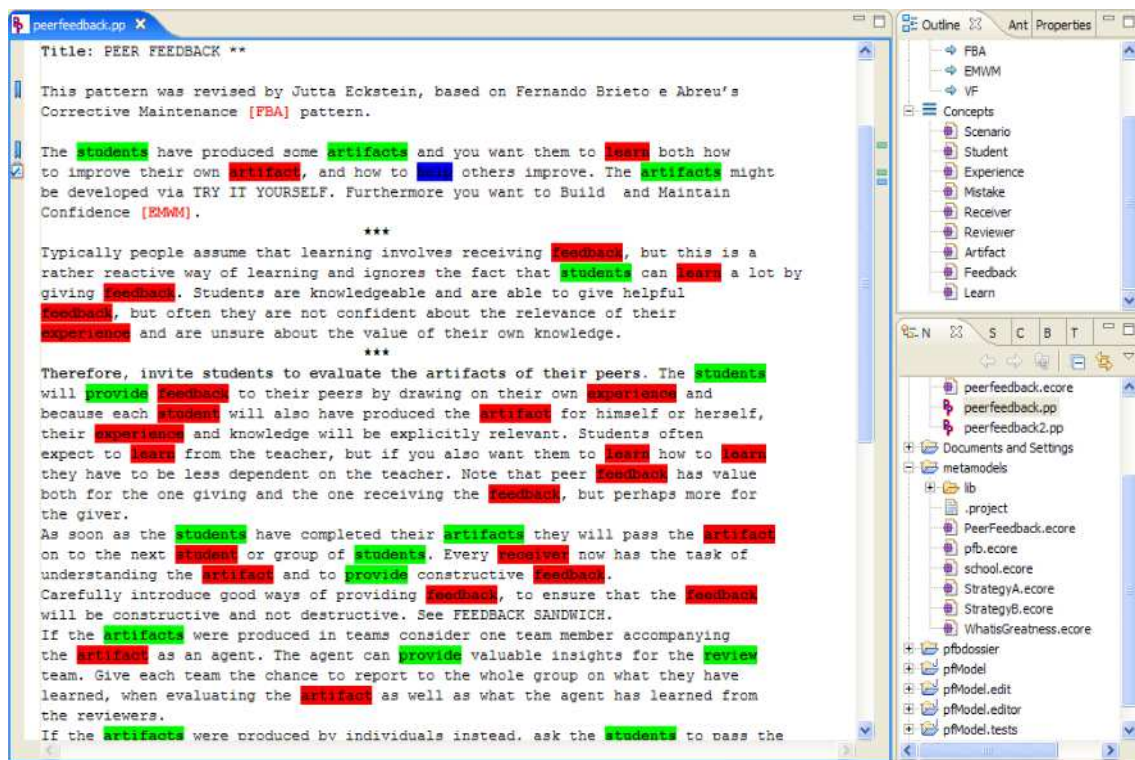


Figure 2.15: Construction de scénarios à base de patrons pédagogiques, source : [De Moura Filho 2007]

Elle consiste à permettre l'édition de patrons pédagogiques, et l'extraction de modèles pédagogiques¹⁹ formels à partir de scénarios édités. Cette démarche de scénarisation est rendue possible grâce à un éditeur PPEditor (Pedagogical Patterns Editor) facilitant l'édition de scénarios d'apprentissage en respectant la syntaxe imposée par les patrons pédagogiques.

¹⁹L'auteur utilise le terme modèle pédagogique dans le même sens que scénario pédagogique que nous utilisons. Le scénario pédagogique est indépendant de l'EIAH, nous l'avons représenté dans la figure 1.2 au niveau modèle.

Un patron est représenté dans une notation textuelle à partir de laquelle certains mots ou membres de phrases ont un rendu visuel différent en accord avec les conventions syntaxiques usuelles des patrons pédagogiques. Suite à des interactions de type édition/sélection menées sur le patron, le métamodèle formel permettant l'expression d'un scénario au niveau PIM est construit. Ce dernier est alors utilisé pour définir un PSM par transformation, puis générer le dispositif de formation correspondant, selon le processus MDA.

La figure (voir figure 2.15) (extraite de [De Moura Filho et Derycke 2007]), représente la construction du métamodèle (partie droite de la figure) suite à des interactions de type édition/sélection menées sur le patron (partie gauche de la figure).

2.3.3.3 Approche dispositive : le projet Bricoles

Le projet Bricoles est mené également par l'équipe de recherche NOCE, et utilise les moyens offerts par l'Ingénierie Dirigée par les Modèles.

Ce projet [Caron 2007b] propose une approche dite "dispositive" qui s'adresse à des enseignants dont la pratique en scénarisation est qualifiée de "bricolage" [Caron 2007a] par opposition à une démarche "ingénierie". Comme le souligne P.A Caron, elle s'adresse à un enseignant qui "fait avec les moyens du bord" [Caron et al. 2006].

Le bricolage pédagogique médiatisé est accompagné dans cette approche par des applications Web 2.0 qui réifient une pré-structuration des objets pédagogiques manipulés par les enseignants. C'est cette pré-structuration des objets qui est la composante principale du dispositif pédagogique.

Cette approche comme le montre la figure 2.16 repose sur l'idée de définir une infrastructure qui permet de construire une application Web 2.0 simple via des services.

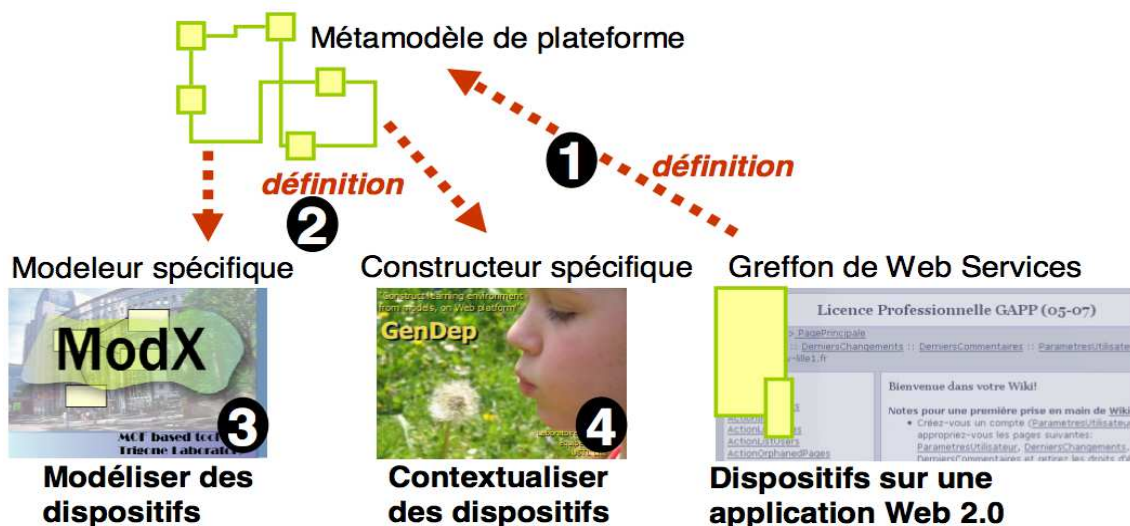


Figure 2.16: Approche de conception dans le projet Bricoles, source : [Caron 2007a]

Concrètement, la démarche technique consiste en trois principales étapes :

- **La modélisation.** Le dispositif pédagogique est d'abord modélisé au sein d'un modèleur spécifique (dans la figure 2.16, MODX²⁰ est utilisé).
- **La contextualisation à l'application.** Il s'agit ici de compléter le modèle produit par rapport au contexte d'enseignement et par rapport aux éléments présents sur l'application.
- **La construction d'un dispositif.** Les éléments décrits par le modèle sont construits sur la plateforme cible via des appels de services.

Cette approche se veut une première contribution pour la mise en place d'une conception pédagogique permettant de définir des infrastructures adaptées au travail des enseignants.

2.3.4 Analyse des travaux menés en IDM

L'idée commune qui sous-tend les travaux présentés en IDM porte sur deux points de vue : soit impliquer davantage les enseignants dans le travail de scénarisation, ce qui est le cas de l'approche Bricoles et de l'approche par patrons pédagogiques, soit l'idée de partir d'un métamodèle défini et établi comme dans l'approche CPM mais de cibler un domaine ou une approche pédagogique spécifique.

Dans le cas de CPM, nous considérons ce dernier comme un métamodèle situé, dans la mesure où il est spécifique à une approche pédagogique de type PBL. Son domaine de validité porte sur la description de situations problèmes coopératives.

Les approches issues de l'IDM comme celles que nous avons présentées essayent de se rapprocher de l'univers métier des enseignants, cependant, elles n'impliquent pas toutes les enseignants dans le travail de scénarisation. Ainsi, dans l'approche CPM, bien qu'une approche pédagogique spécifique est visée, la tâche de modélisation est confiée à un ingénieur pédagogique, au regard de la complexité de la manipulation de la notation UML par des enseignants. Néanmoins, la volonté affichée par cette démarche est de rendre les modèles compréhensibles par les enseignants (modèles acceptables)²¹ [Nodenot 2005].

Bien que l'approche Bricoles implique davantage l'enseignant dans la production du scénario décrit conformément à un métamodèle (IMS-LD a été choisi comme exemple dans une expérimentation), la métamodélisation reste néanmoins du ressort de l'informaticien seul (Il s'agit du chercheur dans le cadre des expérimentations menées dans ce projet).

L'implication de l'enseignant se situe au niveau de la description du scénario conformément au métamodèle précédent et en collaboration avec l'informaticien qui l'a construit. Cette démarche est analogue à celle du cogniticien dans la construction de SBC (Systèmes à Base de Connaissances) [Trichet 1998].

²⁰<http://noce.univ-lille1.fr/projets/ModX/>.

²¹[Nodenot 2005] définit les modèles acceptables d'un EIAH comme des modèles explicites, qui rendent possible des échanges entre les acteurs de la conception pour faire évoluer les modèles.

Cette démarche peut poser un problème de perte de l'intentionnalité pédagogique des enseignants puisque la construction du métamodèle relève de l'interprétation des connaissances du domaine pédagogique par l'informaticien. Les enseignants décrivent ainsi leurs scénarios dans un métamodèle construit par l'informaticien, laissant à l'enseignant une place limitée dans sa modification.

Le métamodèle est situé puisqu'il est puisé dans l'univers métier des enseignants. Il a ainsi de fortes chances d'être familier aux enseignants lorsqu'ils l'utilisent pour décrire leurs scénarios, mais cela ne garantit pas son appropriation. La conception dans cette approche est centrée sur l'utilisateur, mais n'est cependant pas totalement participative²².

Dans l'approche par patrons pédagogiques, les travaux menés ont le souci d'impliquer complètement l'enseignant dans la spécification de scénarios pédagogiques même si celle-ci s'appuie sur une démarche spécifique. Cette démarche consiste à construire à partir d'un scénario CIM narratif (dans une notation textuelle) un métamodèle exprimant le scénario en question. L'auteur de cette approche n'a pas fait de mise à l'essai ce qui rend difficile d'évaluer ses principales difficultés.

Cette approche présente des caractéristiques similaires à celles basées sur le langage PALO dans la mesure où elle cherche à contextualiser les aspects pédagogiques à décrire. Cette contextualisation est rendue possible grâce aux patrons pédagogiques, et dont l'expressivité peut être accrue si les patrons proposés sont diversifiés en termes de structures et de contenus.

L'appropriation d'un patron par un enseignant repose sur l'interprétation de son contenu. Il doit donc être explicite et bien documenté pour permettre une bonne compréhension à l'enseignant, essentielle dans le choix du patron le plus adapté à son contexte. Une telle démarche à notre sens doit aussi proposer un processus d'assistance dans le choix des patrons dans le cas où une quantité importante est mise à disposition de l'enseignant (par exemple par le renseignement de méta-données descriptives pouvant servir à la documentation des patrons).

2.3.5 Autres travaux menés en conception de scénarios pédagogiques

2.3.5.1 Travaux relevant d'une approche industrielle de la conception pédagogique : la méthode d'ingénierie MISA

[Paquette 2002] propose également une méthode systématique de macro-design ou d'ingénierie pédagogique fondée sur la modélisation cognitive, la MISA (Méthode d'Ingénierie de Système d'Apprentissage).

²²Pour notre part, nous distinguons entre conception centrée utilisateurs et conception participative de la façon suivante : Dans une conception centrée utilisateurs, ce sont les experts concepteurs (par exemple les informaticiens) qui vont dans le monde des utilisateurs pour comprendre leurs besoins et modéliser. Dans une conception participative, ce sont les utilisateurs qui vont dans le monde des experts concepteurs et participent pleinement à la conception. Alors qu'une démarche centrée utilisateurs met l'accent sur le développement du système, la conception participative met l'accent sur le prototypage.

La Méthode d'Ingénierie des Systèmes d'Apprentissage (MISA) vise à appliquer des principes des sciences cognitives au domaine du design pédagogique. Elle-même représentée par un modèle qui décrit de façon structurée et graphique ses processus, ses produits et ses principes, MISA vise à produire un système d'apprentissage qui se caractérise par trois modèles :

- un modèle des connaissances, objets de l'apprentissage ;
- un modèle pédagogique spécifiant les processus ou scénarios d'apprentissage ;
- un modèle médiatique définissant les matériels pédagogiques et les infrastructures technologiques qui supportent l'apprentissage.

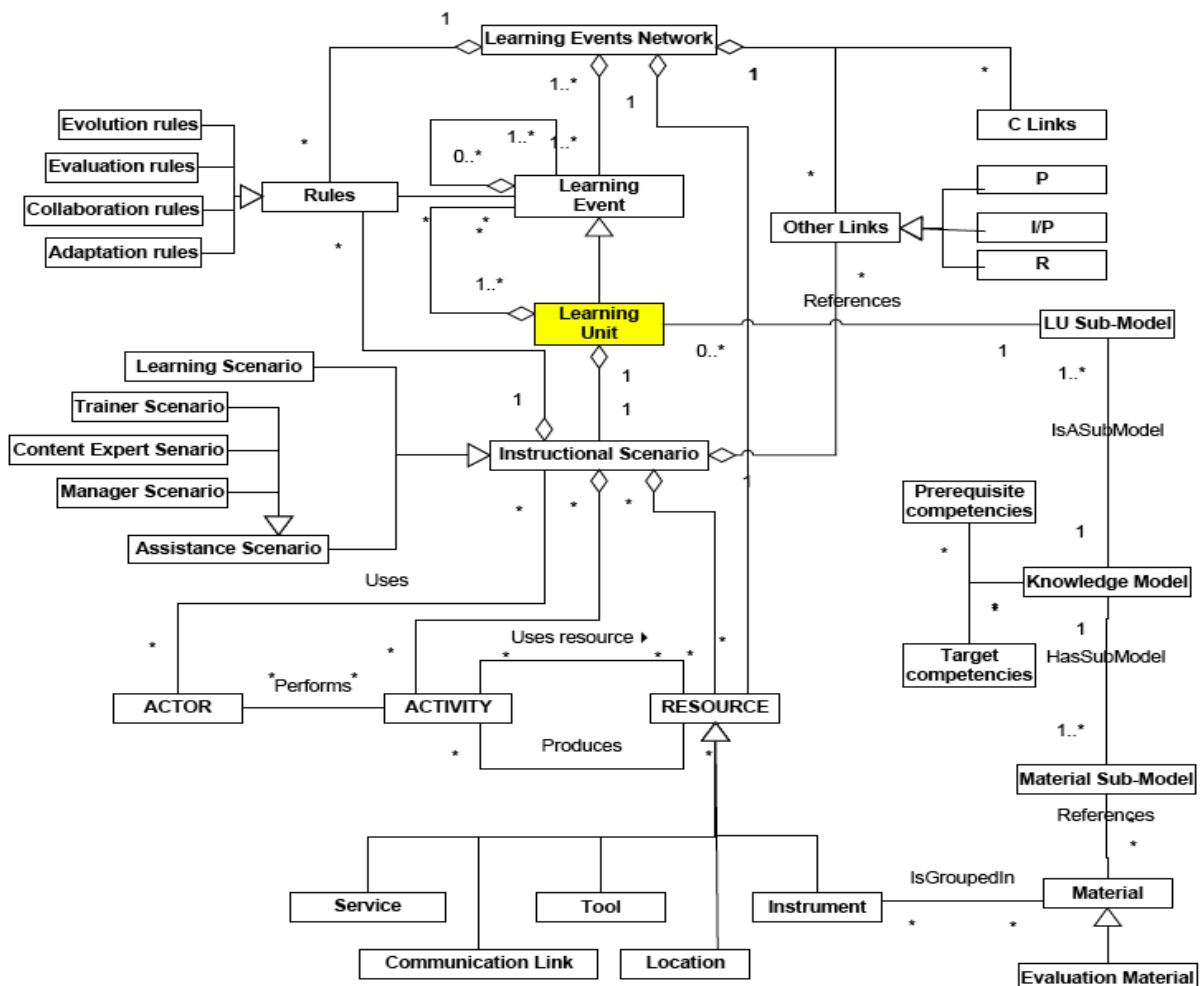


Figure 2.17: Le modèle pédagogique de MISA 4.0 - diagramme de classes

C'est le deuxième modèle (conception pédagogique) qui met l'emphasis sur les scénarios pédagogiques (cf. figure 2.17). La construction d'un scénario pédagogique est proposée en quatre étapes principales :

1. Représenter les activités d'apprentissage par des procédures, accompagnées de leurs instruments et des guides intrants, ainsi que les productions qui en résultent. Ceci permet d'obtenir ainsi le processus de base du scénario.
2. Dans un deuxième temps, représenter par des principes les consignes de collaboration entre les apprenants et attribuer, s'il y a lieu, un rôle individuel ou collaboratif aux apprenants. A cette étape donc, une dimension collaborative du scénario est ajoutée au moyen de consignes de collaboration.
3. Dans un troisième temps, représenter les ressources qui ne portent pas d'information mais qui facilitent le traitement de l'information (soit les outils informatiques, les moyens de communication, les services et les milieux) et qui seront nécessaires pour la réalisation des activités individuelles et collaboratives.
4. Enfin décrire de la même façon le scénario d'assistance en spécifiant les activités des facilitateurs, leurs ressources intrants et leurs productions, ainsi que les diverses consignes qui les régissent.

La modélisation est réalisée dans la notation MOTPlus (Version récente de MOT²³) disposant d'une traduction XML pour que les modèles soient interprétables par la machine.

2.3.5.2 Travaux visant la réutilisation de scénarios pédagogiques : la méthode des pléiades

Certains travaux en scénarisation portent sur la réutilisation des scénarios pédagogiques. Un des enjeux de la réutilisation est évidemment la formalisation du scénario pédagogique. Celle-ci se base sur une structure abstraite pour permettre son adaptation et sa réutilisation. C'est le choix de cette structure qui nous intéresse dans le travail de réutilisation des scénarios.

A titre d'exemple, [Villiot-Leclercq 2007] propose de formaliser les scénarios par une démarche utilisant une métaphore empruntée à l'astronomie dite "des pléiades". La méthode des pléiades vise à offrir un cadre formel et une méthode opérationnelle pour concevoir un scénario pédagogique et le rendre plus facilement réutilisable. En utilisant cette métaphore, les scénarios pédagogiques peuvent être décrits en utilisant différents grains qui peuvent se décliner de la façon suivante (cf. figure 2.18) :

²³MOT : Modélisation par Objets Typés. MOT permet de représenter un domaine de connaissances de façon graphique et de les relier par des liens orientés. MOTPlus est une version plus récente que MOT qui permet de modéliser en IMS-LD.

- une activité élémentaire d'apprentissage est une "étoile d'action" ;
- un regroupement de plus d'une activité élémentaire d'apprentissage est une "pléiade" ;
- plusieurs regroupements de plus d'une activité d'apprentissage est une "constellation".

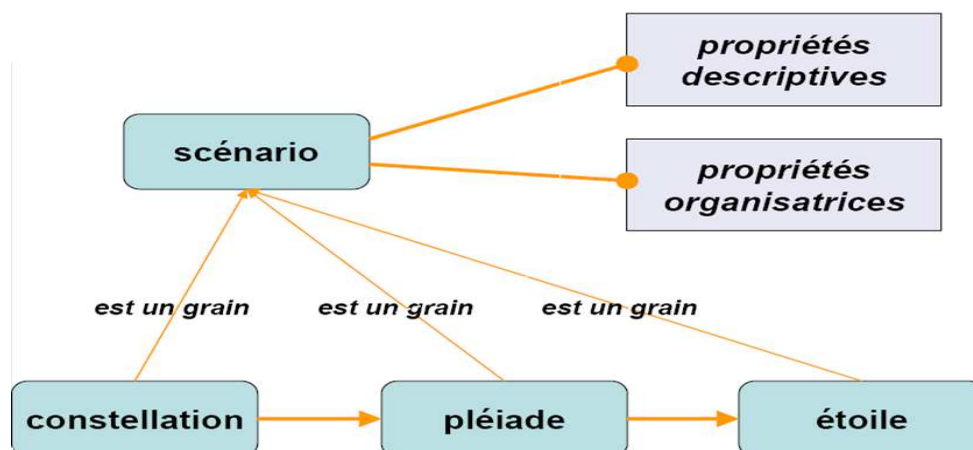


Figure 2.18: Schéma général de la méthode des pléiades, source : [Villiot-Leclercq 2007]

Les pléiades, étoiles et constellations sont des entités liées par des relations de précédence, de hiérarchie, etc. A chaque entité est associé un ensemble de propriétés auxquelles il est possible d'attribuer des valeurs. Ces propriétés répondent à des questions pédagogiques que peut se poser l'enseignant : quelles activités ? sont-elles obligatoires pour tous ? quelle stratégie d'enseignement est la plus adaptée ? etc.

Un récapitulatif des propriétés des entités dans la méthode des pléiades (extrait de [Villiot-Leclercq et David 2007]) est énoncé dans ce qui suit :

1. Propriétés descriptives

- Granularité : étoile, pléiade, constellation.
- Famille de regroupement : mise en situation, évaluation etc.
- Stratégie d'enseignement : magistrale, socio-constructiviste etc.
- Stratégie d'apprentissage : élaboration de connaissances, organisation, gestion du travail d'équipe.
- Statut : obligatoire, optionnel.
- Densité: nombre d'activités.
- Éléments de connaissances en jeu dans l'activité.

2. Propriétés organisatrices

- Constituants : activités.
- Orchestration : ordre des activités.
- Distribution : répartition des rôles dans les activités.
- Condition de clôture : qui et à quel moment de l'activité.
- Éléments de supports : ressources/outils utilisés ou produits pendant l'activité.

2.3.6 Analyse de MISA et de la méthode des pléiades.

La méthode d'Ingénierie des Systèmes d'Apprentissage (MISA) met en oeuvre plusieurs modèles et processus. Son originalité tient au fait qu'elle utilise des techniques de modélisation cognitive à la fois pour la représentation des connaissances, des traitements pédagogiques et des traitements médiatiques.

Bien qu'extrêmement complète, elle apparaît un peu complexe pour qu'un enseignant seul puisse prendre en charge le design [Charlier et Daele 2002]. En effet, elle nécessite comme pré-requis que les concepteurs fassent preuve d'une activité intense de structuration et de restructuration du problème. Ils doivent développer plusieurs modèles se concrétisant dans des devis, des schémas fonctionnels etc. MISA est donc basée sur un processus d'ingénierie très procédural. C'est pour cette raison qu'elle se positionne dans une approche industrielle de la e-formation. Cette méthode cible en effet des organisations de formation conséquentes, où l'enseignant est considéré comme un auteur expert.

La méthode des pléiades s'inscrit selon nous dans une approche interprétative. Nous pensons que cette méthode de formalisation se rapproche dans la structuration de IMS-LD. Ainsi, une étoile d'action peut être assimilée à une 'learning-activity', une pléiade à une 'activity-structure' regroupant des 'learning-activity' et une constellation peut être assimilée également à une 'activity-structure', structure encapsulant d'autres 'activity-structure'.

Les propriétés associées aux entités (pléiades, étoiles, constellation) sont assez proches de la notion de méta-données descriptives qui permettent de décrire le contexte d'usage des scénarios pédagogiques. Cet aspect est également proposé par IMS-LD sauf que dans le cas de la métaphore des pléiades, une liste exhaustive de propriétés est proposée.

La réutilisation de scénarios pédagogiques impose un formalisme de modélisation qui soit suffisamment abstrait pour décrire des situations d'apprentissage dans différents contextes. La formalisation dans ce type d'approche nécessite de s'adapter à une structure qui est donc pré-définie. Elle nécessite de décrire les scénarios dans cette structure. Plus le formalisme est abstrait, plus la réutilisation est favorisée. Cependant, plus le formalisme est abstrait, moins les spécificités d'une situation d'apprentissage sont prises en compte. L'aspect métier du domaine pédagogique ciblé n'est donc pas pérennisé, et la modélisation n'est plus située. Moins la modélisation est située, plus les scénarios sont faciles à adapter. La difficulté se

situé au niveau de la pertinence du choix du scénario à réutiliser ainsi qu'au niveau de son appropriation, phases préalables à son adaptation et à sa réutilisation.

2.4 Discussion

Les travaux que nous avons présentés portant sur la conception de scénarios pédagogiques, se distinguent essentiellement par un élément déterminant dans l'approche de scénarisation qui est le niveau de description des scénarios en question. Deux tendances se dessinent.

1. Dans le contexte des travaux proposant des solutions revendiquant leur généricité, c'est une approche systématique du processus qui est construite dans l'objectif de rendre le processus de conception plus efficace et plus performant. Les modèles ou méthodes proposés s'inspirent ainsi des méthodes prescriptives pour concevoir [Pahl et Beitz 1984], et constituent des représentations idéalisées du processus de conception :
 - Soit en proposant des métamodèles génériques dont le spectre d'application reste valide quel que soit le domaine et/ou l'approche pédagogique ciblés, comme c'est le cas d'IMS-LD.
 - Soit en proposant une méthode qui soit la plus complète possible (processus, procédures, mécanismes de manipulation etc.), ce qui lui confère une nature très procédurale comme c'est le cas de la méthode MISA.

Les travaux actuels en EIAH sont abondamment orientés vers les questions de plateformes et de normalisation [Bruillard et De La Passardière 2003]. Ils sont ainsi moins axés sur les processus d'apprentissage ciblés (comme étudier finement comment apprendre ou enseigner telle ou telle notion) [Bruillard 2006].

Dans ces travaux, la conception n'est pas considérée comme relevant de l'action située [Suchman 1987]. Peu de place est donc laissée à la nature opportuniste de la conception où il n'est pas envisageable d'abstraire une structure de l'action valable à travers plusieurs situations. C'est ainsi que des normes (ou tentatives de normalisation et standardisation) sont parfois édictées qui rationalisent le développement du scénario sur la base de modèles normatifs (comme dans le cas de IMS-LD).

Tous ces travaux relèvent d'une approche interprétative car basés sur la sélection des langages ou méthodes pour exprimer des scénarios. Ils ont un point commun, une caractéristique commune qui est celle d'amener les concepteurs à compiler leur connaissances pour les embarquer dans les structures imposées par les métamodèles. Ces approches n'impliquent pas les enseignants dans l'activité de conception de ces métamodèles. Leur appropriation ne peut se faire donc que sur l'idée d'imprégnation de leur fonctionnement et sur une forme d'entraînement car ils sont exogènes au contexte de leur utilisation.

2. Dans le contexte des travaux proposant des solutions revendiquant leur spécificités, la conception est plus proche de l'univers métier des enseignants. Les modèles ou méthodes proposés visent une conception des scénarios de manière à conserver la logique métier des enseignants de trois façons différentes :

- Soit dans la phase de conception des scénarios, en ciblant des approches pédagogiques spécifiques comme c'est le cas de CPM (pour les situations problèmes coopératives) ou encore LDL pour décrire des scénarios collaboratifs.
- Soit dans la phase de conception des scénarios, en ciblant des situations d'apprentissage spécifiques comme c'est le cas des patrons pédagogiques (projet MDEduc) ou des gabarits (dans le cas de PALO).
- Soit dans la phase d'opérationnalisation, en essayant de conserver la logique métier lorsque l'on déploie le scénario dans une plateforme cible (par exemple en utilisant la technique des transformations de modèles) comme c'est le cas de l'approche Bricoles.

Ces travaux relèvent d'une approche dédiée de la scénarisation car ils cherchent à coller aux pratiques des enseignants. Les travaux relevant des deux premiers points restent dans une approche interprétative car basés sur la sélection de modèles (de type métamodèle spécifique ou template). Le travail relevant du troisième point quant à lui est indépendant de toute approche de scénarisation.

Les travaux en conception (cf. section 2.2) mettent bien l'accent sur les spécificités portant sur la nature opportuniste, située et distribuée de la conception. Nous avons expliqué que ces spécificités font émerger dans l'enchaînement de la conception une multitude d'objets transitoires dont la principale caractéristique est d'être instables (les solutions portées par ces objets ne sont pas définitives) permettant ainsi une dynamique du projet.

Or, nous constatons que de nombreux travaux menés en EIAH particulièrement en scénarisation n'abordent pas tous les aspects de l'activité de conception. Le point commun de ces travaux est qu'ils ne prennent en compte que la vision de production d'un objet unique "le scénario pédagogique".

Dans notre travail et comme nous l'avons signalé, nous ciblons des situations de conception collective impliquant des usagers-concepteurs. La conception porte sur la construction d'objets en conception que sont les métamodèles et les scénarios. Nous avons expliqué qu'en raison de l'implication des utilisateurs de ces modèles dans la conception, celle-ci aboutit à des modèles "situés". Notre approche s'éloigne ainsi des approches de scénarisation génériques. Notre travail se situe donc dans une approche dédiée de la scénarisation. Elle se distingue des approches dédiées que nous avons évoquées précédemment par le fait que notre démarche est constructive et non pas interprétative. Elle se manifeste souvent dans un cadre précis de résolution de problèmes.

3

Problématique scientifique

Sommaire

- 3.1 Introduction
- 3.2 Définition de la problématique

Dans cette section, nous posons les contextes d'application des principales approches proposées par les précédents travaux. Nous situons notre proposition parmi ces travaux, nous définissons notre problématique scientifique, et posons nos questions de recherche.

3.1 Introduction

A partir de l'analyse précédente, un élément clé qui semble émerger porte sur le niveau de généralité du métamodèle d'expression pédagogique. Nous avons déjà souligné précédemment dans l'introduction de ce document qu'un métamodèle d'expression pédagogique peut être décrit à différents niveaux de généralité que nous rappelons ici :

- Un métamodèle “situé” est un métamodèle qui reflète une démarche de conception en des termes propres à une approche ou à un domaine pédagogique cible.
- Un métamodèle “générique” est un métamodèle qui reflète une démarche de conception en des termes indépendants d'un domaine ou d'une approche pédagogique cible.

Les approches de scénarisation basées sur les métamodèles génériques tendent vers une neutralité pédagogique. Ces métamodèles sont nés du besoin de favoriser l'interopérabilité. Une de leurs spécificités, est qu'ils permettent souvent une opérationnalisation rapide. Ils s'inscrivent ainsi dans une approche qui cible le plus grand nombre d'utilisateurs possible. Cette approche a un certain nombre d'avantages :

- assurer la viabilité à long terme des métamodèles et langages proposés ;
- favoriser l'interopérabilité pour réduire les coûts de production ;

- construire des plateformes intégrant ces métamodèles qui soient accessibles à un grand nombre de personnes.

Néanmoins, nous pensons que cette approche n'est pas toujours satisfaisante pour les raisons suivantes :

- L'appropriation par les utilisateurs des métamodèles proposés est rendue difficile, nécessitant de nouveaux apprentissages.
- Les métamodèles "génériques" ne permettent pas de décrire suffisamment la spécificité d'une situation d'apprentissage.
- De façon implicite, les métamodèles génériques contraignent la modélisation. Pour opérationnaliser un scénario, il doit être rendu conforme à la construction pré-définie qui lui est associée.

Généricité et interopérabilité se font donc au prix d'une perte des spécificités du contexte d'apprentissage cible.

3.2 Définition de la problématique

Nous rappelons qu'un langage de modélisation pédagogique est défini par un métamodèle d'expression pédagogique. Il se situe au niveau PIM dans le cycle de transformation de modèles représenté dans la figure 2.12. De la même façon, nous désignons par "langage d'opérationnalisation" un langage défini par un métamodèle relevant des fonctionnalités d'une plateforme cible. Il se situe au niveau PSM du cycle de transformation de modèles représenté dans la figure 2.12.

Notre positionnement pour le choix d'une approche de conception pédagogique est le suivant :

Si le langage de modélisation pédagogique est différent de celui qui est explicitement imposé par les constructions du langage d'opérationnalisation, la pertinence du choix de l'approche de conception dépend de l'objectif recherché :

- Si l'on ne cherche pas à conserver les spécificités de la modélisation dans l'implantation, on peut opter pour le choix d'un métamodèle générique. C'est souvent le cas lorsque l'on cherche à construire un scénario opérationnel, sans nécessairement respecter le principe de correspondance structurelle¹ entre le langage de modélisation pédagogique et le langage d'opérationnalisation. Dans ce cas, il est souhaitable de restructurer les connaissances identifiées lors de la modélisation pour les faire correspondre aux constructions du langage d'opérationnalisation.

¹Nous utilisons le terme "correspondance structurelle" dans le sens de [Reinders et al. 1991] cité dans [Istenes 1997] "Une implantation où chaque notion du modèle conceptuel correspond à un élément du système opérationnel".

- En revanche, si l'on souhaite conserver toutes les caractéristiques de la modélisation des usagers-concepteurs dans l'implantation finale, ceci peut poser problème. Dans ce cas, l'utilisation d'un métamodèle situé est plus favorable pour la raison suivante : il permet de prendre en compte des spécificités de modélisation non prévues par les métamodèles de langages génériques.

Ainsi diverses approches de conception de scénarios pédagogiques peuvent être adoptées. Le choix d'une de ces approches dépend de deux éléments déterminants : le langage de modélisation que l'on utilise pour décrire les scénarios et le langage d'opérationnalisation dont on dispose pour implanter le scénario dans une plateforme ou dans un environnement d'apprentissage.

Afin de mieux expliquer nos propos, nous proposons une classification des approches de scénarisation selon la nature de la conception mise en oeuvre, la nature des connaissances pédagogiques, les objectifs visés par les concepteurs, le choix de solutions d'opérationnalisation, etc. A partir de là, nous positionnons notre proposition dans cette classification et expliquons dans quelle mesure et sous quelles conditions, elle peut être adoptée pour décrire des scénarios pédagogiques. Pour finir, nous posons notre problématique et nos questions de recherche.

3.2.1 Classification des approches de scénarisation

Trois approches de conception peuvent être adoptées :

- Si les connaissances pédagogiques composant le scénario et leur structure sont facilement identifiables, la conception du scénario relève de deux approches :
 1. Si l'on dispose d'un langage d'opérationnalisation dont la structure correspond à celle du langage de modélisation que l'on utilise pour décrire un scénario pédagogique, la construction du scénario relève d'une approche de conception que nous désignons par "transfert"². Dans ce cas, le scénario pédagogique décrit par le langage de modélisation pédagogique est totalement préservé à l'opérationnalisation.
 2. Si l'on dispose d'un langage d'opérationnalisation dont la structure ne correspond pas à celle utilisée pour exprimer le scénario mais que l'on souhaite préserver³, l'opérationnalisation du scénario relève dans ce cas d'un processus

²Cette dénomination est utilisée par [Trichet 1998] qui parle d'expertise "solide" pour désigner des relations bien identifiées entre composants clairement définis lors de la construction d'un SBC (Système à Base de Connaissances).

³Préserver un langage d'opérationnalisation signifie que l'on ne souhaite pas le modifier (pour par exemple préserver la structure de modélisation du scénario différente de celle de l'opérationnalisation). Modifier un langage d'opérationnalisation implique de modifier la plateforme d'apprentissage. Une telle démarche nécessite de nouveaux développements.

de "restructuration"⁴. Il consiste à restructurer le scénario conçu pour le faire correspondre aux structures du langage d'opérationnalisation choisi. Dans ce cas, le scénario pédagogique décrit par le langage de modélisation pédagogique peut ne pas être totalement préservé à l'opérationnalisation.

- Si les connaissances manipulées et leurs structures ne sont pas facilement identifiables, ni clairement définies, la conception du scénario relève d'un processus de "construction"⁵ par lequel le métamodèle est essentiellement construit par abstraction et structuration des connaissances pédagogiques identifiées.

Selon [Trichet 1998], les deux premières approches conduisent à une acquisition de connaissances en modélisation dirigée par les modèles alors que la troisième conduit à une acquisition de connaissances en modélisation par structuration. Trois approches sont ainsi identifiées. Elles sont énoncées et définies dans ce qui suit :

1. (Approche "transfert" en scénarisation.) Cette approche (cf. figure 3.1) se base sur la description d'un scénario pédagogique dont la structure est préservée par le langage d'opérationnalisation.

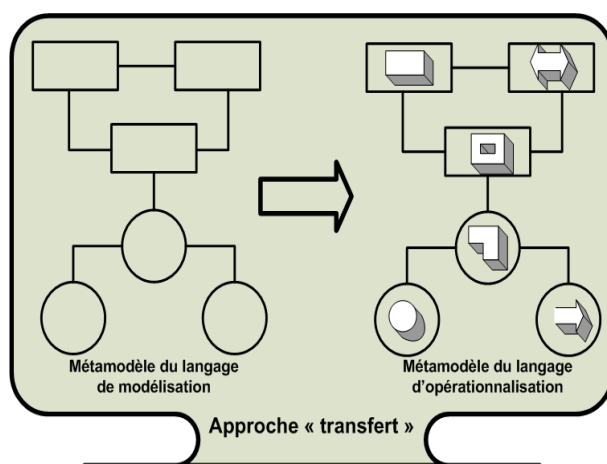


Figure 3.1: Approche "transfert" en scénarisation

Exemple d'une approche "transfert".

Pour illustrer cette approche, nous donnons ici un exemple proposé dans le cadre d'un atelier réalisé par des participants à la troisième école thématique du CNRS sur les EIAH. Un scénario pédagogique est proposé, modélisé, et mis en oeuvre dans un ENT⁶. L'objectif visé dans cet atelier est de demander aux participants de modéliser

⁴[Trichet 1998] utilise la dénomination "interprétation" et parle d'expertise "fluide" pour désigner des structures entre composants clairement définies lors de la construction d'un SBC (Système à Base de Connaissances).

⁵ [Trichet 1998] parle d'expertise "gazeuse" pour désigner des constructions empiriques entre objets non structurés lors de la construction d'un SBC (Système à Base de Connaissances).

⁶Environnement Numérique de Travail.

par rétro-conception : réaliser l'activité et représenter graphiquement le modèle du scénario pédagogique tel qu'ils l'ont perçu lorsqu'ils ont réalisé l'activité en groupe. Le scénario en question décrit une activité ludique qui a porté sur un jeu dit "le jeu du kikéou"⁷ qui a été modélisé en LDL (Learning Design Language). Nous ne revenons pas sur la description de LDL qui a été présentée dans la section 2.3.1.2.

Le scénario a ensuite été opérationnalisé dans une infrastructure nommée LDI (Learning Design Infrastructure) développée pour mettre en oeuvre la structure et les primitives de LDL.

La démarche de modélisation et d'opérationnalisation dans cet exemple correspond à une approche transfert car la correspondance structurelle entre le langage de modélisation et d'opérationnalisation est assurée. La figure 3.2, illustre bien cette correspondance structurelle entre la modélisation et l'opérationnalisation (la modélisation à gauche de la figure et l'opérationnalisation à droite).

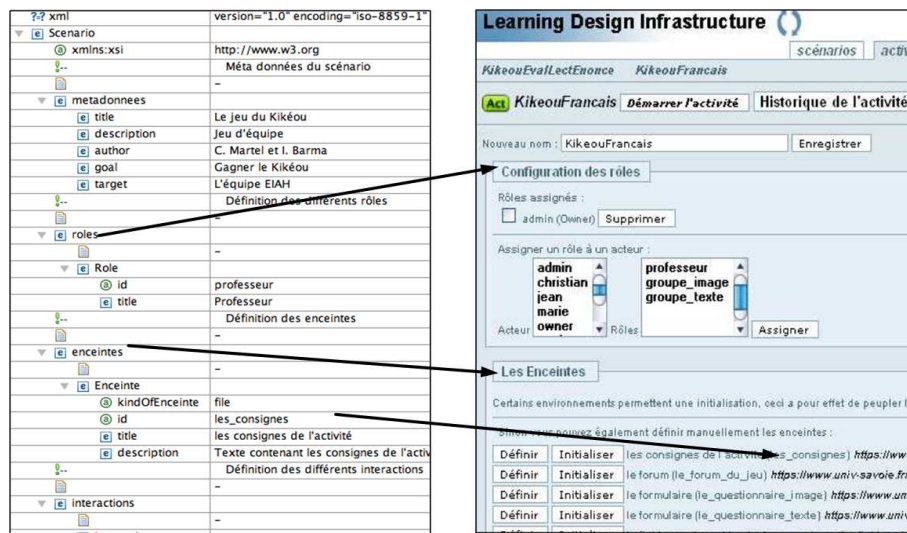


Figure 3.2: Exemple de mise en oeuvre d'une approche "transfert" en scénarisation

La particularité de cette approche est que les scénarios pédagogiques exprimés avec LDL ne peuvent être réalisés que dans l'infrastructure LDI. Dans un cas de figure comme celui-ci, l'utilisation d'un langage pré-défini est bien adaptée car les structures de représentation proposées au niveau de l'opérationnalisation correspondent directement aux principes de modélisation. La seule contrainte est que le scénario doit être décrit à l'aide du langage de modélisation correspondant structurellement au langage d'opérationnalisation et donc la plateforme de diffusion est imposée.

2. (Approche "restructuration" en scénarisation.) Cette approche (cf. figure 3.3) se base sur la description d'un scénario pédagogique dont la structure ne peut être

⁷Plus de détails sur cette atelier sont disponibles sur le site de l'école sur <http://www-clips.imag.fr/ecoleEIAH2005/>.

préservée totalement par le langage d'opérationnalisation. Elle nécessite de restructurer le scénario pour qu'il puisse être implanté en respectant la structure du langage d'opérationnalisation.

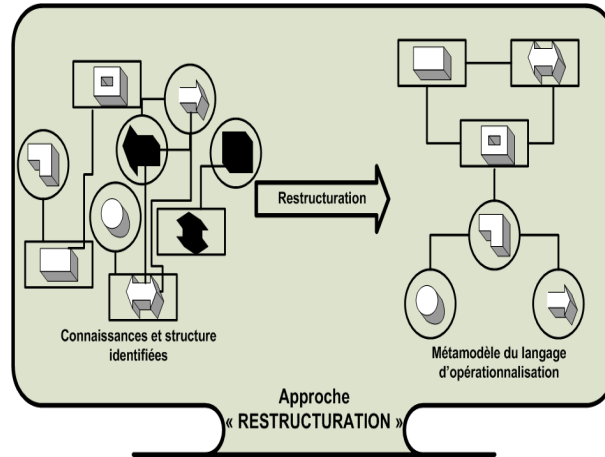


Figure 3.3: Approche “restructuration” en scénarisation

Exemple d’une approche “restructuration”

Pour illustrer cette approche, nous reprenons ici notre expérimentation présentée dans la partie introduction de ce document (section 1.5.1.1). Nous rappelons que dans cette expérimentation, un scénario pédagogique de gestion de projet Web a été proposé et modélisé en IMS-Learning-Design, et mis en oeuvre dans un environnement d’apprentissage collaboratif “Symba”.

Dans ce cas de figure, et contrairement à l’exemple précédent, le métamodèle sous-jacent au langage de modélisation ne correspond pas tout à fait à celui de l’opérationnalisation. Dans cette expérimentation, nous souhaitons que la modélisation s’intègre dans un environnement d’apprentissage (Symba) mettant en oeuvre un métamodèle existant et que l’on souhaitait préserver. Nous avons ainsi adopté une solution d’opérationnalisation qui a consisté à restructurer le scénario pédagogique de sorte qu’il soit conforme à la structure opérationnelle de Symba. La figure 3.4 illustre le processus de restructuration que l’on a adopté afin d’opérationnaliser le scénario pédagogique.

Pour opérationnaliser un scénario, plusieurs travaux en IDM utilisent la technique de transformation de modèles. C’est par exemple le cas de l’approche dispositive du projet Bricoles que nous avons présentée précédemment. La technique consiste essentiellement à extraire le métamodèle spécifique de la plateforme cible, ensuite transformer le scénario de sorte qu’il soit conforme à ce métamodèle.

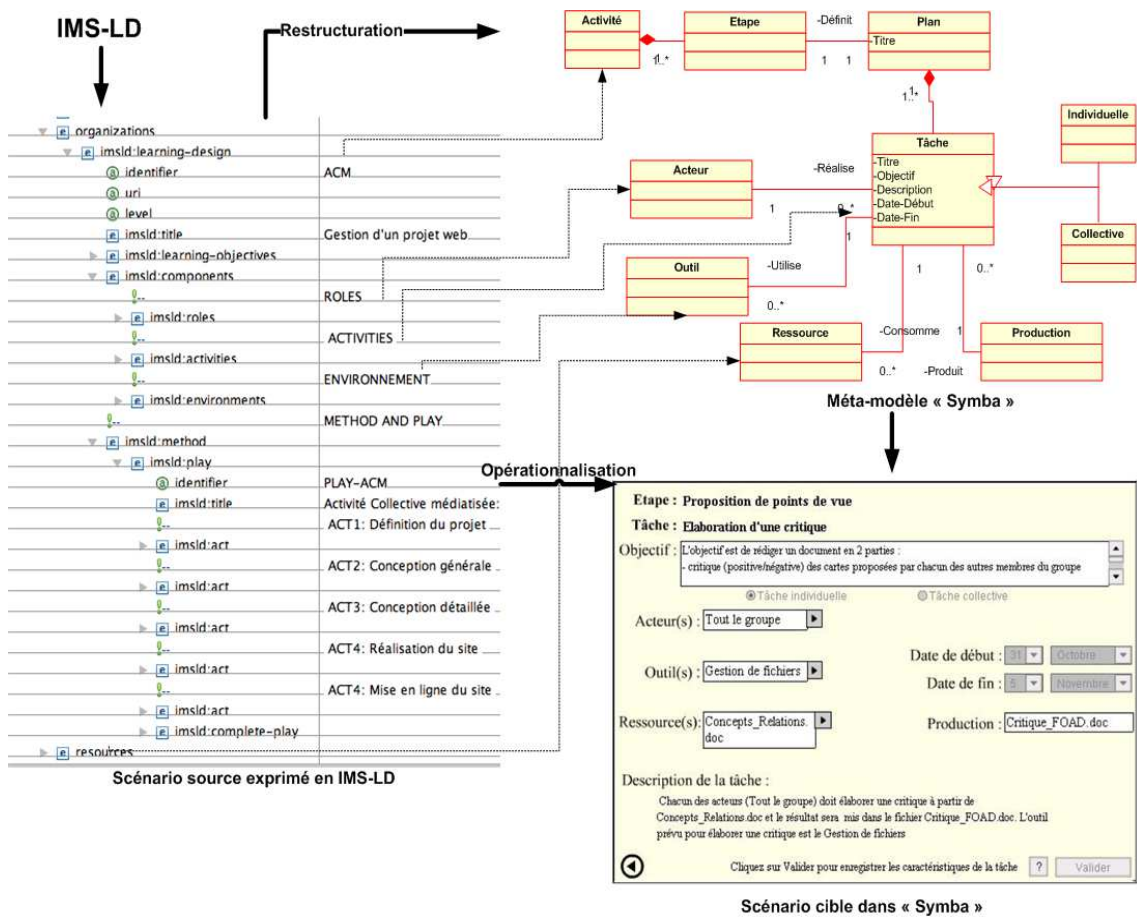


Figure 3.4: Exemple de mise en oeuvre d'une approche "restructuration" en scénarisation

Contrairement à l'approche transfert, celle-ci peut engendrer des pertes puisque certains concepts du métamodèle qui ont servi à décrire le scénario peuvent ne pas avoir d'équivalents dans le métamodèle de la plateforme. Elle n'assure pas donc de manière totale la pérennité du métamodèle métier, mais donne plus de liberté dans le choix de la plateforme de diffusion du scénario pédagogique.

3. (Approche "constructive" en scénarisation.) Cette approche (cf. figure 3.5) se base sur la description d'un scénario pédagogique conformément au métamodèle d'un langage de modélisation pédagogique. Ce métamodèle n'est pas pré-défini mais construit *in situ* en fonction du raisonnement mobilisé par les acteurs de la conception et en fonction des spécificités de la situation d'apprentissage à décrire.

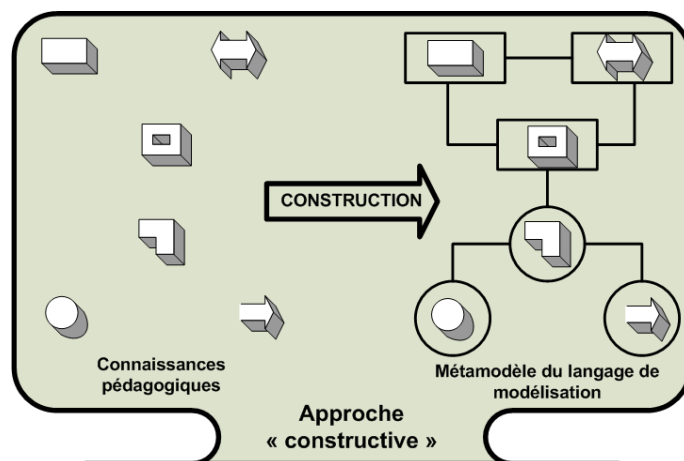


Figure 3.5: Approche “constructive” en scénarisation

Un exemple d’approche constructive est donné dans la deuxième partie de ce document portant sur le projet LEA.

Les approches “transfert” et “restructuration” relèvent d’une même démarche selon laquelle le métamodèle est pré-défini. Ce sont des approches spécialisant l’approche interprétative (présentée dans la section 1.5), la différence réside dans le choix de la solution d’opérationnalisation.

L’approche “constructive” quant à elle, relève d’une démarche selon laquelle le scénario est décrit essentiellement à l’aide d’un métamodèle construit en situation de conception du scénario pédagogique, et sur lequel on peut agir à tout moment de la conception.

Notre travail s’inscrit dans cette dernière approche particulièrement destinée aux contextes où la scénarisation est réalisée à partir d’un métamodèle que l’on ne considère pas comme “définitivement stable” : soit que le métamodèle n’est pas encore consensuel en phase de conception ; soit qu’on cherche à l’affiner lors d’une conception progressive ; soit que le métamodèle peut être modifié par des actes de réingénierie.

3.2.2 Problématique et questions de recherche

Les travaux en conception nous renseignent sur deux principales dimensions qui caractérisent l’activité de conception dans un cadre collectif. D’une part, ils mettent en avant les transformations des représentations des concepteurs à travers les versions intermédiaires de l’objet de leur conception. Ces versions intermédiaires sont les résultats des différentes transformations subies par l’objet tout au long de l’activité de conception. Ces objets sont le point de focalisation (le topique) de la conception qui permet à chaque acteur de développer ses pratiques et ses habiletés dans un cadre collectif. Ainsi, l’objet, qui n’est peut-être au début qu’une idée vague, se concrétise au fur et à mesure de l’avancement de la conception.

D'autre part, l'activité de conception de l'objet elle-même ne peut exister indépendamment d'un processus de développement⁸ qui représente le cycle de vie de l'objet. La mise en place d'un tel processus est dépendante des objectifs de conception visés. Ainsi, par exemple dans notre cas, parce que la conception du scénario pédagogique s'inscrit dans un contexte de réingénierie, le processus global de conception et de développement du scénario que nous adoptons est itératif (cf. figure 1.3).

L'essentiel des spécificités que nous retenons pour l'approche que nous proposons sont les suivantes :

- La conception de scénarios pédagogiques s'inscrit dans un processus plus global réifiant le cycle de vie du scénario.
- Un métamodèle est un composant tout aussi essentiel de la démarche de conception pédagogique que le scénario lui-même.
- Un processus de conception de scénarios pédagogiques est singulier et l'activité des concepteurs est située.
- Dans un cadre collectif, les modèles sont construits collectivement, la conception est progressive et est objet de discussion et de négociation.

Au vue de ces spécificités, nos travaux s'appuient sur les hypothèses (que nous visons à valider ou à invalider) suivantes :

- Les usagers-concepteurs ne produisent pas leur scénario de manière fixe et immédiate. Le métamodèle et le scénario sont construits simultanément et progressivement.
- Parce que la conception est progressive, les métamodèles et les scénarios subissent des transformations et traversent différents états (initiaux, intermédiaires, finaux) résultant de l'exploration d'un espace-problème.
- Rendre compte de ces transformations restitue une logique de conception et constitue un bon moyen d'assister les usagers-concepteurs dans la conception.
- Permettre la modification des scénarios et des métamodèles permet plusieurs répétitions dans leur description par des essais-erreurs. Ceci favorise une acquisition de connaissances en modélisation par structuration.

Pour vérifier la validité de ces hypothèses, le travail que nous menons dans le cadre de cette thèse devra répondre à la question suivante qui résume notre problématique :

⁸Il s'agit concrètement de la construction du cycle de vie de l'objet, composé d'une succession de phases, et qui propose pour chacune d'entre elles, une durée, des moyens à mettre en oeuvre, des documents à produire et des profils d'intervenants.

Comment assister les usagers-concepteurs dans leur situation de conception collective de scénarios pédagogiques ? Autrement dit :

- Comment permettre la construction des scénarios et des métamodèles de façon à permettre leur transformation tout le long du processus ?
- Comment permettre une construction collective de ces scénarios et de ces métamodèles ?
- Comment accompagner cette construction et ces transformations ?
- Comment rendre compte de ces transformations aux usagers-concepteurs ?

Nous avons abordé notre travail à travers les objets en conception que nous convenons d'appeler "Objets Intermédiaires". C'est ainsi que nous avons abouti à la définition et à l'instrumentation d'un ensemble de processus pour assister les usagers-concepteurs dans la conception collective de scénarios pédagogiques dans une approche constructive.



**Travaux visant à étudier
l'approche constructive en
conception**

4

Expérimentation de l'approche constructive dans le projet LEA : approche par les objets intermédiaires de la conception

Sommaire

- 4.1 **Présentation du projet LEA**
- 4.2 **Objectifs de l'étude menée dans le projet LEA**
- 4.3 **Genèse du projet : première expérience du projet menée par le CFA**
- 4.4 **Démarche de recherche adoptée dans le projet LEA**
- 4.5 **Description du système conçu et développé**
- 4.6 **L'activité de conception du système LEA**
- 4.7 **Démarche et résultats de l'analyse de l'activité de conception dans le projet LEA**
- 4.8 **Discussion**

"Connaître, c'est abstraire de l'objet réel son essence, dont la possession par le sujet est alors dite connaissance".

Althusser.

Dans cette section, nous présentons un travail que nous avons mené portant sur une analyse de situations de conception collective dans le projet LEA. Nous expliquons l'intérêt d'avoir mené ce travail, ainsi que les résultats de l'analyse menée, et nous finissons par une discussion. Cette dernière nous amène à la partie suivante qui présente nos propositions.

4.1 Présentation du projet LEA

Le projet LEA¹ (Livret Electronique d'Apprentissage) s'inscrit dans le cadre d'un partenariat dont les participants principaux sont le Centre de Formation des Apprentis des

¹Projet financé par le ministère de la recherche, direction de la technologie, dans le cadre de son appel à projet : usages innovants de l'Internet, aujourd'hui géré par l'ANR.

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.

Ce projet porte sur la conception et le développement d'un outil de suivi de jeunes apprentis durant leur formation en entreprise et au CFA. Il mobilise des acteurs (cf. figure 4.1) de la formation par l'apprentissage pour la conception d'un LEA (Livret Electronique d'Apprentissage).

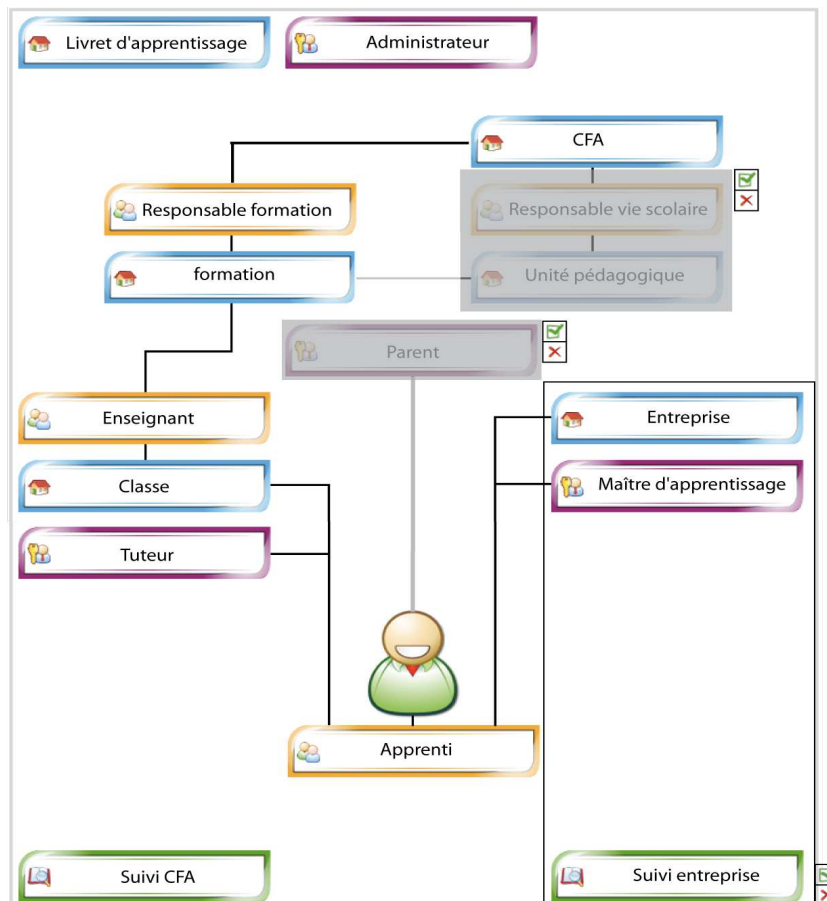


Figure 4.1: Les acteurs du livret d'apprentissage, source : [Cottier et al. 2008]

Le livret d'apprentissage est un document traditionnellement utilisé par les acteurs de la formation par l'alternance (enseignants responsables de plusieurs filières et niveaux de formation², maîtres d'apprentissage, responsables de la vie scolaire et apprentis). Y sont consignées des informations sur l'évolution d'apprentis en formation en entreprise et au CFA (cf. figure 4.2), ce qui permet de faire le suivi de leur parcours de formation.

Selon les formations et les pratiques pédagogiques, ce livret d'apprentissage permet de réaliser le suivi de l'apprenti au regard du référentiel métier de sa formation. Les maîtres

²CAP, BEP, Bac professionnels en pâtisserie, peinture, menuiserie, informatique, pharmacie, construction métal-alu-verre.

d'apprentissage l'utilisent souvent comme un guide d'activités à réaliser en entreprise. Le projet LEA est le résultat d'une évolution de ce livret d'apprentissage existant "classique" sous format papier en un livret "électronique", et donc un système informatique intégrant des fonctionnalités apparues nécessaires au fil de son utilisation. L'objectif de ce projet est de répondre à des besoins institutionnels en formation par l'apprentissage (gestion de formation, implication des maîtres d'apprentissage dans les parcours de formation de leurs apprentis, accès en ligne aux suivis, perception des compétences acquises au regard d'un référentiel métier, développement de l'autonomie de l'apprenti dans la gestion de son parcours d'apprentissage, etc.)

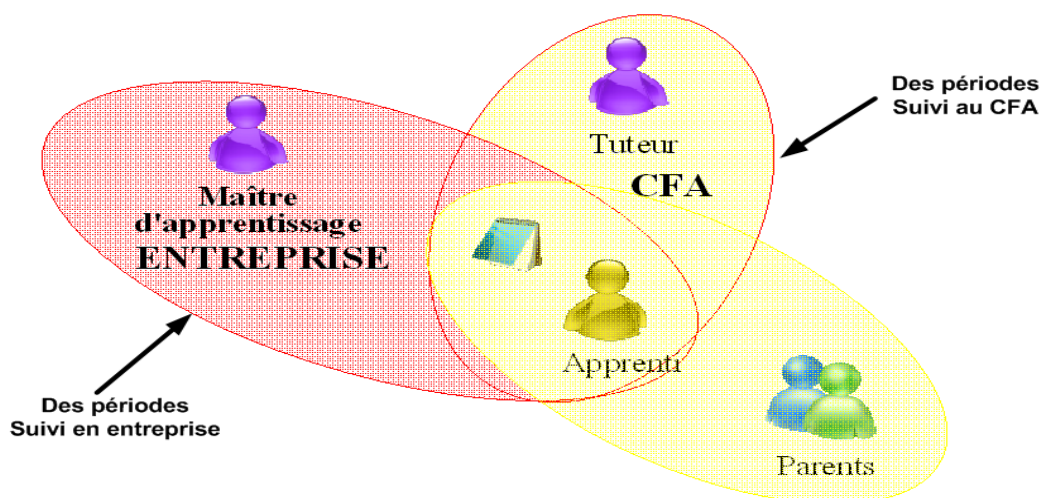


Figure 4.2: Rôles du livret d'apprentissage, source : [Cottier 2007] [Cottier et El-Kechaï 2007]

4.2 Objectifs de l'étude menée dans le projet LEA

La motivation principale qui nous amène à réaliser cette étude, est que le projet LEA constitue une bonne opportunité pour mener une analyse de situations de conception dans un contexte pédagogique et institutionnel réel.

L'objectif du projet en tant que projet de recherche c'est de s'interroger sur les modes et les modalités de conception d'un outil de suivi comme le LEA. La volonté affichée dans ce projet est d'explorer une alternative en conception partant de l'hypothèse centrale du projet que : la conception collective du LEA impliquant ses utilisateurs et débarrassée des questions techniques initialement, amène à une richesse en termes de description des parcours de suivi des apprentis.

Ce projet remplit un ensemble de conditions qui permet de vérifier certaines de nos hypothèses :

- LEA est un projet d'ingénierie centrée sur des enseignants. L'idée développée est qu'il est fondamental de tenir compte, dès sa conception des futurs utilisateurs.
- Ce projet met en oeuvre la conception participative comme modèle d'ingénierie. Il permet d'intégrer les futurs utilisateurs dès le début du processus de conception, qui deviennent ainsi des usagers-concepteurs.
- La démarche mise en oeuvre dans la conception du LEA s'écarte volontairement de toute approche formelle (description d'activités ou de tâches selon des métamodèles pré-définis) visant à décrire le spectre global des activités des futurs utilisateurs. Le projet LEA met en oeuvre une approche constructive de la conception.
- Le but n'est pas de récolter des besoins en terme de développement, mais de permettre aux usagers-concepteurs de décrire les parcours de suivi propres à chaque formation, les rôles impliqués dans le suivi, les tâches réalisées dans chaque parcours etc. La description de ces parcours permet de déduire ce qui fait la singularité du suivi des apprentis dans chacune des formations : vocabulaire employé, modalités de suivi, présence de référentiel métier ou de programme pédagogique, etc.
- Le travail mené dans ce projet s'insère dans un processus continu déjà formé depuis plus de dix ans.

Pour mener cette étude, nous avons travaillé en étroite collaboration avec Philippe Cottier, chef du projet LEA et chercheur en Sciences de l'Information et de la Communication au sein du LIUM³.

4.3 Genèse du projet : première expérience du projet menée par le CFA

En 1999, face aux besoins de suivi générés par l'ouverture de la formation par l'alternance, quelques enseignants informaticiens ont conçu un premier environnement. Ce dernier offrait la possibilité aux formateurs et aux maîtres d'apprentissage d'évaluer le parcours des apprentis et de consulter diverses informations : notes, documents spécifiques à l'alternance, plans de cours, etc.

Ce type de suivi est une obligation légale tout autant qu'une nécessité pédagogique. Il prend la forme, depuis plus de 20 ans, d'un livret d'apprentissage "papier". L'évaluation du parcours de formation des apprentis est réalisée sur la base du référentiel "métier" (les compétences de terrain) et du référentiel "formation" (le programme pédagogique).

³Des chercheurs en sociologie ont également participé au projet en menant des enquêtes auprès des utilisateurs du livret d'apprentissage quant à l'intégration des TIC dans leurs pratiques et l'équipement dont ils disposent.

Le CFA a donc souhaité développer un système comme le livret papier et le généraliser à toutes ses formations (pâtisserie, automobile, pharmacie etc.). Pour cela, le CFA a constitué un groupe d'enseignants responsables de filières de formation (CAP, BEP, BAC professionnels en pâtisserie, peinture, informatique, pharmacie, construction métal-alu-verre) afin de décrire ce que pourrait être un LEA.

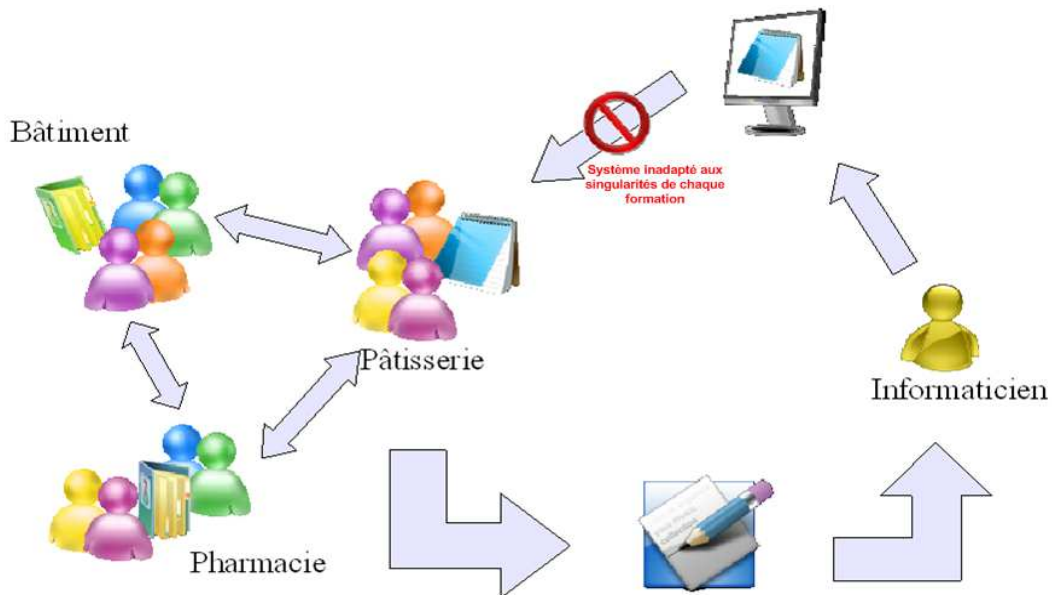


Figure 4.3: Première expérience du CFA, source : [Cottier 2007][Cottier et El-Kechaï 2007]

Les premières spécifications ont abouti à une première maquette dont l'utilisation s'est soldée par un échec. Le produit était considéré comme inutilisable, il a donc été rejeté et son développement interrompu (cf. figure 4.3).

Les utilisateurs du système conçu trouvaient qu'en l'état, il ne correspondait pas de manière spécifique à leurs besoins et à leur métier. En effet, chaque formation développe un système de pratiques d'usages qui lui est propre, ce que Béguin dans [Béguin 2005] appelle "un monde : arrière-plan à partir duquel on se saisit d'une réalité tangible. [...] pour un même objet, on a des conduites spécifiques, des jargons, mais aussi des procédures, des concepts, des critères de réussite et même différents systèmes de valeurs".

Cette expérience de conception a abouti à un ensemble de prescriptions qui n'a pas permis d'aboutir à un artefact technique acceptable. Ce dernier ne répondait pas aux besoins de chaque formation car la nécessaire expression des différences entre les mondes professionnels des différentes formations n'a jamais véritablement eu lieu et n'a donc pas été prise en compte. Ainsi, chaque formation a dû renoncer à ce qui caractérise sa propre pratique (modalités de suivi diverses, structures de référentiels propres à chaque métier etc.) lors du passage du livret papier au livret électronique. Nous attirons l'attention sur le fait que le livret papier est porteur de cette pratique et a été élaboré sur plusieurs années et par différentes formations de façon propre à chaque métier. Cette évolution du livret

papier pour chaque formation a atteint une certaine stabilité avant de passer au format électronique répondant ainsi à des besoins de plus en plus situés tout au long de son évolution.

Le bilan de cette expérience amène au constat suivant :

La démarche mise en oeuvre ici (rassembler toutes les formations dans la conception) a abouti à concevoir un système informatique générique qui a nécessité de faire s'accorder les participants sur un minimum commun, rapidement implémentable, au détriment d'une description fine des différents contextes d'utilisation [Cottier 2007][Cottier et El-Kechaï 2007].

Présenter cette première expérience de développement du système LEA nous semble important pour justifier la pertinence de certains choix et de certaines actions que nous avons menées dans le projet LEA. Cet échec est incontestablement lié à la perte des particularismes de chaque métier des formations imposée par l'artefact "générique" produit.

4.4 Démarche de recherche adoptée dans le projet LEA

Lors de la mise en oeuvre du projet LEA, une question importante s'est posée au départ : A quel type d'outil doit aboutir ce projet ?

Cette question est importante dans la mesure où la réponse apportée détermine et nourrit la réflexion quant à la mise en oeuvre d'une démarche de conception adaptée et productive. Une voie possible de mise en pratique consiste à envisager le développement du livret électronique d'apprentissage comme un système générique qui peut être utilisé dans les différents contextes de formation concernés.

Cette première solution, ayant déjà été mise en oeuvre par le CFA et dont nous avons rendu compte dans la section précédente a abouti à un échec. C'est ainsi qu'elle a été écartée.

La seconde solution qui a été ensuite envisagée se base sur les spécifications suivantes :

- avoir un système qui s'adapte à la particularité de chaque contexte de formation (des LEA spécifiques aux formations) ;
- garder un caractère ouvert au système pour qu'il puisse intégrer d'éventuelles nouvelles formations que celles répertoriées dans ce projet.

Pour répondre à ces spécifications, la solution retenue consiste à donner les moyens aux utilisateurs et pour chaque formation de créer eux-mêmes leurs propres LEA. Il faut donc réfléchir le système comme un environnement de conception de livrets électroniques d'apprentissage impliquant ses utilisateurs. Ils deviennent ainsi des usagers-concepteurs. Pour cela, nous avons besoin d'une description des spécificités de suivi de chaque formation. L'objectif est de donner aux usagers-concepteurs dans le système, les moyens de paramétrer ce qui caractérise leur pratique et la spécificité de leur formation lors de la conception de leurs LEA. Les LEA conçus génèrent ainsi des environnements de suivi adaptés

et adaptables aux contextes de leurs utilisations : ils sont “situés”.

Pour recueillir les spécifications du système LEA qui doit être développé, nous avons procédé de la façon suivante :

- Nous avons formé un groupe de conception par formation composé de futurs utilisateurs du système et avons organisé des réunions de conception.
- Durant les réunions de conception, chaque groupe conçoit son propre système LEA en décrivant des scénarios d'utilisation dans son contexte métier.
- Nous avons mené une analyse de ces situations de conception pour déduire ce qui fait la spécificité et la singularité de chaque LEA pour chaque formation en termes de parcours de suivi, de référentiels métiers, de pratiques pédagogiques etc.
- Nous avons intégré ces pratiques dans le système développé. Ces pratiques sont prises en compte par des outils de paramétrage. Ces outils donnent les moyens de concevoir des parcours de suivi personnalisés, de choisir des modalités pédagogiques pour réaliser chaque suivi, de construire un référentiel métier spécifique à chaque formation sur la base duquel l'évaluation du parcours de formation de l'apprenti est réalisée etc.

Du point de vue de notre recherche, nous nous sommes particulièrement intéressés à l'analyse des situations de travail durant les réunions de conception. C'est cette analyse que nous souhaitons décrire dans ce chapitre, mais avant de la présenter, il nous semble important de comprendre le rôle, le fonctionnement, et les enjeux du système LEA auquel nous avons abouti dans ce projet. Il est aujourd'hui développé et utilisé par diverses formations.

4.5 Description du système conçu et développé

Nous décrivons ici quelques aspects du système développé et évoquons quelques fonctionnalités qui permettent de mieux comprendre le type d'activité réalisée par les utilisateurs (enseignants, apprentis, maîtres d'apprentissage ou bien encore dans certains cas les parents des apprentis, la vie scolaire).

Le système LEA (Livret Electronique d'Apprentissage) est un ENT (Environnement Numérique de Travail) qui est conçu et développé comme un artefact paramétrable et qui offre aux différents utilisateurs plusieurs fonctionnalités [Cottier 2006]. Il ne propose aucun livret électronique d'apprentissage, il donne les moyens d'en créer.

Il se présente sous la forme d'un site internet qui comporte un espace destiné aux acteurs du LEA dans leur rôle d'utilisateurs (environnement de suivi) et un espace destiné aux acteurs du LEA en tant qu'usagers-concepteurs (environnement de conception)(cf. figure 4.4). Le système conçu est composé ainsi :

- d'un premier niveau de conception des LEA (périodicité d'utilisation, attribution de rôles à des acteurs pour déposer des informations, élaboration du processus de suivi, choix de visualisation du suivi...) ;
- d'un second niveau de suivi des apprentis selon les modalités déterminées et paramétrées par les formateurs au premier niveau (le niveau de conception).

Le second niveau peut ainsi être assimilé à un espace de réalisation de l'activité de suivi conçue et organisée au premier niveau. L'environnement de suivi est donc généré et paramétré conformément à la description d'un LEA réalisée dans l'environnement de conception⁴.

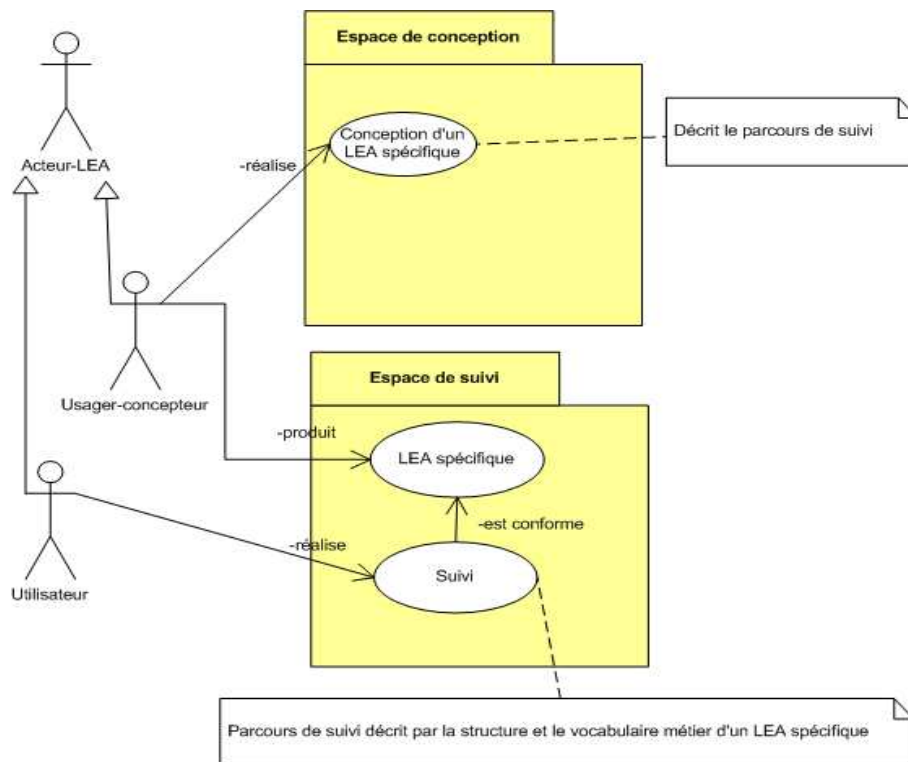


Figure 4.4: Principaux cas d'utilisation du système LEA

4.5.1 Niveau "suivi" dans le système LEA : description d'un scénario-type LEA

Dans le LEA sont consignées des informations concernant la progression d'apprentis en formation. Le but est de leur apporter une aide à l'appropriation de leur formation et de donner aux formateurs et aux maîtres d'apprentissage la possibilité d'évaluer l'acquisition de connaissances chez leurs apprentis, de percevoir leur progression dans la formation et de la réguler. Le LEA est ainsi considéré comme support à l'explicitation de situations pédagogiques : évaluation et acquisition pratique de connaissances et de compétences chez les

⁴Dans la suite, nous regroupons dans l'utilisation du terme "système LEA" ces deux environnements.

apprentis, accompagnement pédagogique plus ou moins personnalisé réalisé par un tuteur distant.

Afin de spécifier ces situations pédagogiques, nous avons adopté une démarche de conception par les scénarios. Ces scénarios ne sont pas des scénarios de structuration pédagogique centrés activités comme ceux que l'on décrit avec des spécifications comme IMS-LD ou LDL.

Les scénarios de LEA sont des scénarios de réalisation de la tâche [Pernin 2004]. Ils décrivent le déroulement de parcours de suivi sur la base d'un ensemble de tâches que réalise l'apprenti en entreprise ou au CFA au cours de sa formation. L'ensemble des tâches constitue le référentiel métier. Chaque formation du CFA dispose de son propre référentiel métier.

Ces scénarios mettent en évidence les rôles de ses utilisateurs, et contribuent à catégoriser ces derniers, définir leurs attentes (objectifs du système) et obligations (pilotage du système). Ils permettent, en particulier, de formaliser les réponses aux questions : “pourquoi” (les intentions du système) et “pour qui” (les acteurs). Les scénarios de LEA sont des scénarios de suivi de type “déclaration” ou “évaluation” :

- Les scénarios de déclaration décrivent un parcours qui consiste à déclarer l'ensemble des tâches réalisées par l'apprenti en fonction du lieu (le CFA ou l'entreprise) où il se trouve à une période donnée de sa formation. Ces scénarios sont réalisés par l'apprenti et peuvent être corrigés ou complétés par le maître d'apprentissage.
- Les scénarios de type “évaluation” consistent à valider les scénarios qui ont été déclarés par le tuteur (le maître d'apprentissage ou l'enseignant tuteur) soit en entreprise ou au CFA.

La figure 4.5, illustre un scénario-type de déclaration des tâches que réalise un apprenti de la formation “peinture automobile” en entreprise. Ces tâches sont répertoriées dans un référentiel métier propre à sa formation. La figure 4.6 donne un extrait d'un référentiel métier de la formation “multimédia”.

Formation concernée	DOCTYPE	version="1.0" encoding="UTF-8"
	Modele-LEA SYSTEM	file:///E:/Th%C3%A8se%20version/ma%20r%C3%A9daction/LEA/mes%20mod%C3%
	Modele-LEA	
	N-Ordre	1
	Nom	Vue apprenti en Peinture- Auto -Entreprise
	Lieu	Entreprise
	Usager	
	Role	Apprenti
	Groupe-Usagers	Apprentis
	Besoins	
	Besoin	Suivi
	Besoin	Apprentissage
	Groupe-Taches	
	Tache	
	N-Ordre	1.1
	Titre	Choix d'une période de déclaration
	Type	Déclaration
	Tache	
	N-Ordre	1.2
	Titre	Déclaration des tâches réalisées sur la période choisie en entreprise
	Type	Déclaration
	Tache	
	N-Ordre	1.3
	Titre	Déclaration des compétences développées du référentiel métier relatives aux tâches
	Type	Déclaration
	Tache	
	N-Ordre	1.4
	Titre	Déclaration des aptitudes de niveau méta développées relativement aux compétences précédentes
	Type	Déclaration
	Tache	
	N-Ordre	1.5
	Titre	Validation de la déclaration
	Type	Validation

Figure 4.5: Représentation simplifiée d'un scénario LEA

L'apprenti choisit les tâches de ce référentiel qu'il a réalisées en entreprise sur une période. Il évalue ensuite son niveau d'acquisition des compétences relatives à chaque tâche déclarée en fonction d'un critère de performance. Chaque formation définit pour les tâches de son référentiel métier ses propres critères de performance⁵.

Chaque LEA est spécifique à une formation et met en oeuvre des scénarios. Etant donné la singularité du LEA pour chaque formation, le système développé permet de concevoir son propre livret. Les utilisateurs peuvent ainsi s'impliquer dans la conception. Pour cela, ils disposent de l'espace de conception dont certaines fonctionnalités sont abordées dans la section suivante.

⁵Le critère de performance définit l'indicateur qui permet de valider l'acquisition des compétences associées à une tâche spécifique. Par exemple, pour la formation tôlerie et peinture automobile, les compétences relatives à la tâche "poser un pare-brise" sont considérées comme acquises si la tâche a été réalisée au moins trois fois. Pour la formation "pharmacie", les compétences relatives à la tâche "inventaire" est considérée acquise si elle est réalisée en autonomie par l'apprenti, c'est-à-dire sans aucune assistance de son maître d'apprentissage.

Titre de l'arbre	Niveau 1	Niveau 2	Modalité de validation 1	Modalité de validation 2
Intitulé	Domaines d'activité	Tâches à réaliser	Nombre de fois où la tâche a été réalisée	Niveau d'acquisition Acquis En cours d'acquisition Non acquis
Evaluation référentiel métier	Relation client	Accueil clientèle	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
		Démarchage	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
		Gestion clientèle	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
		etc.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
	Conception Web	Création graphique	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
		Programmation	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
		Ergonomie	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
		etc.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>

Figure 4.6: Extrait du parcours de déclaration tel que le perçoit l'apprenti à travers le système LEA

4.5.2 Niveau "conception" dans le système LEA

Concevoir un LEA spécifique correspond à décrire un parcours de suivi et le configurer pour que les utilisateurs du LEA puissent le réaliser. Pour cela les usagers-concepteurs disposent d'une interface de paramétrage illustrée dans la figure 4.7.

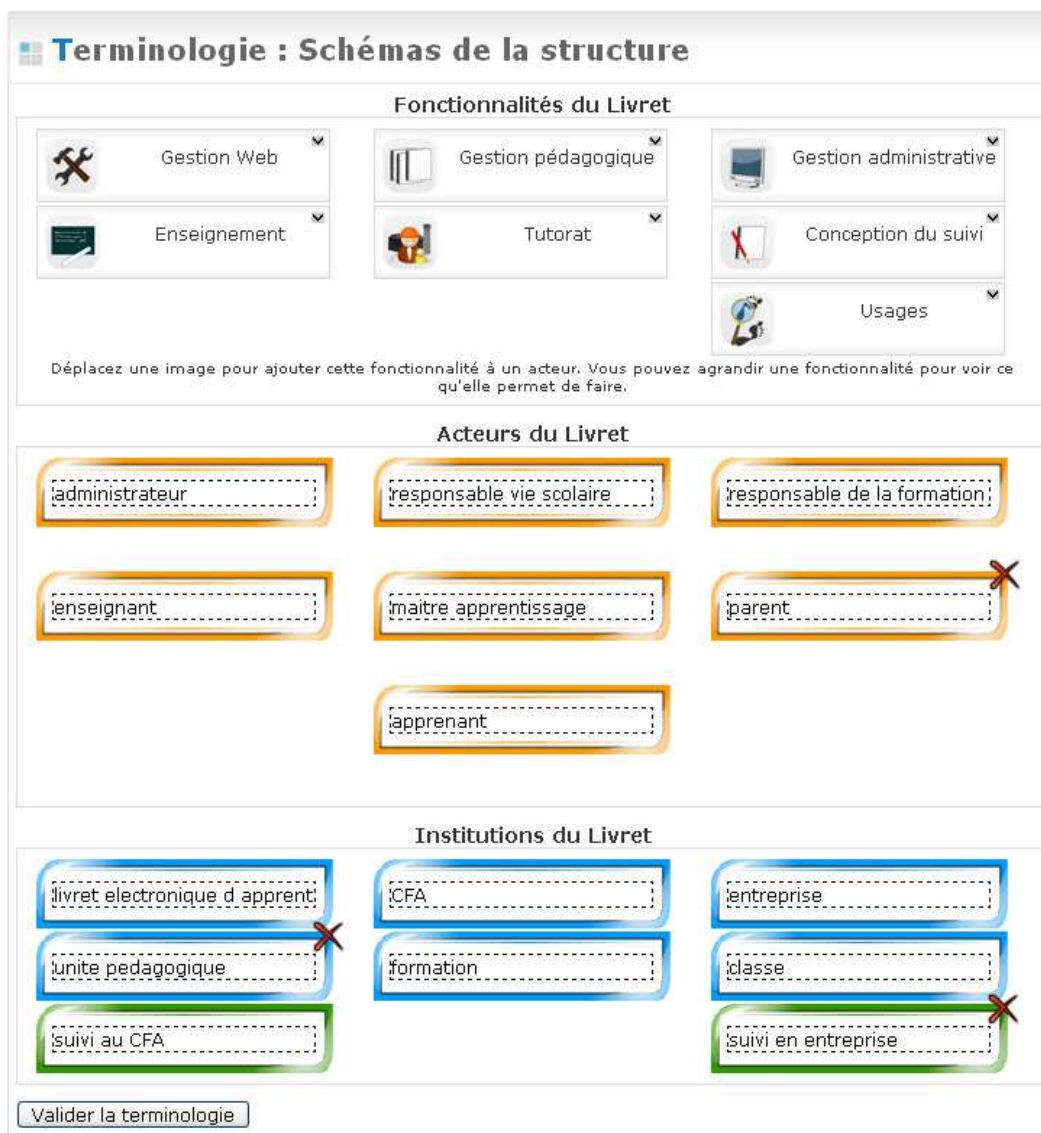


Figure 4.7: Interface de paramétrage dans le système LEA

Nous donnons ici quelques copies écran du système comme exemples pour concevoir un parcours de déclaration :

- L'utilisateur-concepteur choisit de concevoir le "suivi en entreprise". Il précise que la déclaration du suivi se fait selon un référentiel métier (cf. figure 4.8).
- L'utilisateur-concepteur précise qui est l'acteur qui réalise ce parcours (dans ce cas l'apprenant).
- L'utilisateur-concepteur construit le référentiel métier (cf. figure 4.9), élabore le parcours en décrivant les modalités pédagogiques comme par exemple définir les critères de performance associées aux tâches du référentiel métier (cf. figure 4.10).

Configurer : suivi en entreprise Configurer : suivi au CFA

Configurer : suivi en entreprise

Accès par Internet

Cochez dans la liste qui suit les apprenants qui seront autorisés à faire la saisie à la place de leur maître apprentissage.

App 3 App 3
 App 4 App 4

1. Autorisez-vous les acteurs à joindre des fichiers à leurs déclarations ?

Oui

2. Quelle est la durée d'activation d'une déclaration ?

365 Jours

3. Vous désirez que la déclaration d'activités soit

Libre (Modalité de saisie libre) Oui
Guidée grâce à un référentiel (Arbre) Oui

Suivant

Figure 4.8: Définition du parcours de suivi : exemple de suivi en entreprise de type déclaration

Une fois le livret créé (dans l'espace conception) et le parcours de déclaration réalisé par l'apprenti (dans l'espace suivi), le système LEA se base sur les déclarations pour donner un bilan de la progression de l'apprenti dans sa formation par rapport au référentiel métier et aux critères de performance des tâches réalisées (cf. figure 4.11).

Nous avons décrit dans cette section quelques-unes des fonctionnalités du système LEA développé. Dans les sections suivantes, nous nous intéressons à l'analyse de l'activité de conception qui a abouti à ce système.

Vous êtes au niveau **Domaines d'activité** Tâches à réaliser

Évaluation référentiel métier

Relation client

Domaines d'activité ajouter

Configurer : suivi en entreprise Configurer : suivi au CFA

Création de modalité de saisie (Suivi Libre) Création / Sélection d'arbre (Suivi Guidé)

Modifier le contenu Modifier l'intitulé Supprimer Vider

Afficher Validation Performance Paramétrage des critères

Mettre à jour l'arbre : **Évaluation référentiel métier**

Veuillez introduire le contenu de votre arbre : Évaluation référentiel métier

Vous êtes au niveau **Domaines d'activité** Tâches à réaliser

Domaines d'activité ajouter

Figure 4.9: Construction du référentiel métier

Critères de performance de : Accueil clientèle

Fermer

Critères de performance des modalités proposées

Nombre de fois où la tâche été réalisée (A valider par : apprenti)

Se déclare Au moins fois sur l'ensemble des périodes

Niveau d'acquisition (A valider par : maitre apprentissage)

Se déclare	au moins <input type="text" value="1"/>	fois : Acquis
	au moins <input type="text" value="0"/>	fois : En cours d'acquisition
	au moins <input type="text" value="0"/>	fois : Non acquis

Appliquer les mêmes paramètres à toutes les feuilles de l'arbre.

valider

Figure 4.10: Définition du critère de performance pour la tâche "Accueil clientèle"

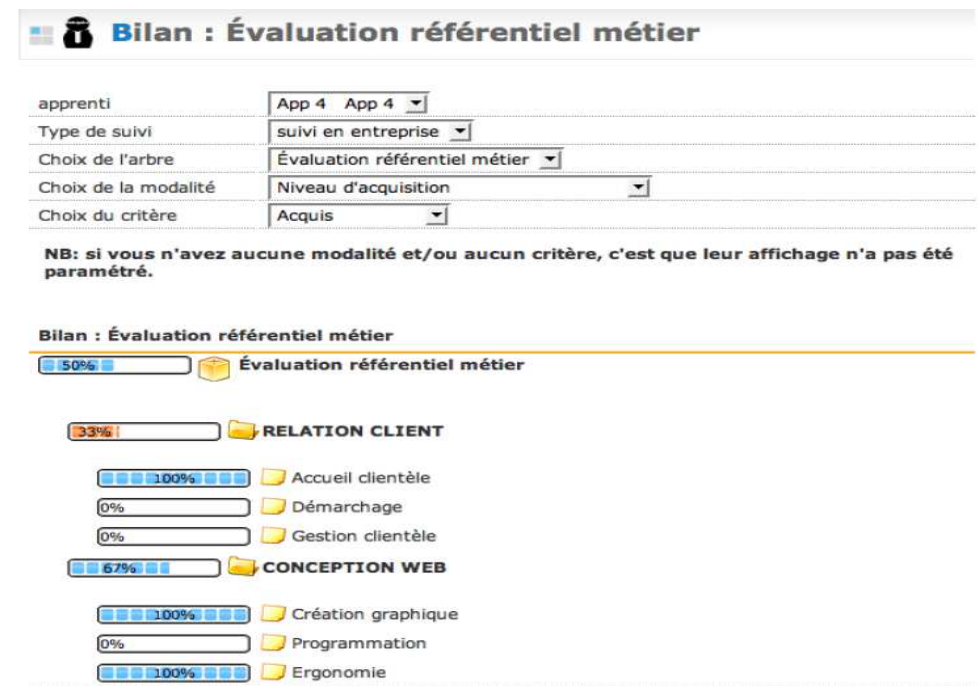


Figure 4.11: Perception de la progression de l'apprenti dans sa formation

4.6 L'activité de conception du système LEA

4.6.1 Processus de développement mis en oeuvre dans le projet LEA

La figure 4.12 permet de situer l'activité de conception que nous étudions dans cette section. Celle-ci s'inscrit dans le premier cycle itératif d'un processus de développement que nous avons mis en oeuvre dans le projet LEA et qui est basé sur une démarche centrée utilisateurs [Norman 1986]. Cette démarche nécessite de centrer non seulement la conception sur l'utilisateur mais aussi sur la situation dans laquelle il se trouve.

Une démarche centrée utilisateurs s'avère intéressante à mettre en oeuvre pour les raisons suivantes :

- il s'agit de concevoir un produit que nous (en tant que chercheurs participant aux réunions) n'avons jamais utilisé nous-mêmes ;
- le produit sert à réaliser un travail que nous ne faisons pas nous-mêmes ;
- dans notre cas, nous n'avons pas la même culture que les utilisateurs.

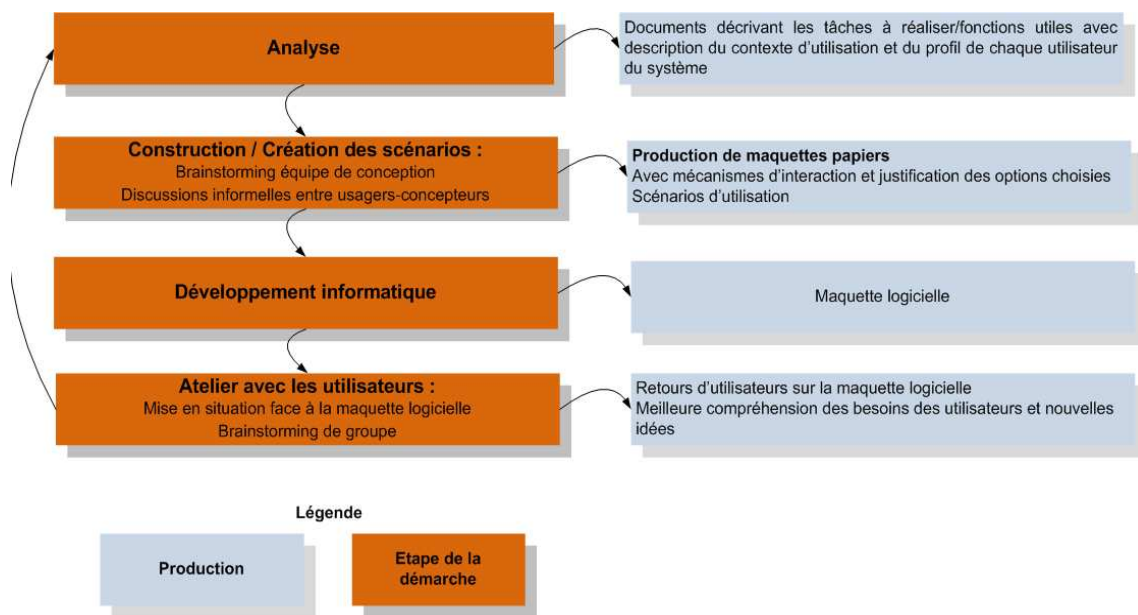


Figure 4.12: Modèle de conception centrée utilisateurs proposé et mis en oeuvre dans le projet LEA

Comme le montre la figure 4.12, le processus de conception du système LEA comporte trois phases :

1. Une phase de conception au cours de laquelle on recherche des solutions de principe, où l'on fait des choix qui sont concrétisés par leur expression technique et qui aboutissent à une spécification sous forme de scénarios et de leur représentations (esquisses).
2. Une phase de maquettage qui permet de voir le premier prototype fonctionnel du système retraçant les séquences des scénarios précédemment définis.
3. Une phase d'évaluation qui consiste à apporter des extensions ou des améliorations possibles des scénarios et donc au système.

Nous pensons qu'une telle démarche peut assurer la conception d'un produit adapté à son contexte d'utilisation. Nous l'avons mise en oeuvre et elle a permis après quelques itérations d'aboutir à la production d'un artefact (le système LEA) qui aujourd'hui est opérationnel et utilisé par plusieurs formations.

4.6.2 La conception participative dans le projet LEA

Dans le projet LEA, la conception participative est mise en oeuvre dans les réunions de conception. La stratégie consiste à faire participer des groupes de conception composés des futurs utilisateurs du LEA.

La conception participative [Muller et Kuhn 1993] inscrit la situation de travail des

usagers-concepteurs dans un contexte collectif. C'est donc un cadre propice pour favoriser la construction, la négociation et l'élaboration collective de sens. C'est également un cadre propice pour observer le déroulement de l'activité, pour considérer sa complexité et pour noter ses difficultés.

L'objectif étant de décrire au sein de chaque formation, des contours d'un premier artefact avant de fusionner ces données et d'envisager techniquement comme un tout le système final, la conception participative constitue un bon moyen pour favoriser l'explicitation des scénarios comme ceux que nous avons décrit précédemment.

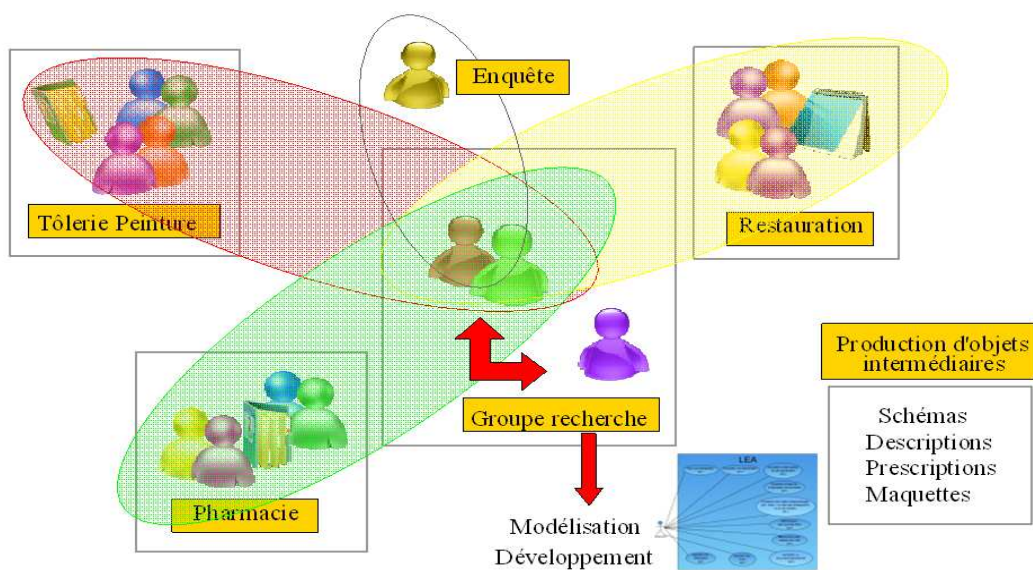


Figure 4.13: Mise en oeuvre de la conception participative au sein du projet LEA, source : [Cottier 2007][Cottier et El-Kechaï 2007]

Comme le montre la figure 4.13, trois groupes de conception participative sont constitués (pharmacie : cf. figure 4.14, tôlerie et peinture automobile : cf. figure 4.15, pâtisserie, hôtellerie et restauration). Chaque groupe est composé d'un ou de plusieurs formateurs, d'un professionnel (maître d'apprentissage), d'un ou de plusieurs apprentis, d'un chercheur en sciences de l'information et de la communication et d'un chercheur en informatique.

Nous avons co-animé l'ingénierie informatique du système LEA sur une période de 18 mois. Le nombre de participants aux réunions de conception (environ une à deux par semaine durant les huit premiers mois) variait de 4 à 10 personnes. Chacun des groupes a travaillé indépendamment des autres [Cottier 2007][Cottier et El-Kechaï 2007].



Figure 4.14: Captures vidéos des réunions LEA avec le groupe "tôlerie et peinture automobile"



Figure 4.15: Captures vidéos des réunions LEA avec le groupe "pharmacie"

4.7 Démarche et résultats de l'analyse de l'activité de conception dans le projet LEA

4.7.1 Démarche d'analyse adoptée

Les caractères faiblement structuré et opportuniste de la démarche de conception incitent les concepteurs à conserver les traces de leur raisonnement sous forme d'objets intermédiaires (notes, représentations graphiques, schémas etc.) [Deleuze-Dordron et al. 1995]. Nous nous appuyons sur le concept d'Objet Intermédiaire (OI) pour analyser l'activité de conception dans le projet LEA. Cette démarche d'analyse est souvent utilisée dans des travaux en conception [Gregori 1999] [Vinck 2005].

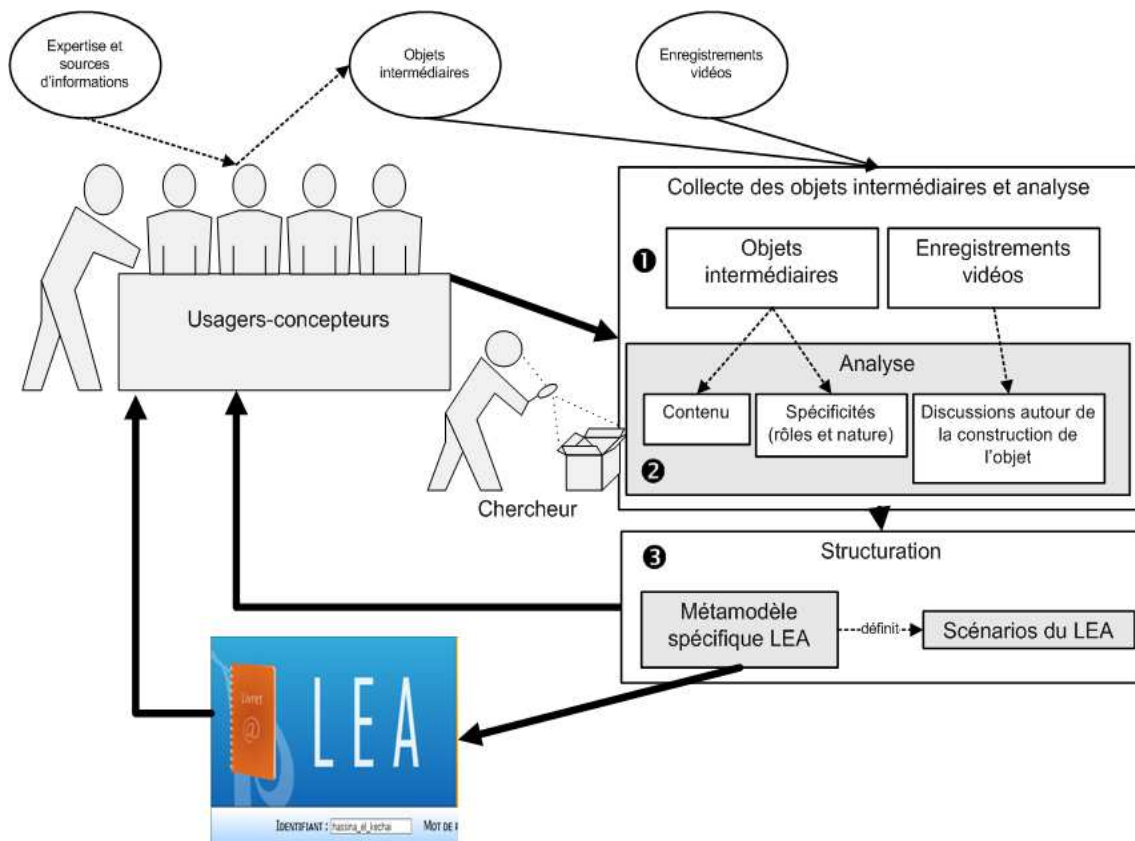


Figure 4.16: Démarche d'analyse guidée par les objets intermédiaires

La nôtre [El-Kechaï et Choquet 2006b] consiste en un certain nombre d'étapes (cf. figure 4.16) :

1. Amener les usagers-concepteurs du système LEA à réfléchir à leurs besoins par la description de parcours de suivi qu'ils souhaitent implémenter. Ils produisent et mobilisent une quantité d'OI.
2. Rassembler différents types de données par l'observation de sessions de conception avec enregistrement des dialogues et recueil des différents OI mobilisés et produits au cours de ces sessions de conception.
3. Procéder ensuite à une analyse et une structuration des parcours de suivi explicités à travers les OI afin de les prendre en compte dans l'implémentation du LEA.

Deux questions centrales sont soulevées par notre démarche d'analyse :

- La première est liée à la mobilisation de vocabulaires, de référentiels et de modèles métiers concernés par les formations et par chacun des groupes LEA. En effet, durant les réunions de conception participative, chaque groupe travaille à la description et à la construction d'un artefact technique en faisant appel à ses propres concepts, son

propre vocabulaire, ses propres termes souvent influencés par les secteurs professionnels.

- La seconde est liée aux processus sous-jacents à la production des OI, autrement dit : quel est le contenu des OI produits et comment les contributeurs procèdent-ils pour les produire ?

Plusieurs techniques et méthodes sont utilisées pour impliquer efficacement les utilisateurs dans le travail de conception. Des séances de brainstorming se sont naturellement imposées aux usagers-concepteurs de LEA, conduisant à un prototypage sous la forme de documents de conception écrits. Ce travail permet que s'élaborent de nombreux Objets Intermédiaires (schémas logiques, croquis d'écrans, descriptions, plan d'organisation, etc.) [Boujut et Blanco 2003] [Jeantet 1998], par la discussion et l'échange.

Les OI produits durant les réunions de conception comportent des données importantes pour la modélisation relatives aux termes employés, aux actions réalisées, aux lieux spécifiques d'utilisation du livret, à une chronologie des événements, à l'organisation du travail de conception. Ils constituent ainsi la base de la modélisation du système.

Cette modélisation a deux finalités :

- La première consiste à expliciter les objets, les concepts, le référentiel, les processus liés à chaque métier.
- La seconde consiste à expliciter les parcours et les modalités de suivi pour chaque métier.

La première finalité relève de la construction d'un métamodèle spécifique pour chaque LEA de chaque formation. La seconde relève de la construction de scénarios de suivi conformes au métamodèle de chaque LEA conçu.

4.7.2 Analyse des OI et leur dynamique

Dans cette section, nous illustrons notre démarche d'analyse par des exemples. Pour cela, nous prenons comme exemple l'analyse d'une séance de travail menée avec le groupe de conception "tôlerie et peinture automobile". Cette séance de travail porte sur la description du parcours de suivi de l'apprenti en entreprise.

La durée de la séance de travail est d'environ 2 heures. Durant ce temps, les usagers-concepteurs définissent leur objectif de travail, tentent de cerner grossièrement le type de parcours de suivi qu'ils doivent concevoir. Par la suite, ils entament un processus de décision sur une solution. Au bout de ces deux heures environ, une solution de principe est arrêtée et un OI est créé.

Pour mener l'analyse de cette séance de travail, nous avons procédé comme dans [Gregori 1999]. Nous avons choisi des séquences clés à chaque séance de travail. Pour cela, nous avons pris comme point de départ de l'analyse le constat qu'une solution de

principe est retenue, puis nous avons remonté la discussion à rebours, pointant toutes les séquences qui tendaient vers cet état. Ce faisant, nous avons dégagé des séquences clés qui constituent des articulations dans le processus de conception de la solution de principe. Ce sont ces séquences que nous présentons et dont l'analyse a permis de comprendre comment la solution a émergé. Concernant la séance de travail que nous prenons comme exemple ici, nous avons relevé deux séquences clés.

En effet, deux OI (cf. figure 4.17) sont créés en deux temps (deux séquences) durant cette séance. La première séquence porte sur la description d'un scénario de déclaration que doit réaliser l'apprenti, la seconde porte sur la description d'un scénario d'évaluation que doit réaliser le maître d'apprentissage. Même si les deux scénarios sont représentés sur un même support (un tableau blanc⁶), nous abordons leur analyse comme deux OI distincts.

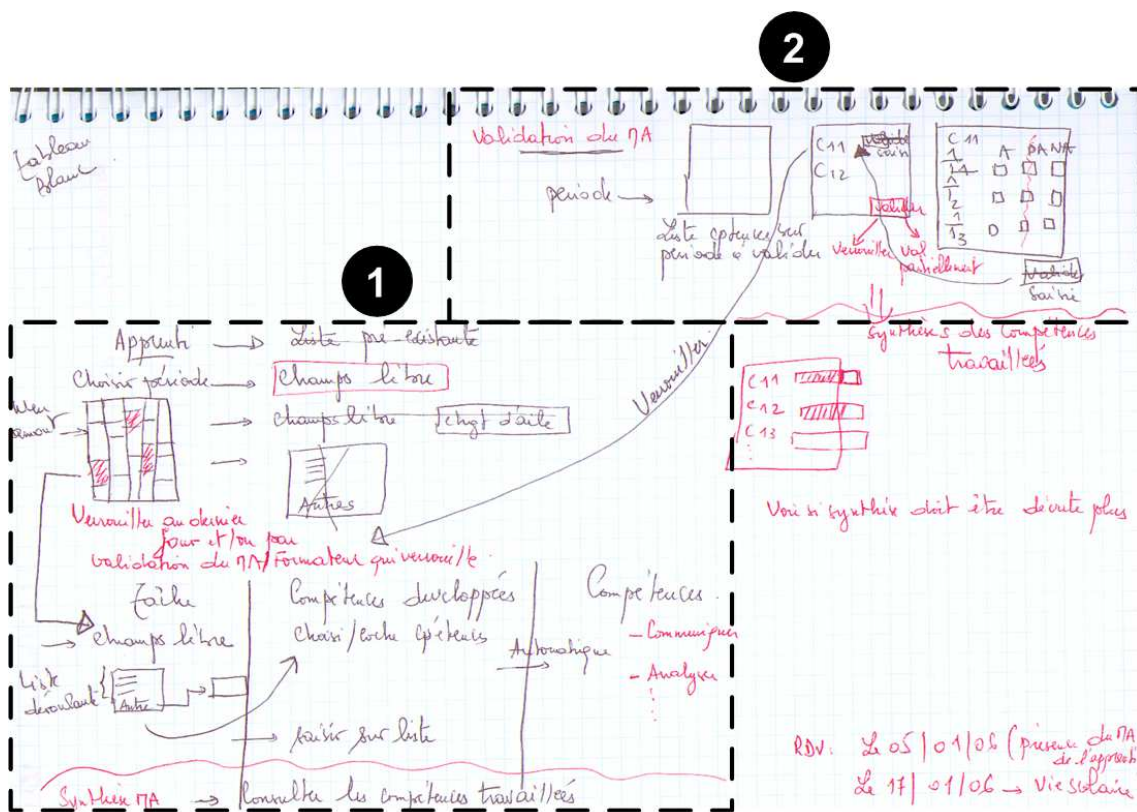


Figure 4.17: OI décrivant le suivi d'un apprenti en "tôlerie, peinture automobile" en entreprise

⁶Nous avons retranscrit sur papier (cf figure 4.17) fidèlement le contenu du tableau blanc par souci de lisibilité.

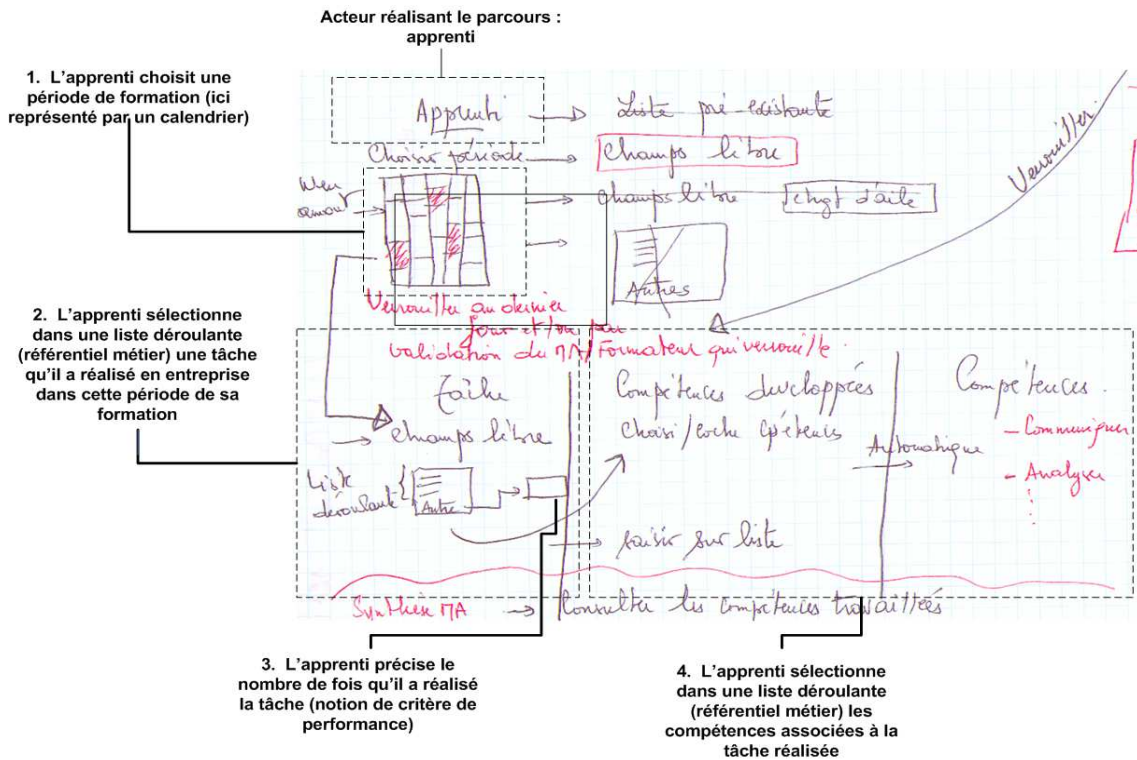


Figure 4.18: OI 1 décrivant le parcours de déclaration de l'apprenti

1. Le premier OI décrit le parcours de déclaration de l'apprenti (cf. figure 4.18). Dans ce parcours, l'apprenti :

- choisit une période dans un calendrier pour laquelle il souhaite déclarer ses réalisations en entreprise ;
- choisit dans une liste déroulante les tâches répertoriées dans le référentiel métier de la formation qu'il a réalisées dans la période déclarée ;
- précise le nombre de fois qu'il a réalisé une tâche spécifique. Dans ce cas, la fréquence de réalisation des tâches a été choisie comme critère de performance par le maître d'apprentissage.
- évalue ses compétences par rapport à chaque tâche. Une liste de compétences est définie pour les tâches du référentiel métier⁷.
- associe des habiletés aux compétences sélectionnées ;
- valide sa déclaration.

⁷Le référentiel métier de la formation "tôlerie peinture automobile" est composé d'un ensemble de tâches que doit réaliser l'apprenti, de compétences, et d'habiletés. Une compétence est liée à une tâche spécifique comme par exemple "maîtriser la technique de pause d'un pare-brise". Une habileté est le savoir-faire associé aux compétences comme par exemple "capacité d'analyse" ou "capacité de communication".

L'objectif de ce parcours de déclaration énoncé dans la séance de travail par les usagers-concepteurs est le suivant : l'apprenti s'auto-évalue. Le système lui propose un retour sur son bilan de progression en entreprise à partir de ses déclarations. Ceci lui permet d'avoir un retour méta-cognitif sur son propre apprentissage et l'aide à prendre des initiatives pour gérer sa formation, et par conséquent à développer des compétences d'autonomie et de réflexivité sur son parcours d'apprentissage⁸.

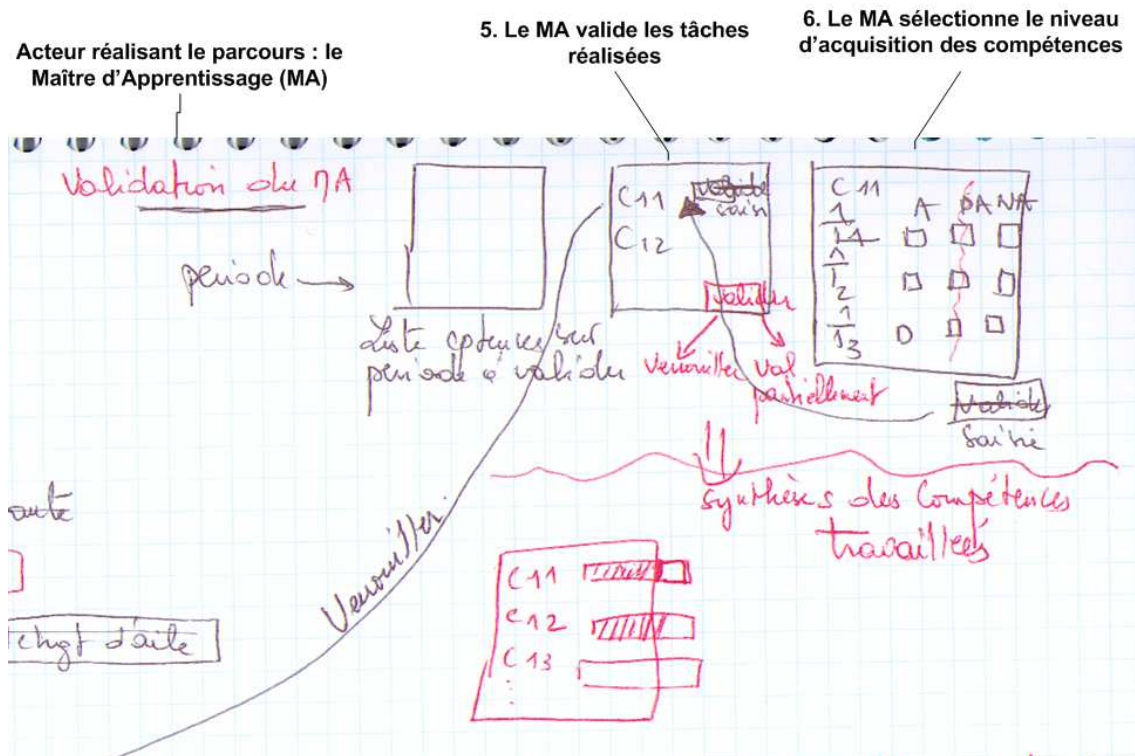


Figure 4.19: OI 2 décrivant le parcours d'évaluation et de validation du maître d'apprentissage

2. Le second OI décrit le parcours d'évaluation du maître d'apprentissage (cf. figure 4.19). Dans ce parcours, le maître d'apprentissage :

- choisit une période dans un calendrier pour laquelle il souhaite valider le parcours de formation ;

⁸Un apprenti qui a participé à la séance de travail nous a expliqué que quand il se rend compte qu'une tâche spécifique portant sur une technique mécanique particulière est très rarement réalisée, alors que dans le référentiel métier, cette tâche est considérée comme très importante, l'apprenti demande à son maître d'apprentissage de réaliser cette tâche lorsque la situation s'y prête. Il peut également attirer l'attention du maître d'apprentissage sur le fait qu'une tâche spécifique du référentiel métier n'a jamais été réalisée en entreprise et qu'il doit la réaliser au moins une ou un certain nombre de fois. Le maître d'apprentissage nous a expliqué à son tour que le bilan de progression qu'offre le système lui permet de planifier les tâches à réaliser par son apprenti pour la journée ou pour la période, en mettant davantage l'accent sur les tâches dont les compétences ne sont pas encore totalement acquises.

- valide ou complète les tâches réalisées par l'apprenti dans cette période ;
- pour chaque tâche réalisée, il précise le niveau d'acquisition (acquis, non acquis, en cours d'acquisition) des compétences relatives à la tâche réalisée en fonction du critère de performance qu'il a défini pour la tâche ;
- valide son évaluation.

L'objectif de ce parcours d'évaluation de compétences énoncé dans la séance de travail par les usagers-concepteurs est le suivant : Le système propose au maître d'apprentissage à partir des informations fournies dans son parcours d'évaluation un retour sur le bilan de progression des compétences de son apprenti. Ceci lui permet d'avoir une perception des compétences non acquises ou en cours d'acquisition. Il lui proposera en conséquence des tâches (telles que définies dans le référentiel métier) correspondant aux compétences non acquises, de réguler et de personnaliser ainsi le parcours de formation de son apprenti.

Nous avons décrit le contenu de ces deux OI. Nous nous intéressons maintenant à leur dynamique dans la séance de travail.

Comme le montre la figure 4.20, dans cette séance de travail, nous avons observé que l'OI 1 créé durant la séquence 1 a servi de référence dans la seconde (séquence 2) qui a produit l'OI 2. Etant donné que l'OI 2 décrit un parcours d'évaluation de la déclaration qui elle, est décrite par l'OI 1, les usagers-concepteurs ont défini l'OI 2 en se basant sur la solution de principe portée par l'OI 1.

Pour synthétiser la dynamique de ces deux objets, nous la décrivons par le processus suivant :

- Les usagers-concepteurs ont travaillé sur l'OI 1 à la description du parcours de déclaration de l'apprenti. Cette description s'est faite sur la base de discussions et de négociation entre les usagers-concepteurs.
- Quand une solution de principe est arrêtée, l'OI 1 est devenu consensuel à la fin de la séquence 1.
- Une fois l'OI 1 devenu consensuel, il a permis d'orienter le groupe de conception pour définir de nouveaux besoins (il s'agit du besoin de décrire le parcours du maître d'apprentissage). L'OI 1 a servi ainsi de médiation dans l'action et a permis dans la séquence 2 une prise de décision plus rapide sur la solution que pour la séquence 1. En effet, une fois qu'une solution consensuelle pour décrire le parcours de déclaration de l'apprenti a été arrêtée, une vision claire de ce parcours a facilité la tâche de description du parcours d'évaluation.

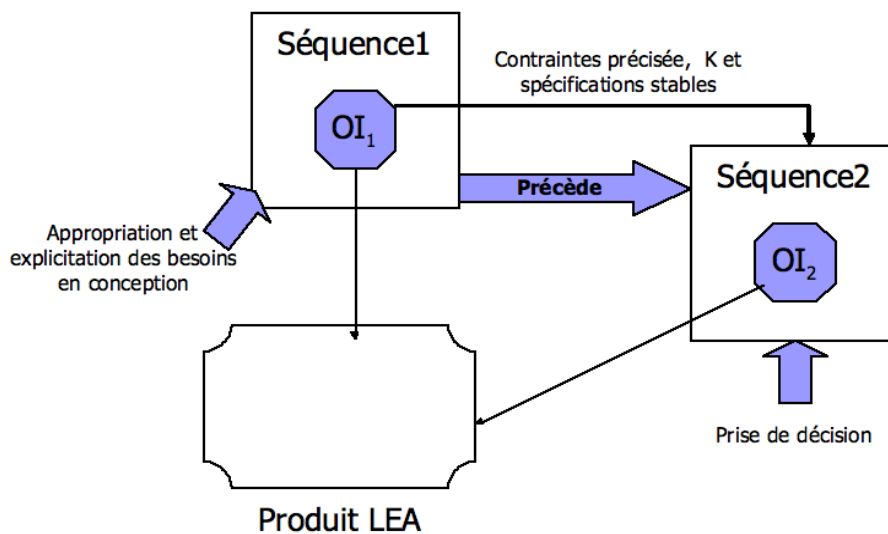


Figure 4.20: Dynamique des deux OI produits

4.7.3 Analyse des discussions et processus impliqués dans la production des OI

La production des OI repose sur des savoirs et savoirs-faire antérieurs acquis avec l'expérience (connaissances sur les contraintes de l'usage futur du LEA par exemple) et constitue ainsi un vecteur de dialogue pour l'évaluation et la négociation des solutions de conception.

Afin d'identifier les processus sous-jacents à leur production et à leur négociation, nous avons souhaité disposer des productions verbales des sujets (discussions). C'est pour cette raison que nous avons filmé les réunions de conception. C'est cette analyse du dialogue qui nous a permis de comprendre les besoins et phénomènes sous-jacents à la production des OI. Toute la négociation des solutions de conception décrites par les OI est réalisée sur la base de simulations langagières de l'activité de suivi. Celles-ci visent à anticiper les usages du système LEA que les usagers-concepteurs conçoivent afin d'en préciser les caractéristiques. La négociation se déroule de la façon suivante : les acteurs de la conception du LEA simulent son utilisation en endossant les rôles des usagers, ce qui est rendu possible par la conception participative : les concepteurs sont les futurs usagers du système.

Les OI sont donc étudiés et interprétés en regard des échanges qui ont accompagné leur production. Pour illustrer nos propos, nous reprenons dans la figure 4.21 l'exemple des OI dont nous avons montré le contenu précédemment et un extrait de la séquence de discussion qui a accompagné leur production.

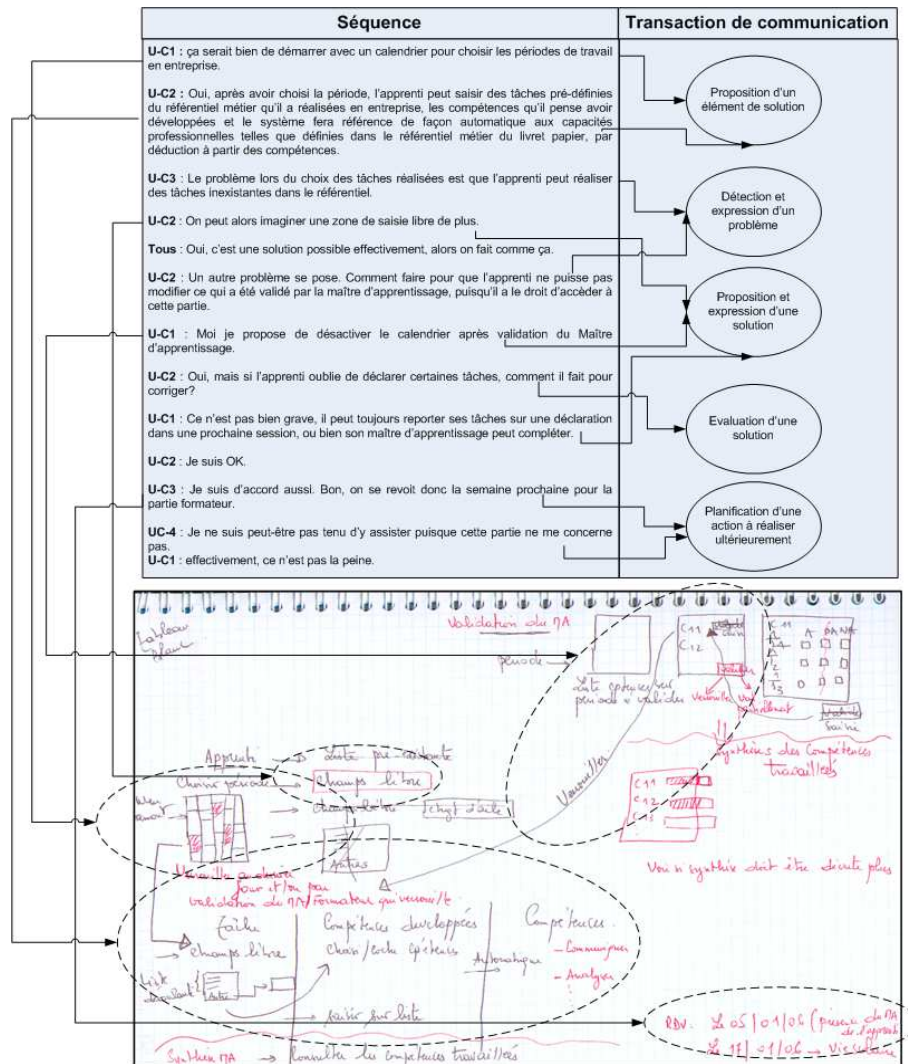


Figure 4.21: Analyse des discussions dans la séance de conception, source : [El-Kechai 2006] [El-Kechai et Choquet 2006a]

L'analyse de la discussion et des échanges permettent de situer l'évolution de ces OI :

- Ces OI sont créés suite à l'identification collective d'une situation pédagogique dont l'objectif est d'amener l'apprenti à décrire son activité en entreprise et le maître d'apprentissage à évaluer le parcours de son apprenti.
- Une première solution est proposée par deux des usagers-concepteurs (partie haute de la figure) qui consiste à scénariser une interaction où l'apprenti saisit dans une liste les compétences qu'il pense avoir développées.
- Deux usagers-concepteurs énoncent deux problèmes pouvant surgir lors du déploiement du scénario, ce qui amène le groupe à faire évoluer l'OI 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'OI 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 maître d'apprentissage.

En analysant les échanges, nous avons mis l'accent sur différentes transactions⁹ de communication (représentées également sur la figure 4.21), récurrentes dans l'ensemble des réunions de conception, et qui apparaissent dans l'ensemble des comportements des usagers-concepteurs. L'instanciation de certaines de ces transactions par les usagers-concepteurs les amènent à agir sur l'OI, à le transformer et à le faire évoluer. L'OI est le centre de ces transactions, il est le support de la communication entre les acteurs.

Nous avons alors identifié deux principaux processus intervenant dans la négociation de l'OI :

- Le 1er concerne l'expression de questions autour des aspects que l'apprenti est autorisé à auto-évaluer et les contraintes qu'on lui impose. Ceci s'exprime souvent par une formulation de problèmes.
- Le 2ème porte quant à lui sur la satisfaction des questions, en l'occurrence des propositions de solutions aux problèmes.

A partir de cette analyse, nous avons décrit ces deux processus intervenant dans la résolution de problèmes [El-Kechaï et Choquet 2006b] [El-Kechaï et Choquet 2006a]. Ces processus sont producteurs et parfois consommateurs d'informations de différentes natures :

- Le premier processus "Evocation de problèmes" (cf. figure 4.22) mobilise des sources d'informations internes¹⁰. Ce sont des connaissances résultant d'une longue pratique pédagogique des usagers-concepteurs¹¹ et des sources d'informations externes (comme le livret en format papier qui est le document de base auquel les usagers-concepteurs se réfèrent souvent). Elles ont permis aux usagers-concepteurs de préciser

⁹Nous utilisons le terme transaction dans le sens d'un acte de langage qui peut refléter un certain engagement de la part des acteurs.

¹⁰Nous utilisons le terme "sources d'informations internes" dans le sens d'informations qui ne sont pas explicitées. Par exemple, certaines raisons qui amènent à opter pour une solution ne sont pas toujours énoncées par les usagers-concepteurs. Parce que ces informations sont le résultat des expériences passées (qui concernent le livret papier) partagées entre eux, elles leur semblent évidentes. Toutefois, quand ils expliquent leur choix, c'est souvent en s'adressant à nous (en tant que chercheurs participant aux réunions et ne partageant pas leur expérience), ou quand nous leur demandons des explications.

¹¹Par exemple, certains formateurs ont évoqué le manque d'implication de certains maîtres d'apprentissage dans la gestion de formation des apprentis dont ils ont la charge. La raison invoquée est que ces derniers devaient réaliser plusieurs évaluations pour une même période. Ils trouvaient qu'en l'état ils passaient trop de temps à évaluer. Ceci a amené ces formateurs dans la réunion à réduire le nombre de déclarations par période pour motiver plus les maîtres d'apprentissage à utiliser le système LEA.

les contraintes et les critères techniques liés à l'usage et à la fiabilité du système à produire. Ce processus engendre le plus souvent des productions verbales qui ne se matérialisent pas toujours par des objets écrits.

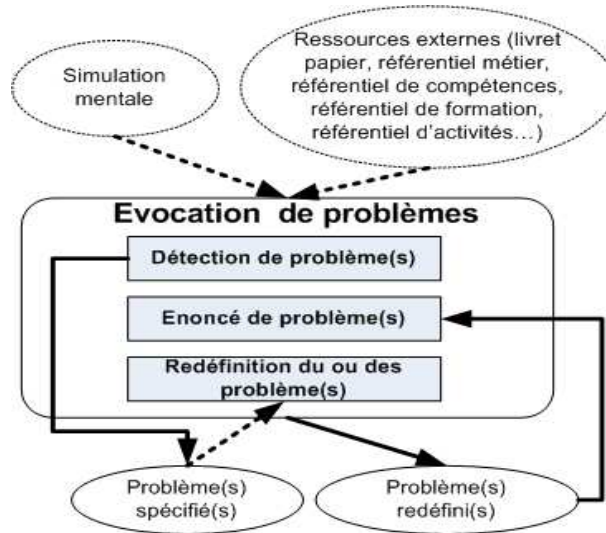


Figure 4.22: Schéma descriptif du processus "énoncé de problèmes", source :[El-Kechaï et Choquet 2006a]

- Le second processus "Proposition et énoncé de solutions" (cf. figure 4.23) 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 LEA. 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 des sources d'informations internes (comme par exemple des contraintes des futurs usagers du LEA) et des sources d'informations externes (comme par exemple un OI défini lors d'une précédente réunion) constituant un nouveau point de départ de la conception.

Ces deux processus sont interdépendants. On notera qu'il n'est pas possible de contraindre un ordonnancement pré-déterminé : par exemple une question ne précède pas obligatoirement une réponse.

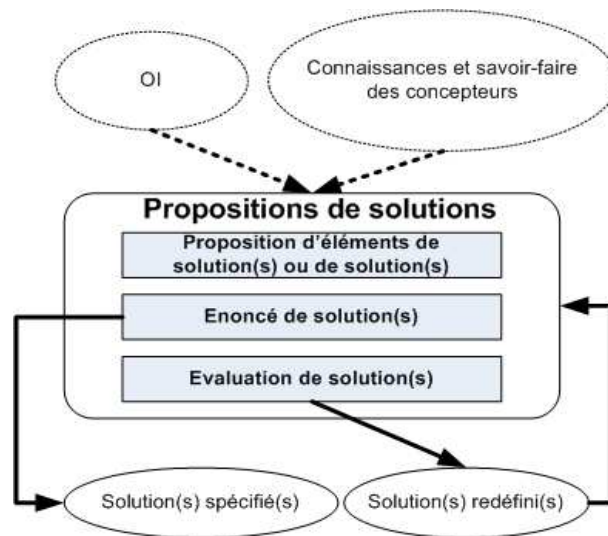


Figure 4.23: Schéma descriptif du processus “proposition de solutions”, source : [El-Kechai et Choquet 2006a]

4.7.4 Etape de structuration

L'analyse a montré que les OI sont porteurs d'une jonction d'informations (cf. figure 4.24) :

- L'ensemble des concepts dans des termes propres à chaque métier de formation pour décrire les parcours de leur apprentis. A partir de ces concepts, il est possible de construire un métamodèle spécifique à un LEA.
- Des scénarios décrits sous la forme d'événements anticipés entre l'acteur et le système sur la base du métamodèle précédemment défini : déclarer une tâche, associer une compétence du référentiel métier de l'apprenant, choisir une habileté ; évaluer et valider une compétence du référentiel métier etc.
- Une partie de l'IHM centrée essentiellement sur les séquences de navigation telles que les usagers-concepteurs se les représentent. A travers ces séquences, ils projettent le déroulement de leurs scénarios, et testent l'enchaînement des écrans ou des menus, même si les fonctionnalités restent fictives. Cet aspect est montré dans la figure 4.25.

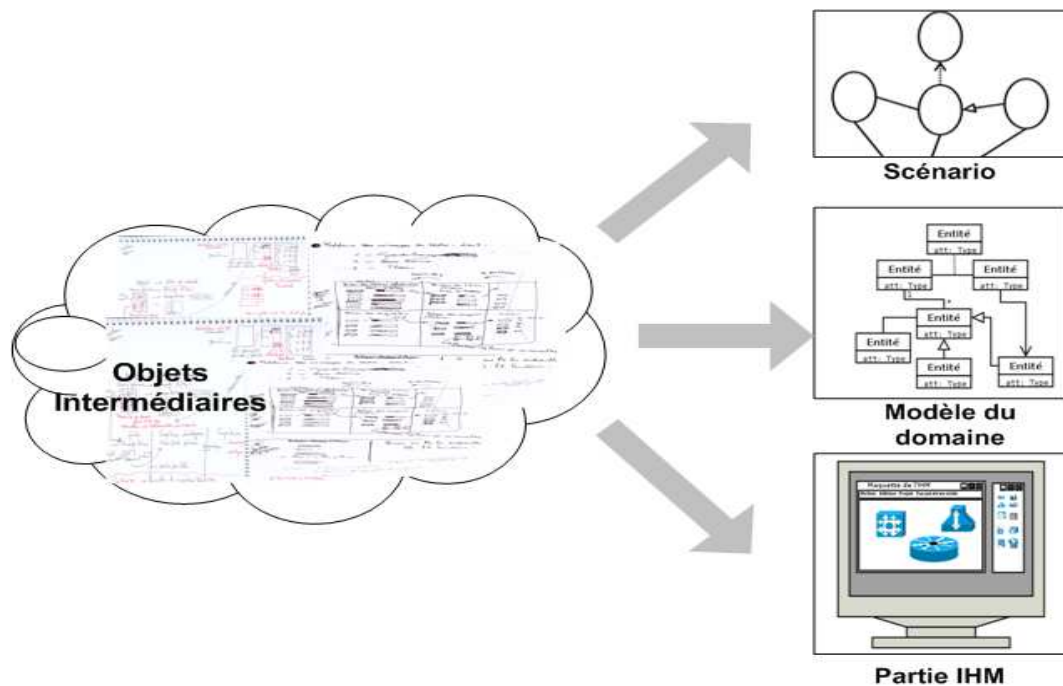


Figure 4.24: Les OI, une jonction entre les scénarios, les concepts du domaine métier et la conception logicielle

La problématique qui se pose à cette étape de l'analyse est illustrée par la figure 4.26. Comment passer de l'expression des besoins à travers les OI au code de l'application LEA ? Pour répondre à cette question :

- Dans un premier temps, nous avons procédé à une phase d'analyse des concepts du domaine propre à chaque formation sur la base du contenu des OI (cf. figure 4.27) [El-Kechai 2007]. Ceci nous a permis d'élaborer la première version du métamodèle métier spécifique à une formation. Cette étape est cruciale, car c'est elle qui permet de capter les particularités du métier. L'intérêt est que l'activité et les préférences des acteurs soient au coeur de ce métamodèle, et qu'elles soient ainsi prises en compte en amont du développement du système, un point clé pour répondre aux besoins situés des usagers-concepteurs.
- Dans un second temps, nous avons reconstitué l'ensemble des scénarios. Il s'agit concrètement de collecter les scénarios exprimés de façon parcellaire, souvent tâche par tâche et acteur par acteur, des situations d'utilisation souhaitées (les parcours de suivi tels que nous les avons évoqués dans la section 4.5) explicités dans les OI. Cette étape vise à construire, à partir de l'ensemble des scénarios d'utilisation collectés, des scénarios opérationnels qui synthétisent ces informations afin de caractériser le comportement du système visé.

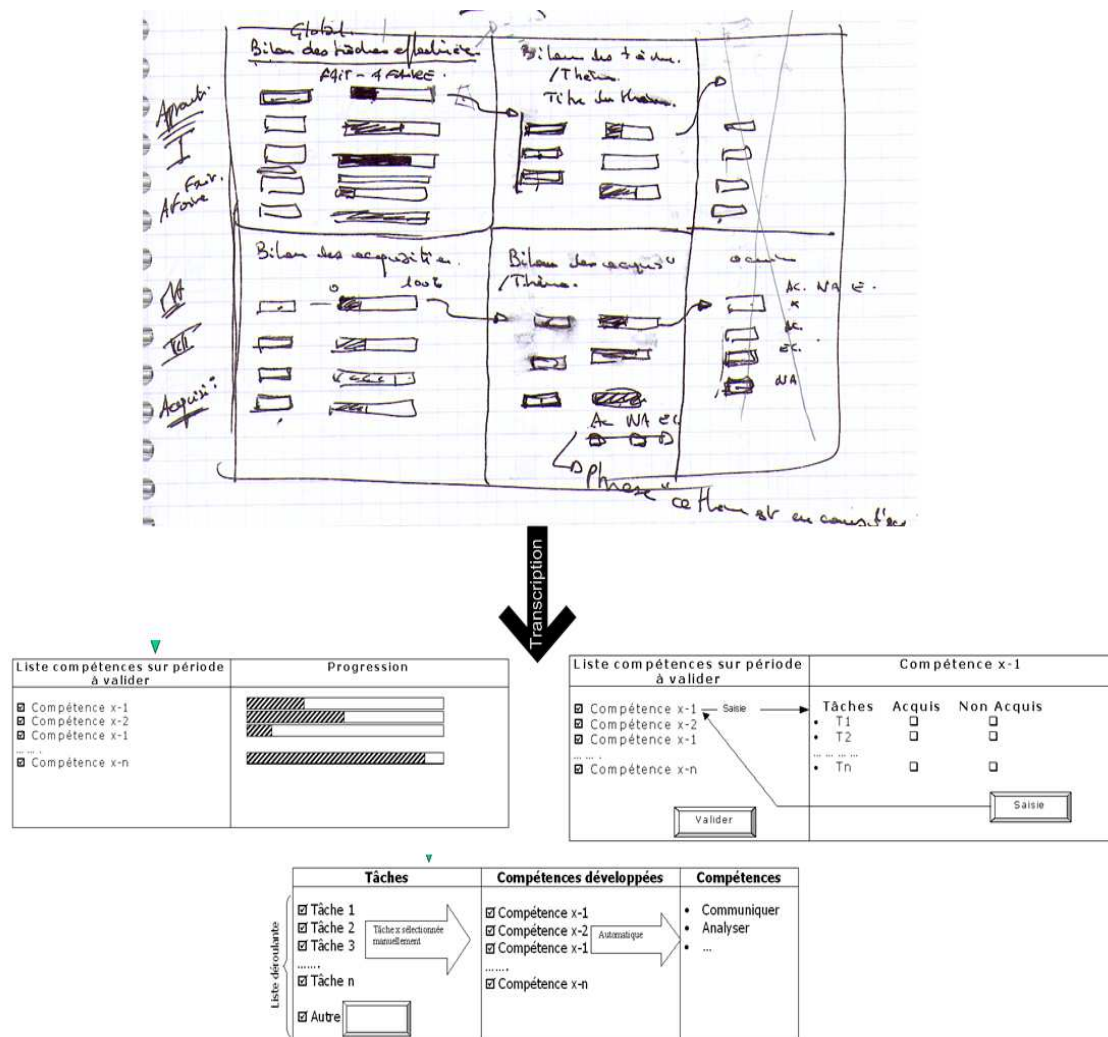


Figure 4.25: Description des écrans de l'IHM via lesquels le scénario est décrit

Par exemple, le métamodèle décrit dans la figure 4.27 est déduit à partir des parcours décrits dans les OI pour la formation “tôlerie peinture automobile”. La même démarche appliquée pour d'autres formations a abouti à des métamodèles assez proches du point de vue de la structure de modélisation de celui décrit dans la figure 4.27. Toutefois, certaines différences existent entre ces formations (relatives aux termes employés, aux actions réalisées, à la chronologie des événements, aux critères d'évaluation et de performance).

En prenant en compte ces différences, plusieurs métamodèles peuvent être produits. Chacun de ces métamodèles sera spécifique à une formation. Ces différences sont prises en charge par les outils de paramétrage et de configuration qui ont été implantés dans le système LEA. Ils permettent aux usagers-concepteurs de créer leur propres vocabulaires, leur propres modalités pédagogiques et leur propres structures de LEA. Tous ces éléments font la spécificité des métamodèles du LEA de chaque formation (comme celui de la figure 4.27).

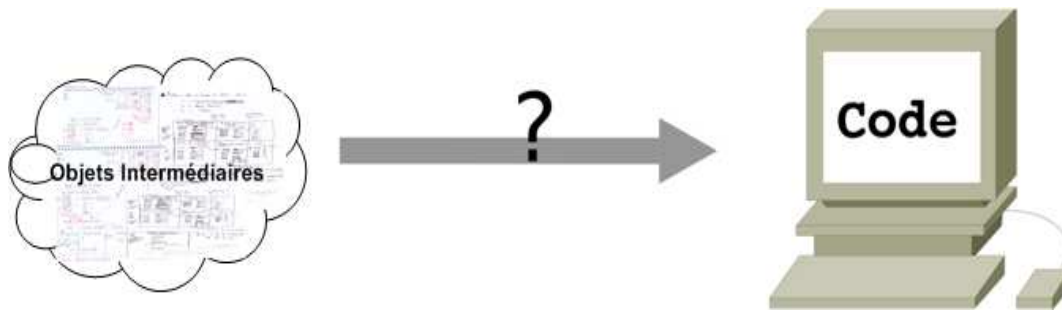


Figure 4.26: Quelle méthode pour passer des OI au code de l'application ?

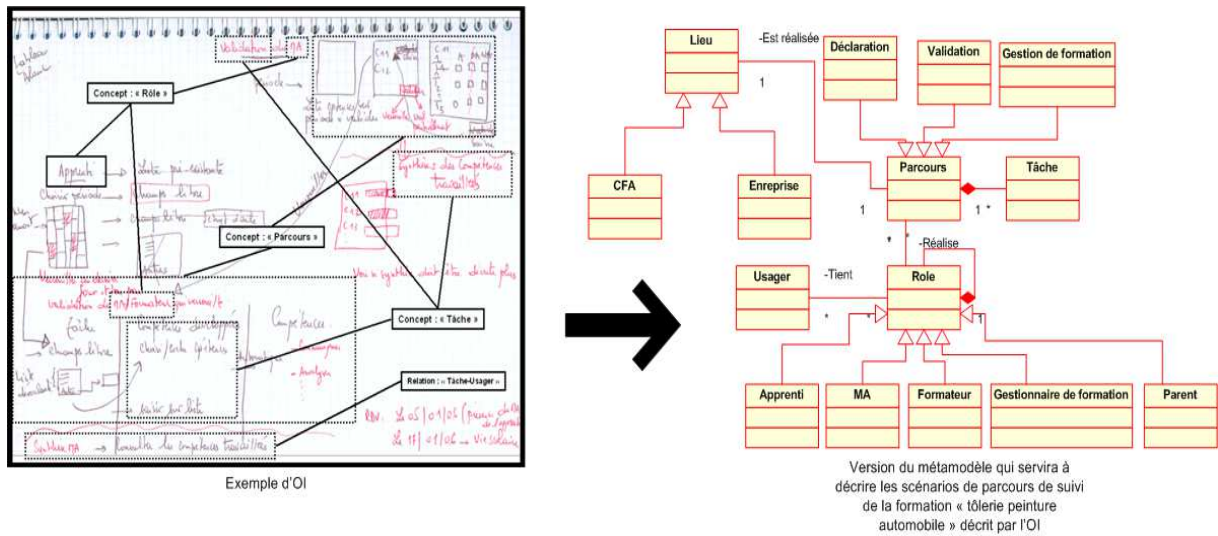


Figure 4.27: Modélisation sur la base du contenu de l'OI, source : [El-Kechai 2007]

Un travail est mené actuellement pour donner les moyens aux usagers-concepteurs de construire ces métamodèles de manière plus formelle. Dans ce travail, la conception des métamodèles et des scénarios se fait formellement avec un éditeur externe au système LEA. Le scénario formel produit pourra alors être déployé sur le système LEA pour générer l'environnement de suivi¹².

4.8 Discussion

Le système LEA une fois développé, a été testé dans différentes situations de conception. Dans un premier temps, il a été testé avec les acteurs qui ont participé à sa conception, c'est-à-dire les acteurs des groupes de conception participative constitués dans le projet. Ces participants aux réunions de conception ont évalué l'utilisabilité du système en tentant

¹²Le LEA dans sa première version n'intégrait pas de technologie XML. Ce travail est mené actuellement pour favoriser le déploiement des scénarios dans une notation XML.

de construire leurs propres LEA et donc leurs propres parcours de suivi.

Le système LEA est actuellement utilisé par quatre autres formations que celles qui ont participé aux réunions de conception Parmi ces quatre formations, deux d'entre elles font partie de la même institution (le CFA) augmentant ainsi le nombre de formations utilisant le système.

Le système est également utilisé plus largement qu'en Mayenne : par le CFA de la région centre, par le CFA de la région des Pays de la Loire et par l'IUT de Laval. Près de 1200 apprentis et 60 enseignants sont concernés (du CAP à la licence) dans les domaines de formation du bâtiment, de la pharmacie, de la restauration, de la vente, de la mécanique automobile, du multimédia etc.

Tout le travail que nous avons mené dans ce projet a permis d'aboutir à un système ouvert puisqu'il a permis d'intégrer de nouvelles formations. Il est également malléable puisqu'il propose aux utilisateurs les moyens de modifier leur environnement de suivi dans son contexte d'utilisation, cette possibilité de modification étant une des fonctionnalités du système.

L'analyse des situations de conception dans le projet LEA, nous a montré comment les usagers-concepteurs explicitent leurs besoins de conception via des OI. Nous avons montré que ces OI sont porteurs de spécificités de chaque formation, de scénarios propres au système à développer, et de simulations réifiées par des aspects IHM.

Le contenu qui nous intéresse dans ces OI porte sur les métamodèles et les scénarios spécifiques à chaque formation. Nous voulons en particulier proposer les moyens de les expliciter via des outils de manière structurée et formelle. Les observations dans le projet LEA ont constitué un bon moyen de comprendre le processus et les phénomènes de leur production dans une approche constructive collective. Ces observations mettent en avant les caractères opportuniste, distribué et situé de la conception dans une approche constructive, déjà constatés par d'autres travaux :

- L'analyse du contenu des OI montre que ces derniers évoluent et par là même les métamodèles et scénarios qu'ils portent.
- Cette évolution des OI est le résultat d'une dynamique inhérente à leur construction et à leur négociation (ils peuvent avoir des statuts différents en conception, ils peuvent jouer des rôles différents).
- Pour les usagers-concepteurs, percevoir cette dynamique permet de récapituler ce qui a été réalisé et par conséquent constituer un nouveau départ pour la conception

Nous avons également constaté à travers l'analyse des discussions que les usagers-concepteurs reprennent parfois un OI produit lors d'une précédente séance comme base pour poursuivre la conception dans la séance suivante. Ils ont parfois besoin de se rappeler les solutions retenues, de savoir qui des acteurs a agi dans telle ou telle situation.

Tous ces éléments permettent de mettre l'accent à notre sens sur le besoin des usagers-concepteurs de faire un retour sur leur activité de conception quand celle-ci se déroule de

manière progressive et sur plusieurs séances. L'objet produit seul ne le leur permet pas car il est porteur de solutions mais il ne décrit pas toujours le contexte qui a amené à produire ces solutions (raisons du choix de la solution, qui a agi sur quoi dans la solution etc.).

Cette analyse par les OI montre ainsi que les usagers-concepteurs ont sans cesse comme tâche de fond une vue sur leur situation de conception. Cette vue porte sur la dynamique des objets qui permet de leur assurer un soutien dans le déroulement de l'activité de conception.

Nous pensons que restituer cette dynamique peut constituer un bon moyen pour assister les usagers-concepteurs dans leur activité de conception. Cette dynamique attribue différents rôles et statuts aux objets intermédiaires en conception.

Ces rôles et statuts sont décrits par d'autres travaux [Jeantet 1998] [Gregori 1999] et se réifient dans l'analyse menée dans le projet LEA de la façon suivante :

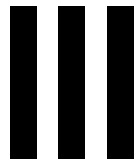
- L'objet conçu explicite une représentation commune et partagée de la situation à décrire.
- L'objet de la conception permet à un instant de l'activité de conception de représenter l'état de la situation traitée. Il peut servir de ressource à l'action à une autre étape de conception. Ceci fait de lui un objet "médiateur" dans l'activité de conception.
- L'objet conçu permet de matérialiser au départ l'idée d'un usager-concepteur dit "émetteur". L'idée en question est ainsi exposée aux autres, qui réagissent sur l'objet en le transformant et en le faisant évoluer. Il devient ainsi un objet "médiateur" mais cette fois-ci entre les acteurs.
- L'objet conçu peut être le support d'une relation d'exploration collective de la solution de conception et d'interaction quand il est négocié. Tant qu'il est sujet de négociation, il a un statut particulier. [Jeantet 1998] et [Gregori 1999] parlent d'objet "ouvert" tant que les solutions qu'il porte ne sont pas consensuelles et stabilisées.
- L'objet conçu qui devient consensuel est porteur de solutions de principe qui sont considérées comme stables. Les usagers-concepteurs n'agissent plus dessus quand il atteint un "satisfactum". Il peut servir alors à définir de nouveaux objets. [Jeantet 1998] et [Gregori 1999] parlent d'objet "fermé" quand les solutions qu'il porte sont consensuelles et stabilisées.

Des travaux en conception décrivent également d'autres états des objets conçus (pièces à conviction, draft, trace habilitée, livrable, rejeté etc.) au début, au cours et à la fin de la conception.

Dans une approche de conception centrée sur les ressources pédagogiques, les auteurs dans [Trouche et Guin 2006] parlent de "germes de ressources" et mettent l'accent sur les évolutions du point de vue des objets travaillés comme un moyen efficace pour susciter le travail collaboratif et faciliter le passage du rôle de l'utilisateur au rôle de concepteur. Nous

pensons donc que dans une situation instrumentée d'une approche constructive collective, consistant à expliciter les objets de conception que sont essentiellement les métamodèles et les scénarios (structurés et formalisés), il faut capter la dynamique de leur construction et la restituer pour accompagner leur évolution.

La conception de métamodèles et de scénarios peut alors être vue comme un ensemble de transformations progressives, résultats de négociation et d'évaluation collective au cours desquelles ils sont partiellement ordonnés, complétés, modifiés jusqu'à obtention de livrables à l'opérationnalisation.



**Proposition scientifique,
instrumentation et mise en oeuvre**

5 Proposition, instrumentation et mise en oeuvre

Sommaire

- 5.1 Introduction
- 5.2 Définition des artefacts produits dans un processus de conception collective d'un scénario pédagogique
- 5.3 Définition des processus de conception collective de scénarios pédagogiques
- 5.4 Description des processus proposés et mise en oeuvre dans l'environnement Tasmim

*"Dis-moi et j'oublierai,
Montre-moi et je me souviendrai,
Implique-moi et je comprendrai."*

Confucius, Kong Fu Zi (551-479 av. J.-C.).

Dans le chapitre précédent, nous avons analysé une activité collective de conception. Cette étude nous a permis de faire émerger des points clés qui nous ont amené à définir des processus pour assister les usagers-concepteurs dans une telle activité. Ces processus sont mis en oeuvre dans un environnement de conception "Tasmim".

Dans cette section, nous présentons les processus que nous proposons. Nous présentons également comment ces processus sont instrumentés dans Tasmim.

5.1 Introduction

La seconde partie de ce mémoire traitait de la conception collective du système LEA. Il s'agit maintenant, dans cette partie, d'aborder la question du support et de l'instrumentation d'une telle activité. En ce sens, nous cherchons à répondre aux questions : comment assister des usagers-concepteurs dans leur activité de conception collective de scénarios ? et comment mettre en oeuvre une telle activité ?

Pour traiter ces questions, nous interrogeons dans un premier temps, les principales conclusions en nous référant à l'étude menée dans la partie précédente. Nous verrons alors

que plusieurs aspects de l'activité de conception collective sont susceptibles d'être l'objet de support.

Ces aspects vont nous inspirer pour définir des processus d'assistance qui sont instrumentés dans un environnement de conception nommé Tasmim.

5.1.1 Principaux aspects de l'activité de conception collective

Dans l'étude menée dans le projet LEA, nous avons mis en oeuvre une activité collective de conception selon une démarche qui s'écarte volontairement de toute approche formelle (la conception n'est pas dirigée par un métamodèle).

Nous avons montré qu'une telle activité s'inscrit dans une résolution de problèmes. Elle consiste en un passage d'une situation initiale d'insatisfaction d'un problème à résoudre à une situation dans laquelle cette insatisfaction est résolue par la définition d'un objet intermédiaire. La principale caractéristique d'une telle activité est qu'elle est opportuniste et mal définie¹ [Schön 1983].

L'analyse menée dans le projet LEA témoigne de cette nature opportuniste qui se manifeste par la production d'objets intermédiaires sur lesquels les usagers-concepteurs définissent leurs scénarios de suivi.

Ces OI sont utilisés comme :

1. Des supports de négociation entre les usagers-concepteurs pour aboutir à des solutions de conception consensuelles. Ils traversent différents états en fonction du niveau de stabilisation de la solution.
2. Des traces de l'activité, permettant de restituer les solutions de conception et pouvant constituer un nouveau départ de la conception.

Si l'on se réfère à l'étude menée dans le projet LEA uniquement, nous ne pouvons affirmer si ces observations peuvent être généralisées à d'autres contextes de conception collective quel que soit l'objet conçu. Autrement dit, la question qui se pose est : est-ce que ces observations sont liées à la nature de l'objet à concevoir ?

De nombreux et divers travaux sont menés en analyse de situations de conception collective. Ces situations sont très diverses et les résultats de ces travaux nous amènent à penser que les précédentes observations sont davantage liées à la nature de l'activité (mal définie, opportuniste) qu'à l'objet conçu. En effet, ces différentes études ont abouti aux mêmes constats : la conception se manifeste à travers des objets intermédiaires qui participent à la définition de l'objet final et qui subissent des transformations tout le long de l'activité de conception. Ils créent ainsi une dynamique de conception qui permet aux

¹Certains aspects de la conception sont initialement incomplets. Certaines données peuvent par exemple être déterminées durant le déroulement du processus, et modifier la connaissance que l'on a du problème, de l'état ou de l'objet de la conception. De ce fait, nous concluons comme [Schön 1983] [Visser 2002] que le problème de conception est par nature mal défini.

concepteurs de construire progressivement leur représentation de l'objet à concevoir et, ce faisant, résoudre le problème. Pourtant les objets conçus dans les situations décrites par ces travaux sont de nature complètement différente (objets architecturaux [Léglise 1998] [Gosselin et al. 1998], modèles en mécanique [Gregori 1999] [Yvars et Saucier 1998], modèles agricoles [Sevila et al. 1998], maquettes automobiles [Laureillard et al. 1998] etc.). A ces objets s'ajoutent les nôtres dans le projet LEA qui ont porté sur des "scénarios de suivi". Nous pensons donc qu'une démarche par les objets peut également s'appliquer à l'activité de conception collective de scénarios pédagogiques centrés activités. Les métamodèles et les scénarios pédagogiques peuvent alors être considérés comme des objets intermédiaires traversant l'activité de conception.

5.1.2 Orientations fonctionnelles pour assister les usagers-concepteurs dans la conception collective de scénarios pédagogiques

Afin de définir les besoins d'instrumentation de la conception collective de scénarios pédagogiques, nous nous sommes inspirés des propriétés des OI. L'étude LEA a permis de faire émerger les points clés que nous souhaitons développer et mettre en oeuvre dans un environnement de conception et dont les principes adoptés sont :

1. La médiation dans l'action.

Un métamodèle pourrait à chaque instant servir de base pour la suite du travail ou comme référence à une autre étape de conception. Il peut ainsi être médiateur dans les actions de conception.

Nous proposons de donner les moyens aux usagers-concepteurs de capitaliser les métamodèles et les scénarios produits afin qu'ils puissent les reprendre à d'autres moments de la conception.

2. La médiation entre les usagers-concepteurs.

Un métamodèle permet de matérialiser au départ une représentation de la situation d'apprentissage d'un usager-concepteur. Celle-ci pourra ensuite être exposée aux autres, qui pourront ainsi agir dessus pour le transformer et le faire évoluer. Il peut ainsi être médiateur entre les acteurs de la conception. Pour cela, il doit être partagé entre les usagers-concepteurs.

Nous proposons de donner les moyens aux usagers-concepteurs de partager une vue commune du métamodèle et d'agir collectivement lors de sa conception. Les usagers-concepteurs se retrouvent ainsi en situation de travail autour d'un même métamodèle. Afin de favoriser une visualisation des actions et des interventions de chacun sur le métamodèle lors de sa conception, nous proposons de tracer la construction du métamodèle et de la restituer aux usagers-concepteurs.

3. La perception des états du métamodèle produit à différentes phases de la conception.

Le métamodèle est produit, les acteurs agissent et le transforment, ce qui l'amène à évoluer. Il passe ainsi par différents états à différents moments de la conception. Nous en retenons ici deux principaux :

- Le métamodèle comme support d'une exploration collective : c'est-à-dire qu'il est sauvegardé, qu'il peut être repris plus tard. Il alimente toujours la négociation tant que les solutions ne sont pas stabilisées. Nous proposons de lui attribuer un statut "ouvert". Tant qu'il a ce statut, les usagers-concepteurs peuvent le reprendre et le modifier.
- Une fois que les solutions de conception sont stabilisées, le métamodèle devient consensuel et livrable. Nous proposons de lui attribuer un statut "fermé". Cet état peut être changé par les usagers-concepteurs s'ils souhaitent encore le retravailler (en phase de réingénierie par exemple).

Nous pensons qu'attribuer ces états aux métamodèles permet à un moment donné de la conception de donner des marges de manoeuvre aux usagers-concepteurs. Ils peuvent plus ou moins agir. Le statut "ouvert" du métamodèle incite à un travail d'interprétation, tandis que le statut "fermé" transmet une prescription.

Pour mettre en oeuvre ces principes, nous avons défini un ensemble de processus. Ces processus permettent aux usagers-concepteurs de :

- concevoir collectivement leurs métamodèles et scénarios pédagogiques ;
- de leur restituer la dynamique et l'état de leurs constructions.

Nous avons instrumenté ces processus dans "Tasmim", l'environnement de conception que nous avons développé. L'instrumentation met en oeuvre ainsi une démarche inspirée des OI et de leur dynamique. La question se pose alors de la représentation des métamodèles et des scénarios.

Dans notre cas et comme nous le montrons dans la suite du document, nous avons opté pour une représentation graphique. Les scénarios et les métamodèles sont construits à l'aide d'un Editeur Collaboratif de Scénarios nommé ECoS mis en oeuvre dans Tasmim. A chaque OI produit correspond un modèle graphique ; à partir duquel est conçu un métamodèle ; le scénario est alors exprimé dans ce métamodèle.

ECoS permet de construire conjointement des métamodèles et des scénarios par des cycles d'essais-erreurs. Tasmim donne les moyens de capitaliser les métamodèles et les scénarios conçus, et propose un ensemble d'outils qui permettent de restituer leur états aux usagers-concepteurs. Parce que nous pensons que la conception est réalisée de manière progressive, nous envisageons cette restitution comme un moyen d'assister les usagers-concepteurs dans leur activité de conception collective. Ils disposent ainsi d'un feed-back qui leur permet

d'amorcer un nouveau départ en conception.

Dans cette partie du document, nous présentons :

1. les processus impliqués dans la conception collective d'un scénario pédagogique que nous avons définis ;
2. les flux de communication entre ces processus ;
3. la nature des artefacts échangés via ces flux.

Dans une seconde partie, nous présentons comment sont instrumentés ces processus dans l'environnement Tasmim du point de vue de l'utilisateur ainsi que du point de vue de l'implémentation technique.

5.2 Définition des artefacts produits dans un processus de conception collective d'un scénario pédagogique

La figure 5.1 présente l'activité de conception collective de scénarios pédagogiques que nous souhaitons instrumenter.

Cette figure illustre cette activité à travers les différents artefacts produits, ainsi que les relations existantes entre eux :

- La conception du scénario pédagogique et de son métamodèle constitue une étape du cycle de vie du scénario.
Les usagers-concepteurs peuvent jouer des rôles différents à chaque étape du cycle (par exemple dans un cycle itératif de réingénierie ; ils sont usagers-concepteurs dans la phase de conception, utilisateurs dans la phase de tests, à nouveau usagers-concepteurs dans la phase de réingénierie etc.).
- Durant l'étape de conception pédagogique, les métamodèles et les scénarios pédagogiques peuvent être construits conjointement. Ils traversent différents états intermédiaires et peuvent être modifiés avant de devenir consensuels. Nous proposons de les expliciter et de les formaliser (en utilisant ECoS).
- Le scénario pédagogique doit être conforme à son métamodèle.
- Le scénario pédagogique constitue le livrable qui structure l'environnement de travail des apprenants (la situation d'apprentissage décrite par le scénario). Il est opérationnalisé dans l'EIAH.

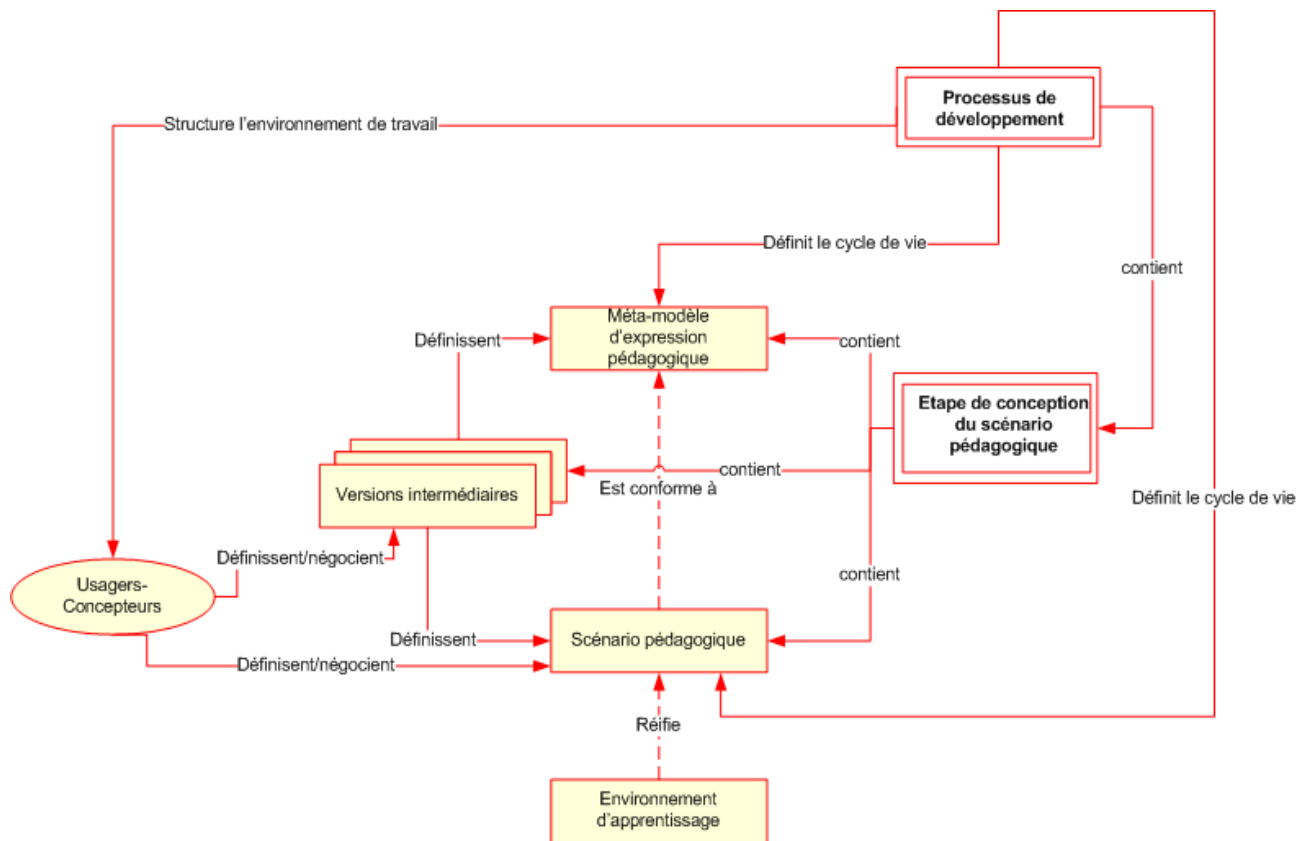


Figure 5.1: Les artefacts produits dans l'activité de conception collective d'un scénario pédagogique ciblée, source : [El-Kechaiï 2007]

5.3 Définition des processus de conception collective de scénarios pédagogiques

Les orientations fonctionnelles que nous avons adoptées présentées dans la section 5.1.2, nous ont permis d'identifier et de définir un ensemble de processus supports dans l'activité collective de conception décrite précédemment.

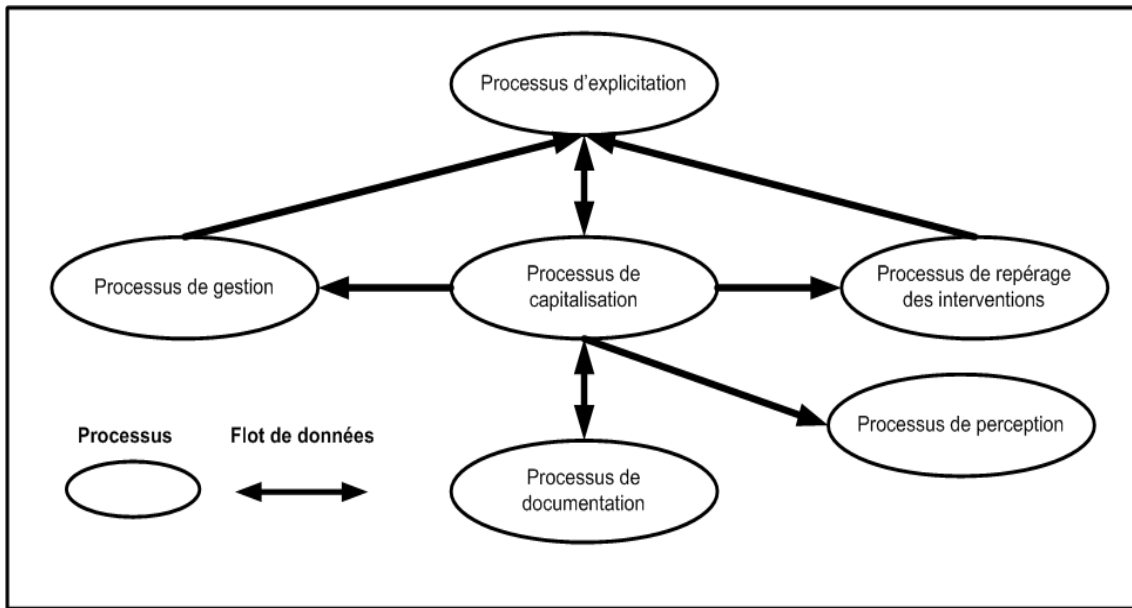


Figure 5.2: Processus supports à la conception collective de scénarios pédagogiques

Ces processus sont présentés dans la figure 5.2 :

1. **Un processus d'explicitation de métamodèles et des scénarios.**

Ce processus permet aux usagers-concepteurs d'expliciter collectivement une première version du métamodèle et du scénario pédagogique, qui peuvent être négociés et évoluer ainsi en diverses versions jusqu'à stabilisation.

2. **Un ensemble de processus inspirés de la démarche par les OI de conception pour assister la construction de métamodèles et de scénarios pédagogiques :**

- **Un processus de capitalisation.**

Ce processus permet aux usagers-concepteurs de stocker leurs productions (métamodèles, scénarios) en précisant leurs statuts ("ouvert" s'il s'agit de versions non consensuelles, "fermé" s'il s'agit de livrables).

- **Un processus de repérage des actions en modélisation.**

Ce processus trace et restitue les actions et interventions réalisées sur les métamodèles lors de leur conception.

- **Un processus de gestion.**

Ce processus permet de réaliser des opérations sur les artefacts capitalisés (suppression, création, modification, consultation etc.).

- **Un processus de documentation.**

Ce processus permet aux usagers-concepteurs de documenter leurs métamodèles.

Les métamodèles produits peuvent être mis à disposition pour d'autres usagers-concepteurs n'ayant pas participé à leur conception. La documentation sert à décrire leur contexte de conception et d'utilisation afin de faciliter la lecture des métamodèles.

- **Un processus de perception de la dynamique des métamodèles.**

Ce processus permet de donner une visualisation des états des métamodèles dans l'ordre chronologique de leur production. Il est possible ainsi de savoir quelles sont les versions intermédiaires qui ont contribué à produire un métamodèle particulier, dans quel ordre elle sont produites, et reconstituer ainsi le processus d'émergence de la solution de conception portée par le métamodèle.

Nous regroupons tous les processus précédents dans un processus (conteneur) que nous désignons par "processus de conception collective de scénarios pédagogiques" et que nous proposons d'instrumenter. Ce processus est représenté par la figure 5.3.

Dans cette figure, chaque processus est représenté par un paquetage. Chaque processus produit et consomme des artefacts. Ces derniers caractérisent des flux de communication entre les différents processus.

Chaque flux est représenté sous forme d'une interaction entre deux processus (un processus émetteur et un processus récepteur).

Nous considérons le processus de conception collective de scénarios pédagogiques que nous proposons comme une spécialisation du processus de conception du modèle métier de la réingénierie d'un EIAH présenté en section 1.2 par la figure 1.1.

Nous utilisons également ici les conventions graphiques du profil UML pour ECA (Entreprise Collaboration Architecture) présenté par le consortium OMG [OMG 2004] pour le représenter.

1. Le processus d'explicitation participe à 10 interactions :

- il produit des versions intermédiaires (non consensuelles) des métamodèles à destination du processus de capitalisation ;
- il produit des versions intermédiaires (non consensuelles) des scénarios à destination du processus de capitalisation ;
- il produit un métamodèle livrable à destination du processus de capitalisation ;
- il produit un scénario livrable à destination du processus de capitalisation ;
- il produit des traces des actions de construction du métamodèle dans l'éditeur ECoS à destination du processus de capitalisation ;
- il utilise les traces traitées (mises en forme) par le processus de repérage des actions et des interventions sur le métamodèle, et restitue la construction du métamodèle aux usagers-concepteurs dans le processus d'explicitation ;
- il édite les métamodèles livrables sélectionnés à partir du processus de gestion pour permettre leur modification ou leur consultation.

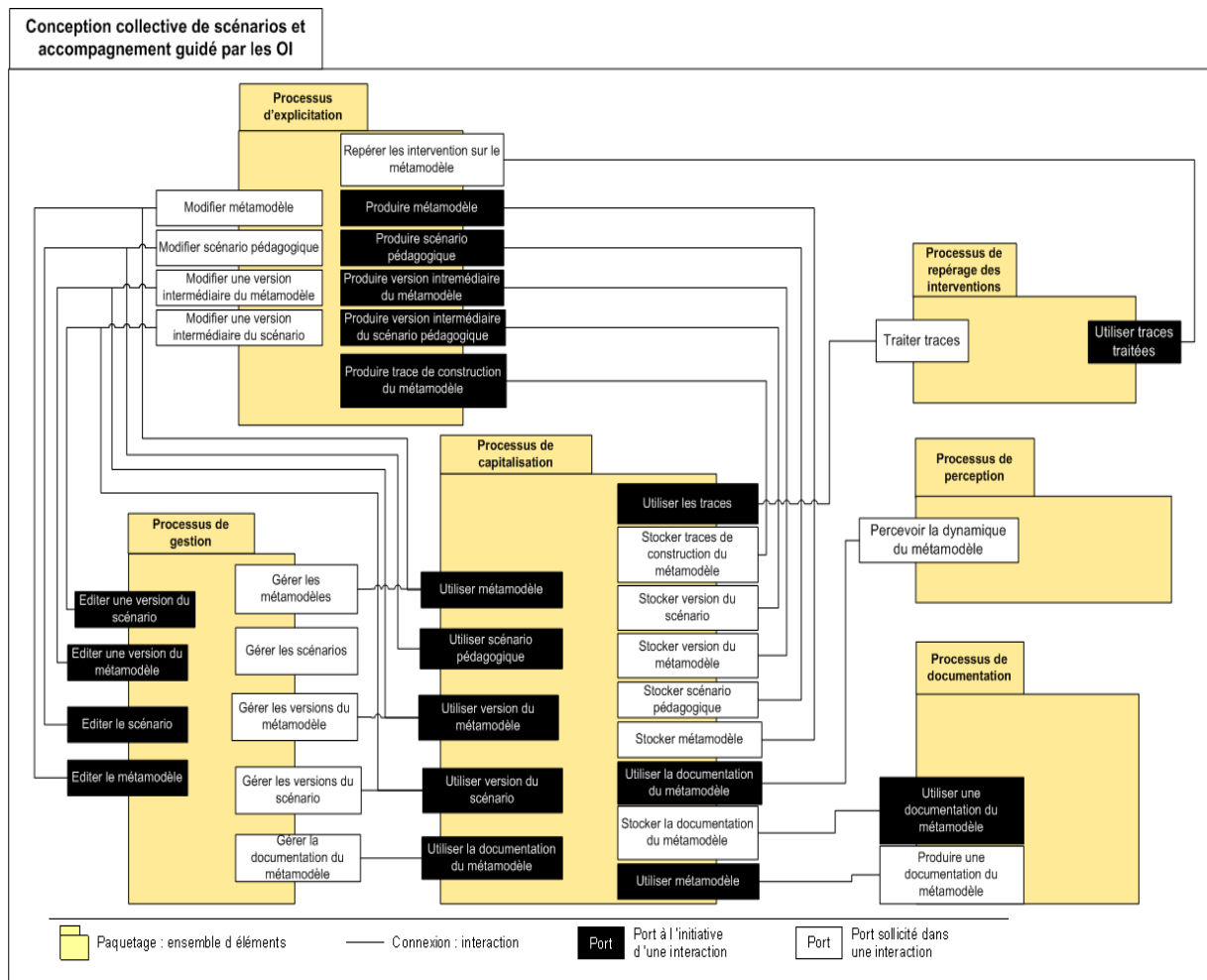


Figure 5.3: Processus de conception collective de scénarios pédagogiques défini

- il édite les scénarios pédagogiques livrables sélectionnés à partir du processus de gestion pour permettre leur modification ou leur consultation ;
- il édite les versions intermédiaires des métamodèles sélectionnées à partir du processus de gestion pour permettre leur modification ou leur consultation ;
- il édite les versions intermédiaires des scénarios sélectionnées à partir du processus de gestion pour permettre leur modification ou leur consultation.

2. Le processus de capitalisation participe à 14 interactions :

- il stocke les versions intermédiaires (non consensuelles) des métamodèles produites par le processus d'explicitation ;
- il stocke les versions intermédiaires (non consensuelles) des scénarios produites par le processus d'explicitation ;
- il met à disposition les versions intermédiaires (non consensuelles) des métamodèles pour le processus de gestion et pour le processus d'explicitation ;

- il met à disposition les versions intermédiaires (non consensuelles) des scénarios pour le processus de gestion et pour le processus d'explicitation ;
 - il stocke les métamodèles livrables produits par le processus d'explicitation ;
 - il met à disposition les métamodèles livrables pour le processus de gestion et pour le processus d'explicitation ;
 - il met à disposition les métamodèles livrables pour le processus de documentation ;
 - il stocke les scénarios livrables produits par le processus d'explicitation ;
 - il met à disposition les scénarios livrables pour le processus de gestion et pour le processus d'explicitation ;
 - il stocke les traces des actions de construction du métamodèle produites par le processus d'explicitation ;
 - il met à disposition les traces stockées pour le processus repérage des actions de construction du métamodèle ;
 - il stocke la documentation fournie par le processus de documentation ;
 - il met à disposition les versions intermédiaires d'un métamodèle pour le processus de perception ;
 - il met à disposition la documentation pour le processus de gestion.
3. Le processus de repérage des actions sur les métamodèles participe à 2 interactions :
- il utilise les traces stockées par le processus de capitalisation, les traite (mise en forme) ;
 - il met les traces traitées à disposition du processus d'explicitation.
4. Le processus de perception de la dynamique du métamodèle participe à 1 interaction :
- il utilise les versions intermédiaires d'un métamodèle stockées par le processus de capitalisation et permet la visualisation chronologique de l'évolution du métamodèle à travers les différentes versions intermédiaires fournies.
5. Le processus de gestion participe à 9 interactions :
- il récupère les versions intermédiaires des métamodèles stockées par le processus de capitalisation et permet leur gestion (édition, suppression, consultation etc.) ;
 - il récupère les versions intermédiaires des scénarios stockées par le processus de capitalisation et permet leur gestion (édition, suppression, consultation etc.) ;
 - il récupère les versions livrables des métamodèles stockées par le processus de capitalisation et permet leur gestion (édition, suppression, consultation etc.) ;
 - il récupère les versions livrables des scénarios stockées par le processus de capitalisation et permet leur gestion (édition, suppression, consultation etc.) ;

- il récupère les documentations des métamodèles stockées par le processus de capitalisation et permet leur gestion (édition, suppression, consultation etc.) ;
- il met à disposition du processus d'explicitation la version intermédiaire du métamodèle qui est sélectionnée par l'utilisateur dans le processus de gestion ;
- il met à disposition du processus d'explicitation la version intermédiaire du scénario qui est sélectionnée par l'utilisateur dans le processus de gestion ;
- il met à disposition du processus d'explicitation la version livrable du métamodèle qui est sélectionnée par l'utilisateur dans le processus de gestion ;
- il met à disposition du processus d'explicitation la version livrable du scénario qui est sélectionnée par l'utilisateur dans le processus de gestion.

6. Le processus de documentation participe à 2 interactions :

- il utilise un métamodèle stocké par le processus de capitalisation pour le documenter ;
- il produit la documentation à destination du processus de capitalisation pour la stocker.

Dans les sections suivantes, nous présentons le rôle, le contenu et les spécifications de chacun de ces processus plus en détails.

5.4 Description des processus proposés et mise en oeuvre dans l'environnement Tasmim

Dans cette section, nous abordons la présentation de tous les processus ainsi que leur instrumentation. L'instrumentation nous servira à illustrer nos propos, à montrer comment se réifient ces processus et à donner des exemples.

Ainsi, pour chaque processus, nous procédons de la manière suivante :

1. Nous commençons par décrire le processus de manière à donner une idée générale sur son rôle.
2. Nous présentons ensuite comment le processus est mis en oeuvre. Nous évoquons d'abord les problèmes que pose l'instrumentation du processus. Nous verrons que les problèmes portent essentiellement sur le besoin de modèle de représentation et de formalisation des artefacts que le processus produit en vue de les traiter. Nous expliquons les solutions que nous apportons à ces problèmes.
3. Nous présentons enfin l'instrumentation (du point de vue de l'utilisateur et du point de vue de la réalisation technique).

Les interactions entre les différents processus sont données dans la figure 5.4. Mais avant de présenter ces processus, nous présentons d'abord la structure et l'architecture globale de Tasmim qui opérationnalise ces processus.

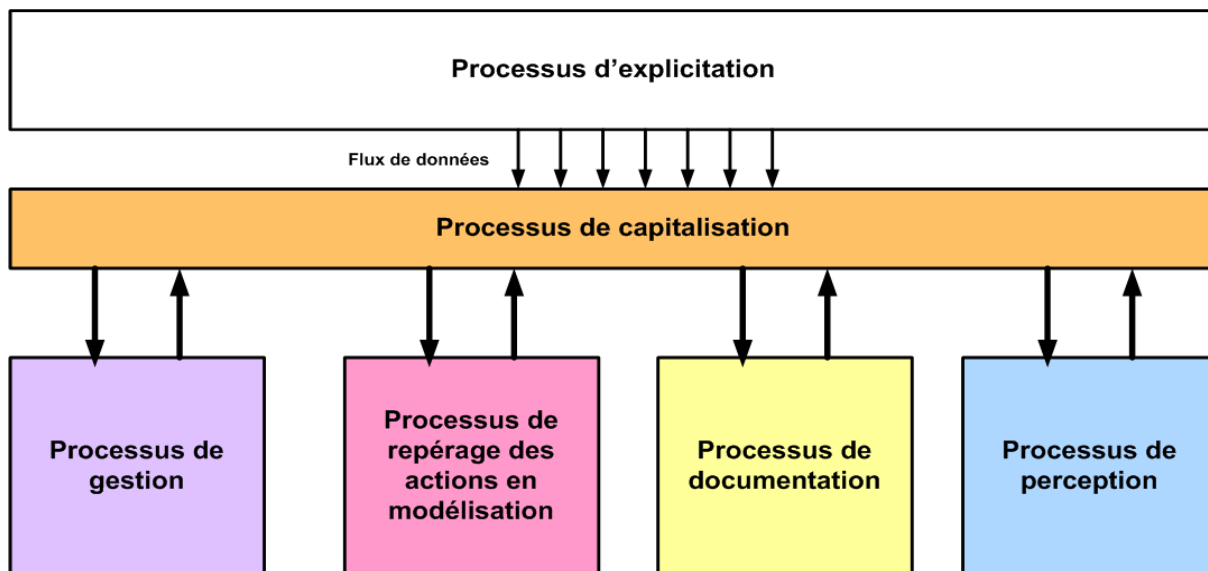


Figure 5.4: Représentation des interactions entre les processus proposés

5.4.1 L'environnement Tasmim : structure générale

Comme indiqué précédemment, nous avons choisi de développer un environnement, espace au sein duquel l'activité de conception des scénarios pédagogiques se déroule.

Tasmim est développé en langage Java/Jsp et s'appuie sur une base de données XML : eXist². Cette base de données va nous servir à stocker dans une notation XML tous les artefacts qui sont produits par les différents processus.

Tasmim contient une interface web et utilise un conteneur de servlet/JSP. Celui que nous avons adopté est Tomcat d'apache³(cf. figure 5.5).

²<http://exist-db.org/>.

³<http://tomcat.apache.org/>.

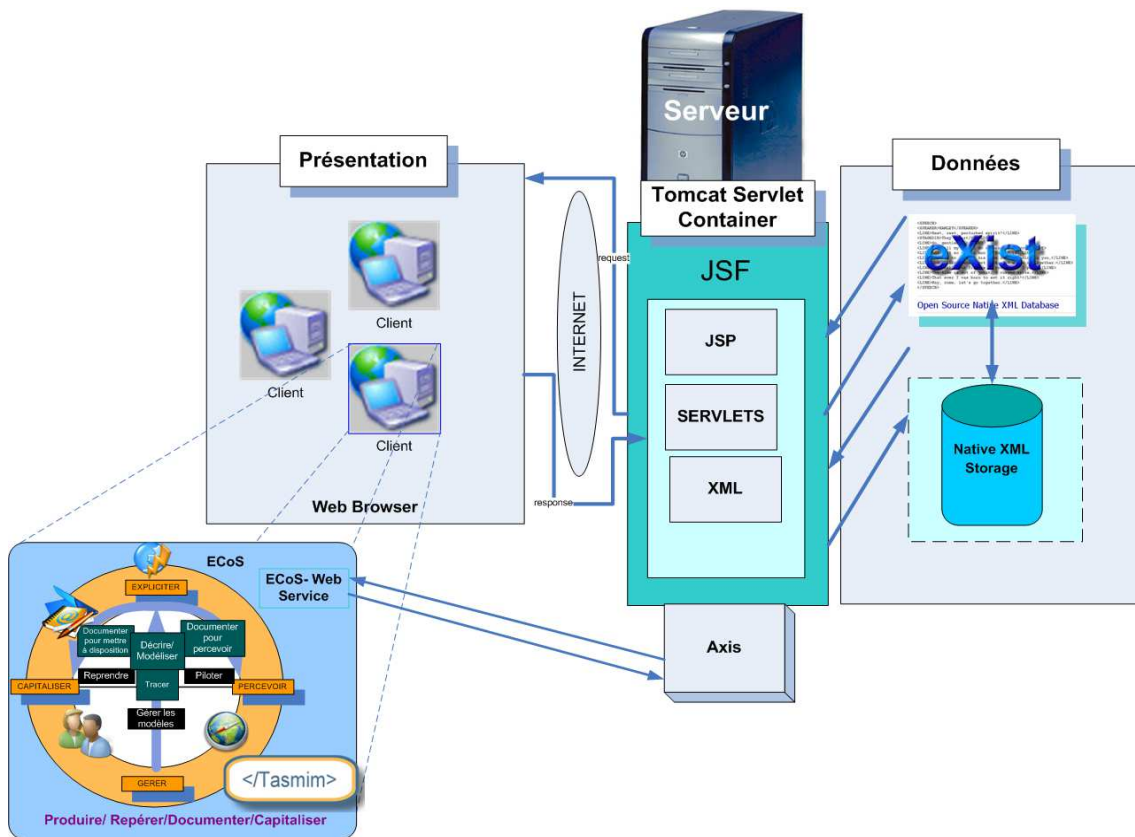


Figure 5.5: Architecture globale de Tasmim

Tasmim (cf. figure 5.6) intègre différents outils qui instrumentent les processus que nous avons définis et proposés. Les outils disponibles sont les suivants (cf. figure 5.7) :

- Un éditeur Collaboratif de scénario qui opérationnalise le processus d'explicitation. Il permet de produire des métamodèles sur la base d'un méta-métamodèle défini et instrumenté dans ECoS. Il permet également d'éditer des scénarios sur la base des métamodèles produits par les usagers-concepteurs. L'outil offre la possibilité de capitaliser les métamodèles et les scénarios produits.
- Un outil de gestion de modèles qui opérationnalise le processus de gestion. Il fournit une interface utilisateur pour gérer les métamodèles et les scénarios. Les plus communes utilisations sont : la création, l'édition, la suppression, les propriétés et la recherche.
- un outil de visualisation des interdépendances des métamodèles qui opérationnalise le processus de perception. Il permet de visualiser les liens entre les métamodèles produits (liens de précedence, liens donnant une vue chronologique des différentes versions d'un même métamodèle etc.).
- Un outil de documentation des métamodèles. Il permet de décrire le contexte

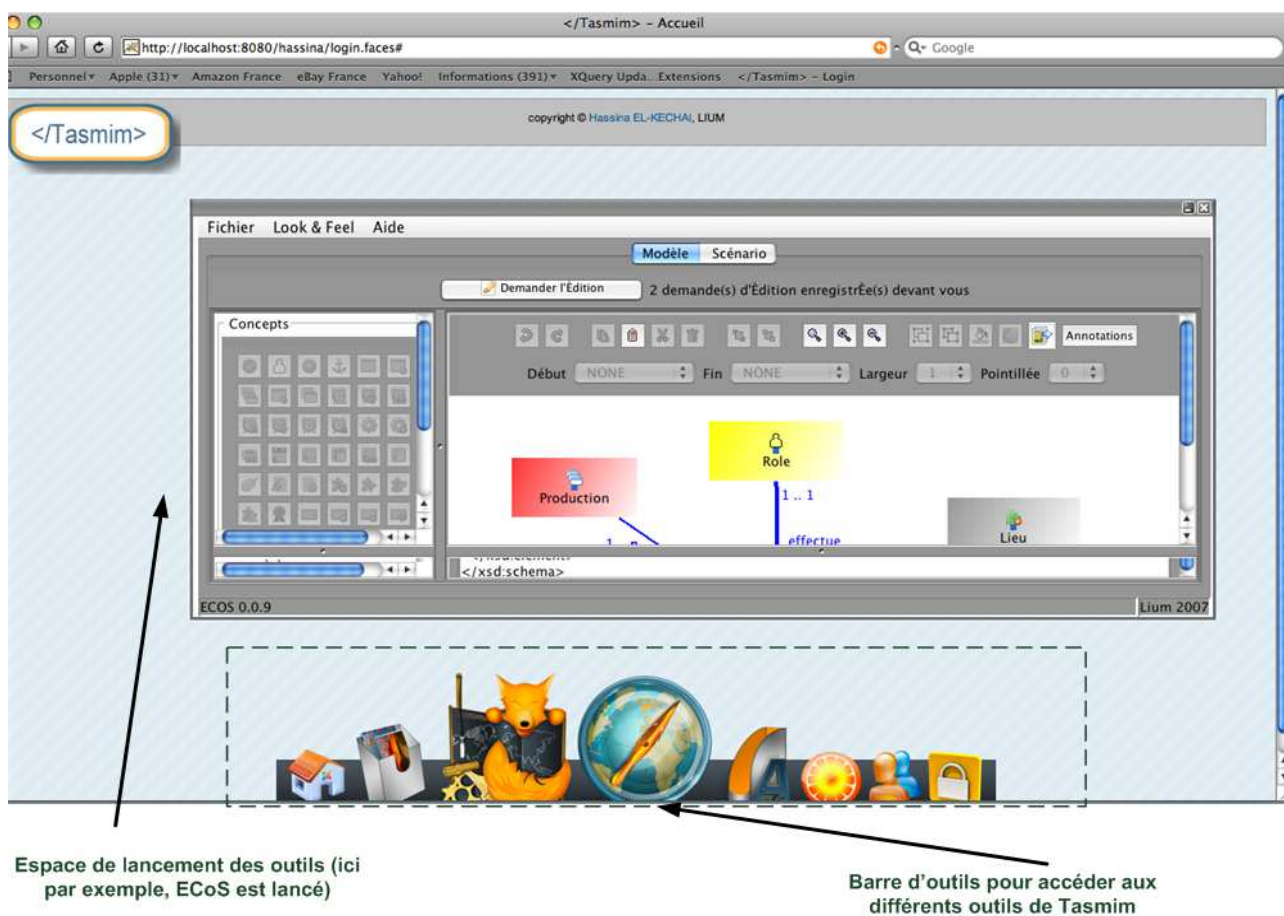


Figure 5.6: Page principale de Tasmim

d'utilisation et de conception d'un métamodèle basé sur le renseignement d'un ensemble d'items.

- Un outil de repérage des actions réalisées par les utilisateurs sur le métamodèle. Il permet de garder l'historique de construction du métamodèle, de savoir qui a agit sur le métamodèle et à quel moment.
- Des outils de communication (chat, outil de commentaires) qui permettent aux usagers-concepteurs d'échanger et de discuter lors de la conception.

5.4.2 Processus d'explicitation des métamodèles et des scénarios pédagogiques : description et mise en oeuvre

5.4.2.1 Description

Ce processus permet aux usagers-concepteurs de concevoir collectivement et de formaliser des métamodèles et des scénarios pédagogiques. Il intervient de la façon suivante (cf. figure 5.8) :

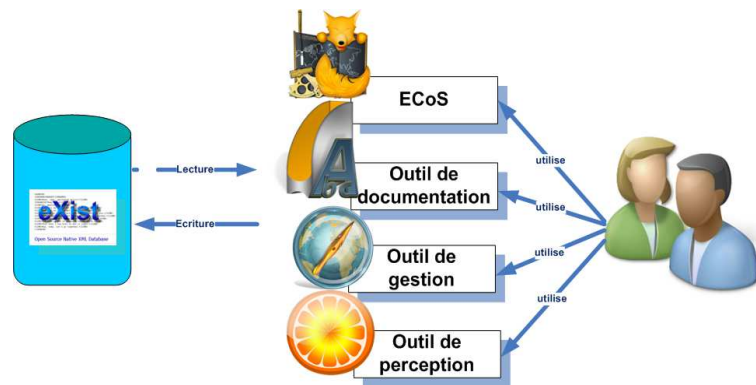


Figure 5.7: Les outils instrumentant les processus proposés

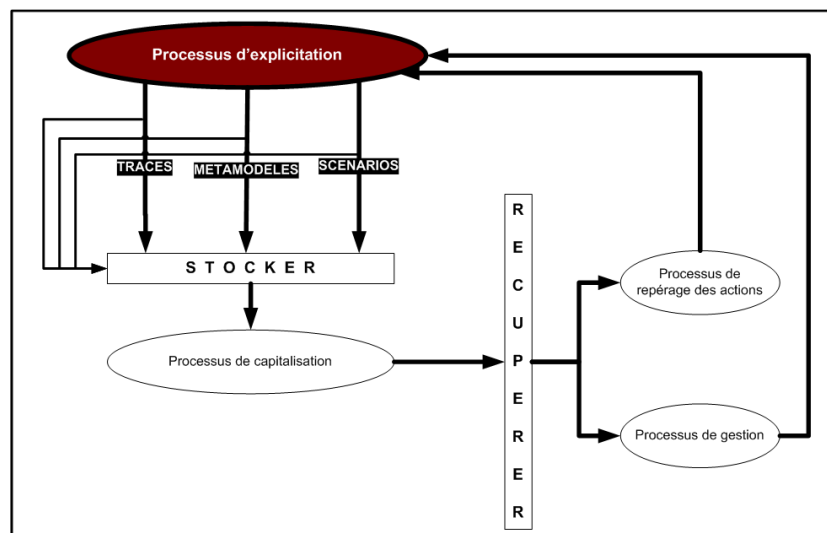


Figure 5.8: Fonctionnement du processus d'explicitation

- Les Usagers-concepteurs peuvent concevoir collectivement un métamodèle en définissant des primitives de modélisation. Ils peuvent également concevoir leur scénarios en se basant sur les primitives définies. Les modèles produits (métamodèles et scénarios) sont formalisés. Les usagers-concepteurs sauvegardent leurs modèles en précisant l'état de la modélisation (version intermédiaire ou version livrable).
- Pendant que les usagers-concepteurs conçoivent leur métamodèle, toutes leurs actions sont tracées (création de primitives, modification de primitives, suppression de primitives etc.). Ces traces sont à leur tour formalisées et sauvegardées.
- Les métamodèles et les scénarios sont ensuite mis à disposition pour être modifiés et retravaillés. Les traces sont également mises à disposition pour restituer l'historique de construction du métamodèle.

Pour mettre en oeuvre ce processus d'explicitation, nous proposons une démarche d'édition basée sur un cycle CMS (Cristallisation, Métamodélisation, Scénarisation) :

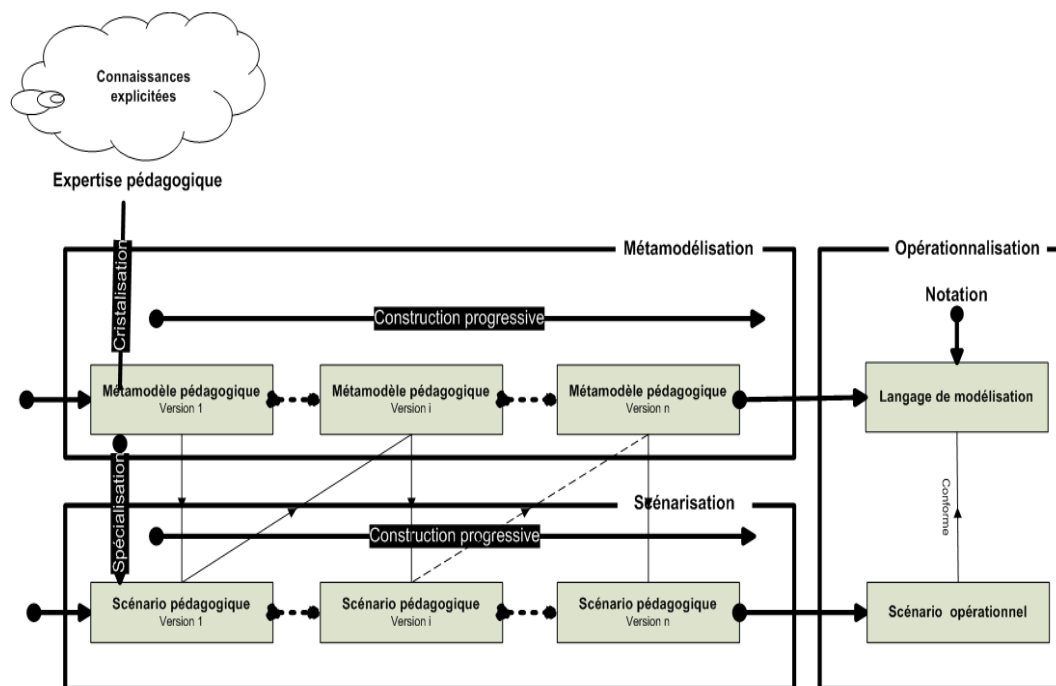


Figure 5.9: Processus d'explicitation des modèles par un cycle CMS

Comme le montre la figure 5.9, le cycle CMS propose aux usagers-concepteurs de produire leurs métamodèles et leurs scénarios pédagogiques selon une démarche spécifique. Il leur offre la possibilité de procéder de la manière suivante :

1. Dans un premier temps, des connaissances sont identifiées. Une première version du métamodèle peut être conçue en définissant des primitives (concepts et relations) cristallisant les connaissances identifiées. Cette construction peut être réalisée collectivement par l'échange et la discussion entre les usagers-concepteurs.
2. Dans un second temps, une spécialisation peut être réalisée à partir de cette première version du métamodèle produite. Les usagers-concepteurs disposent ainsi d'une première version du scénario pédagogique. Cette version peut faire l'objet d'une première évaluation par l'échange et la discussion afin de répondre aux exigences et aux besoins exprimés. Cette évaluation consiste à vérifier si le scénario décrit fidèlement la situation d'apprentissage que les usagers-concepteurs souhaitent mettre en oeuvre.

3. Si cette évaluation fait apparaître des manques, des incohérences ou encore des divergences au sein du groupe de conception, souvent inévitables lors d'une première conception : les usagers-concepteurs corrigent les incohérences et/ou modifient le scénario. De nouveaux besoins peuvent apparaître, ce qui peut amener à modifier les primitives du métamodèle définies, et de nouvelles peuvent être définies et caractérisées. Ceci conduit à construire une deuxième version du métamodèle à partir duquel une deuxième version du scénario est spécialisée déclenchant ainsi un second cycle CMS. Ce cycle se reproduit autant de fois que nécessaire jusqu'à stabilisation des solutions de conception et donc du métamodèle et du scénario.

L'objectif d'une telle démarche est de donner les moyens aux usagers-concepteurs de réaliser une conception par essais-erreurs sur deux niveaux de description (niveau métamodèle, niveau scénario). Le métamodèle peut servir de support pour encadrer la description du scénario. Le scénario peut à son tour servir de support à l'évaluation et à la modification du métamodèle. Les usagers-concepteurs réalisent ainsi un certain nombre d'itérations (entre métamodèle et scénario) nécessaires à l'obtention d'une solution stable et consensuelle. Nous espérons que ce cycle CMS va permettre d'aboutir à des artefacts (métamodèles et scénarios) dont la construction est progressive (diverses versions des métamodèles et scénarios avant d'aboutir à des livrables), partagée, et évolutive, résultat du phénomène de redéfinition, d'affinages successifs, de remise en cause qui est consubstantiel à l'activité de conception collective. Ceci amène à produire diverses versions des modèles avant d'aboutir enfin à des livrables (métamodèle et scénario consensuels). Nous espérons que ce cycle CMS va favoriser ainsi une construction itérative des métamodèles et des scénarios.

5.4.2.2 Mise en oeuvre et besoins de formalisation

Nous avons évoqué précédemment la solution d'instrumentation du processus d'explicitation par un éditeur collaboratif de scénarios (ECoS). Cet éditeur doit donc donner aux usagers-concepteurs les moyens de construire collectivement leurs propres métamodèles et scénarios. La définition des spécifications de l'outil ECoS pose alors un premier problème crucial.

Nous avons expliqué que pour produire les scénarios, les usagers-concepteurs se basent sur un métamodèle qu'ils ont eux-mêmes construit. Le métamodèle est défini dans le but de formaliser un langage de modélisation pédagogique, et regroupe les primitives nécessaires à la définition du scénario pédagogique. La question se pose alors de savoir sur la base de quelle structure de modélisation (avec quoi), les métamodèles sont-ils construits ?

Si l'on se réfère à l'architecture de modélisation en couches (de MDA) que nous avons adoptée dans le contexte REDIM (cf. section 1.2), la réponse à cette question consiste à définir un méta-métamodèle qui peut être implémenté dans ECoS pour permettre de décrire les métamodèles. Le méta-métamodèle regroupe donc à son tour les primitives nécessaires à la définition des métamodèles.

ECoS doit alors donner les moyens aux usagers-concepteurs de décrire leurs métamodèles en se basant sur le méta-métamodèle, et donner également les moyens de décrire les scénarios en se basant sur le métamodèle produit (cf. figure 5.10). Il nous faut donc définir et opérationnaliser un méta-métamodèle dans ECoS.

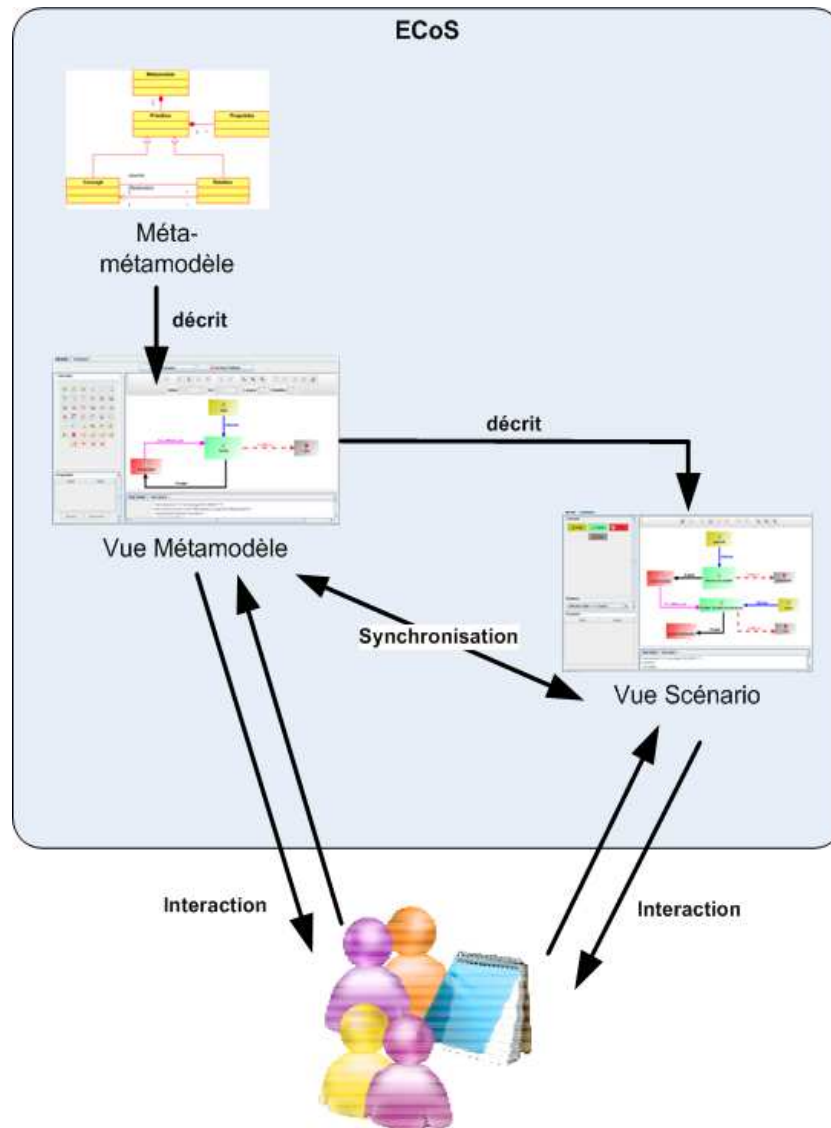


Figure 5.10: Cadre général de l'instrumentation du processus d'explicitation

Nos travaux ont un point d'ancrage évident qui est le méta-métamodèle MOF (Meta Object Facility) de l'OMG [OMG-MOF 1997], parfaitement adapté à une approche dirigée par les modèles (un des choix adoptés dans le projet REDiM).

Le MOF (Meta-Object Facility) est une spécification définie par l'OMG (Object Management Group) pour répondre à un besoin en terme de modélisation d'information. Il peut être utilisé pour définir le métamodèle d'un domaine d'intérêt particulier. Le MOF est alors considéré comme un méta-métamodèle (cf. figure 5.11) car il est utilisé pour décrire

des métamodèles.

L'intérêt que nous portons au MOF tient au fait que son principal atout est son ouverture. Son but est de proposer un framework qui pourra supporter tout type de métamodèles et qui permettra, au besoin d'enrichir ces métamodèles avec de nouveaux concepts : les métamodèles ne sont donc pas figés. Il permet également de définir la structure de métamodèles, qu'ils soient génériques, ou liés à un domaine plus spécifique. Il offre ainsi une bonne flexibilité dans la description de métamodèles⁴.

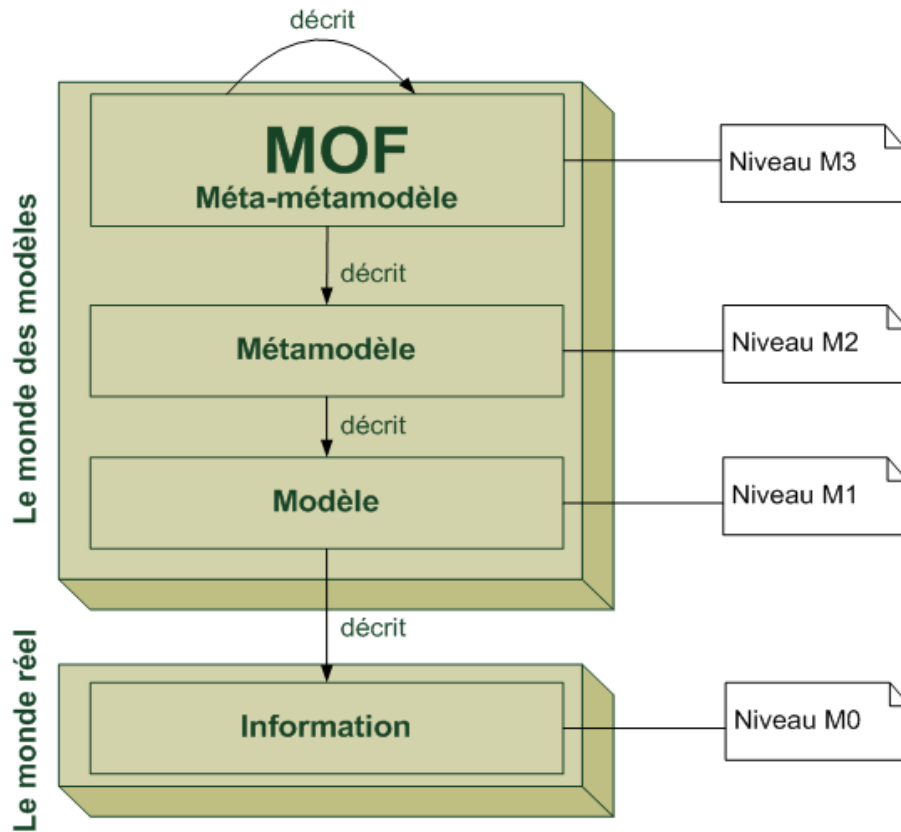


Figure 5.11: MOF et la modélisation en 3+1 niveaux préconisée par MDA

⁴Plus de détails sur le MOF sont donnés sur le site officiel <http://www.omg.org/mof/>.

MOF est un méta-métamodèle réflexif⁵. Un schéma simplifié d'un méta-métamodèle réflexif est donnée dans la figure 5.12.

- Il fonctionne sur le principe de mécanismes basiques pour définir des méta-entités (appelées classes dans le MOF), des méta-relations (appelées associations dans le MOF) et des paquetages qui vont jouer le rôle de conteneurs pour ces méta-entités et méta-relations.
- Un métamodèle décrit avec le MOF sera généralement composé d'un paquetage principal qui contiendra toute la définition MOF de ce métamodèle.
- Dans ce méta-métamodèle, tout est considéré comme entité. Ainsi, un métamodèle est un modèle (un sous-type de modèle : un métamodèle n'est autre qu'un modèle de modèle) qui lui-même est une entité. De même, une méta-entité est une entité (un sous-type d'entité : une méta-entité n'est autre qu'une entité qui va permettre de décrire un type d'entité). Pour plus de lisibilité, la méta-entité représentant une méta-relation (appelée meta-Relationship) n'a pas été représentée sur la figure 5.12.

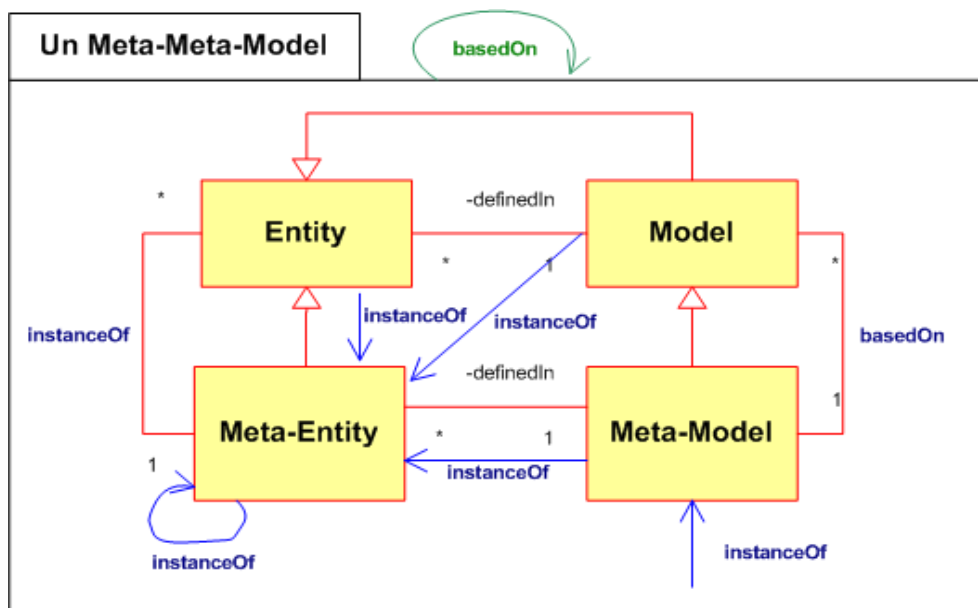


Figure 5.12: L'essentiel d'un méta-métamodèle réflexif proposé dans [Lemesle 2000]

⁵La réflexivité est le nom donné au principe permettant à un système de contenir une représentation de lui-même, de sorte qu'il puisse s'adapter aux modifications de son environnement [Lemesle 2000].

MOF présente donc de nombreux avantages. Nous signalons toutefois qu'une démarche de métamodélisation basée sur le MOF peut paraître trop complexe pour la faire manipuler à des enseignants, d'autant plus que le caractère générique de MOF ne fait que transposer le problème de son appropriation et de sa manipulation des métamodèles au méta-métamodèle. Cette complexité est due à tous les mécanismes et les contraintes qu'il impose pour permettre l'échange et la communication de modèles entre outils.

Nous rappelons que notre objectif est d'amener les usagers-concepteurs à expliciter leurs métamodèles, nous n'avons donc pas besoin de tous les mécanismes sous-jacents à MOF: MOF nous intéresse en tant que formalisme permettant d'exprimer des métamodèles en laissant une liberté d'expression aux concepteurs. MOF présente également un autre intérêt pour nous : il nous autorise à envisager en perspectives des transformations entre métamodèles comme une des voies de poursuite de nos travaux afin de rendre les métamodèles productifs au sens de l'IDM.

Afin de permettre une construction simple et intuitive des métamodèles d'expression et scénarios pédagogiques par les usagers-concepteurs, nous favorisons une notation graphique. Cette notation nous semble adaptée pour exprimer des métamodèles situés. En effet, ces derniers sont souvent légers et facilement maintenables. Mettre en oeuvre une organisation visuelle dans une notation graphique, nous semble être de lisibilité simple, plus intuitive et plus facile à s'approprier. Pour la mettre en oeuvre, nous nous sommes inspirés de GMM (Graph Meta Model) de MOF tel que décrit dans [Lemesle 2000] et représenté dans la figure 5.13, et c'est ainsi que nous avons défini un méta-métamodèle qui permet de représenter des graphes simples constitués de noeuds et de liens nommés. Les liens sont unidirectionnels, et des graphes représentant des métamodèles peuvent ainsi être représentés et modélisés à l'aide de ce méta-métamodèle.

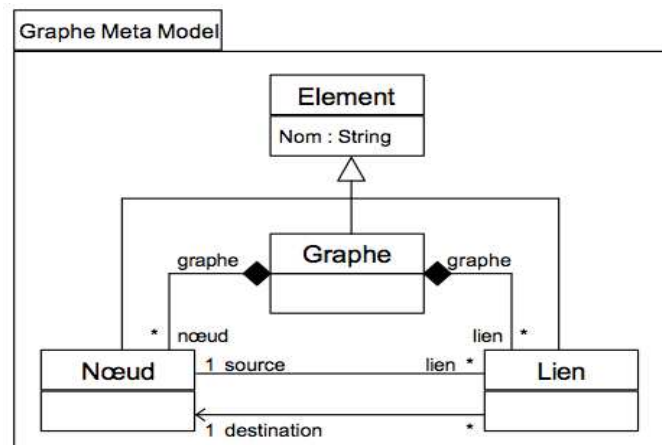


Figure 5.13: Un méta-métamodèle MOF permettant la modélisation de graphes simples [Lemesle 2000]

Le méta-métamodèle inspiré de GMM que nous avons défini et mis en oeuvre dans ECoS est représenté dans la figure 5.14. Dans ce méta-métamodèle⁶, nous utilisons le terme “primitive” pour exprimer un noeud, ou un lien du graphe représenté. L’ensemble des primitives constitue l’ensemble des concepts et leurs relations qui vont servir à définir un métamodèle dans une notation graphique. Les relations sont représentées par des associations (entre concepts) représentant des liens définis par les usagers-concepteurs.

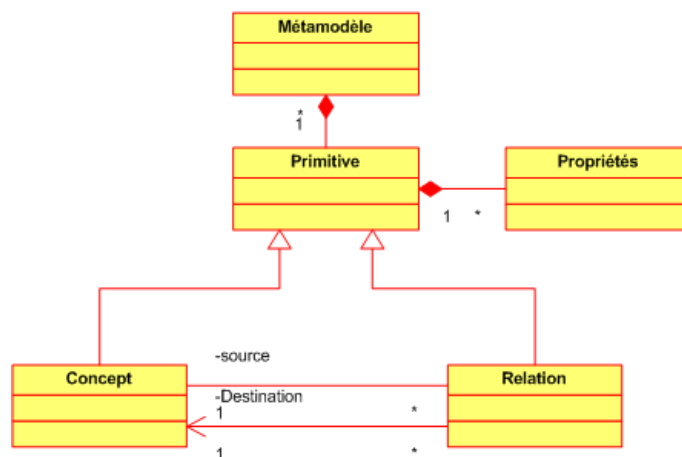


Figure 5.14: Le méta-métamodèle défini pour exprimer les métamodèles

5.4.2.3 Instrumentation

a. Description d’ECoS.

ECoS est destiné à nous aider dans l’étude de notre approche de scénarisation lorsqu’elle est instrumentée. Il n’est qu’une première solution logicielle que nous utilisons dans l’étude de l’instrumentation de l’activité de conception collective de scénarios pédagogiques.

ECoS permet aux usagers-concepteurs de concevoir leur métamodèles et leurs scénarios collectivement en proposant un système de partage d’interface. La figure 5.15 illustre quelques cas d’utilisation d’ECoS.

⁶Nous avons privilégié une représentation simple des modèles pour tester le niveau d’appropriation de l’outil ECoS par des néophytes en conception. Si ces tests sont concluants, nous n’excluons pas la possibilité d’augmenter l’expressivité des métamodèles dans le futur sur la base du méta-métamodèle.

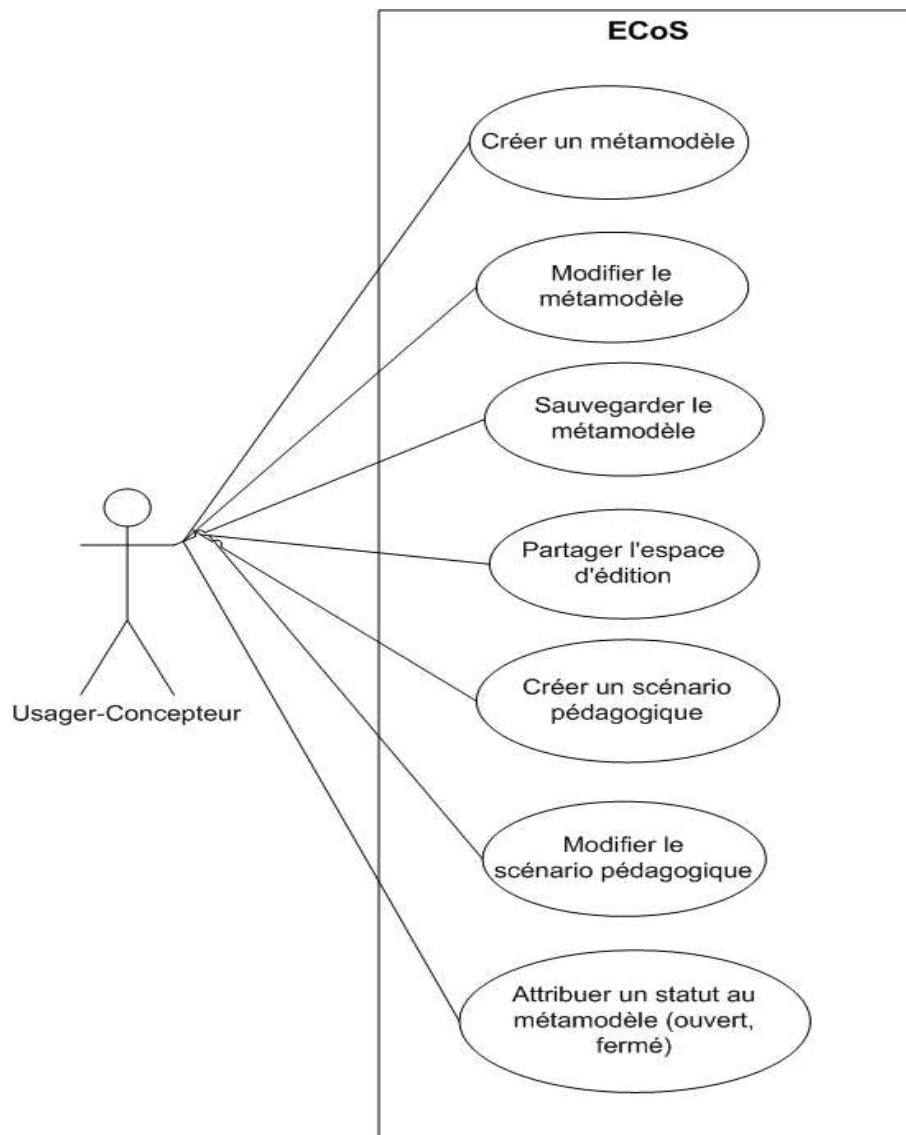


Figure 5.15: Diagramme des cas d'utilisation d'ECoS

En utilisant ECoS, un usager-concepteur actif⁷ peut :

- créer un métamodèle en définissant ses primitives et sa structure ;
- créer un scénario pédagogique conforme au métamodèle qu'il a défini. Pour créer le scénario, l'usager-concepteur doit d'abord ouvrir le métamodèle qui servira à décrire le scénario ;
- revenir sur le métamodèle ou sur le scénario pour le(s) modifier autant de fois qu'il le souhaite ;

⁷Un usager-concepteur actif est l'acteur qui a la main sur l'interface partagée de conception. Il est donc à un instant t le seul autorisé à travailler sur le modèle.

- partager l'interface d'ECoS pour collaborer avec d'autres usagers-concepteurs lors de la conception ;
- sauvegarder et attribuer un statut aux métamodèles et scénarios (ouvert ou fermé).

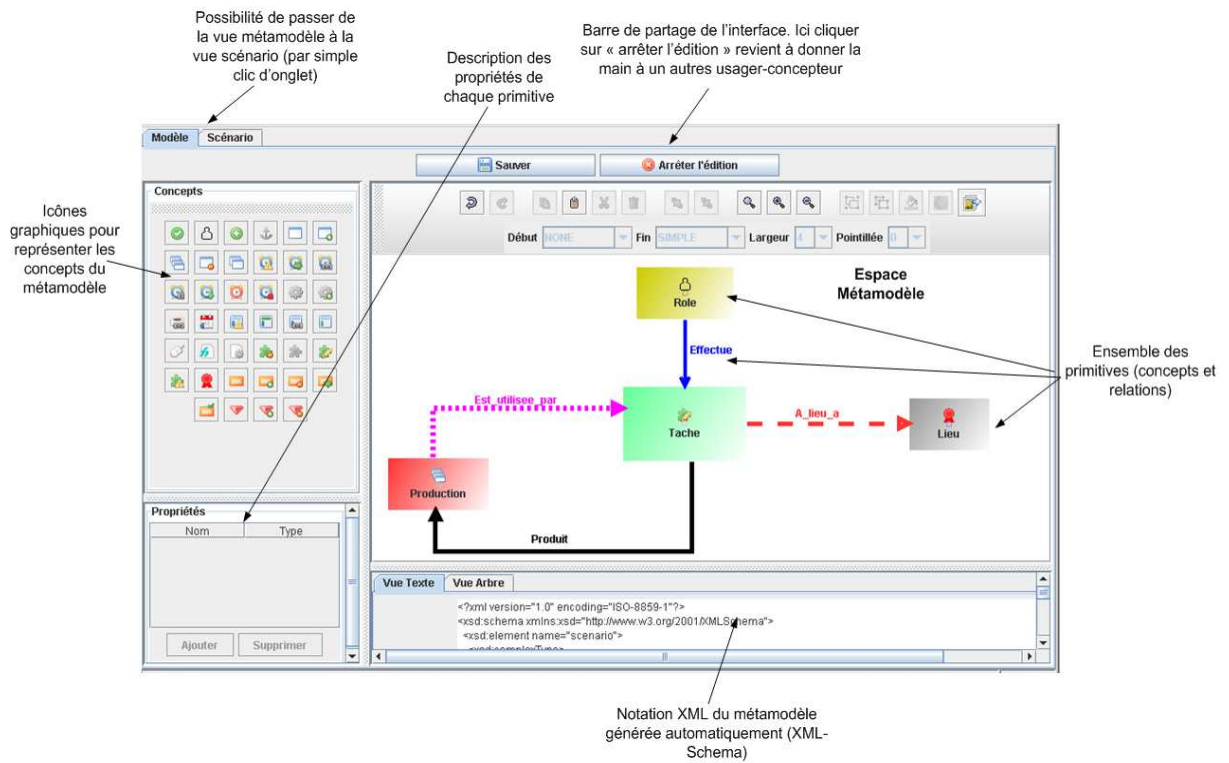


Figure 5.16: Copie écran de l'espace d'édition des métamodèles dans ECoS

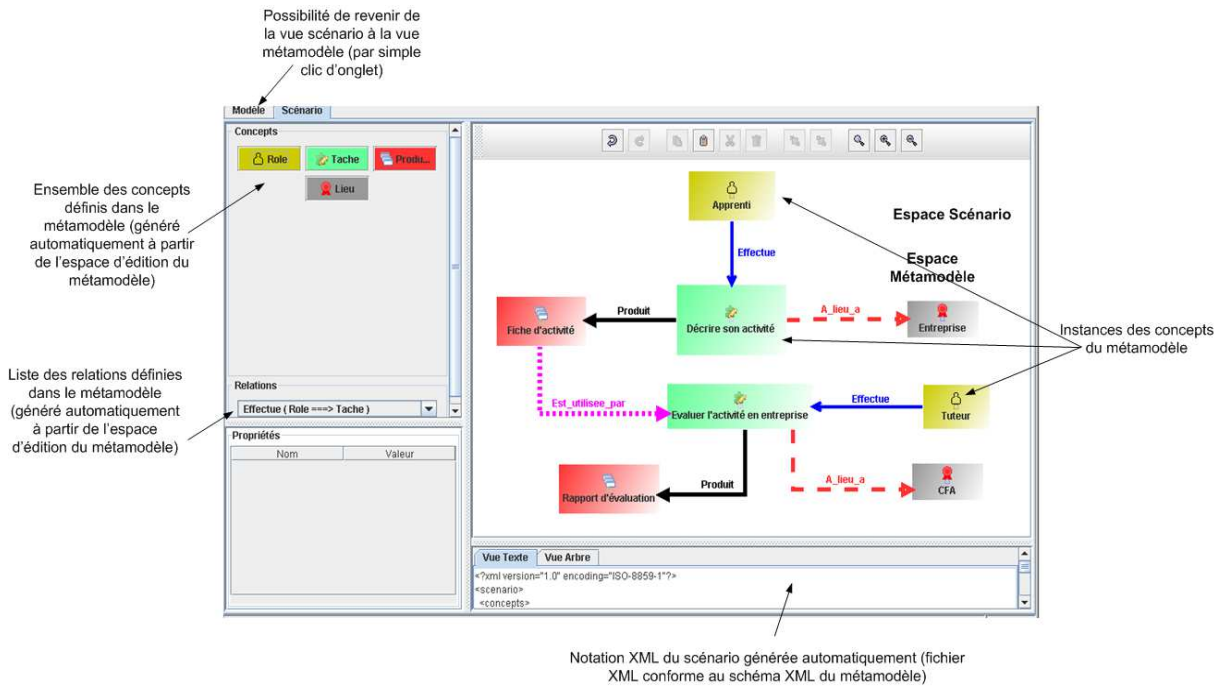


Figure 5.17: Copie écran de l'espace d'édition des scénarios dans ECoS

L'idée principale qui a guidé le développement de cet éditeur est de permettre aux usagers-concepteurs de disposer de deux espaces d'édition pour mettre en oeuvre le cycle CMS que nous avons représenté dans la figure 5.9.

- Un espace d'édition de métamodèles (cf. figure 5.16) qui permet de produire des métamodèles basés sur le méta-métamodèle que nous avons défini (cf. section 5.14).
- Un espace dédié à l'édition des scénarios (cf. figure 5.17) qui permet aux usagers-concepteurs de disposer de l'ensemble des primitives du métamodèle précédemment spécifiées. Ils peuvent ainsi spécialiser les primitives mises à disposition pour produire les scénarios. Ces primitives permettent ainsi aux usagers-concepteurs de produire des scénarios conformes au métamodèle qui les décrit et qu'ils ont eux-même produit. Les usagers-concepteurs peuvent revenir à l'espace précédent.

ECoS assure la synchronisation (vérifier la conformité) entre le scénario et le méta-modèle qui le décrit.

b. Représentation formelle des métamodèles et des scénarios dans ECoS.

ECoS permet de concevoir des métamodèles grâce à l'implantation du méta-métamodèle que nous avons représenté dans la figure 5.14.

Ce méta-métamodèle opérationnel dans ECoS est représenté en diagrammes de classes UML dans la figure 5.18. Cette figure donne la correspondance structurelle entre la représentation graphique des modèles et la notation XML générée par ECoS, dont l'objectif est de produire les métamodèles et les scénarios sous forme de fichiers XML pour les rendre interprétables par une machine.

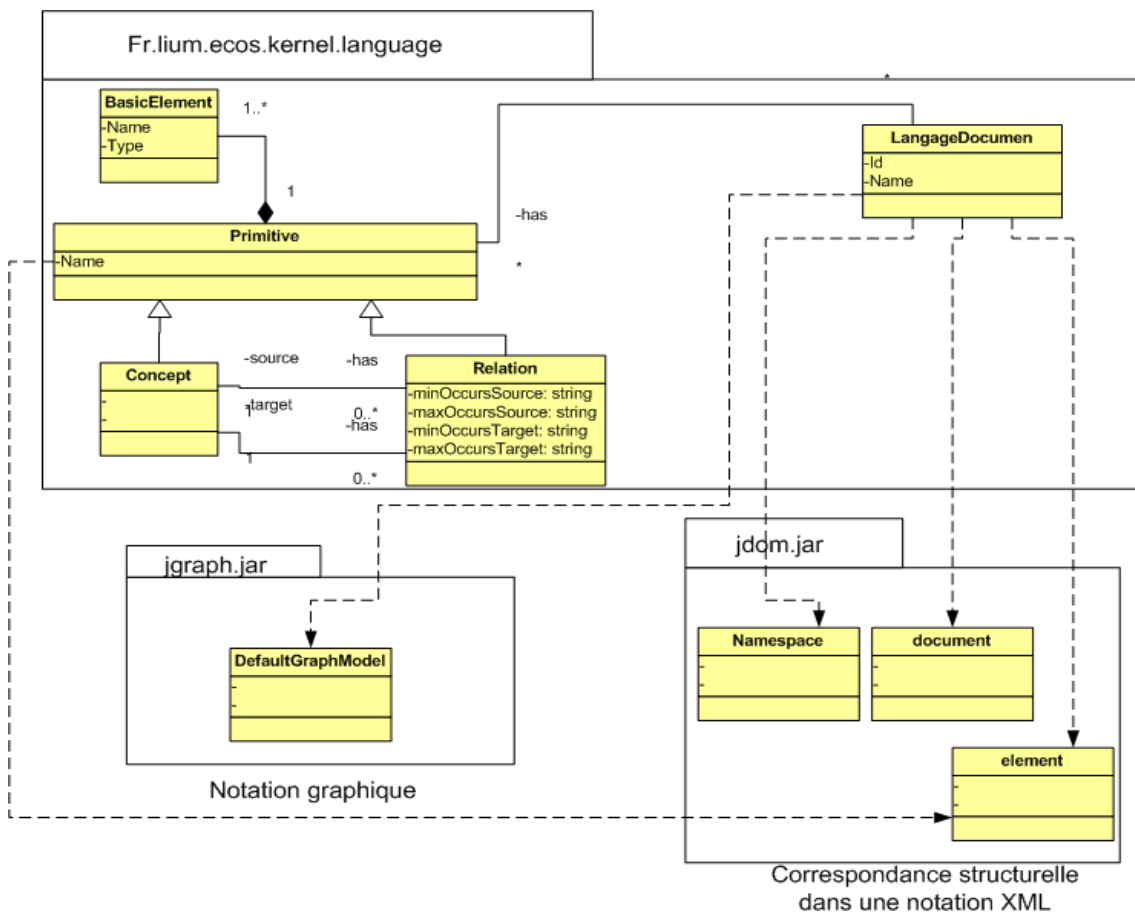


Figure 5.18: Diagramme de classes détaillé réifiant le méta-métamodèle

Afin de sauvegarder le métamodèle, deux fichiers XML sont automatiquement générés par ECoS :

- Le premier est un schéma XML⁸ qui décrit dans une représentation formelle l'ensemble des primitives du métamodèle décrites par les usagers-concepteurs (cf. figure 5.19 pour un extrait généré par ECoS).
- Le second est un fichier qui permet de sauvegarder dans une notation XML toutes les caractéristiques de la représentation graphique du métamodèle (cf. figure 5.20). Il permet de restituer la représentation graphique du métamodèle telle qu'elle a été sauvegardée, ainsi que sa mise en forme (avec les choix de couleurs, la position des différents composants graphiques du métamodèle, le choix de la police de caractères etc.).

```

<xsd:schema xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" finalDefault="" blockDefault="" attributeFormDefault="ung
<xsd:element name="scenario" nillable="false" abstract="false">.
  <xsd:complexType mixed="false">.
    <xsd:sequence minOccurs="1" maxOccurs="1">.
      <xsd:element name="concepts" minOccurs="1" maxOccurs="1" nillable="false">.
        <xsd:complexType mixed="false">.
          <xsd:sequence minOccurs="1" maxOccurs="1">.
            <xsd:element name="Role" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" nillable="false">.
              <xsd:complexType mixed="false">.
                <xsd:sequence minOccurs="1" maxOccurs="1"/>.
                <xsd:attribute name="id" type="xsd:ID" use="required"/>.
                <xsd:attribute name="name" type="xsd:string" use="optional"/>.
              </xsd:complexType>.
            </xsd:element>.
            <xsd:element name="Production" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" nillable="false">.
              <xsd:complexType mixed="false">.
                <xsd:sequence minOccurs="1" maxOccurs="1"/>.
                <xsd:attribute name="id" type="xsd:ID" use="required"/>.
                <xsd:attribute name="name" type="xsd:string" use="optional"/>.
              </xsd:complexType>.
            </xsd:element>.
            <xsd:element name="Tache" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" nillable="false">.
              <xsd:complexType mixed="false">.
                <xsd:sequence minOccurs="1" maxOccurs="1"/>.
                <xsd:attribute name="id" type="xsd:ID" use="required"/>.
                <xsd:attribute name="name" type="xsd:string" use="optional"/>.
              </xsd:complexType>.
            </xsd:element>.
            <xsd:element name="Lieu" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" nillable="false">.
              <xsd:complexType mixed="false">.
                <xsd:sequence minOccurs="1" maxOccurs="1"/>.
                <xsd:attribute name="id" type="xsd:ID" use="required"/>.
                <xsd:attribute name="name" type="xsd:string" use="optional"/>.
              </xsd:complexType>.
            </xsd:element>.
          </xsd:sequence>.
        </xsd:complexType>.
      </xsd:sequence>.
    </xsd:complexType>.
  </xsd:element>.
  <xsd:element name="relations" minOccurs="1" maxOccurs="1" nillable="false">.
    <xsd:complexType mixed="false">.
      <xsd:sequence minOccurs="1" maxOccurs="1">.

```

Figure 5.19: Extrait du schéma XML d'un métamodèle (exemple) généré par ECoS

⁸Le schéma XML est un langage de description de format de document XML permettant de définir sa structure. La connaissance de la structure d'un document XML permet notamment de vérifier la validité de ce document. Un Schéma XML est lui-même un document XML (<http://www.w3.org/XML/Schema>).

```

<java version="1.5.0_13" class="java.beans.XMLDecoder">.
  <object class="org.jgraph.graph.DefaultGraphModel">.
    <object class="java.util.ArrayList">.
      <void method="add">.
        <object class="org.jgraph.graph.DefaultGraphCell">.
          <void method="add">.
            <object class="org.jgraph.graph.DefaultPort"/>.
          </void>.
          <void property="attributes">.
            <void method="put">.
              <string>bordercolor</string>.
              <object id="Color0" class="java.awt.Color">.
                <int>255</int>.
                <int>255</int>.
                <int>255</int>.
                <int>255</int>.
              </object>.
            </void>.
            <void method="put">.
              <string>bounds</string>.
              <object class="org.jgraph.graph.AttributeMap$SerializableRectangle2D">.
                <void property="height">.
                  <double>60.0</double>.
                </void>.
                <void property="width">.
                  <double>60.0</double>.
                </void>.
                <void property="x">.
                  <double>30.0</double>.
                </void>.
                <void property="y">.
                  <double>30.0</double>.
                </void>.
              </object>.
            </void>.
            <void method="put">.
              <string>backgroundcolor</string>.
              <object idref="Color0"/>.
            </void>.
            <void method="put">.
              <string>gradientColor</string>.
              <object idref="Color0"/>.
            </void>.
          </void>.
        </object>.
      </void>.
    </object>.
  </java>.

```

Figure 5.20: Extrait de la notation xml de la représentation graphique du métamodèle

Afin de sauvegarder le scénario, deux fichiers XML sont également générés par ECoS:

- Le premier fichier XML est une représentation formelle du scénario qui décrit l'ensemble des valeurs données aux primitives du métamodèle. Ce fichier XML est ainsi conforme au schéma XML du métamodèle qui a servi à décrire le scénario (cf. figure 5.21 pour un extrait généré par ECoS).
- Le second est un fichier qui permet de sauvegarder dans une notation XML toutes les caractéristiques de la représentation graphique du scénario de la même façon que pour le métamodèle (cf. figure 5.20). Il permet de restituer la représentation graphique du scénario telle qu'elle a été sauvegardée, ainsi que sa mise en forme (avec les choix de couleurs, la position des différents composants graphiques du scénario, le choix de la police de caractères etc.).



Figure 5.21: Extrait de la notation XML du scénario conforme au schéma XML du méta-modèle

c. Solution technique adoptée pour le développement d'ECoS.

ECoS permet de synchroniser (le respect de la conformité entre le métamodèle et le scénario) les deux espaces de modélisation. Ceci est rendu possible grâce à sa décomposition sous la forme MVC (Modèle/Vue/Contrôleur)⁹.

Cette architecture organise l'interface Homme-machine d'ECoS en :

- Un modèle (modèle de données) qui se charge de la gestion et du traitement de toutes les données manipulées dans l'application ECoS.
- Une vue (présentation) qui correspond à l'interface d'ECoS avec laquelle l'utilisateur interagit. Elle présente les résultats renvoyés par le modèle et n'effectue aucun traitement. Elle reçoit toutes les actions de l'utilisateur (événements). Ces différents événements sont envoyés au contrôleur.
- Un contrôleur qui reçoit tous les événements de l'utilisateur et enclenche les actions à effectuer. Si une action nécessite un changement des données, le contrôleur demande la modification des données au modèle et ensuite avertit la vue que les données ont changé pour qu'elle se mette à jour. Il assure la synchronisation des deux vues d'ECoS (la vue métamodèle et la vue scénario). Quand il reçoit un événement de l'utilisateur qui ne concerne pas les données

⁹Le Modèle-Vue-Contrôleur (MVC) est un pattern architectural qui sépare le modèle (les données de l'application), la vue (l'interface homme-machine), et le contrôleur (la synchronisation entre le modèle et les vues).

mais la vue, dans ce cas, il demande à la vue de se modifier.

Nous rappelons que nous considérons la conception comme une construction collective de modèles. Cet aspect est conçu dans ECoS sous la forme d'une classe qui permet de partager une ressource entre plusieurs clients (cf. figure 5.22).

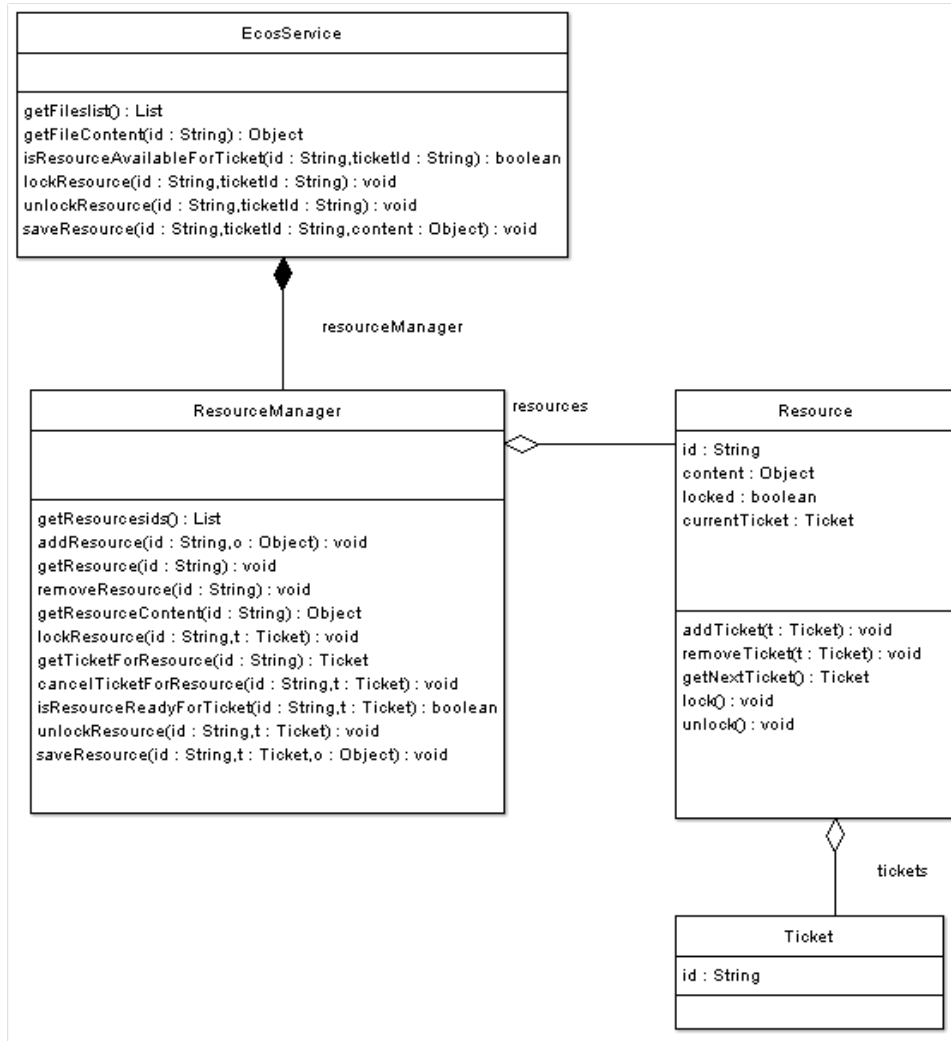


Figure 5.22: Diagramme de classes détaillé fournissant les Web-Services

Cette classe fournit l'ensemble des méthodes accessibles par les clients via des Web-Services¹⁰. Elle est initialisée au démarrage par un serveur d'application.

Le Web service d'ECoS permet de partager une ressource¹¹ entre plusieurs clients.

Chaque client doit demander au serveur la main sur la ressource pour pouvoir la

¹⁰Un Service Web est un programme informatique permettant la communication et l'échange de données entre applications et systèmes hétérogènes dans des environnements distribués. Dans notre cas, le web service d'ECoS repose sur le standard SOAP (Simple Object Access Protocol).

¹¹La ressource est dans notre cas par exemple un métamodèle.

modifier. Le serveur gère ainsi une file d'attente. Lorsqu'un client a terminé les modifications et libère la main, le serveur donne la main au prochain client dans la liste.

La logique d'accès aux ressources (par exemple à un métamodèle) est basée sur un système de tickets : récupération de tickets (liste des clients qui demandent la main), vérification d'accès aux ressources (qui a la main), verrouillage des ressources (bloquer l'accès si la ressource est déjà attribuée), déverrouillage (si la ressource est libérée) et sauvegarde des ressources.

Cette spécification est basée sur l'algorithme suivant (cf.figure 5.23) :

Chaque ressource est accessible par tout le monde en lecture. Pour l'accès en écriture, la ressource doit être verrouillée afin d'assurer qu'une seule et unique personne accède à une ressource à un moment donné. Ce verrouillage s'effectue grâce à un ticket. Chaque personne désireuse de modifier la ressource doit demander un ticket (1). Ce ticket est ensuite placé dans la liste d'attente de la ressource (2). Plusieurs demandes peuvent donc être faites sur une même ressource (3). Si la ressource est libre, le premier ticket est autorisé à éditer la ressource (4). Quand le client a terminé son édition, il déverrouille la ressource en libérant son ticket (5). La ressource est alors libre et autorisera le prochain client à l'édition.

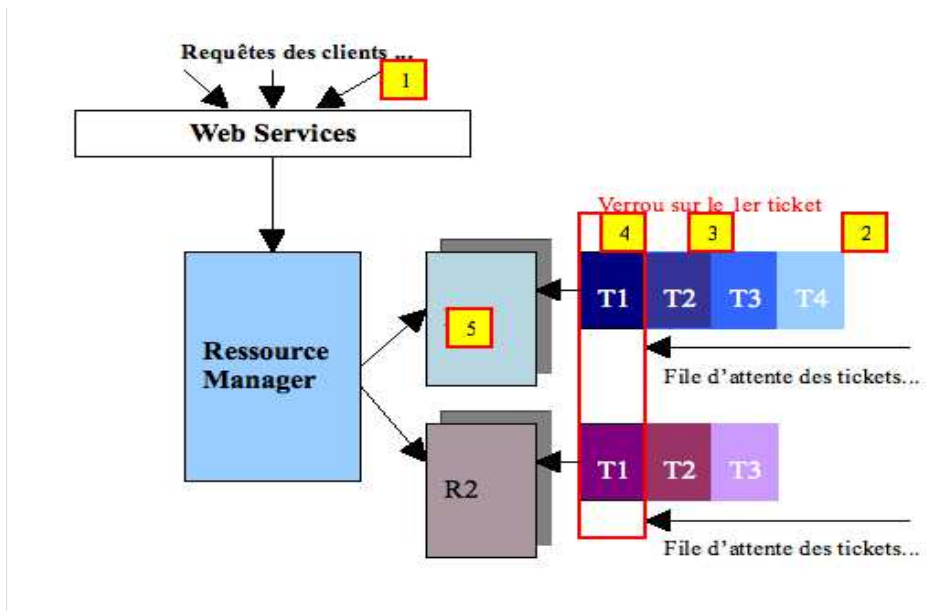


Figure 5.23: Représentation graphique de l'algorithme d'accès aux ressources en mode collaboratif

Ainsi, le processus d'édition en mode collaboratif dans ECOS est le suivant :
Chaque client doit demander au serveur la main sur le modèle pour le modifier. Le serveur va ainsi gérer une file d'attente de type FIFO¹² (First In, First Out). Lorsqu'un client a terminé les modifications et libère l'espace d'édition de modèles, le serveur se charge de donner la main au prochain client dans la liste d'attente. Ceci permet de partager l'espace d'édition, et les usagers-concepteurs pourront ainsi s'engager dans une conception collective.

5.4.3 Processus de capitalisation : description et mise en oeuvre

5.4.3.1 Description

La conception de métamodèles et de scénarios pour décrire une situation d'apprentissage spécifique n'est pas toujours quelque chose d'intuitif, ni d'immédiat. Les métamodèles et les scénarios pédagogiques peuvent être modifiés et ainsi évoluer. Ils ne sont donc pas forcément mûres dès leur première explicitation. Ils ne le sont pas d'autant plus que dans notre contexte, la conception relève d'un cadre collectif, ce qui amène à les négocier, à les évaluer dans un groupe et une situation de travail. Nous avons montré qu'ils peuvent également être repris et modifiés par des actes de réingénierie.

Le degré de maturité des connaissances mobilisées dans un contexte de conception amène ainsi à produire des métamodèles et donc des scénarios qui ne sont pas définitifs dès leur première explicitation.

Ces versions qui ne sont pas encore à une étape de stabilisation peuvent être utilisées comme ressources pour poursuivre le processus de conception. Nous proposons donc de les sauvegarder et de les mettre à disposition des usagers-concepteurs. C'est le rôle que joue le processus de capitalisation.

Nous avons montré à la lumière de l'expérience LEA que les OI produits peuvent passer par différents états et jouer différents rôles dans l'activité de conception jusqu'à une stabilisation des solutions de conception.

En plus de la sauvegarde, le processus de capitalisation a pour rôle de mettre à disposition les états des modèles, leur documentation, leurs contenus etc. Il peut ainsi servir à différentes fins illustrées par le schéma de la figure 5.24.

Cette capitalisation pourra servir à différentes fins :

- mettre à disposition les modèles, pour être modifiés, affinés, réutilisés ou opérationnalisés ;
- assurer l'enrichissement des modèles déjà capitalisés et donc contribuer à leur évolution ;
- mettre à disposition les modèles capitalisés pour assurer la continuité du processus ;

¹²Premier arrivé, premier servi.

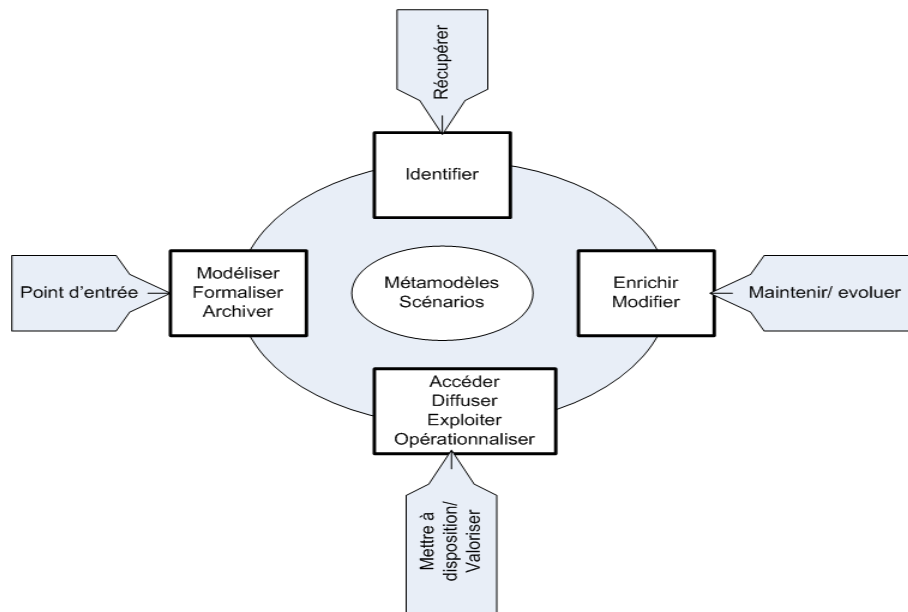


Figure 5.24: Les principales fonctions du processus de capitalisation

- mettre à disposition les modèles capitalisés pour assurer la maintenance (dans un cas de réingénierie par exemple) ;
- valoriser les savoirs et savoirs-faire portés par ces modèles en les distribuant, en les partageant etc.

Ce processus intervient de la façon suivante (cf. figure 5.25) :

- Les scénarios et les métamodèles dans différents états (ouverts, fermés) sont explicités, modélisés et automatiquement formalisés. Ils sont produits par le processus d'explicitation.
- Les actions et les interventions réalisées lors de la modélisations sont automatiquement tracées.
- Les métamodèles peuvent être documentés. Tasmim offre les moyens de les documenter.
- Les métamodèles, les traces de leur construction ainsi que leur documentation sont formalisés et stockés. C'est le processus de capitalisation qui les récupère lorsque l'utilisateur-concepteur réalise une sauvegarde. Il se charge alors de les identifier (leur attribue un identifiant) et de les sauvegarder.

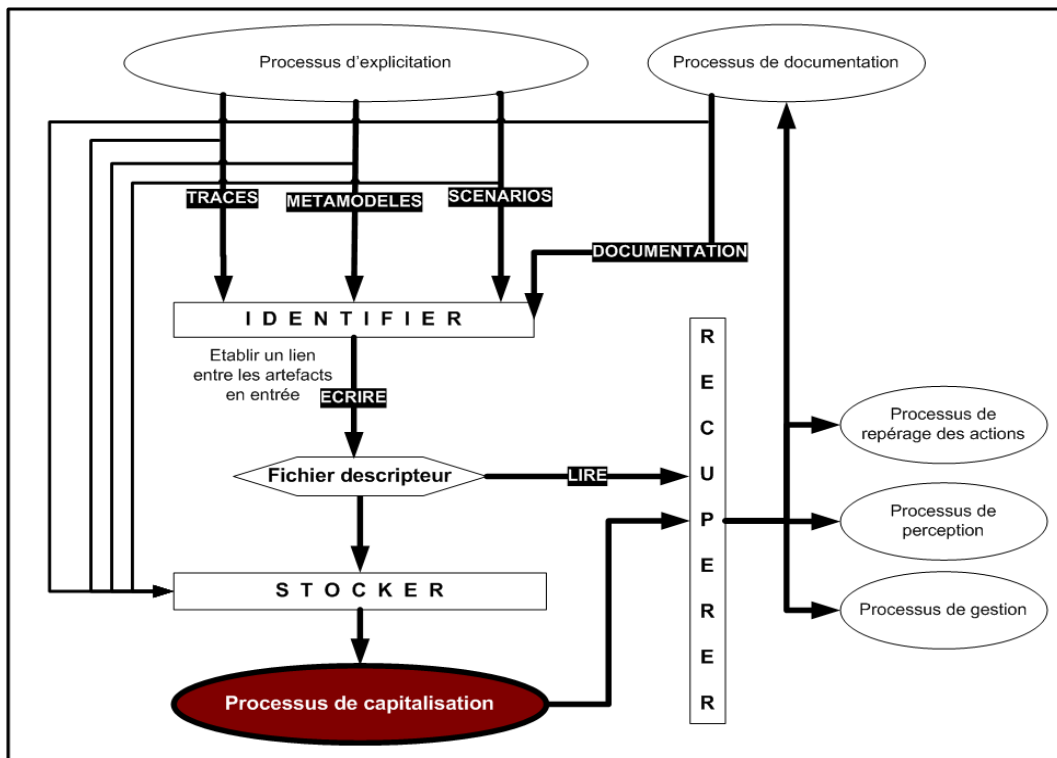


Figure 5.25: Fonctionnement du processus de capitalisation

- Lorsque les métamodèles, les scénarios, les traces de construction des métamodèles et leur documentation sont sauvegardés, la question se pose alors de faire le liens entre ces différents artefacts : autrement dit, quel métamodèle est utilisé pour exprimer quel scénario ? quelles traces correspondent à quel métamodèle ? quelle documentation correspond à quel métamodèle ? etc. La réponse à ces questions est d'établir un lien entre tous ces artefacts. C'est le rôle que joue ce que nous désignons par "le fichier descripteur". C'est un fichier qui est créé automatiquement. Le processus de capitalisation se charge d'écrire dans ce fichier, de décrire ces liens de manière formelle (dans une notation XML comme nous le verrons plus loin). Le fichier descripteur est à son tour identifié et stocké par le processus de capitalisation de la même façon que pour les autres artefacts.
- Pour récupérer des modèles, ou les traces de leur construction, ou leur documentation, l'utilisateur-concepteur passe par les différents outils de Tasmim en fonction de ce qu'il souhaite faire (gestion des modèles, édition d'un modèle etc.). Le processus de capitalisation se charge alors de lire le fichier descripteur, d'identifier les artefacts demandés pour les mettre à disposition du processus demandeur et les lui fournit. Le processus demandeur les fournit à son tour à l'utilisateur-concepteur qui les demande via l'outil utilisé.

5.4.3.2 Mise en oeuvre et besoins de formalisation

Un métamodèle ou un scénario produit (version livrable ou intermédiaire), peut être capitalisé pour le reprendre ou le partager. Le processus de capitalisation (cf. figure 5.26) basé sur la fonction d'archivage, est un processus pivot car il a la charge d'assurer les entrées/sorties de chaque processus et de récupérer toutes les données fournies par ECoS.

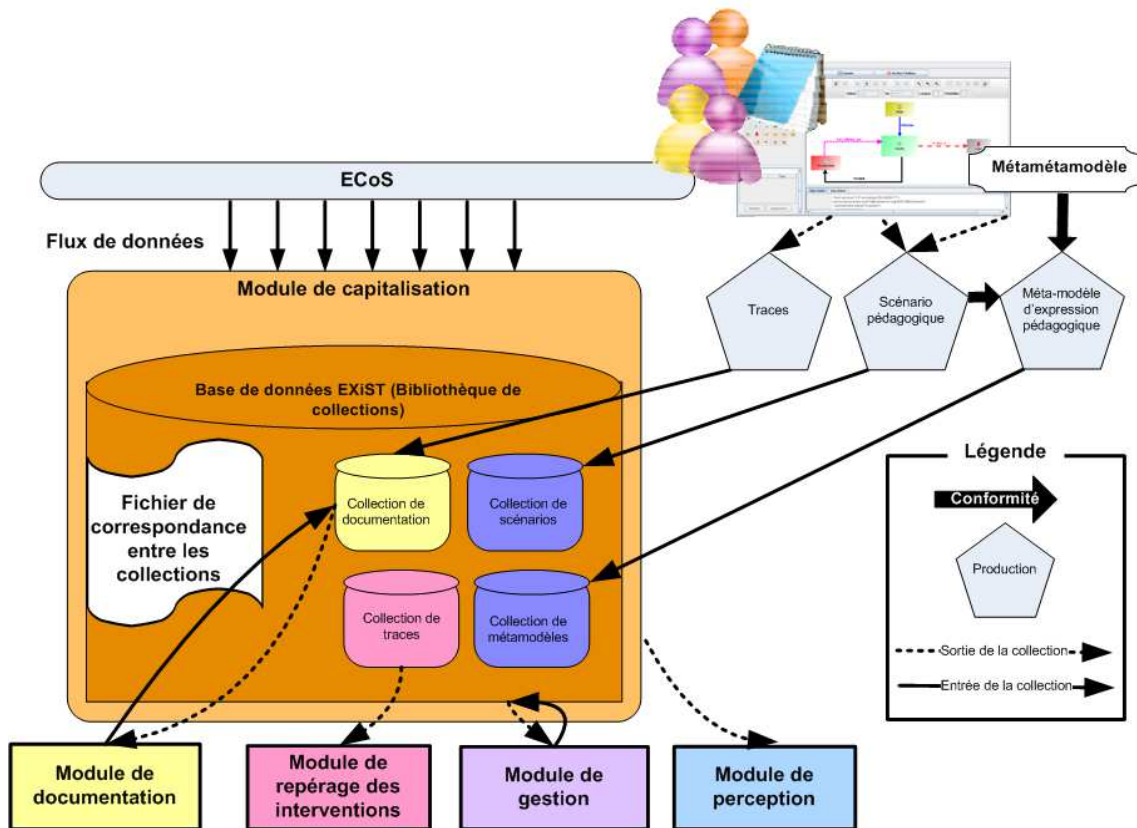


Figure 5.26: Représentation des interactions entre EcoS et les outils proposés à travers le processus de capitalisation

Ce processus est totalement automatisé et transparent à l'utilisateur-concepteur. Son rôle est de sauvegarder et de mettre à disposition les artefacts produits. Il automatise toutes les entrées/sorties et les opérations de lecture et d'écriture.

Nous avons expliqué précédemment que pour faire le lien entre les différents artefacts (c'est-à-dire quels scénarios sont conformes à quel métamodèle, quel fichier de traces correspond à quel métamodèle etc.), nous avons décrit l'ensemble de ces liens dans le fichier descripteur. Ce fichier est formalisé dans une notation XML, et est également stocké par le processus de capitalisation. La structure du fichier descripteur que nous avons définie est donnée dans la figure 5.27.

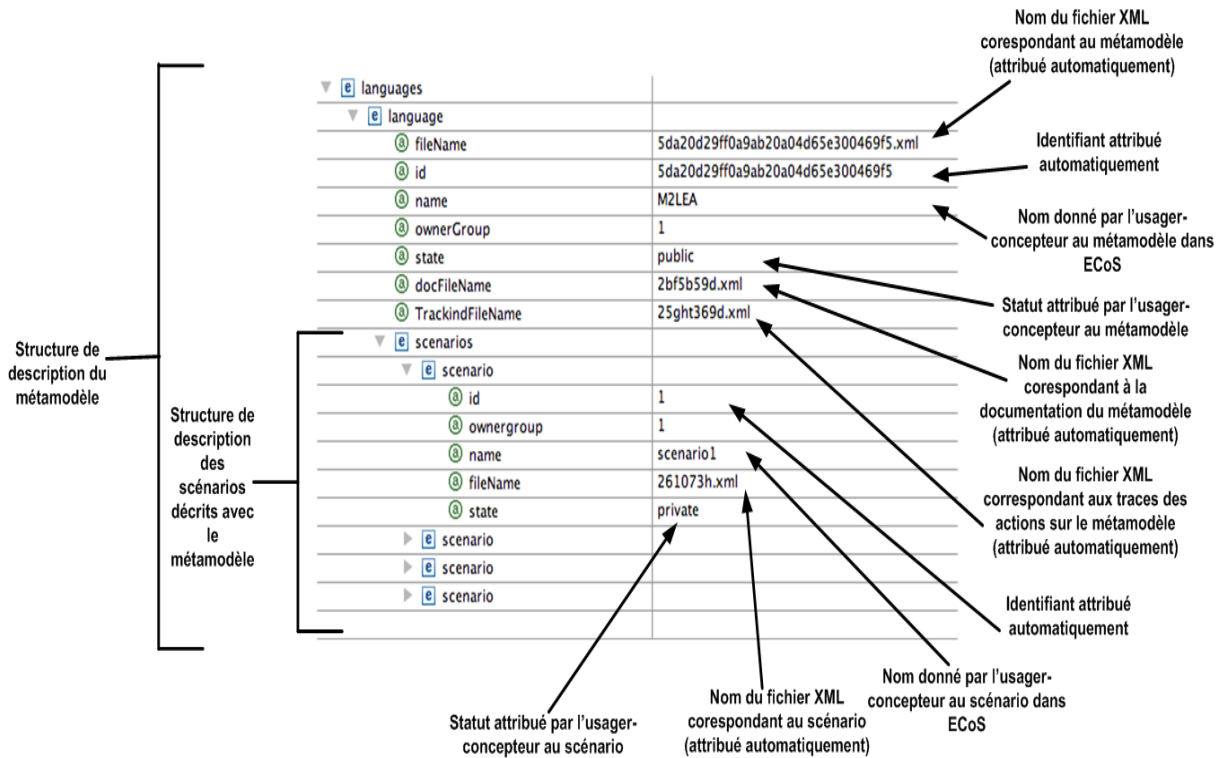


Figure 5.27: Arborescence du fichier descripteur

Comme le montre cette figure 5.27, ce fichier établit le lien entre un le nom d'un métamodèle particulier (attribué par les usagers-concepteurs), le nom du fichier XML qui le décrit¹³, les noms des scénarios qu'il exprime (attribués par les usagers-concepteurs), les noms des fichiers xml qui décrivent les scénarios, le nom de son fichier de traces, ainsi que le nom de son fichier de documentation. Un extrait XML du fichier descripteur illustrant son contenu est donné dans la figure 5.28.

¹³Le nom donné à un métamodèle ou à un scénario par les usagers-concepteurs n'est pas le nom attribué au fichier XML sauvegardé. Le fichier descripteur établit donc le lien entre le nom donné par les usagers-concepteurs au métamodèle ou au scénario et le nom du fichier xml du métamodèle ou du scénario généré et sauvegardé. Ce dernier est attribué aléatoirement en MD5 (L'algorithme MD5, pour Message Digest 5, est une fonction de hachage cryptographique qui permet d'obtenir l'empreinte numérique d'un fichier).

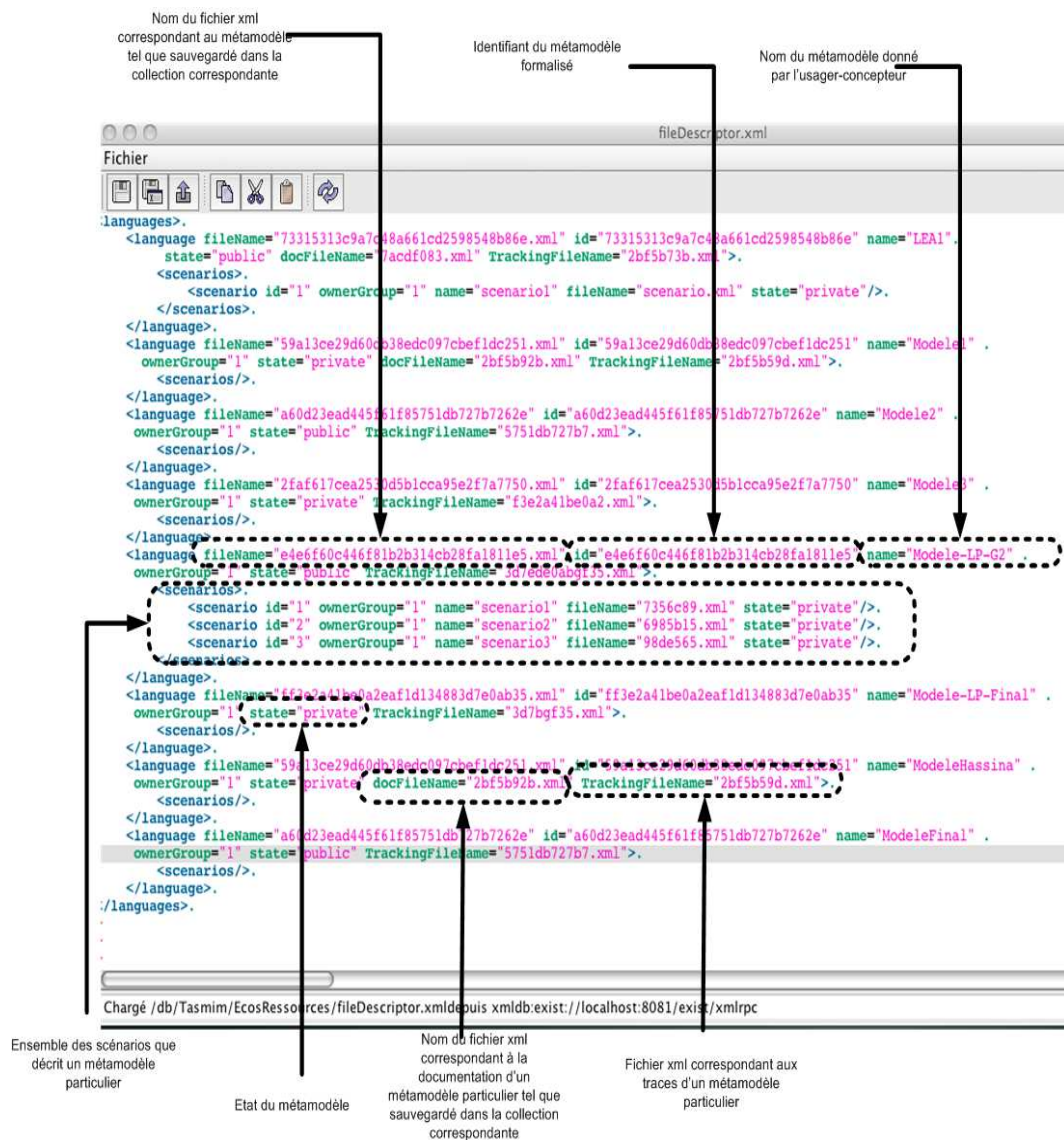


Figure 5.28: Contenu du fichier descripteur

5.4.3.3 Instrumentation

Comme nous l'avons précédemment évoqué, les sauvegardes se font dans la base de données eXist. C'est une base de données XML Native (NXD en anglais) open source, qui s'appuie sur le modèle de données fourni par XML.

Techniquement, eXist utilise :

- un regroupement en collections de documents (similaire à un système de fichiers) ;
- une série de DOM¹⁴ ;
- une indexation structurale (basée sur les relations type parent/enfant...) pour les noeuds d'élément et d'attribut ;
- une indexation textuelle pour les noeuds texte et les valeurs d'attribut. Les mises à jour (contrôlées par un mécanisme d'accès multi-utilisateurs) peuvent être effectives au niveau du document ou d'un noeud spécifique.

eXist ne nécessite pas la connaissance des schémas ou des DTD¹⁵ des documents et indexe des documents XML quelconques. Tous les documents présents dans la base peuvent être interrogés en même temps, indépendamment de leur DTD ou schéma. eXist est basée sur une base de données relationnelle (MySQL). XML est stocké sous une forme native qui permet une recherche rapide utilisant des index.

Afin de faire communiquer les différents outils de Tasmim avec la base de données eXist, nous avons défini un ensemble de collections.

Nous avons ainsi créé la collection qui stocke les différents métamodèles et une collection qui stocke les scénarios dans une notation XML (cf.figure 5.29). Nous avons également créé des collections pour stocker les fichiers de documentation, les traces qui accompagnent leur production.

Le fichier descripteur est stocké physiquement dans la collection parent (contenant les collections créées pour les différents artefacts). C'est ce fichier qui est lu en premier lorsque l'utilisateur par l'intermédiaire des outils dans Tasmim demande un artefact (par exemple éditer un métamodèle dans ECoS). L'identifiant du fichier correspondant à la requête de l'utilisateur est récupéré du fichier descripteur. Il est ensuite recherché dans la collection où il est stocké.

¹⁴Document Object Model : Le Modèle Objet de Documents est une recommandation du W3C qui fournit un ensemble standard d'objets pour représenter des documents HTML et XML, un modèle standard décrivant comment ces objets peuvent être combinés et une interface standard pour y accéder et les manipuler (<http://www.w3.org/DOM/>.)

¹⁵La Document Type Definition (DTD), ou Définition de Type de Document, est un document permettant de décrire un modèle de document XML.

Correspondance entre le
Les scénarios et leur description

Correspondance entre le
métamodèle et sa description

Description des scénarios
conformes au métamodèle

```

<languages>
  <language fileName="73315313c9a7c48a661cd2598548b86e.xml" id="73315313c9a7c48a661cd2598548b86e" name="LEA1" owner="admin" state="private"/>
  <scenarios>
    <scenario id="1" ownerGroup="1" name="scenario1" fileName="scenario.xml" state="private"/>
  </scenarios>
</language>
<language fileName="59a13ce29d60db38edc097cbef1dc251.xml" id="59a13ce29d60db38edc097cbef1dc251" name="Modele1" owner="admin" state="private"/>
</language>
<language fileName="a60d23ead445f61f85751db727b7262e.xml" id="a60d23ead445f61f85751db727b7262e" name="Modele2" owner="admin" state="private"/>
</language>
<language fileName="2faf617cea2530d5b1cca95e2f7a7750.xml" id="2faf617cea2530d5b1cca95e2f7a7750" name="Modele3" owner="admin" state="private"/>
</language>
<language fileName="e4e6f60c446f81b2b314cb28fa181e5.xml" id="e4e6f60c446f81b2b314cb28fa181e5" name="Modele-LP-1" owner="admin" state="private"/>
<scenarios>
  <scenario id="1" ownerGroup="1" name="scenario1" fileName="7356c89.xml" state="private"/>
  <scenario id="2" ownerGroup="1" name="scenario2" fileName="6985b15.xml" state="private"/>
  <scenario id="3" ownerGroup="1" name="scenario3" fileName="98de565.xml" state="private"/>
</scenarios>
</language>
<language fileName="ff3e2a41be0a2eaf1d134883d7e0ab35.xml" id="ff3e2a41be0a2eaf1d134883d7e0ab35" name="Modele-LP-1" owner="admin" state="private"/>
</language>
</languages>

```

Fichier descripteur

Figure 5.29: Organisation du stockage des métamodèles et des scénarios

5.4.4 Processus de repérage des actions en modélisation : description et mise en oeuvre

5.4.4.1 Description

Le rôle de ce processus est de donner aux usagers-concepteurs les moyens de consulter les actions et les interventions des différents acteurs sur un métamodèle en situation de conception dans ECoS.

En effet, dans le contexte de l'usage d'un outil virtuel partagé par un groupe d'usagers-concepteurs (comme ECoS), il est intéressant que chaque membre du groupe puisse avoir une perception de la présence, de la localisation, de l'identité, de la disponibilité de l'autre à un moment donné.

Cette perception s'étend aux interventions de chacun sur un métamodèle particulier en situ-

ation de conception, à ce qui a été réalisé entre deux connexions successives, à l'historique de l'activité qui a abouti à produire un métamodèle (cf. figure 5.30).

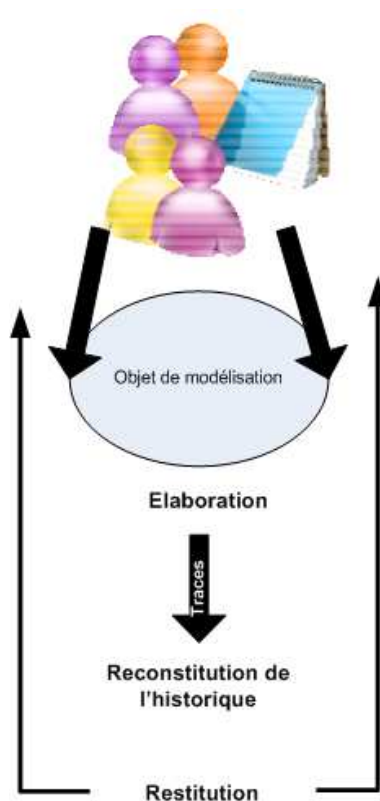


Figure 5.30: Reconstitution de l'historique de la construction

Dans un contexte où l'activité des concepteurs n'est pas simultanée¹⁶, il est fondamental de connaître les modifications et les agissements dans un espace de travail virtuel depuis la dernière visite. Le minimum que l'on puisse demander alors est que chaque objet de modélisation soit affecté d'un historique indiquant son évolution.

En arrivant dans un espace de conception virtuel comme ECoS, l'utilisateur doit pouvoir demander à ce que le système lui présente les nouvelles actions réalisées (par exemple ajout de nouvelles primitives, suppression d'autres primitives etc.) accumulées, la liste des personnes ayant agi sur un objet modélisé donné (qui a réalisé l'action). Cette fonctionnalité minimale nécessite une démarche volontaire de l'utilisateur-concepteur, qui doit aller consulter tous les points qui lui semblent "sensibles".

¹⁶Un usager-concepteur qui n'a pas participé à une réunion et qui souhaite visualiser ce qui a été modélisé (par qui et comment), pourra consulter l'historique de construction du métamodèle.

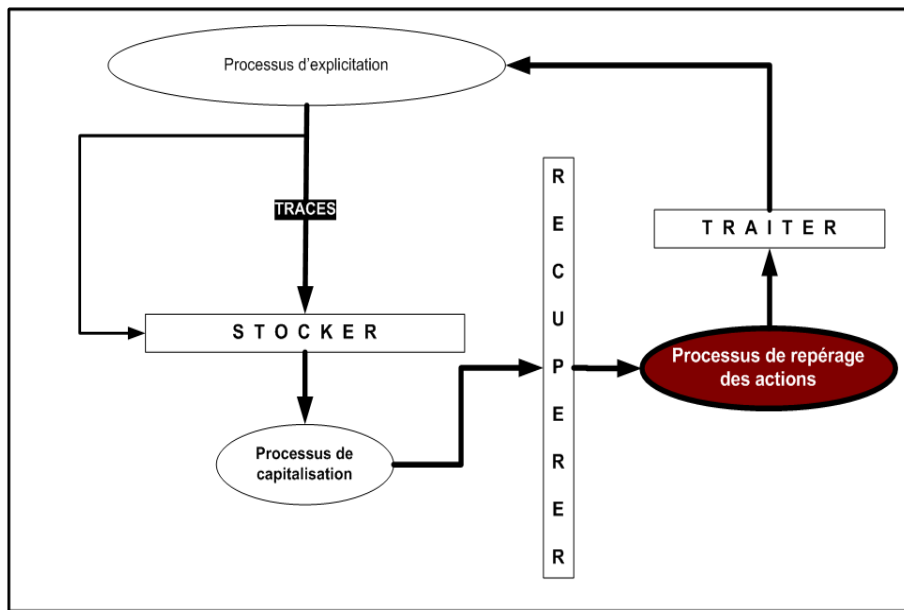


Figure 5.31: Fonctionnement du processus de repérage des actions en modélisation

Ce processus intervient de la façon suivante (cf. figure 5.31 et figure 5.32) :

- Les métamodèles sont produits et formalisés par le processus d'explicitation.
- Les actions réalisées sur les métamodèles sont tracées (par la mise en oeuvre de sondes logicielles¹⁷ dans ECoS. Toute action réalisée par un usager-concepteur comme nous le verrons plus loin génère une trace caractérisée par la date et l'heure de l'action, son auteur, la primitive sur laquelle porte l'action, et le type d'action (ajout de primitive, suppression de primitive, modification de primitive etc.).
- Les traces sont formalisées, stockées dans la base de données XML.
- Les traces sont récupérées par le processus de repérage des actions qui les traite pour les mettre en forme et les restitue aux usagers-concepteurs.
- Les usagers-concepteurs peuvent s'ils le souhaitent consulter la liste des actions et des interventions et agir en conséquence.

¹⁷Une sonde logicielle est un programme informatique que nous avons mis en oeuvre dans ECoS. Il permet de capturer les actions réalisées sur le métamodèle.

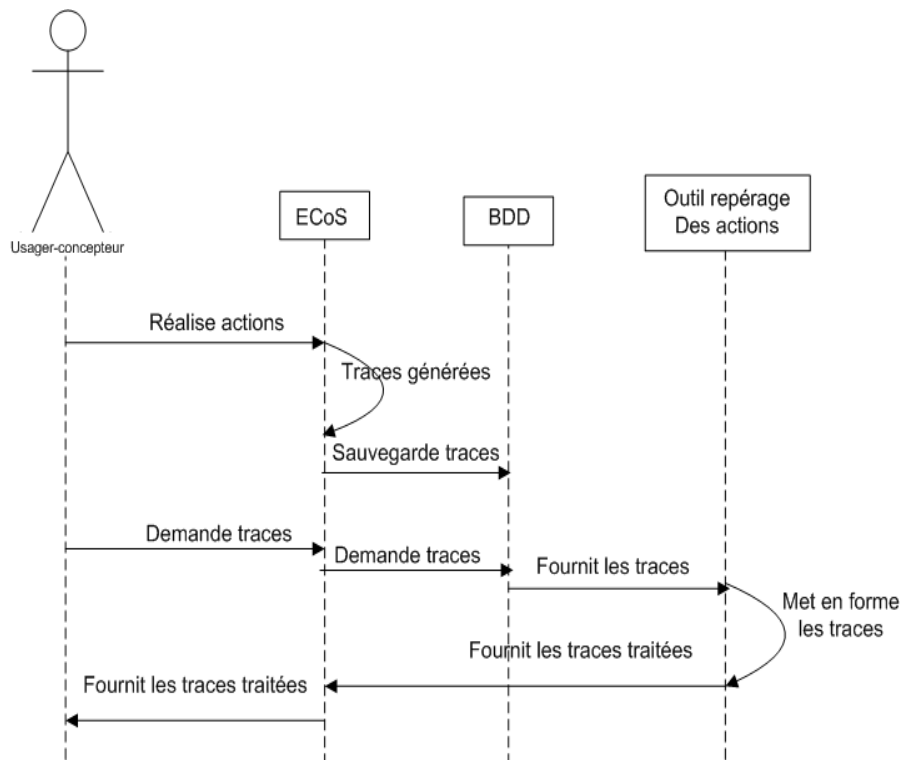


Figure 5.32: Diagramme de séquence du déroulement des traitements et des interactions entre les outils intervenant dans le stockage et le traitement des traces

5.4.4.2 Mise en oeuvre et besoins de formalisation

Nous structurons et formalisons les traces générées par ECoS dans un fichier XML. Le fichier en question est fourni en entrée dans la base de données (il est sauvegardé dans la collection créée pour les fichiers de traces). Un lien sera automatiquement établi dans le fichier descripteur entre le métamodèle et son fichier de traces.

La sauvegarde des traces en XML pose alors de le problème de leur représentation et la question se pose de savoir sur la base de quelle modèle (avec quoi), décrire les traces générées ?

L'essentiel des actions réalisées sur un métamodèle dans ECoS sont : l'ajout de nouvelles primitives, leur modification, leur suppression. il faudra alors :

- récupérer le nom de la primitive, objet de l'action et l'opération réalisée (suppression, modification, ajout) ;
- récupérer le nom de l'intervenant (l'auteur de l'action) ;
- La date et l'heure de l'action pour donner une dimension chronologique aux actions.

C'est ainsi que pour formaliser les traces en vue de les stocker, nous avons défini un modèle. Celui-ci est représenté dans la figure 5.33.

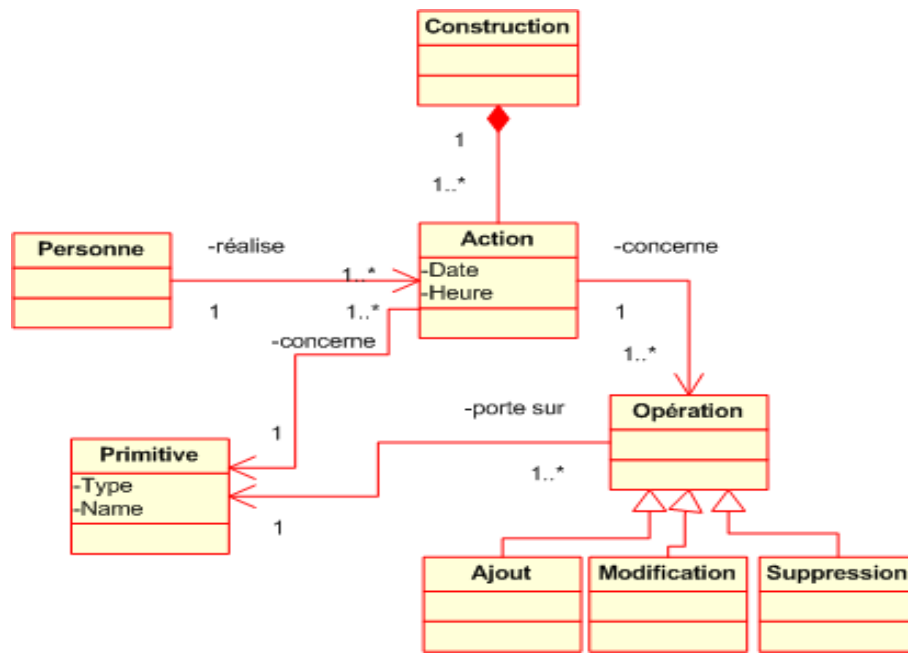


Figure 5.33: Structuration des traces proposée et mise en oeuvre

Comme le montre cette figure, le modèle permet de construire une structure composée d'une séquence d'actions où :

- Chaque action est construite à partir d'une trace générée par ECoS.
- Chaque action consiste en une opération sur une primitive du métamodèle qui peut être l'ajout d'une nouvelle primitive, la suppression d'une primitive, ou la modification d'une primitive.
- Chaque action est réalisée par une personne, auteur de l'opération sur une primitive du métamodèle.

5.4.4.3 Instrumentation

a. Visualisation des traces.

La figure 5.34 illustre les cas d'utilisation pour la consultation des actions et interventions sur le métamodèle.

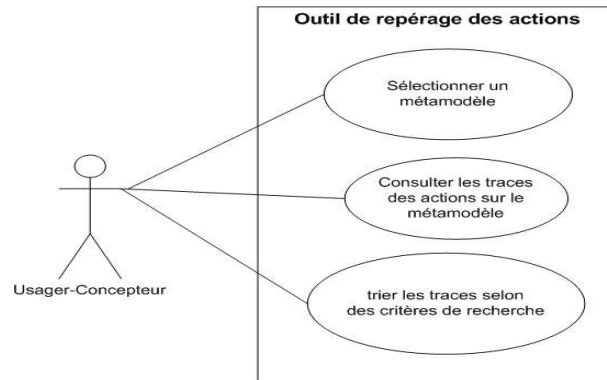


Figure 5.34: Cas d'utilisation de l'outil "repérage des actions et intervention sur le métamodèle"

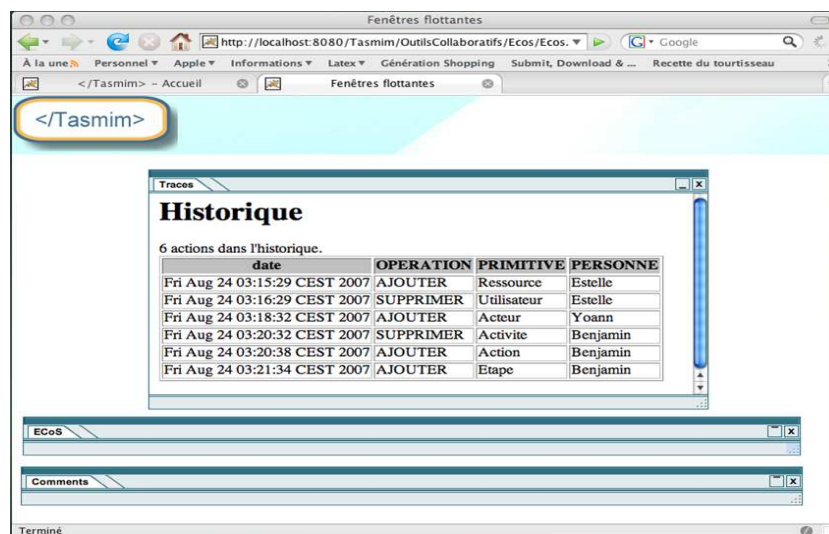


Figure 5.35: Copie écran de la consultation des actions réalisées sur un métamodèle

Comme l'illustre la figure 5.34, un usager-concepteur peut :

- sélectionner le métamodèle pour lequel ils souhaite consulter les traces de construction ;
- consulter les traces des actions réalisées sur le métamodèle et les noms des intervenants ;
- réaliser des opérations de filtrage des traces en fonction de critères de recherche.

Nous donnons dans la figure 5.35 une copie écran illustrant un extrait d'actions dans l'historique de construction d'un métamodèle

b. Formalisation des traces.

Lorsque les usagers-concepteurs construisent leur métamodèle, un fichier XML des traces est automatiquement généré par ECoS.

Ces traces sont structurées conformément au modèle représenté dans la figure 5.33, puis elles sont stockées dans la base de données XML.

Nous donnons dans la figure 5.36 un extrait du fichier XML généré par ECoS (cf. figure 5.33). Nous retrouvons toutes les séquences d'actions réalisées, l'auteur des actions, la date et l'heure des actions, les primitives du métamodèle sur lesquelles ont portées les actions, ainsi que les opérations réalisées sur les primitives du métamodèle.



Figure 5.36: Extrait de traces générées dans une notation XML

c. Solution technique adoptée pour la mise en forme des traces.

Pour mettre en oeuvre la mise en forme du fichier de traces (cf. figure 5.36) et permettre leur consultation (cf. figure 5.35), nous avons opté pour une solution technique basée sur les transformations XSLT¹⁸ composante de XSL (eXtensible Stylesheet Language) proposée par W3C¹⁹.

¹⁸<http://xmlfr.org/w3c/TR/xslt/>.

¹⁹World Wide Web Consortium.

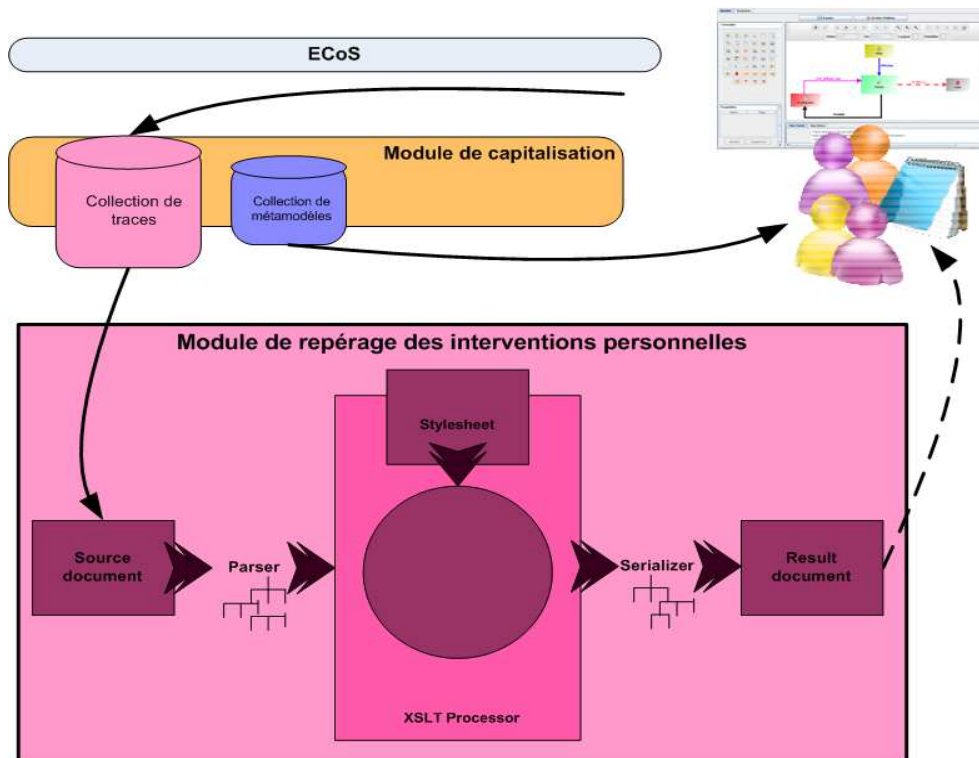


Figure 5.37: Démarche de transformations XSLT adoptée

Le langage de transformation des données (XSLT, eXtensible Stylesheet Transformation) permet de transformer la structure des éléments XML. Cette démarche est illustrée par la figure 5.37 :

- Un document XML peut être représenté comme une structure arborescente.
- XSLT permet de transformer les documents XML à l'aide de feuilles de style contenant des règles appelées template rules (ou règles de gabarit en français).
- Le processeur XSLT (composant logiciel chargé de la transformation) crée une structure logique arborescente (on parle d'arbre source) à partir du document XML. Il lui fait subir des transformations selon les template rules contenues dans la feuille XSL pour produire un arbre résultat représentant, par exemple, la structure d'un document HTML.
- Les composants de l'arbre résultat sont appelés objets de flux. Chaque template rule définit des traitements à effectuer sur un élément (noeud ou feuille) de l'arbre source. On appelle "patterns" (en français motifs, parfois "éléments cibles") les éléments de l'arbre source.
- Du contenu peut être ajouté à l'arbre, si bien que l'arbre résultat peut être radicalement différent de l'arbre source.

Grâce à cette démarche, les traces peuvent ainsi être mises en forme pour être restituées à l'utilisateur-concepteur.

5.4.5 Processus de gestion : description et mise en oeuvre

5.4.5.1 Description

Ce processus est une conséquence logique du processus de capitalisation. Les métamodèles, d'autant plus qu'ils sont spécifiques à des domaines, ne sont pas des descriptions "éternelles" de situations d'apprentissage, et de ce fait peuvent avoir une importance plus ou moins grande en fonction du temps. Leur gestion est donc un processus extrêmement dynamique. Ce processus a pour rôle de permettre d'interagir avec le processus de capitalisation pour gérer les différents artefacts stockés.

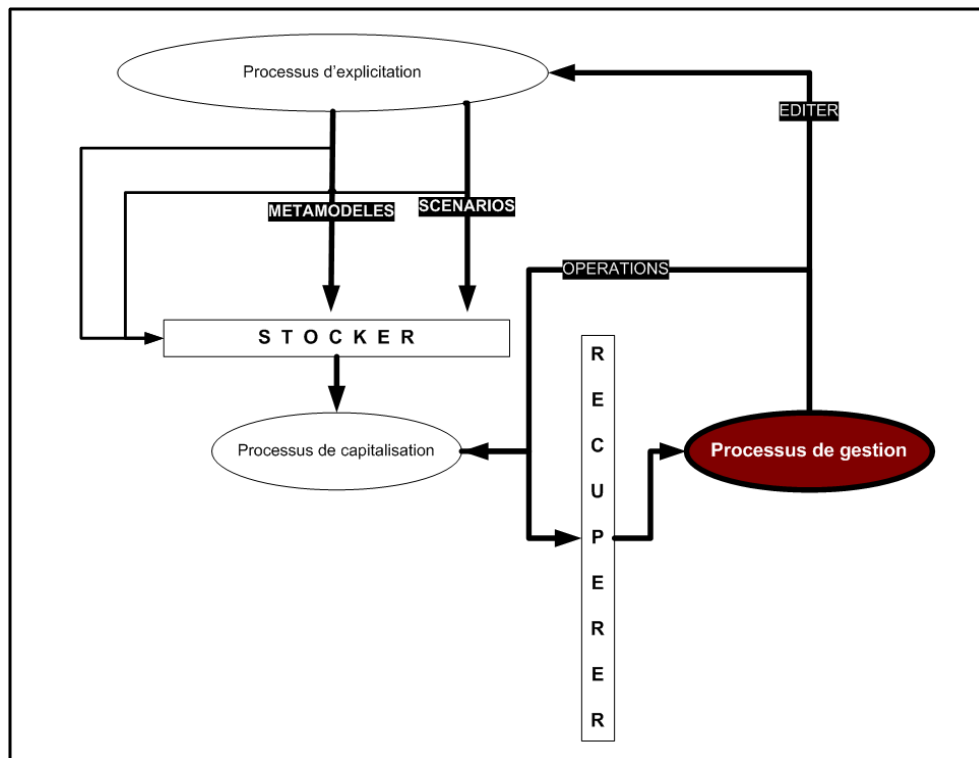


Figure 5.38: Fonctionnement du processus de gestion

Ce processus intervient de la façon suivante (cf. figure 5.38) :

- Les modèles sont stockés et organisés par le processus de capitalisation.
- Les modèles sont récupérés par le processus de gestion qui permet aux usagers-concepteurs de réaliser diverses opérations (modification, suppression, création, édition etc.).

5.4.5.2 Mise en oeuvre et instrumentation

L'outil de gestion (cf. figure 5.39) est un SGF (Système de Gestion de Fichiers) qui fournit une interface utilisateur qui permet d'interagir avec la base de données XML pour gérer les métamodèles et les scénarios stockés. Les plus communes opérations qu'il met en oeuvre sont : la création, l'édition (en passant par le processus d'explicitation qui renvoie automatiquement à ECoS), la visualisation de la liste des métamodèles consensuels, de ceux qui sont encore en négociation et qui ne sont donc pas livrables, la modification du statut des métamodèles, la suppression (par exemple des versions de métamodèles qui ont été abandonnées), la consultation de la documentation d'un métamodèle etc.

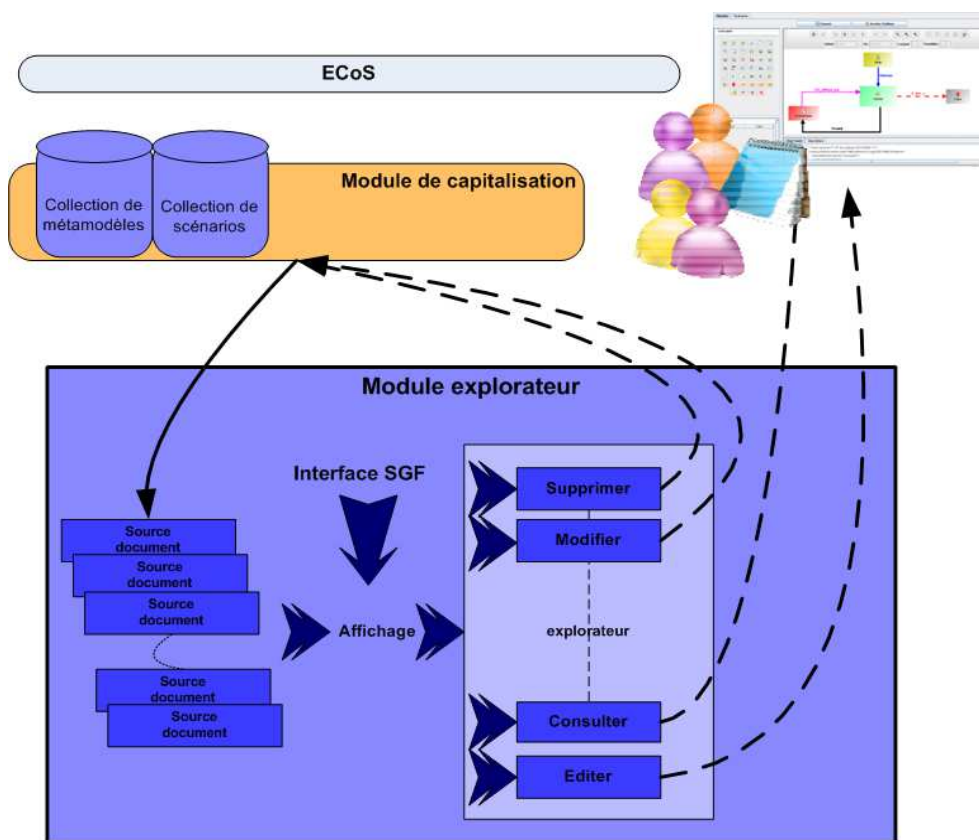


Figure 5.39: Mise en oeuvre du processus de gestion

La figure 5.40 illustre quelques cas d'utilisation de l'outil "gestionnaire de modèles" dans Tasmim.

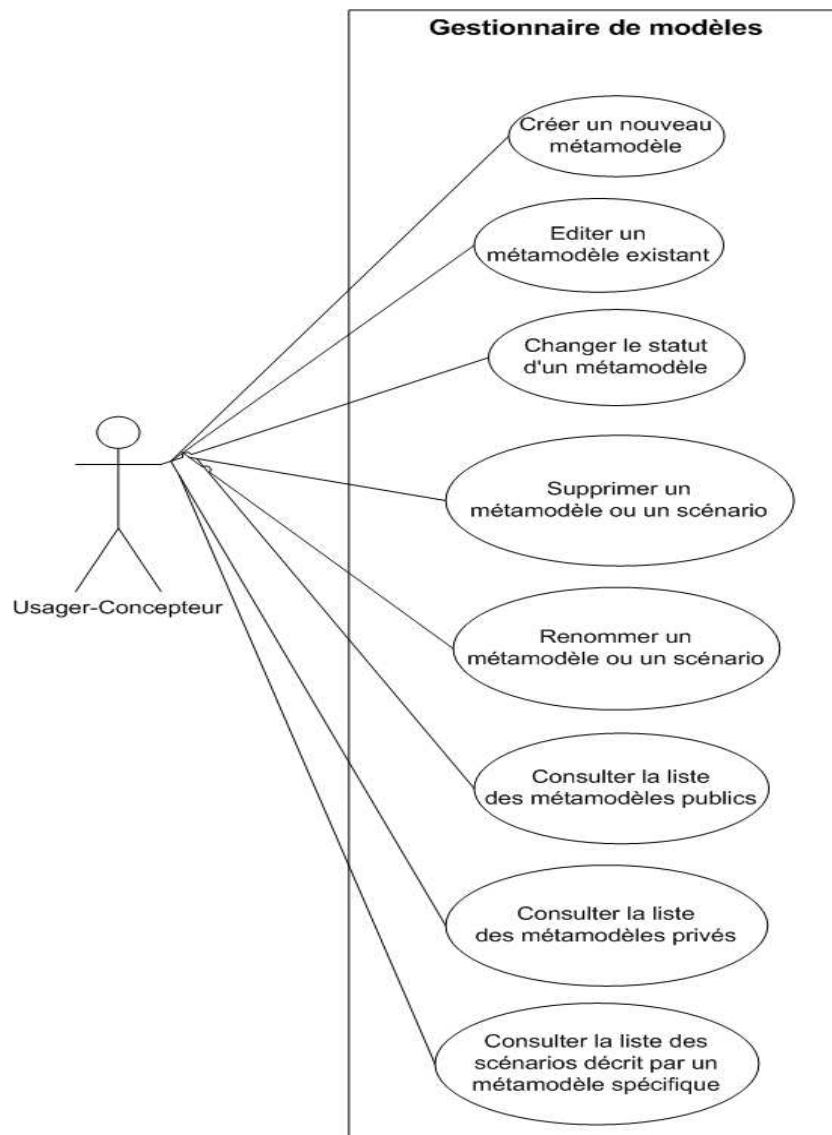


Figure 5.40: Cas d'utilisation de l'outil "Gestionnaire de modèles"

Le gestionnaire de modèles est développé selon l'architecture MVC (Modèle Vue Contrôleur) de la même façon que pour le développement d'ECoS.

Nous donnons dans la figure 5.41 une copie écran du gestionnaire de modèles. Cette copie écran illustre (pour exemple) l'interface de gestion des métamodèles publics.

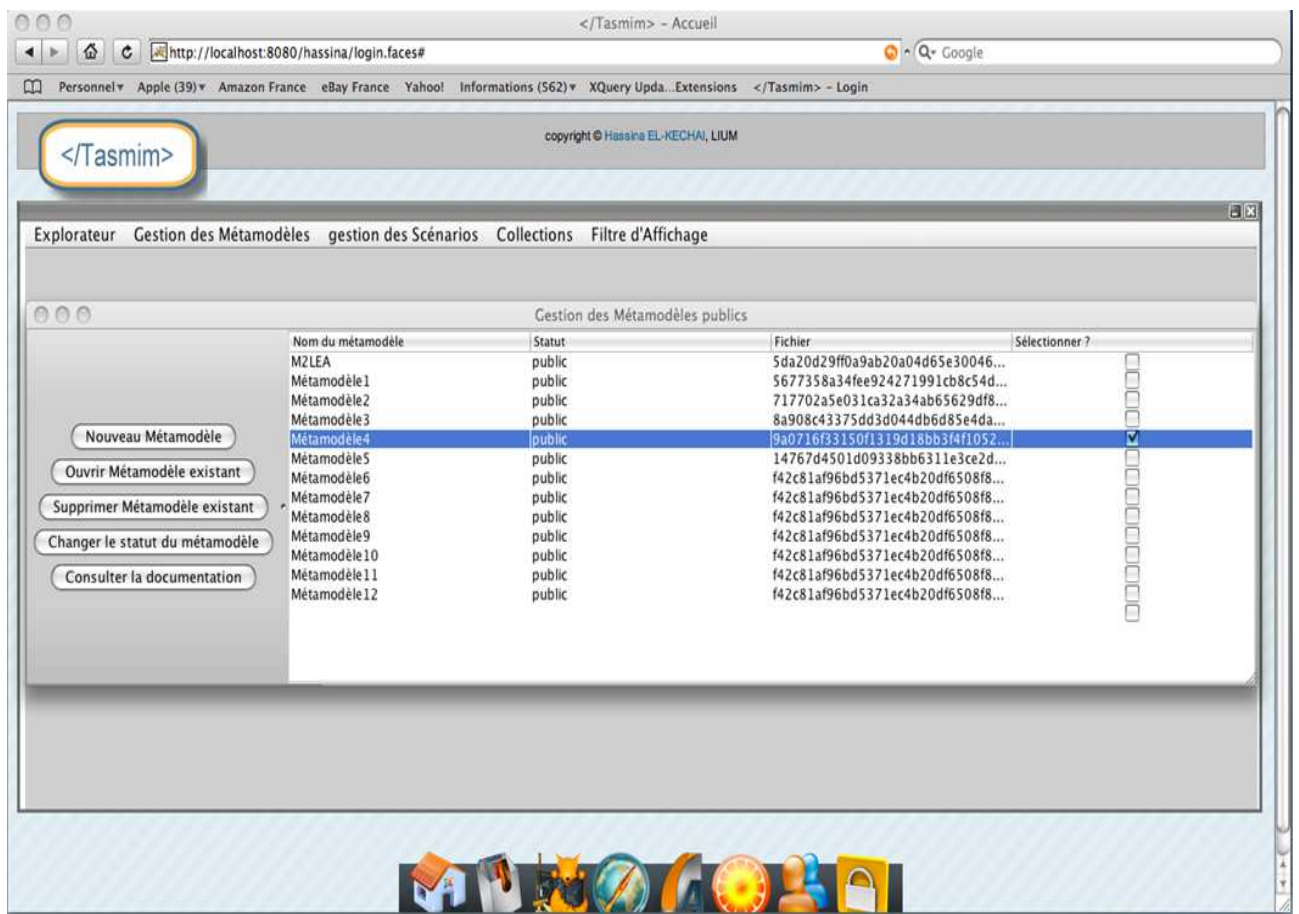


Figure 5.41: Copie écran de la gestion des métamodèles publics

5.4.6 Processus de documentation : description et mise en oeuvre

5.4.6.1 Description

Parce que les métamodèles produits sont situés, ils sont spécifiques à un contexte de conception et à un contexte d'apprentissage. Il nous semble donc important d'établir les conditions de leur production et de leur utilisation. Cet aspect est abordé ici à travers la documentation des métamodèles.

La documentation des métamodèles peut également servir à d'autres fins. En effet, nous avons expliqué l'intérêt de restituer la dynamique de construction d'un métamodèle à travers ses différents états dans la conception. En revanche, le processus par lequel ces différents états sont produits reste implicite, indirectement accessible dans les comptes rendus de réunions, les notes de conception, les archives email et principalement, la mémoire des concepteurs, ce qui ne rend ce processus récupérable que partiellement.

La documentation des métamodèles peut s'avérer un moyen utile d'extérioriser ce qui est implicite. Elle permet d'accompagner la réflexivité des usagers-concepteurs sur leurs pratiques : réfléchir, analyser la situation, la comparer à d'autres, de façon à en tirer

des leçons transférables à d'autres situations. Ils apprennent ainsi sur leurs situations de travail, de façon autonome et/ou en engageant un dialogue réflexif avec les autres usagers-concepteurs.

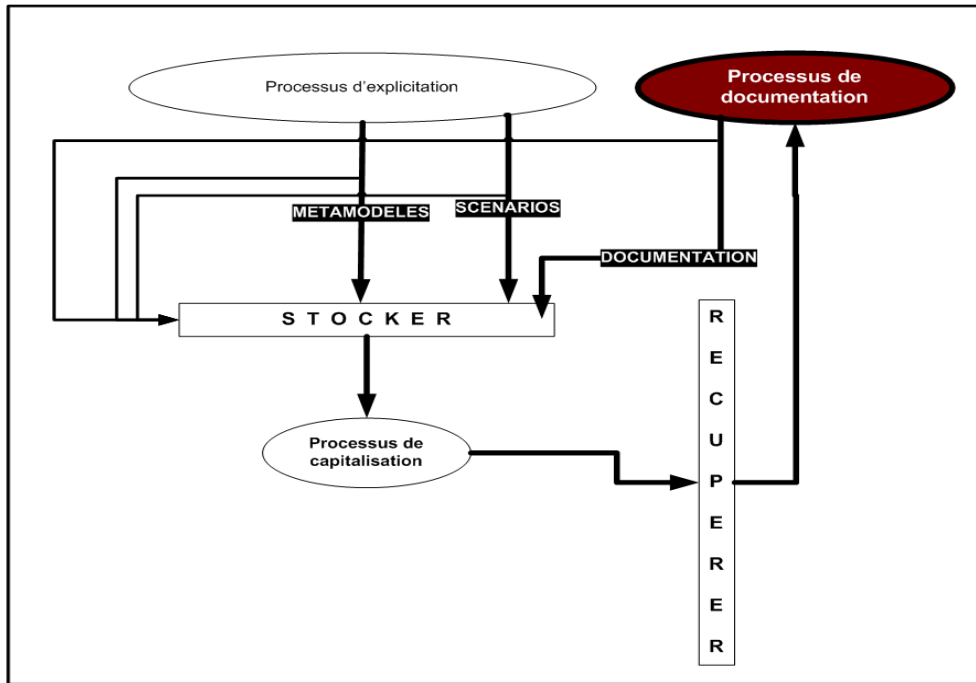


Figure 5.42: Fonctionnement du processus de documentation

Le processus de documentation des métamodèles intervient de la façon suivante (cf. figure 5.42) :

- Les métamodèles sont stockés et organisés par le processus de capitalisation.
- Les métamodèles sont documentés par les usagers-concepteurs.
- La documentation est formalisée, stockée et restituée aux usagers-concepteurs.

5.4.6.2 Mise en oeuvre et besoins de formalisation

L'outil de documentation est chargé de proposer une interface à l'utilisateur-concepteur pour renseigner les éléments du contexte de production et d'utilisation d'un métamodèle s'il le souhaite.

La documentation d'un métamodèle est fournie en entrée dans la base de données (elle est sauvegardée dans la collection créée pour les fichiers de documentation). Le Lien entre le fichier de documentation et le métamodèle est créé et est sauvegardé dans le fichier descripteur.

Nous favorisons une notation XML pour stocker la documentation d'un métamodèle dans la base de données XML. Nous proposons alors de la modéliser et de la formaliser. La question se pose de savoir sur la base de quelle modèle (avec quoi), décrire la documentation ?

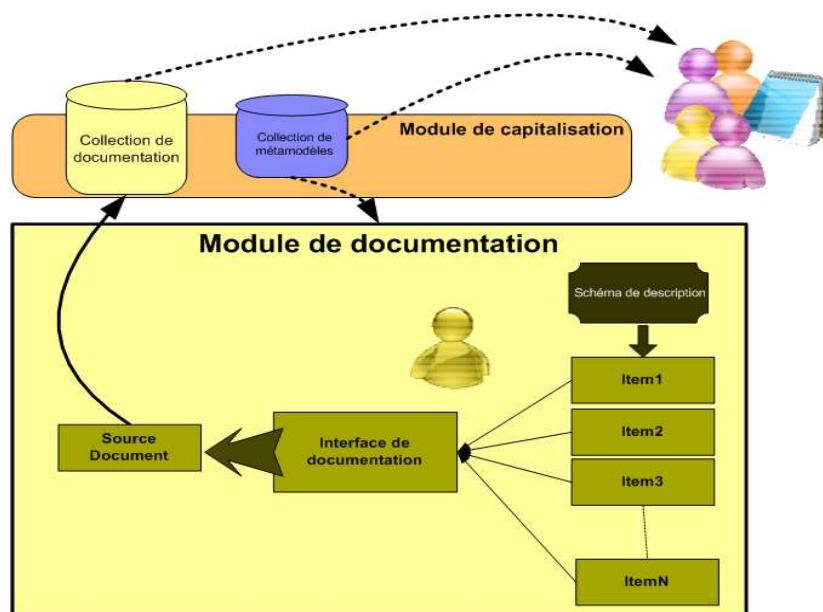


Figure 5.43: Mise en oeuvre du processus de documentation

La solution que nous proposons est de donner les moyens aux usagers-concepteurs de renseigner des items qui auront un statut de méta-données descriptives.

Afin de documenter les métamodèles, nous avons proposé un schéma de description que nous défini nous-mêmes. Il est présenté dans la figure 5.43.

Ce schéma permet de décrire un certain nombre de données d'indexation (items). Une fois ces dernières renseignées, elles constituent un mode d'emploi du métamodèle qui permettra de bien comprendre son contexte de production et d'utilisation.

Il s'agit de relier le métamodèle produit aux éléments du contexte qui l'a vu naître (la situation de conception), et aux éléments du contexte (la situation d'apprentissage) où il peut être déployé et utilisé.

Le schéma de description que nous proposons est présenté dans la figure 5.44. Ce schéma est évolutif. Les usagers-concepteurs peuvent modifier les items proposés. Il peuvent également en ajouter d'autres, et n'ont pas l'obligation de les renseigner tous. Il s'agit d'une liste exhaustive qu'il est possible de modifier.

Parce que les pratiques sont toujours contextualisées, la documentation des métamodèles peut être considérée du point de vue du processus qui a produit les artefacts ou du point de vue de l'analyse de la situation où elles s'exercent. C'est pour cette raison que les deux principaux éléments constitutifs du schéma de description que nous proposons (comme le montre la figure 5.44) portent sur : le contexte de production des métamodèles et le contexte de leur utilisation.

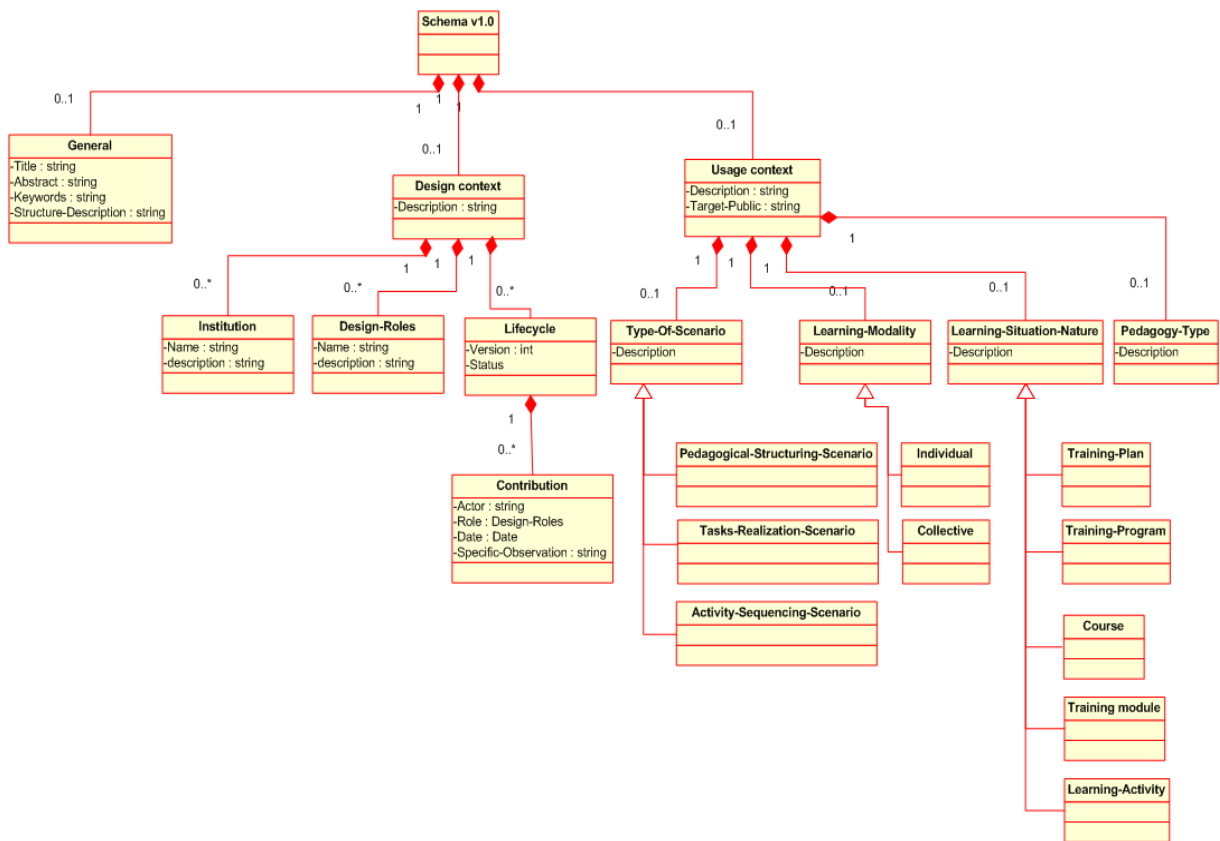


Figure 5.44: Schéma de description utilisé

Ce schéma de description comporte trois catégories:

1. “Général” qui regroupe les caractéristiques d’un métamodèle indépendamment de son contexte d’utilisation et de son contexte de conception. On y retrouve essentiellement :

- un titre du métamodèle ;
- un résumé le décrivant ;
- des mots-clés significatifs qui le caractérisent ;
- une description de sa structure ;

2. “Contexte de conception” qui décrit les caractéristiques de la situation dont le métamodèle est issu. On y retrouve essentiellement :

- des informations concernant l’institution (par exemple le CFA dans le cas LEA) ;
- les rôles en conception liés souvent aux statuts des acteurs de la conception dans l’institution (par exemple maître d’apprentissage, apprenti, formateur, vie scolaire etc. dans le cas LEA) ;

- le cycle de vie du métamodèle qui décrit l'état actuel du métamodèle, et les acteurs qui y ont contribué durant son évolution (version, contributeurs, date, etc.) ;
3. "Contexte d'utilisation" qui décrit les caractéristiques de la situation d'apprentissage que le métamodèle décrit, donc son contexte d'utilisation. On y retrouve :
- une description des situations d'apprentissage que le métamodèle cible ;
 - le public d'apprenants à qui la situation d'apprentissage que le métamodèle décrit est destinée ;
 - le type de scénario qu'il permet d'exprimer. Nous reprenons ici les trois types définis par [Pernin 2004] à savoir des scénarios de structuration pédagogique, des scénarios de réalisation de tâches et des scénarios d'enchaînement d'activités ;
 - la modalité de mise en situation des apprenants mise en oeuvre dans la situation d'apprentissage (individuelle, collective) ;
 - la nature de la situation d'apprentissage que le métamodèle décrit (plan de formation, programme de formation, cours, module de formation, activité d'apprentissage) ;
 - l'approche pédagogique ciblée par le métamodèle (par exemple une pédagogie de projet).

5.4.6.3 Instrumentation

a. Description de l'outil de documentation des métamodèles.

La figure 5.45 illustre les cas d'utilisation de l'outil de documentation des métamodèles mis en oeuvre dans Tasmim. L'outil de documentation des métamodèles est à son tour développé selon l'architecture MVC (Modèle Vue Contrôleur) de la même façon que pour le développement d'ECoS et du gestionnaire de modèles.

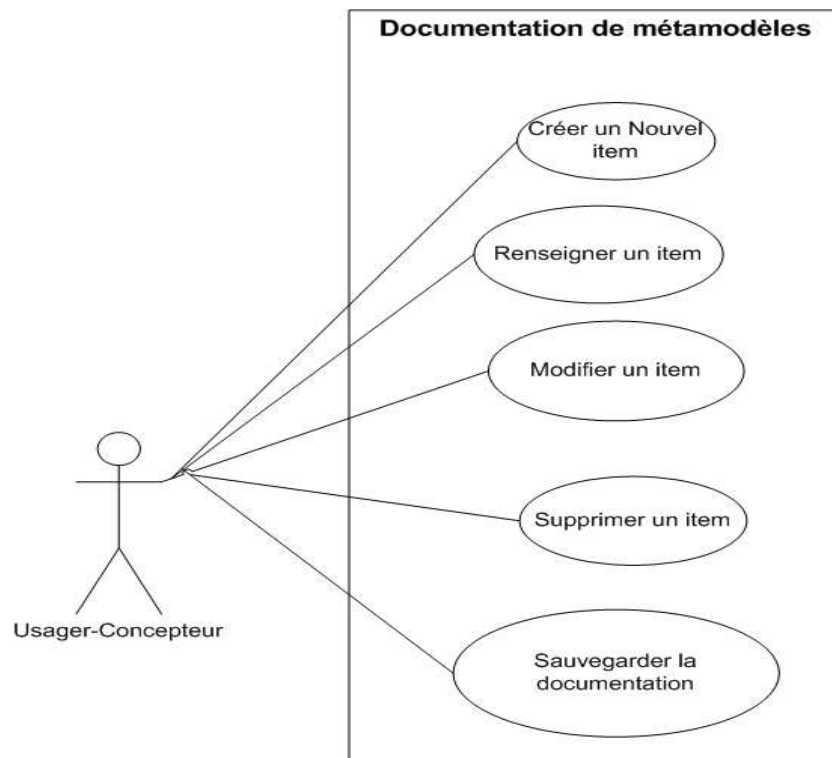


Figure 5.45: Cas d'utilisation de l'outil "Documentation des métamodèles"

Cet outil permet aux usagers-concepteurs :

- de créer un/des item(s) de documentation ;
- de renseigner un/des item(s) de documentation ;
- de modifier un/des item(s) de documentation ;
- de supprimer un item de documentation ;
- de sauvegarder la documentation ;

L'outil de documentation (cf. figure 5.46) fournit une interface utilisateur qui permet d'interagir avec le processus de capitalisation pour stocker la documentation. La documentation est ensuite sauvegardée dans une notation XML.

Comme le montre la figure 5.46, nous retrouvons tous les items proposés structurés sous forme d'arborescence. Des items peuvent être ajoutés. Pour cela, il faut attribuer un identifiant au nouvel item, un nom, une valeur, et préciser quel est l'item parent afin de générer l'arborescence.

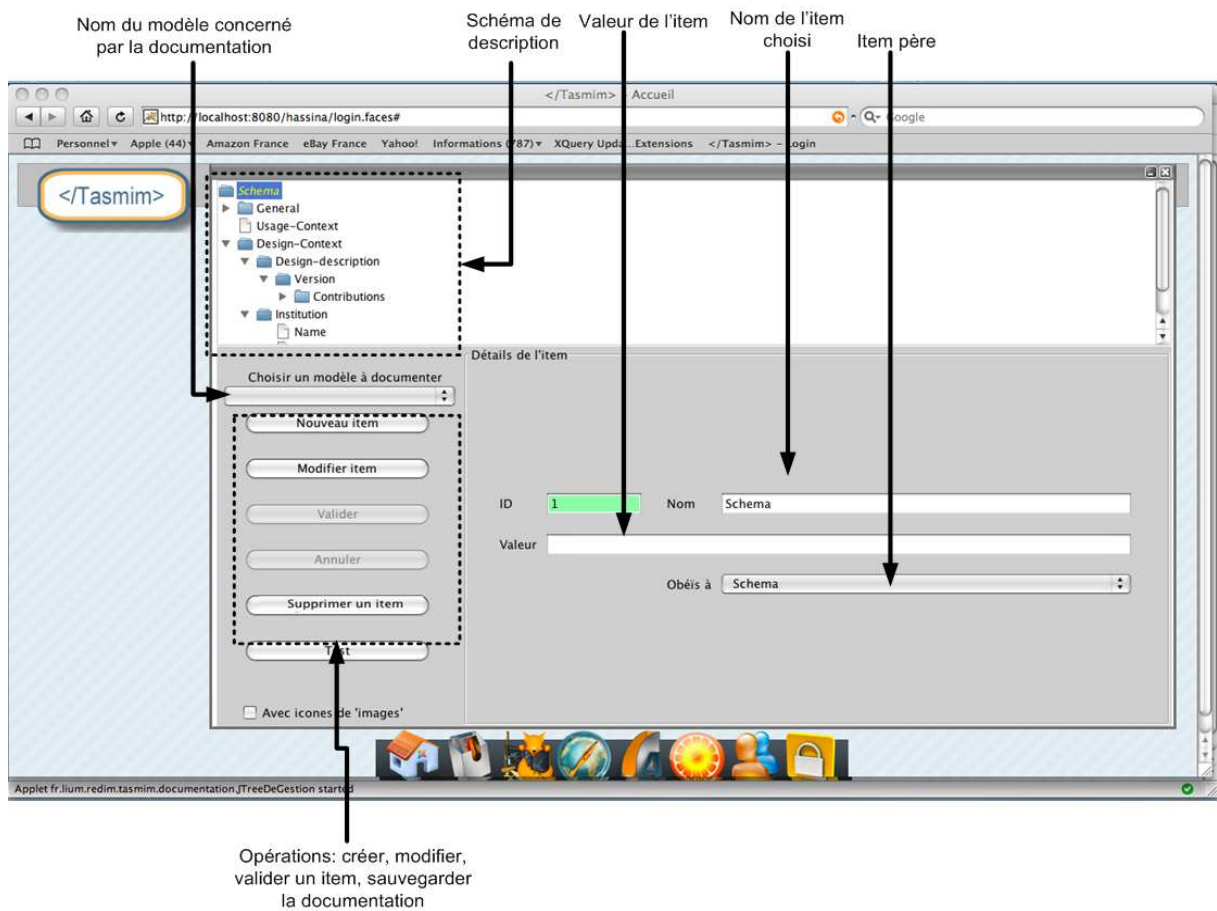


Figure 5.46: Outil de documentation

b. Formalisation de la documentation des métamodèles.

Lorsque les usagers-concepteurs documentent leur métamodèle, un fichier XML est automatiquement généré par l'outil de documentation à la sauvegarde, puis il est stocké dans la base de données XML.

Nous donnons dans la figure 5.47 l'exemple de la structure du fichier XML généré par l'outil de documentation conformément au schéma de description que nous avons proposé (cf. figure 5.44).

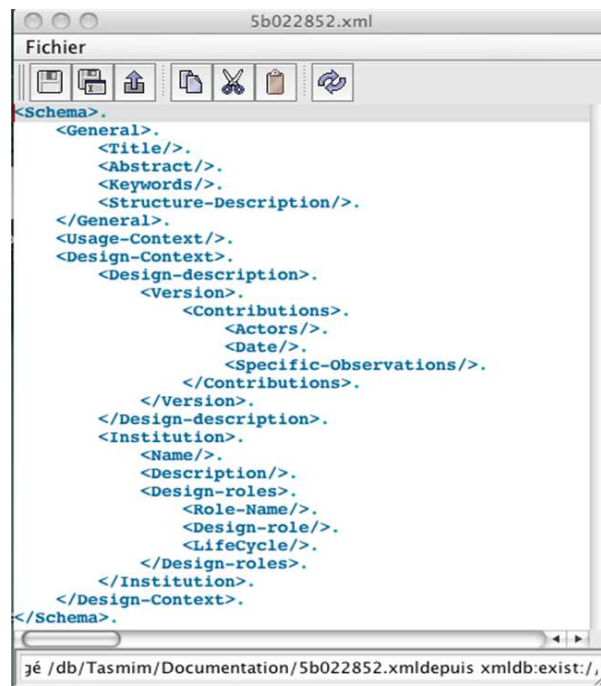


Figure 5.47: Structure XML générée par l'outil de documentation

5.4.7 Processus de perception : description et mise en oeuvre

5.4.7.1 Description

Ce processus permet aux usagers-concepteurs de visualiser la chronologie de construction de leurs métamodèles ainsi que la chronologie et les statuts des versions intermédiaires d'un métamodèle.

En effet, lorsque les usagers-concepteurs utilisent ECoS pour produire leurs méta-modèles, il peuvent produire différentes versions d'un même métamodèle qui seront sauvegardées dans des fichiers différents. Le processus de perception se charge alors de faire le lien entre les versions intermédiaires d'un métamodèle et les organise chronologiquement (dans l'ordre de leur production).

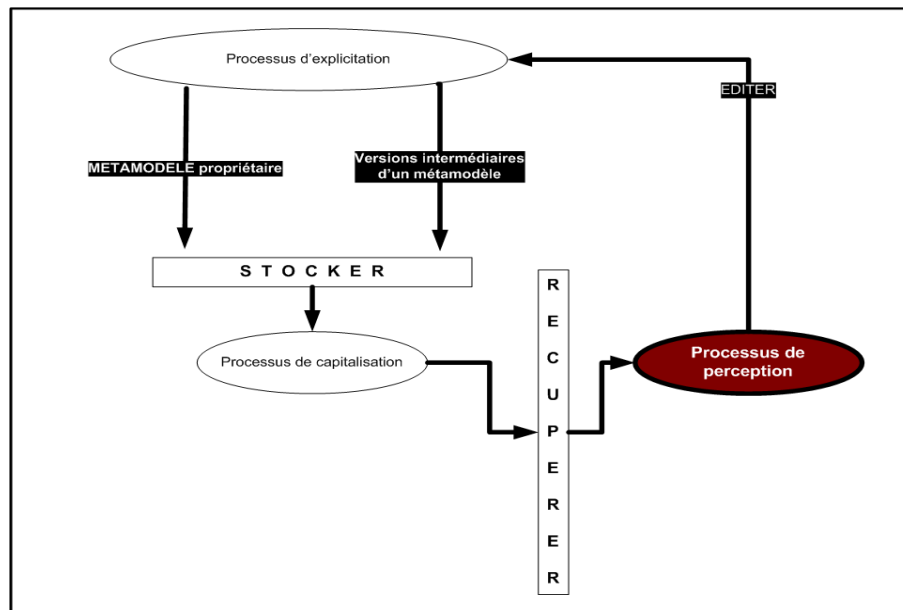


Figure 5.48: Fonctionnement du processus de perception

Ce processus intervient de la façon suivante (cf. figure 5.48) :

- Les usagers-concepteurs peuvent concevoir collectivement ou individuellement différentes versions pour un même métamodèle qu'ils sauvegardent en précisant leurs noms et leur état (fermé ou ouvert).
- Ces versions intermédiaires sont mises à disposition par le processus de capitalisation pour le processus de perception qui les organise dans l'ordre chronologique de leur construction, donnant ainsi une vision séquentielle de leur production.
- Les usagers-concepteurs peuvent visualiser la chronologie de construction de différents métamodèles ainsi que la chronologie de construction des versions intermédiaires d'un métamodèle en particulier.

5.4.7.2 Mise en oeuvre et besoins de formalisation

L'outil de visualisation mis en oeuvre dans Tasmim donne une visualisation de la chronologie de construction des métamodèles et de leurs versions intermédiaires (cf. figure 5.49). Il est chargé de mettre à jour cette visualisation chaque fois qu'un nouveau métamodèle ou une version intermédiaire est créée. La spécification d'un tel outil pose alors de le problème de la représentation des liens entre les différents métamodèles et de leurs versions intermédiaires.

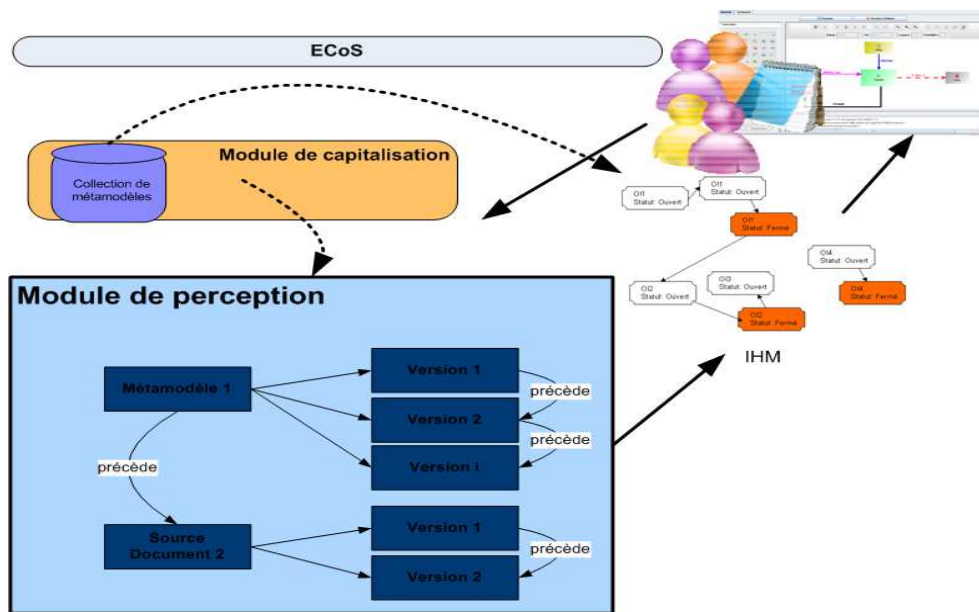


Figure 5.49: Mise en oeuvre du processus de perception

Etant donné que nous souhaitons donner aux usagers-concepteurs un outil qui permet une visualisation rapide et simple des différentes versions d'un métamodèle et de la chronologie de leur construction, nous proposons de les représenter par un graphe. Chaque métamodèle ou version d'un métamodèle est représentée par un noeud et des liens orientés permettent de retrouver la chronologie de leur production. Pour cela, nous décrivons l'ensemble des liens et des noeuds dans un fichier nommé (fichier de flux) dans une notation XML à son tour stocké dans la base de données XML. Ce fichier est structuré selon le modèle représenté dans la figure 5.50.

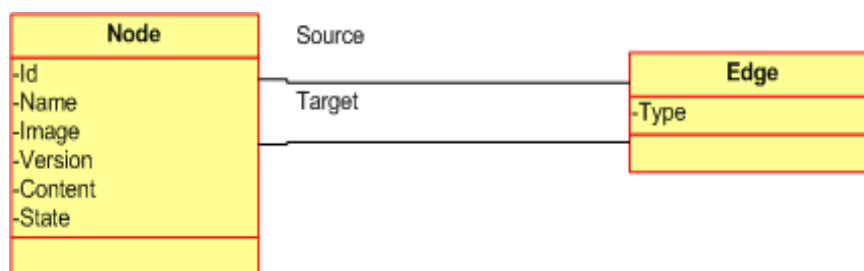


Figure 5.50: Structuration des noeuds et des liens dans l'outil de visualisation

Comme le montre cette figure, un noeud est caractérisé par :

- un "ID" : identifiant attribué automatiquement à la version intermédiaire créée ;
- un "name" : le nom du métamodèle que nous désignons par métamodèle "propriétaire" pour lequel est créée la version intermédiaire ;
- une "image" : l'image choisie pour représenter le noeud (le métamodèle) dans l'outil

de visualisation ;

- une “version” : le nom donné à la version intermédiaire du métamodèle ;
- un “content” : le contenu de la version intermédiaire. Il s’agit ici du nom du fichier XML physique de la version intermédiaire du métamodèle créée. Il est donné automatiquement par le processus de capitalisation lors de sa sauvegarde. Le lien entre le fichier XML de la version intermédiaire du métamodèle et son nom attribué par les usagers-concepteurs est établi dans le fichier de flux ;
- un “state” : l’état de la version intermédiaire (“ouvert” si elle est toujours négociée, “fermé” si elle est consensuelle ou stable).

Un lien entre deux noeuds est caractérisé par un type qui donne une sémantique aux liens entre les noeuds. Dans notre cas, nous avons instrumenté le type “chronologique”. Nous nous basons ainsi sur les dates et heures de production pour établir les liens entre les métamodèles. Nous envisageons d’instrumenter d’autres types de liens qui permettent par exemple de visualiser les versions des métamodèles produits dans une période particulière, ou encore les versions qui ont été abandonnées ou rejetées etc.

5.4.7.3 Instrumentation

a. Description de l’outil de visualisation.

La figure 5.51 illustre les cas d’utilisation de l’outil de visualisation²⁰.

Un usager-concepteur peut :

- visualiser la chronologie de construction des métamodèles “propriétaires” ;
- visualiser la chronologie de construction des versions intermédiaires pour un même métamodèle “propriétaire” ;
- visualiser l’état de la version du métamodèle (“ouvert” ou “fermé”) ;
- demander l’édition de n’importe quelle version du métamodèle en sélectionnant le noeud qui la représente dans l’outil ;

²⁰Dans le développement de cet outil, la librairie *prefuse* est utilisée. *Prefuse* est développée en java et offre un ensemble d’outils pour créer des diagrammes, visualiser des données de manière interactive, des cartographies etc.

<http://prefuse.org/>.

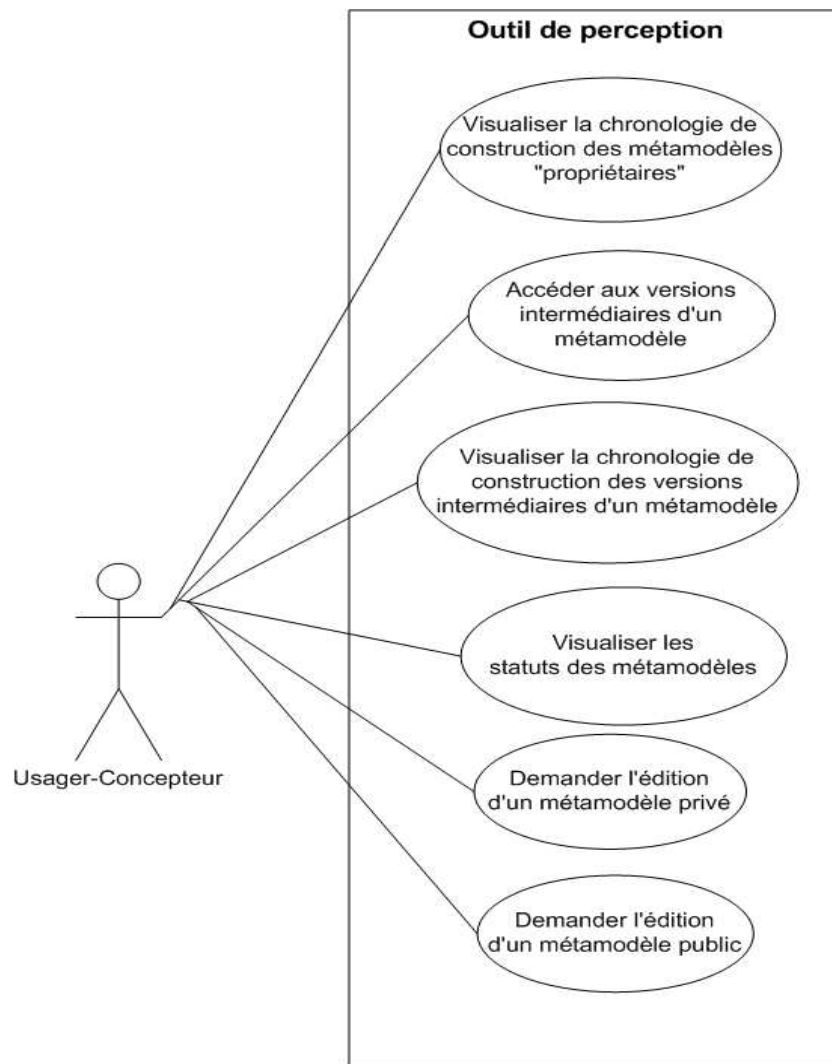


Figure 5.51: Cas d'utilisation de l'outil "visualisation"

Quand une version intermédiaire d'un métamodèle est créée dans ECoS, celui-ci fournit aux usagers-concepteurs lorsqu'ils sauvegardent leur production une interface utilisateur (cf. figure 5.52) où ils doivent préciser : le nom du métamodèle propriétaire de la version intermédiaire, le nom de la version intermédiaire et son statut.

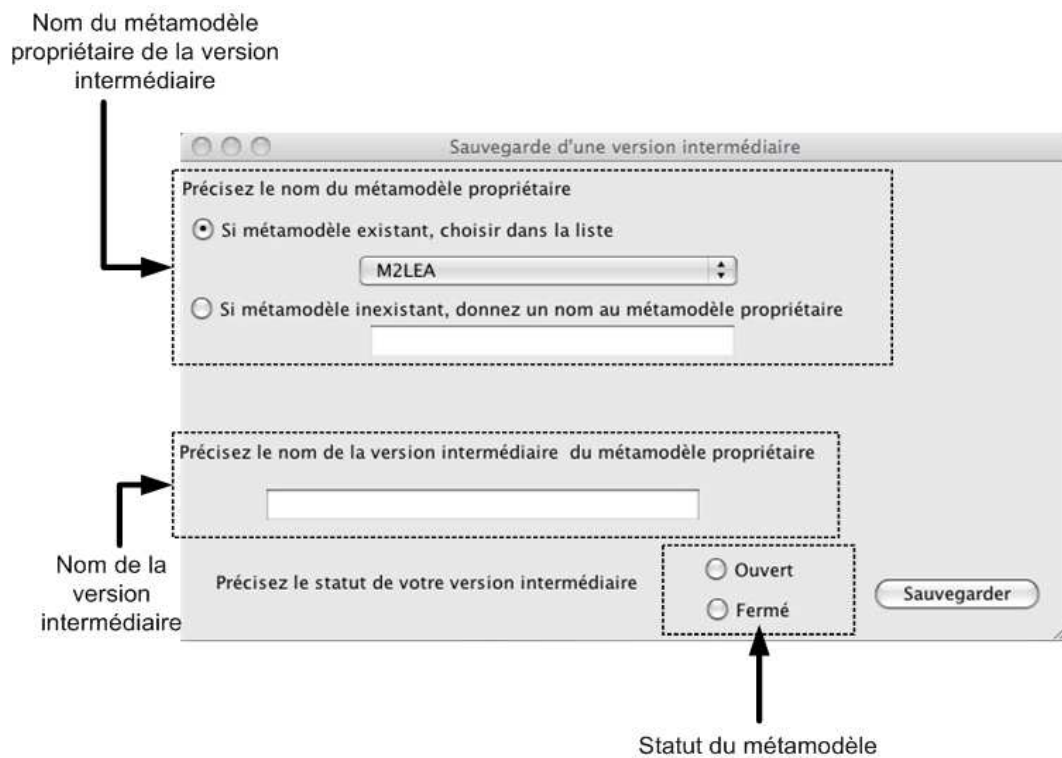


Figure 5.52: Copie écran de l'interface de sauvegarde d'une version intermédiaire d'un métamodèle

En créant diverses versions d'un métamodèle, l'outil de visualisation affiche d'abord la liste des métamodèles propriétaires sous forme de noeuds et les ordonne chronologiquement avec des liens orientés entre les noeuds.

Par exemple, la figure 5.53 est une copie écran de l'outil de visualisation. Dans cette figure, quatre métamodèles (M1, M2, M3, M4) sont affichés sous forme de noeuds dans l'ordre chronologique de leur production (représentées par des flèches). On voit ainsi que le métamodèle "M1" est produit avant "M2", "M2" avant "M3", et "M3" avant "M4".

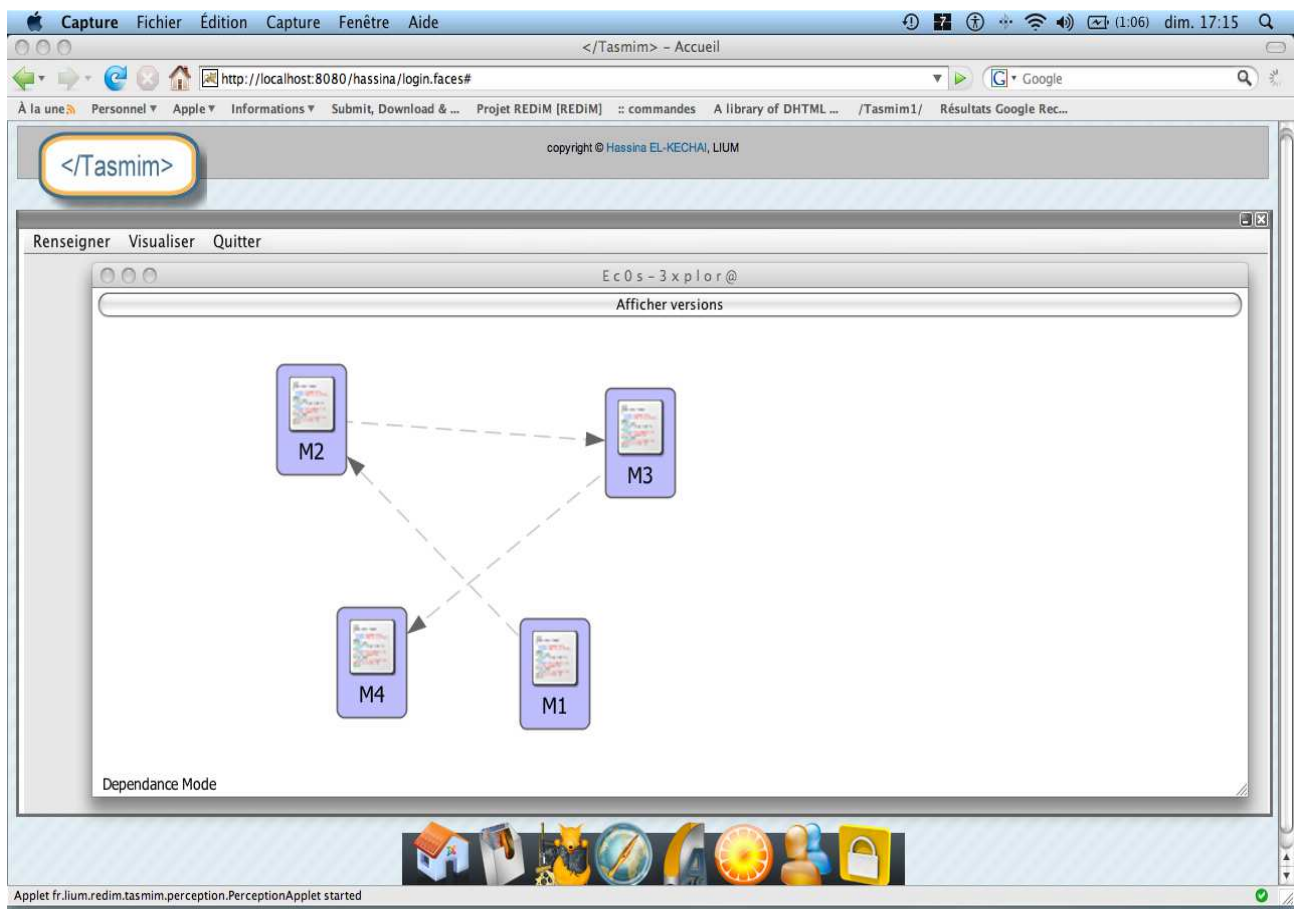


Figure 5.53: Copie écran de la visualisation des métamodèles propriétaires

En double-cliquant sur un noeud, on accède à une deuxième interface utilisateur de l'outil de visualisation. Celle-ci permet de visualiser les versions intermédiaires du métamodèle (représenté par le noeud cliqué).

Par exemple, la figure 5.54 est une copie écran de l'interface affichée lorsqu'on double clique sur le noeud "M3". Dans cette figure, cinq versions intermédiaires du métamodèle "M3" ont été produites et sont affichées à leur tour sous forme de noeuds organisés dans l'ordre chronologique de leur production (avec les flèches).

On voit ainsi que la version "3.1" du métamodèle "M3" est produite avant la version "3.2", "3.2" avant "3.3", "3.3" avant "3.4", elle-même avant la version "3.5". La version "3.5" est ainsi la dernière version du métamodèle "M3" qui a été produite. Pour savoir si cette dernière version est consensuelle, il faut consulter le statut qui lui a été attribué par les usagers-concepteurs. Nous avons choisi de distinguer une version encore en cours de négociation d'une version consensuelle par un code de couleur (bleu pour version consensuelle, gris pour version non consensuelle).

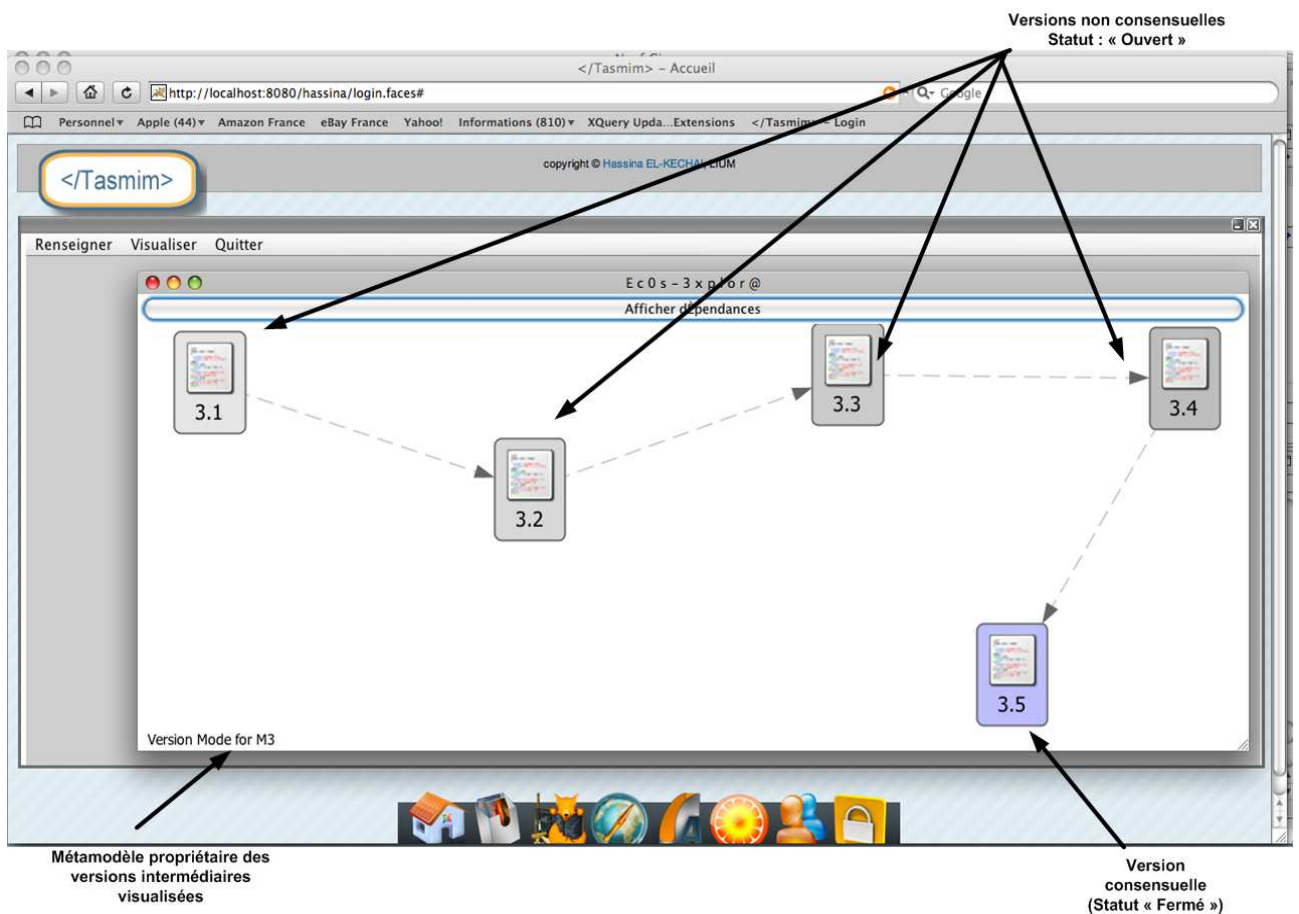


Figure 5.54: Copie écran de la visualisation des versions intermédiaires du métamodèle “M3”

Ainsi, si nous reprenons l'exemple des versions intermédiaires du métamodèle “M3” illustré dans la figure 5.54, nous constatons que seulement le noeud de la version “3.5” est en couleur bleue, alors que les autres sont en gris. La version “3.5” est consentuelle car les usagers-concepteurs lui ont attribué un statut “fermé” ors que pour chacune des autres versions, un statut “ouvert” leur a été attribué.

Un tel exemple permet de déduire que les usagers-concepteurs sont arrivés à un consensus sur la solution de principe. Les usagers-concepteurs peuvent ainsi visualiser toutes les versions qui ont contribué à aboutir à la solution finale, et peuvent à tout moment accéder au contenu de chaque version (possibilité d'éditer dans ECoS à partir de l'outil de visualisation).

Notons toutefois que dans cette interface (cf. figure 5.54), nous ne pouvons distinguer entre des versions antérieures de la solution finale avec les versions qui s'éloignent complètement de la solution et qui ont probablement été abandonnées par les usagers-concepteurs. Même si les deux types de productions peuvent apparaître, nous pensons que les versions abandonnées ou écartées (qui s'éloignent de la solution) contribuent

tout autant dans l'aboutissement à la solution que celles qui sont des versions antérieures de la solution.

b. Formalisation de la chronologie de production des métamodèles.

Nous avons expliqué précédemment que la trace de la construction chronologique des versions des métamodèles est décrite dans un fichier de flux dans une notation XML. Nous avons également expliqué que ce fichier est automatiquement généré conformément au modèle représenté dans la figure 5.50. Il est sauvegardé dans la base de données XML.

Nous donnons dans la figure 5.55 un extrait XML de ce fichier.

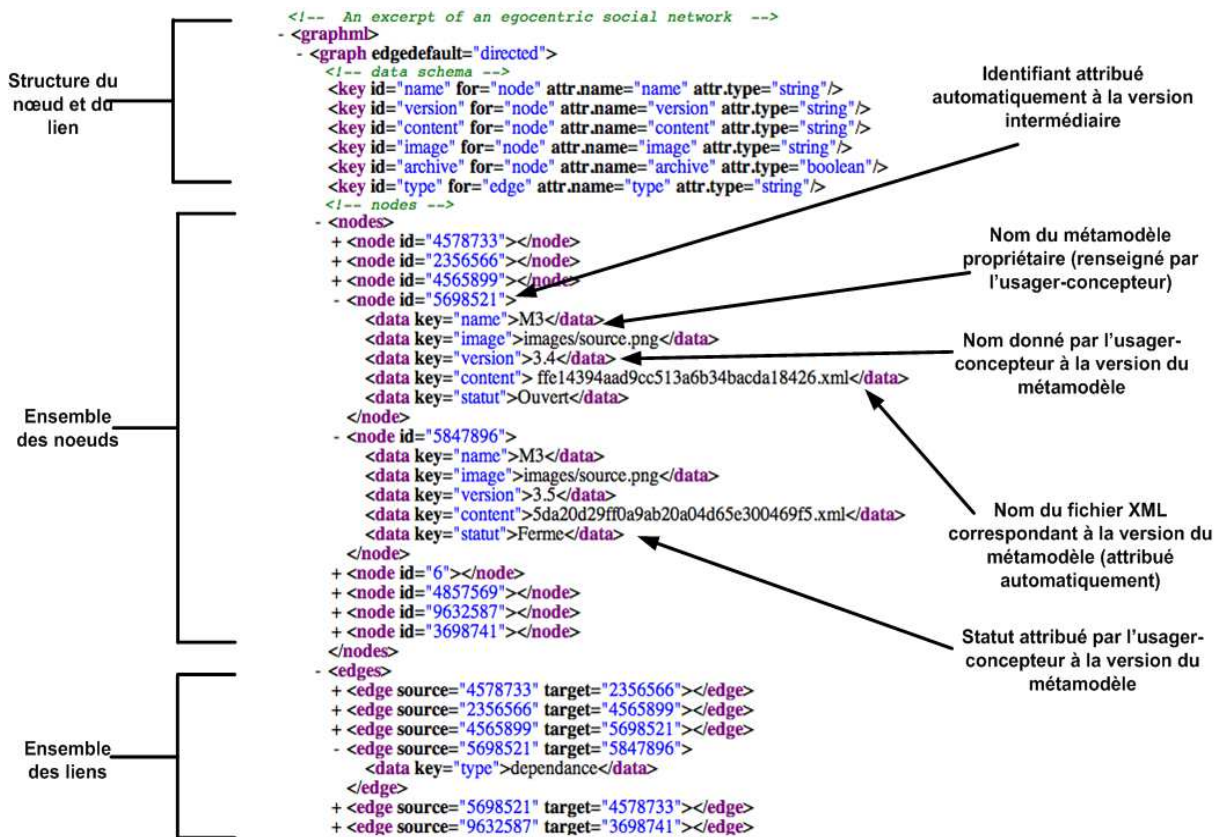


Figure 5.55: Contenu du fichier de flux

Comme le montre cette figure, ce fichier décrit l'ensemble des nœuds correspondant aux versions de métamodèles, et l'ensemble des liens entre ces nœuds. Chaque nœud est décrit par : un identifiant, le nom du métamodèle propriétaire de la version intermédiaire représentée par le nœud en question, le nom de la version intermédiaire créée, le nom du fichier XML de la version intermédiaire tel que sauvegardé physiquement dans la collection des métamodèles (dans la base de données eXist) et le statut de la version intermédiaire créée. Comme c'est décrit dans la figure 5.55, certaines de ces informations sont attribuées automatiquement, d'autres sont renseignées par

l'utilisateur-concepteur (cf. figure 5.52).

6 Mise en oeuvre dans le contexte LPCRSPM

Sommaire

- 6.1 Présentation de l'étude menée dans le projet LPCRSPM
- 6.2 Description du déroulement de l'activité de conception du scénario pédagogique
- 6.3 Les objets produits
- 6.4 Analyse
- 6.5 Discussion

Dans cette section, nous proposons un exemple de mise en oeuvre de notre approche instrumentée dans un contexte de conception collective que nous désignons par “LPCRSPM”.

Nous décrivons d'abord le contexte de ce projet (ses objectifs, le processus de développement mis en oeuvre etc.). Nous décrivons ensuite le déroulement de l'activité de conception des scénarios pédagogiques dans ce projet. Nous analysons cette activité du point de vue de la production des métamodèles et finissons par une discussion.

6.1 Présentation de l'étude menée dans le projet LPCRSPM

6.1.1 Contexte du projet de conception LPCRSPM

Ce projet est réalisé par des étudiants en LPCRSPM¹. Il s'inscrit dans le cadre des projets tuteurés qui sont proposés aux étudiants tous les ans. L'objectif de celui-ci est d'amener ces derniers à mener une réflexion pour la mise en oeuvre d'une situation d'apprentissage à destination d'apprenants.

Cette situation d'apprentissage doit être opérationnalisée dans un système informatique, qui à son tour doit être développé. Pour pouvoir le faire, les étudiants sont amenés à définir et à décrire la situation d'apprentissage par un scénario pédagogique.

Afin de mener à bien ce projet, notre public de concepteurs doit réfléchir à :

¹Licence Professionnelle en Conception et Réalisation de Services et Produits Multimédias.

1. la mise en place du projet : organisation, planning, répartitions des tâches ;
2. la conception d'un scénario pédagogique ;
3. la production des ressources telles que des cours, des exercices, des évaluations qui seront disponibles et adaptées à la situation d'apprentissage.

L'objet dont il est question dans ce projet tuteuré porte sur la conception et le développement d'un système d'apprentissage, sous la forme d'une application multimédia mettant en oeuvre un scénario pédagogique dont l'objectif est de :

- permettre de découvrir la ville de Laval de manière interactive à travers un parcours ludo-éducatif ;
- mettre l'apprenant au centre de l'expérience multimédia (personnalisation), mêler l'univers ludique des jeux-vidéos bien connus des jeunes avec un contenu pédagogique dans cette application multimédia ;
- promouvoir la ville de Laval auprès des jeunes et proposer une découverte de l'histoire de la ville de Laval au travers du module ludo-éducatif.

Le produit doit être un complément de cours d'histoire de niveau collège. Par conséquent, la cible d'apprenants privilégiée est contenue dans une tranche d'âge de 10-14 ans.

Afin d'organiser l'environnement de travail des étudiants concepteurs, nous avons proposé, défini et mis en oeuvre un processus de développement logiciel. Ce dernier composé de différentes étapes constitue une démarche que peuvent suivre les étudiants afin de mener à bien leur projet.

Une des étapes clés de ce processus consiste à spécifier la situation d'apprentissage et à produire un scénario pédagogique qui réponde à ces spécificités. Pour cela, le scénario en question est conçu lors d'une activité de conception collective où Tasmim est utilisé. Durant cette activité, les étudiants réalisent un travail de conception pédagogique.

Nous observons et décrivons dans cette section le déroulement de l'expérience de conception dans cette activité.

6.1.1.1 Objectifs de l'étude menée et adéquation de la situation avec nos objectifs

L'objectif est ici d'observer et de décrire dans le cadre d'une expérience de modélisation pédagogique comment se réifie notre approche dans un contexte de conception instrumentée.

Pour décrire le scénario pédagogique, les étudiants doivent définir un métamodèle. Lors de la conception de ce métamodèle, nous souhaitons étudier comment se réifie :

- La construction du métamodèle, à partir d'une mise à plat d'un cahier de charges que nous avons rédigé au préalable et que nous avons fourni aux étudiants. Ce cahier

de charges décrit les orientations fonctionnelles de l'application à développer. Les étudiants concepteurs doivent se conformer à ces orientations. Elles ne portent pas sur les spécifications de la situation d'apprentissage à décrire mais sur la nature de l'activité d'apprentissage : ludo-éducative, le public visé : âgé de 10 à 14 ans, délais de réalisation à respecter, etc.. Pour le reste rien n'est imposé, les concepteurs peuvent décrire leur situation d'apprentissage sans aucune contrainte.

- La construction de références communes et de visions partagées de la situation à décrire à travers le travail de conception du métamodèle.
- et finalement tout le processus qui a amené à la production de ce métamodèle.

La motivation principale qui nous amène à réaliser cette étude est qu'un des objectifs principaux du projet LPCRSPM porte sur l'apprentissage de la conception pédagogique. En effet, une des spécialisations qu'offre cette formation porte sur l'acquisition de savoirs et de compétences en e-learning, et en particulier en modélisation pédagogique. Il constitue donc une bonne opportunité d'étude d'une situation de conception pour valider (ou invalider) nos hypothèses.

Il est vrai que dans cette expérimentation, le public de concepteurs visé n'est pas composé d'enseignants. Nous avons souvent cité tout le long de ce document les enseignants en tant qu'experts du domaine pédagogique. Or, les étudiants dans cette expérimentation n'ont pas d'expertise pédagogique préalable. Néanmoins, la situation d'observation mise en place répond à nos objectifs d'analyse pour plusieurs raisons :

- Les étudiants sont totalement néophytes dans le domaine de la modélisation pédagogique. Ce projet constitue leur première expérience dans ce domaine. C'est un contexte qui nous semble donc intéressant pour tester les difficultés que peut poser notre approche de conception pour un public non expert en modélisation pédagogique.
- Il s'agit effectivement d'une situation de conception. Le produit à concevoir n'existe pas, correspond à une commande réelle. C'est donc un gage qu'il y a bien quelque chose à concevoir et surtout qu'il y a un enjeu à le concevoir.
- Dans cette situation, les étudiants concepteurs dans ce projet sont évalués entre autres sur la qualité de leur créativité en termes de spécifications de la situation d'apprentissage. Ils n'ont pas de consignes particulières et aucun métamodèle n'est proposé pour ne pas influencer, guider ou freiner cette créativité.

Certes, notre public de concepteurs ne dispose pas d'expertise pédagogique du domaine d'apprentissage, mais ce dernier dans notre cas porte sur un sujet qui est à sa portée, en l'occurrence l'histoire de la ville de Laval.

Même s'il manque de pratique pédagogique, nous pensons que ce manque n'interfère pas avec notre objectif d'étude : comprendre comment une activité de conception collective de scénarios pédagogiques dans une situation médiatisée s'accomplit processuellement, dans

l'interaction. C'est donc en fonction de cette adéquation que nous pouvons mener l'analyse dont nous rendons compte dans la suite.

6.1.1.2 Démarche mise en oeuvre dans le projet LPCRSPM

Pour mener cette étude, nous avons adopté une démarche au cours de laquelle différents acteurs interviennent.

Ainsi, comme le montre la figure 6.1 :

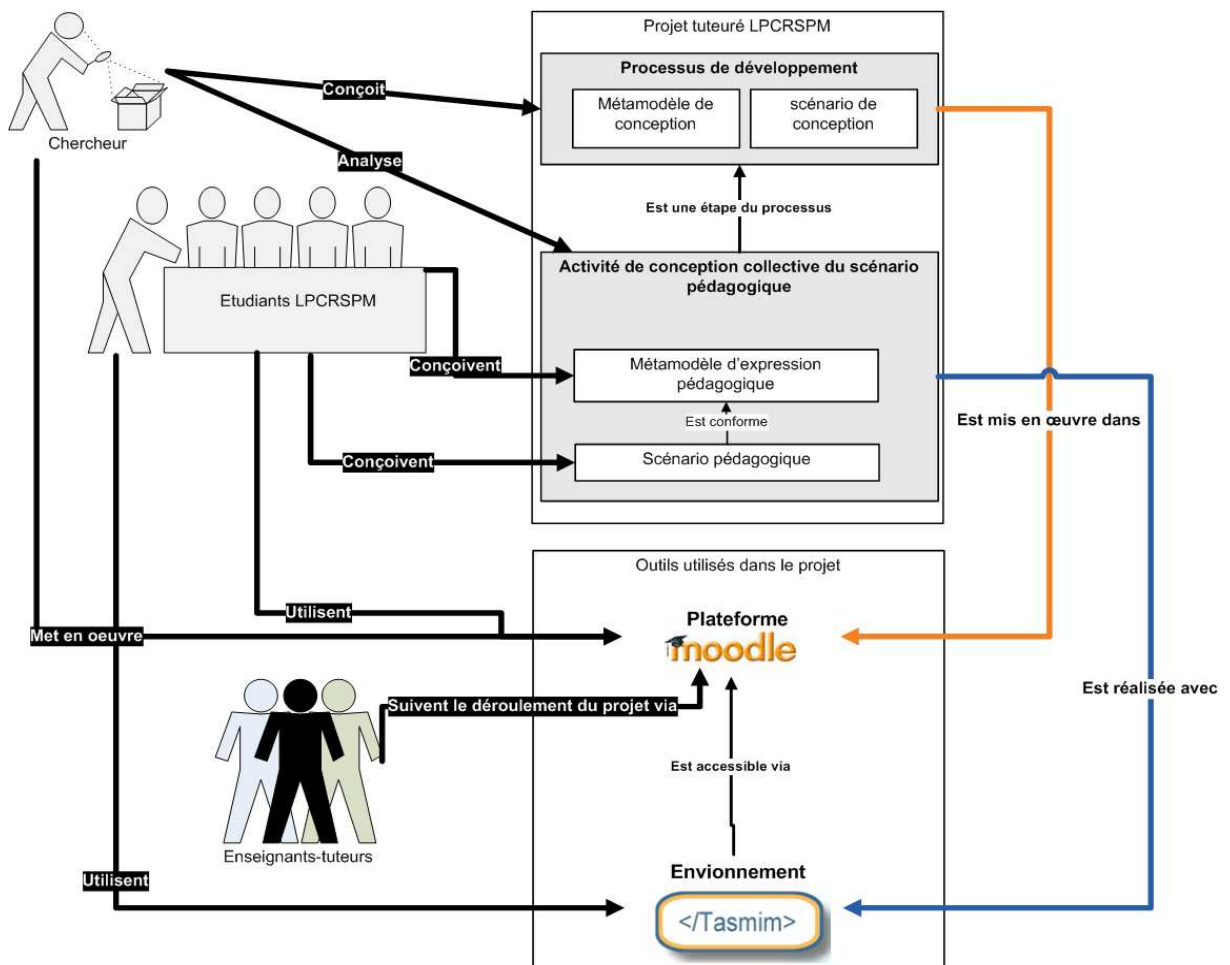


Figure 6.1: Démarche mise en oeuvre dans le projet LPCRSPM

- Nous avons défini et mis en oeuvre un processus de développement de l'application qu'il était demandé de développer. C'est dans ce processus que s'inscrit l'activité de conception du scénario qui doit être opérationnalisé dans l'application en question. Ce processus est composé d'un certain nombre d'étapes. La conception du scénario se situe au niveau de l'étape 2 de ce processus. Il est présenté dans la section 6.1.2.1.
- Nous avons décrit ces différentes étapes du processus par un métamodèle que nous

désignons par “métamodèle de conception”² et nous avons défini un scénario conformément à ce métamodèle que nous avons proposé aux concepteurs pour réaliser leur projet. Ce scénario, nous le désignons par “scénario de conception”³. Il permet de décrire le parcours de conception que doivent réaliser les étudiants : les différentes étapes du processus de conception, les productions, les outils utilisés etc. Le métamodèle ainsi que le scénario de conception sont illustrés respectivement dans les figures 6.4 et 6.5.

- Nous avons mis en oeuvre le scénario de conception dans la plateforme Moodle. Le scénario de conception a permis de structurer et d'organiser l'espace de travail des étudiants concepteurs dans la plateforme. Cette mise en oeuvre est présentée dans la section 6.1.2.2.
- Nous avons mis à disposition Tasmim aux concepteurs pour réaliser la deuxième étape décrite par le scénario de conception. Cette deuxième étape porte sur la définition d'un métamodèle et d'un scénario pédagogique de l'activité d'apprentissage à destination des collégiens. Tasmim est accessible via Moodle.
- Nous avons mené une analyse de l'activité de conception du scénario pédagogique pour tester dans quelle mesure les hypothèses que l'on a posées sont-elles valides ou pas.

6.1.2 Le processus de développement mis en oeuvre dans le projet LPCRSPM

6.1.2.1 Conception

Le processus de développement que nous proposons dans ce contexte est un processus en Y composé de trois axes, et qui est présenté dans la figure 6.2. Cette Figure permet de situer l'activité de conception du scénario que nous proposons d'étudier et d'analyser. Elle se situe dans le premier axe.

Ce modèle en Y propose un cheminement dans la conception du scénario pédagogique qui peut être mené en parallèle avec les spécifications techniques de l'application. L'objectif d'un tel découpage est de permettre de définir des jalons intermédiaires permettant la validation de la conception et du développement, c'est-à-dire la conformité de l'application avec les besoins exprimés. Ainsi, l'opérationnalisation ici a joué un rôle dans la validation de la conception durant tout le cycle de vie du scénario conçu.

²Ne pas confondre avec métamodèle d'expression pédagogique. Le métamodèle de conception permet de décrire le processus de conception.

³Ne pas confondre scénario de conception et scénario pédagogique. Alors que ce dernier décrit une situation d'apprentissage, le premier décrit le processus de conception qui a produit le scénario pédagogique.

Les étudiants participant à ce projet ont deux profils différents : les concepteurs et les intégrateurs. Ces derniers dans ce projet jouent le rôle d'ingénieurs de développement qui s'occupent de la réalisation du produit à partir des spécifications du dispositif d'apprentissage définies par les concepteurs avec leur participation.

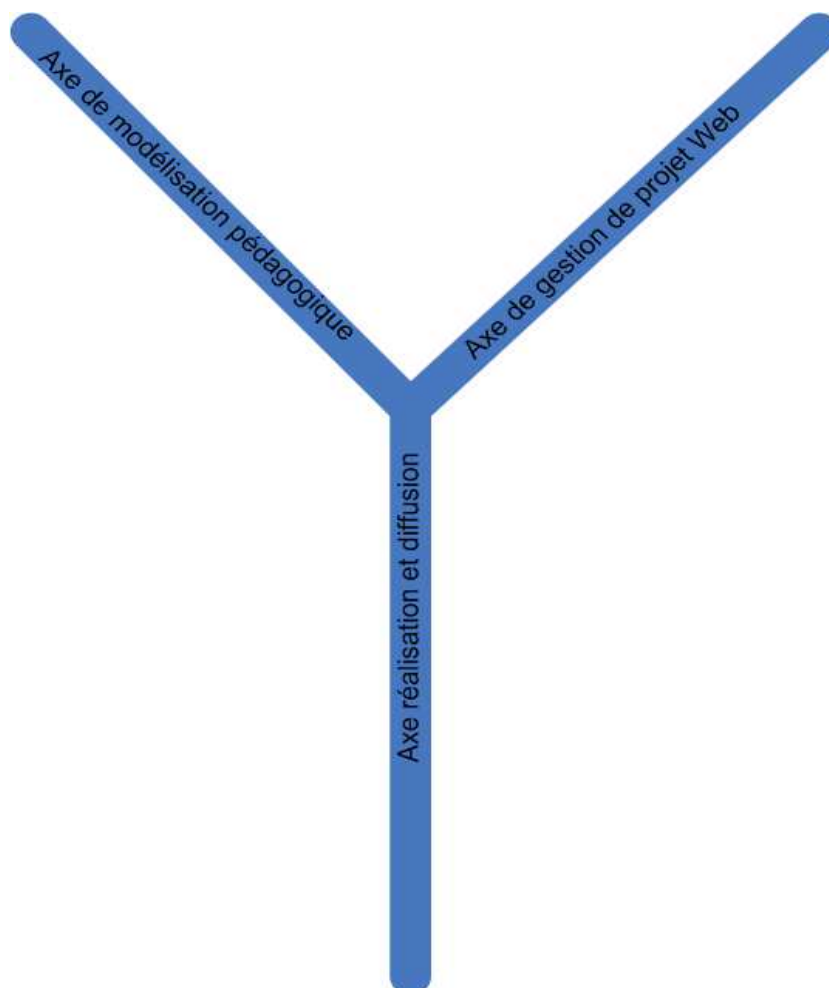


Figure 6.2: Modèle Y des trois axes du projet

Ce modèle en Y comprend :

- Un axe pédagogique portant sur la conception de la situation d'apprentissage d'un point de vue pédagogique (indépendamment de l'opérationnalisation cible) en termes d'objectifs, de stratégies, de modalités et de contenus pédagogiques. C'est dans cet axe que le métamodèle et le scénario pédagogique de la situation d'apprentissage visée sont explicités.

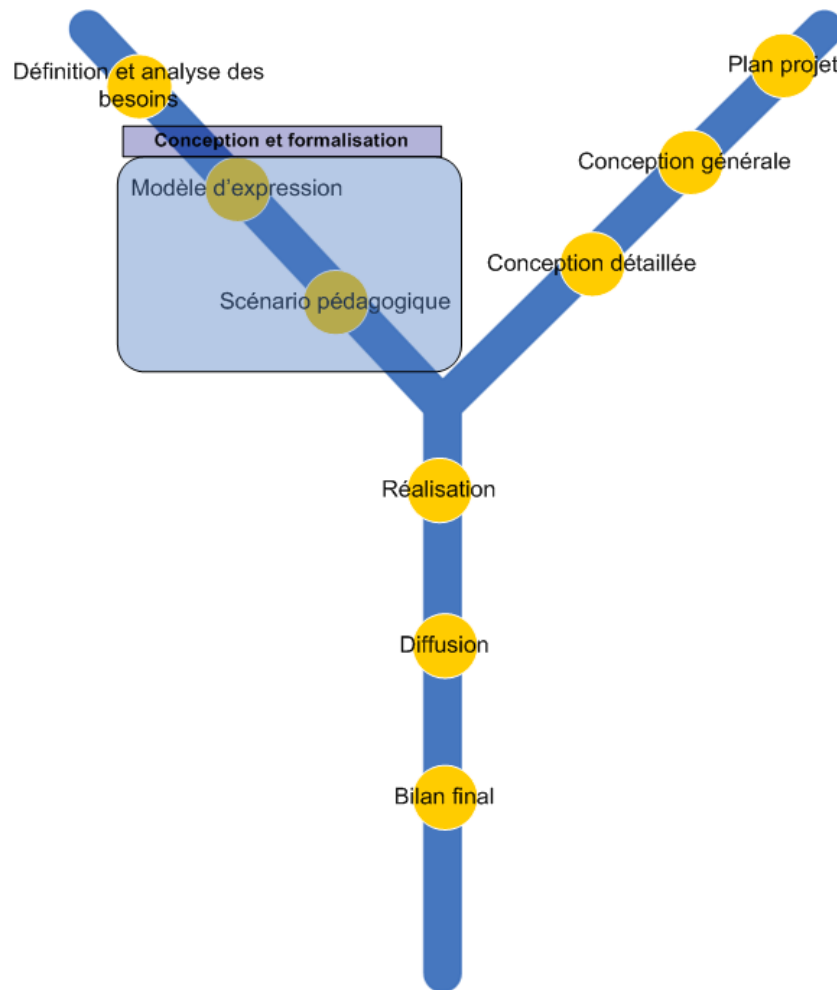


Figure 6.3: Différentes étapes proposées

- Un axe techno-centré portant sur la réflexion autour d'une application (Web) à développer pour diffuser le scénario. La conception IHM de cet environnement sera guidée par le métamodèle produit dans le précédent axe qui permet de définir les parcours de navigation. Cet axe est inscrit dans une démarche de gestion de projet Web composée des étapes : rédaction d'un plan projet, conception générale, conception détaillée.
- Un axe de réalisation et de diffusion portant sur l'opérationnalisation de la situation d'apprentissage. Etant donné la nature ludique de l'application, celle-ci doit être attractive. Le cahier des charges établi pour cette activité stipule que l'application qui doit être développée propose un décor dans lequel l'apprenant est mis dans une situation de découverte. Etant donné la spécificité de l'activité d'apprentissage, et afin de préserver cette spécificité, le choix d'opérationnalisation porte sur un développement qui respecte le principe de correspondance structurelle avec le métamodèle produit dans l'axe précédent.

Ainsi, le projet comporte à la fois un aspect de conception de la situation d'apprentissage et de l'application et un aspect opérationnalisation. L'opérationnalisation est décrite en annexe.

Chaque axe est composé d'un certain nombre d'étapes composant un parcours de conception comme présenté dans la figure 6.3.

- Dans l'axe pédagogique, les concepteurs réalisent :
 - une analyse de la situation d'apprentissage à décrire et une réflexion sur des contenus pour le public visé etc. ;
 - une conception pédagogique de la situation d'apprentissage basée sur les résultats de l'analyse précédente ;

Il s'agit à cette étape de la création du métamodèle d'expression et du scénario pédagogique de l'activité d'apprentissage, cette étape constituant le bloc "Conception et formalisation" (cf. figure 6.3) ;

- Dans l'axe gestion de projet, les concepteurs réalisent :
 - une étape de rédaction d'un plan projet au cours de laquelle les tâches sont réparties, les contours de l'application sont définis etc. ;
 - une étape de conception générale au cours de laquelle la structure, le rubriquage, les trames, et l'aspect de l'application sont définis ;
 - une étape de conception détaillée au cours de laquelle les détails de l'IHM sont décrits (le type de navigation à mettre en oeuvre, les dimensions et couleurs des boutons etc.) ;
- Dans l'axe réalisation et diffusion, les intégrateurs réalisent le développement de l'application en suivant toutes les recommandations fournies par les étapes précédentes. L'objectif est d'aboutir à une application éducative adaptée aux besoins énoncés en conception.

6.1.2.2 Mise en oeuvre

Afin de mettre en oeuvre le processus précédent, nous avons décrit le parcours illustré par la figure 6.3 sous forme d'un scénario de conception. Nous l'avons modélisé conformément à un métamodèle de conception que nous avons défini.

Le métamodèle de conception est représenté dans la figure 6.4 et le scénario de conception est représenté dans la figure 6.5. Nous avons ensuite mis en oeuvre et opérationnalisé le scénario de conception dans la plateforme Moodle⁴. Ce scénario de conception a permis de structurer l'espace de travail des concepteurs sous forme d'une progression en ligne (les différentes étapes) donnant accès à un certain nombre d'outils y compris l'accès à Tasmim.

⁴<http://moodle.org>.

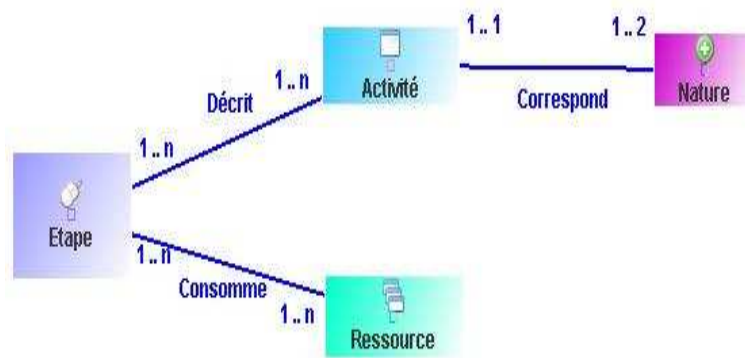


Figure 6.4: Métamodèle de conception mis en oeuvre dans Moodle

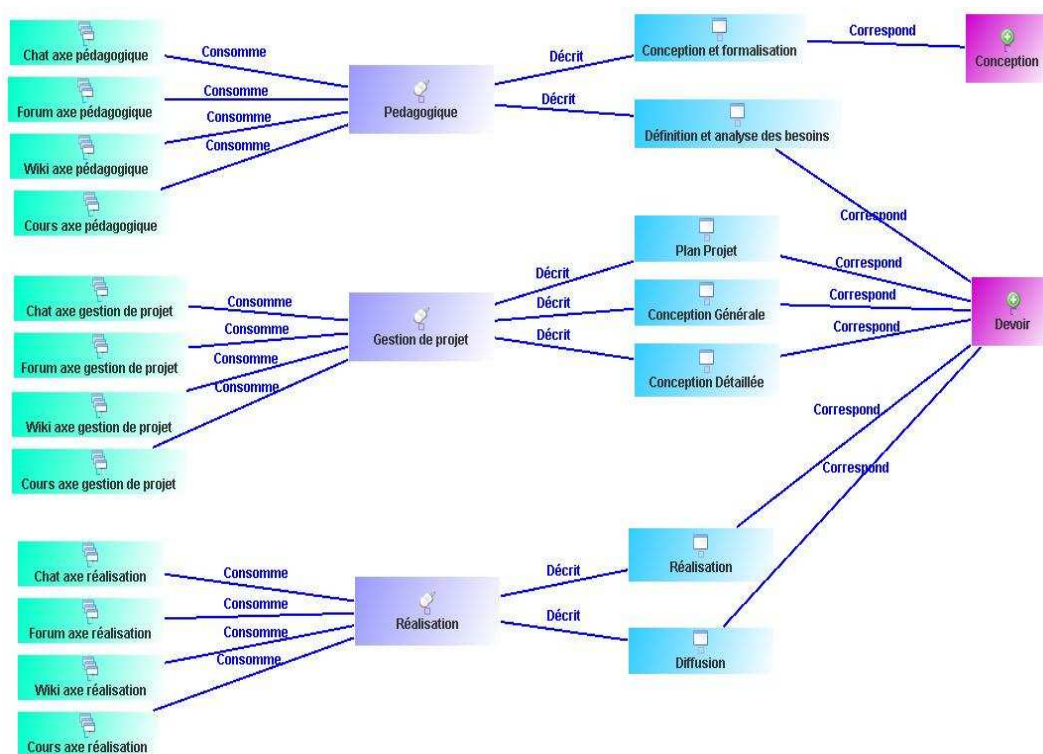
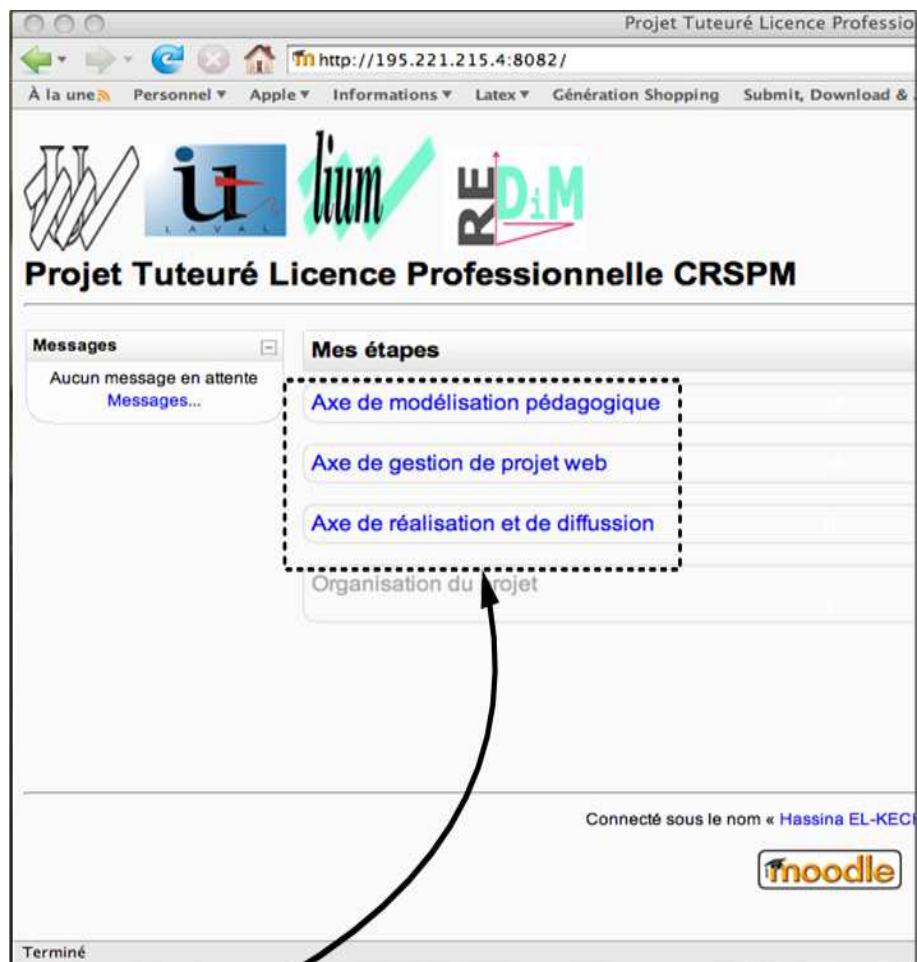


Figure 6.5: Scénario de conception mis en oeuvre dans Moodle

Ainsi, comme le montre quelques copies écran (cf. figure 6.6 et figure 6.7), on retrouve les différents concepts du métamodèle de conception à savoir les différents axes donnant accès chacun à un espace de travail composé de l'ensemble des étapes de l'axe en question. Chaque étape permet l'accès à des espaces de travail proposant un ensemble d'outils accessibles pour pouvoir mener le travail de conception. Les concepteurs disposent ainsi d'un environnement de travail pour réaliser leur projet.



Accès à l'espace de travail pour
chaque axe de conception

Figure 6.6: copie écran moodle décrivant les trois axes du projet proposé

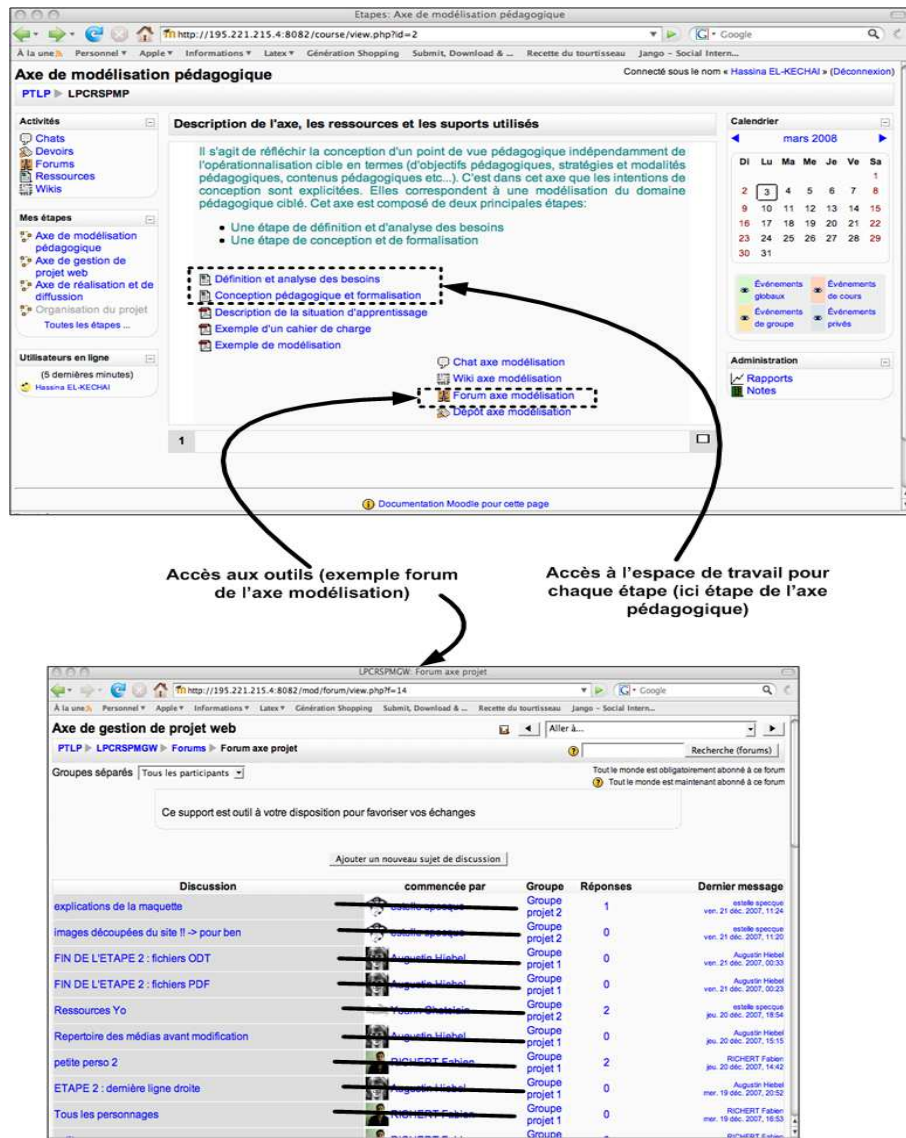


Figure 6.7: copie écran moodle décrivant la mise en oeuvre du scénario de conception

6.2 Description du déroulement de l'activité de conception du scénario pédagogique

L'activité de conception de scénarios pédagogiques (deuxième étape du processus de développement) s'est déroulée dans un espace et un temps limité durant une séance de conception où nous étions présents en tant qu'observateurs. Les acteurs étaient autonomes. Deux groupes ont participé à l'activité de conception du scénario pédagogique. Chaque groupe est composé de 5 étudiants. La séance de conception s'est déroulée dans une salle où les étudiants étaient éloignés, chacun sur un poste. Pour leur permettre de communiquer, nous avons mis à disposition dans Tasmim un chat et un outil qui leur permet de poster des messages pour communiquer pendant la conception du scénario pédagogique.

Les concepteurs sont arrivés à cette séance avec une relative appropriation du problème à résoudre. En effet, cette activité fait suite à une phase d'analyse qui a consisté pour l'essentiel en des séances de brainstorming durant lesquelles, les concepteurs ont défini leur objectif de travail, ont tenté de cerner grossièrement le type de produit qu'ils doivent concevoir. Par la suite, ils ont entamé ce que l'on peut nommer rétrospectivement un processus de décision sur une solution consistant pour l'essentiel en une description textuelle du scénario à mettre en oeuvre. Cette dernière porte sur les principales spécifications de la situation d'apprentissage à décrire et les contours du module ludo-éducatif qu'il était demandé de développer.

C'est ainsi qu'en arrivant à la séance de conception du scénario pédagogique que nous décrivons ici, une première description textuelle du scénario réifiant le parcours de l'élève dans le module ludo-éducatif à mettre en oeuvre est déjà réalisée. Une solution de principe concernant le produit à décrire est retenue, comme point de départ dans cette séance.

Ces spécifications sont rédigées et sauvegardées sous forme de notes dans la plateforme Moodle. Les concepteurs du scénario ont utilisé ces notes pour concevoir et structurer leur scénario dans ECoS. Un exemple de ces notes est donné dans la figure 6.8.

Détails

Le nom de notre site sera « Laval du temps » (provisoire). Nous avons choisit ce nom car le module, centré sur la ville de Laval dans l'Histoire, propose à l'utilisateur de voyager au fil de plusieurs époques et de découvrir les fondements de la ville.

Brainstorming de recherche du nom (voir Annexe).

Point de vue fonctionnel

Nous souhaitons proposer un module ludo-éducatif complémentaire à l'ensemble général du site.

Ainsi, le site sera composé de ressources essentielles à tout utilisateur voulant connaître l'histoire de Laval. Le module sera composé d'animations et d'interactivité. Il donnera un aspect ludique à l'apprentissage, puisque les actions de l'utilisateur lors du module auront une influence sur la suite de celui-ci. Il pourra se tester sur des quizz de fin de niveau et rectifier ses erreurs. Les ressources documentaires du site lui permettront de l'aider à faire les bons choix que ce soit pour le choix des actions que pour répondre aux quizz.

Le but est que l'utilisateur quitte le site avec plus de connaissances et avec le plaisir d'avoir appris de manière ludique l'histoire de Laval.

Figure 6.8: Extrait de notes résultats du brainstorming décrivant les spécifications de la situation d'apprentissage

Le travail de modélisation durant la séance de conception du scénario pédagogique, s'est déroulé pour les deux groupes sur un même modèle séquentiel de production d'un ensemble d'artefacts illustré dans la figure 6.9.

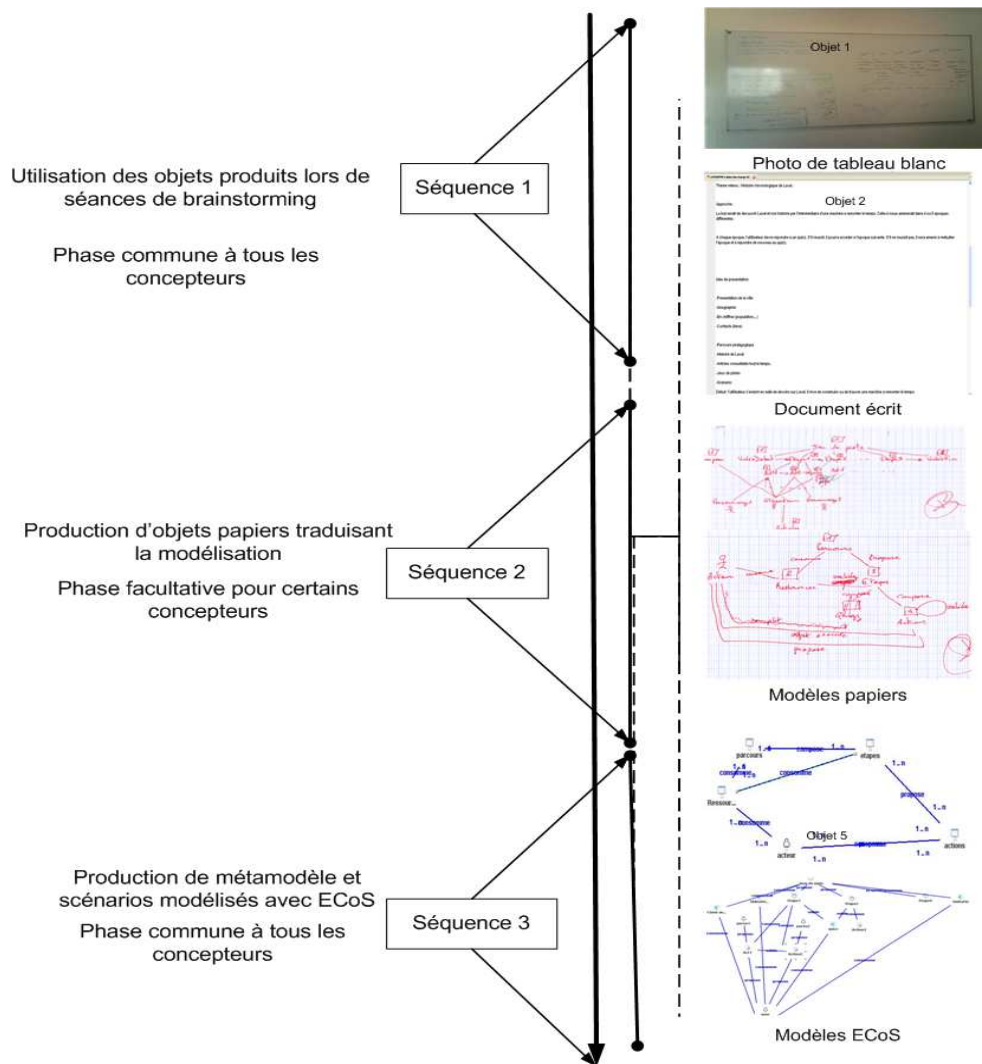


Figure 6.9: Modèle séquentiel de production d'artefacts

Les deux séances de conception (une pour chaque groupe de conception) avec les deux groupes s'est déroulée en différentes séquences. Dans la figure 6.9, nous ne représentons que les séquences qui ont amené à utiliser ou à produire des artefacts.

Les séances se sont déroulées de la façon suivante (deux heures pour chaque groupe) :

- Nous avons commencé par présenter aux participants les outils dont ils disposent pour travailler dans cette séance. Nous leur avons expliqué le rôle et le fonctionnement d'ECoS et des deux vues qu'il propose (métamodèle et scénario) (à peu près 10 minutes).
- Les concepteurs ont passé un peu de temps sur ECoS pour se familiariser avec l'outil (à peu près 1/4 d'heure).
- Les concepteurs se sont connectés sur Moodle pour ouvrir les notes prises lors des

séances de brainstorming. Ces notes comme nous l'avons expliqué précédemment portent sur les spécifications de la situation d'apprentissage qu'ils souhaitent mettre en oeuvre. Les artefacts⁵ utilisés dans cette séquence sont représentés dans la figure 6.9 dans la séquence 1. Cette séquence a consisté essentiellement à lire les notes et à revoir les spécifications de la situation d'apprentissage qu'ils avaient convenus de mettre en oeuvre. Ils ont eu recours à ces spécifications à différents moments durant la séance.

- Dans le premier groupe, tous les membres se sont connectés à ECoS pour commencer leur modélisation en synchrone. Dans le second groupe par contre, alors que certains ont commencé à travailler avec ECoS en synchrone, d'autres ont préféré utiliser du papier pour modéliser leur situation d'apprentissage, en se basant sur les notes produites. Nous avons récupéré certains de ces documents papiers et nous avons pu observer qu'ils ont utilisé le modèle de représentation graphique que propose ECoS pour produire leur métamodèle et scénarios sur papier. Les artefacts produits dans cette séquence sont représentés dans la figure 6.9 dans la séquence 2. Un exemple est illustré dans la figure 6.10.
- Les concepteurs qui ont produit leur métamodèle et scénario sur papier ont à leur tour rejoint les autres membres du groupe sur ECoS pour participer à l'activité de modélisation et pour proposer leurs solutions.

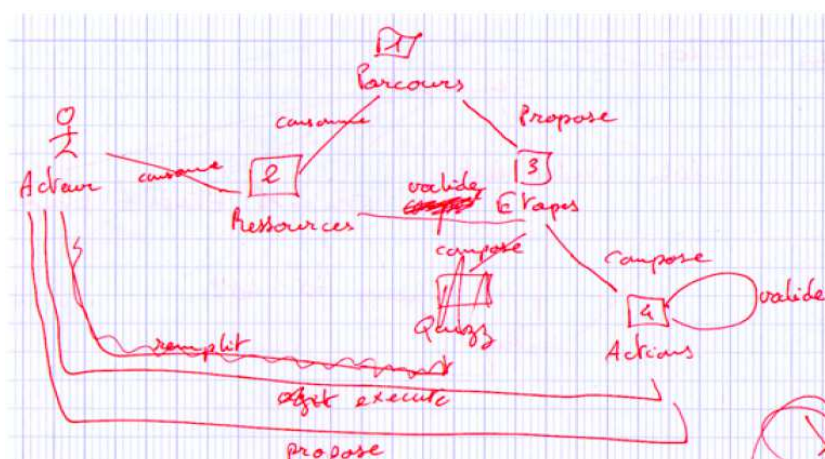


Figure 6.10: Exemple d'une version de métamodèle produite sur papier par un concepteur

⁵Nous voyons dans la figure 6.9 un artefact représentant une photo du tableau blanc sur lequel ont travaillé les étudiants. A la fin d'une de leurs séances de brainstorming, ils ont pris une photo du tableau blanc qu'ils ont déposé dans Moodle.

6.3 Les objets produits

Afin de mener une analyse de cette activité, nous nous sommes basés sur les objets produits au cours de cette séance de conception dans ECoS. Nous les avons analysés, et cette analyse vise à vérifier les hypothèses posées dans la section problématique que nous rappelons ici :

1. Les usagers-concepteurs ne produisent pas leur scénario de manière fixe et immédiate. Le métamodèle et le scénario sont construits simultanément et progressivement.
2. Parce que la conception est progressive, les métamodèles et les scénarios subissent des transformations et traversent différents états (initiaux, intermédiaires, finaux) résultant de l'exploration d'un espace-problème.
3. Permettre la modification des scénarios et des métamodèles permet plusieurs répétitions dans leur description et des essais-erreurs. Ceci favorise une acquisition de connaissances en modélisation par structuration.

Nous sommes donc guidés par ces hypothèses dans l'analyse que nous avons menée. C'est ainsi que pour cerner le déroulement de l'activité, l'accent est mis essentiellement sur deux aspects :

- Le premier porte sur la pertinence du cycle CMS (Cristallisation/Métamodélisation/Scénarisation) que nous avons proposé dans notre approche représenté dans la figure 5.9. Nous rappelons que ce cycle est réifié par la séparation des deux niveaux de description métamodèle/scénario dans ECoS. Nous procédons donc à l'analyse de la construction du couple métamodèle/scénario. Cet aspect permet d'analyser comment est réalisée la construction du métamodèle, quelles sont les transformations qu'il a subies et dans quelle mesure la description du scénario influence ces transformations.
- Le second porte sur la cohérence des modèles produits et de leur structuration. Ceci peut également être mené en recourant à l'analyse de la construction du couple métamodèle/ scénario. Cette analyse porte donc sur l'aspect itératif qu'engendre le cycle métamodélisation/ scénarisation. Ce cycle favorise-t-il des allers/retours entre les deux niveaux de description ? Ces itérations entre métamodèle et scénario favorise-t-elle une meilleure structuration en modélisation ?

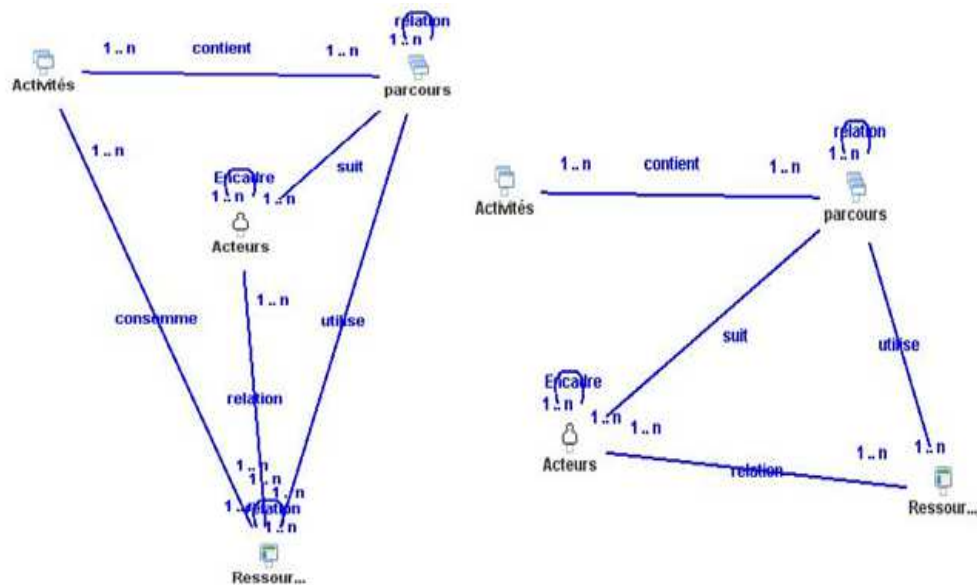
Dans cette analyse, nous sommes basés essentiellement sur les observations de l'activité, et sur l'analyse des traces des actions de modélisation sauvegardées dans la base de données. Ces traces nous ont permis de reconstituer l'historique de construction du métamodèle.

En récupérant le contenu de la base de données du groupe 2, nous nous sommes rendus compte que plusieurs métamodèles ont été produits. En consultant les traces de leur construction, nous avons constaté que plusieurs de ces métamodèles sont des productions individuelles. Nous avons également constaté en consultant les statuts de ces métamodèles

que seulement deux d'entre eux ont un statut "fermé" contrairement aux autres qui ont des statuts "ouverts". Parmi les deux qui ont un statut "fermé", un seul est réalisé collectivement. Il est créé plus tard par rapport aux différentes productions individuelles.

Ceci nous laisse penser que les étudiants dans ce groupe ont réalisé leur activité en deux temps :

- Les concepteurs ont préféré travailler sur ECoS d'abord de manière individuelle, ce qui a abouti à la production de différents métamodèles (quelques productions individuelles produites par les concepteurs du groupe 2 sont données dans la figure 6.11).
- Les concepteurs ont ensuite travaillé ensemble pour produire un métamodèle unique livrable.



```

<language fileName="f060d0888fd7c15e1bb190376832b679.xml" id="f060d0888fd7c15e1bb190376832b679" name="cora" ownerGroup="1" state="private">
  <scenarios>
    <language fileName="c5f001c00d9ecb6d59369d2c8b5b6932.xml" id="c5f001c00d9ecb6d59369d2c8b5b6932.xml" name="coramod" ownerGroup="1" state="private">
    </scenarios>
  </language>

  <language fileName="ffe14394aad9cc513a6b34bacda18426.xml" id="ffe14394aad9cc513a6b34bacda18426" name="lavaland1" ownerGroup="1" state="private">
    <scenarios>
      <language fileName="d94ae0aebc223646480a116f24bf8541.xml" id="d94ae0aebc223646480a116f24bf8541.xml" name="lavalandscenario" ownerGroup="1" state="
    </scenarios>
  </language>

```

Figure 6.11: Quelques exemples de productions individuelles et la description de leur statut dans le fichier descripteur

Contrairement au groupe 2, dans le groupe 1, les étudiants ont travaillé sur un même métamodèle tous ensemble et en synchrone sans aucune production individuelle.

Nous tenons à noter que dans cette expérimentation, nous n'avons récupéré que les traces

de construction du métamodèle. En effet, les sondes n'ont été développées et mises en oeuvre que dans l'espace de la vue "métamodèle" d'ECoS. Nous nous sommes basés sur ces traces générées par la vue "métamodèle" d'ECoS pour reconstituer l'historique de construction du métamodèle en question. Nous avons complété cette analyse par la consultation des échanges entre les concepteurs lors de la construction du métamodèle et par ce que nous avons observé du déroulement de cette conception. En effet, en tant qu'observateur, nous nous sommes connectés dans l'espace partagé d'ECoS, mais sans participer à l'activité. Afin d'illustrer nos propos et notre analyse dans cette section, nous prenons pour exemple l'activité de conception du métamodèle du groupe 1.

Les trois figures 6.12, 6.13 et 6.14 représentent des extraits de l'historique de construction du métamodèle en question.

Nous retrouvons dans chacune de ces figures une représentation graphique du métamodèle, les traces générées par les actions sur le métamodèle à différents moments de la conception. Dans ces figures, nous avons ajouté des extraits des échanges entre les concepteurs. Nous avons sélectionné les messages qui nous semblent les plus pertinents à décrire les transformations subies par le métamodèle représenté dans ces trois figures.

La figure 6.12 est la représentation d'une version du métamodèle qui est construite par les concepteurs à un instant t . Nous avons démarré dans notre exemple par cette représentation car c'est une étape clé. En effet, c'est à partir de cette version que les concepteurs ont basculé dans l'espace scénario pour l'exprimer. Jusque là, il se sont contentés de travailler uniquement sur le métamodèle.

6.3.1 Analyse du premier état du métamodèle

Nous analysons ici le premier état du métamodèle dans les séquences choisies. Cet état est représenté dans la figure 6.12.

- L'analyse commence par l'intervention du concepteur 1⁶ qui propose de créer une primitive "Interaction".
- Le concepteur 2 intervient alors pour demander d'être plus précis dans le choix du nom d'une primitive (ici "Utilisateur") et le remplacer par "Apprenant".
- C'est alors que le concepteur 1 réagit pour évoquer le problème de ce qui lui paraît être une redondance entre deux primitives ("Avatar" et "Utilisateur").
- Le concepteur 1 soulève alors le problème de description de la primitive "Epoques". Il évoque le besoin de garder une ouverture du scénario parce que la solution consistant à énoncer les époques n'est pas encore totalement arrêtée.

⁶Nous utilisons des pseudonymes (concepteur suivi d'un numéro) pour désigner les concepteurs pour des raisons d'anonymat.

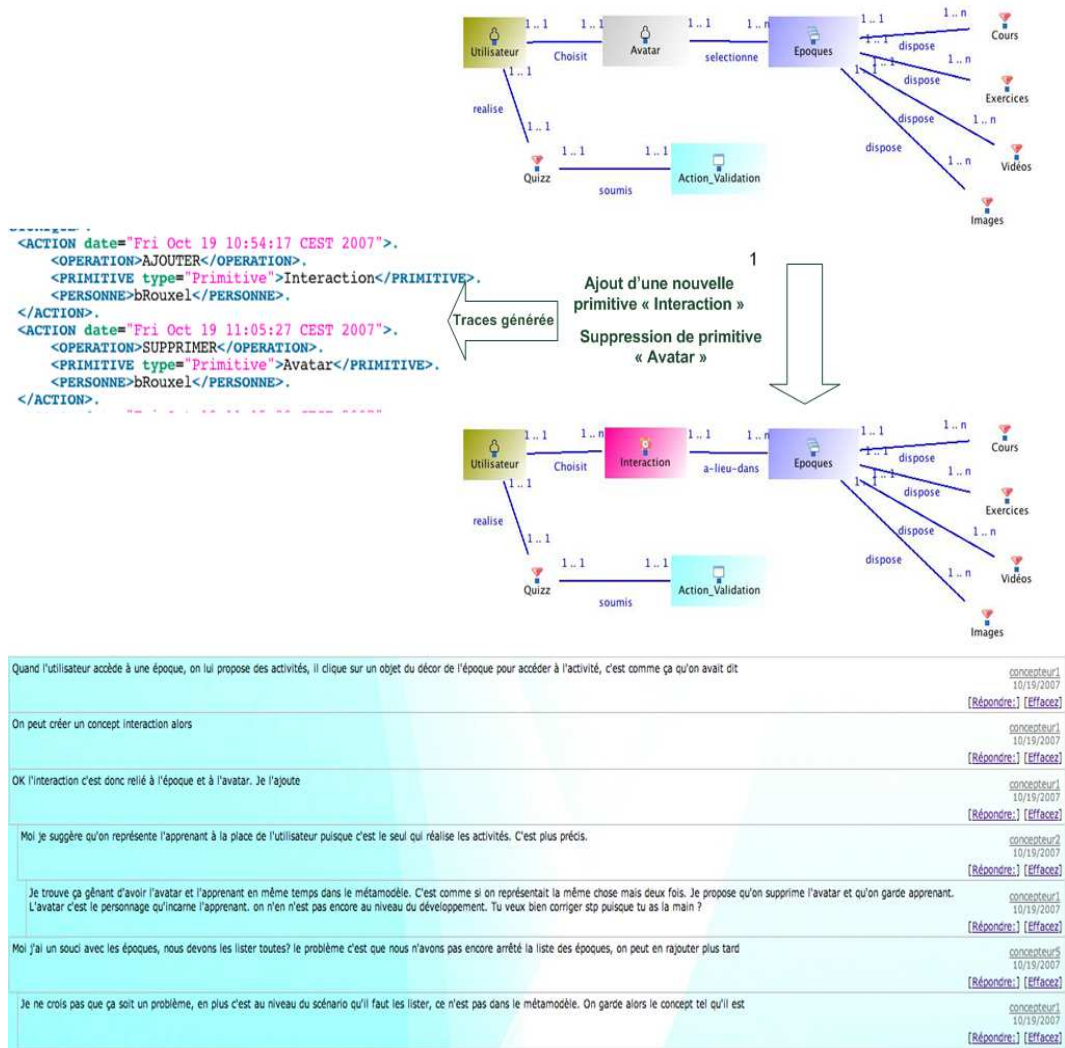


Figure 6.12: Premier état du métamodèle

- La question du choix de la vue pour la représentation de la primitive “Epoques” est évoquée sans plus.

Des transformations sont alors apportées au métamodèle sur la base de ces échanges (création d'une nouvelle primitive “Interaction”, suppression de la primitive “Avatar”).

6.3.2 Analyse du second état du métamodèle

Nous analysons ici le second état du métamodèle dans les séquences choisies. Cet état est représenté dans la figure 6.13.

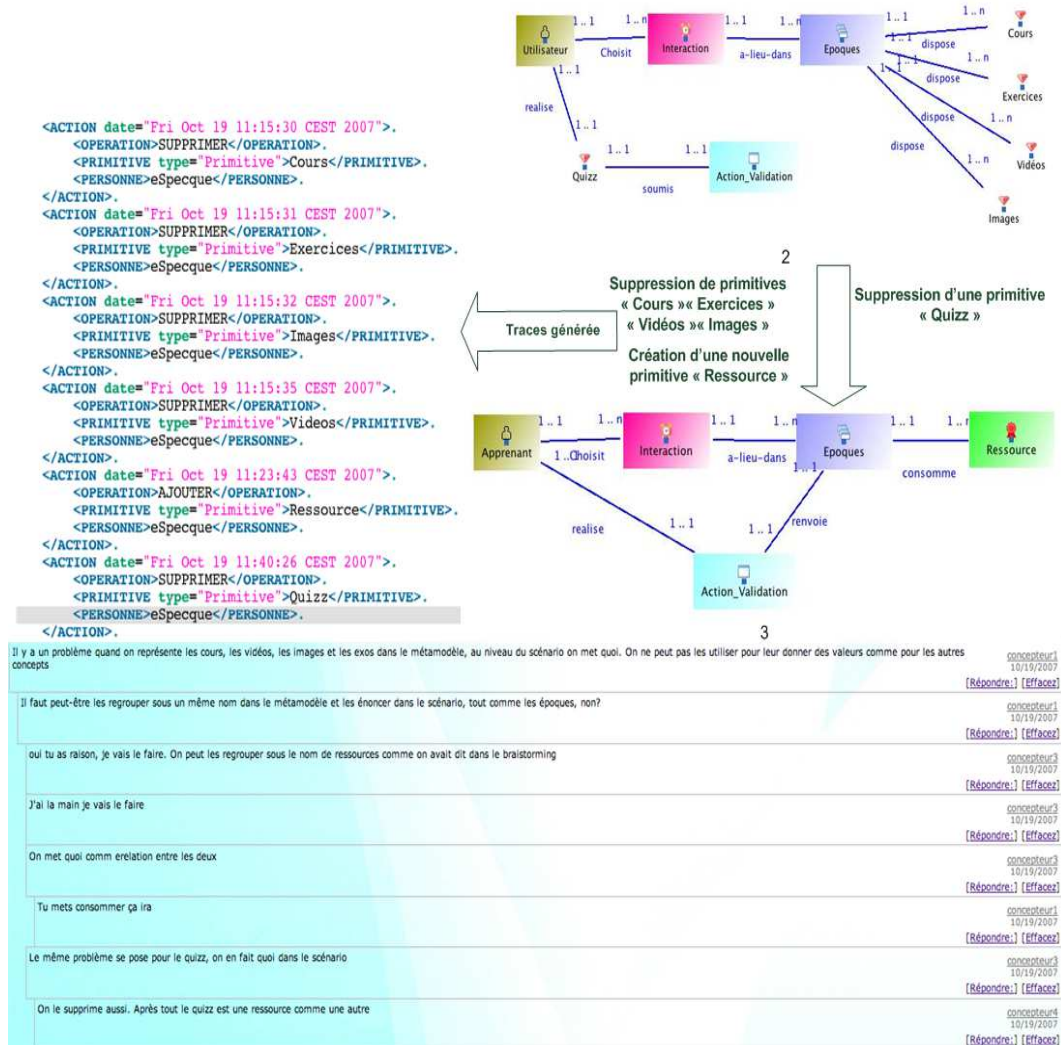


Figure 6.13: Deuxième état du métamodèle

- Le concepteur 1 soulève un problème qui nous semble intéressant. Etant donné la caractéristique d’ECoS qui permet de générer l’espace d’édition du scénario à partir des primitives du métamodèle défini, il semblerait que les concepteurs aient représenté au niveau du métamodèle les ressources qu’ils souhaitent mettre en oeuvre dans les différentes étapes du parcours de l’apprenant (images, vidéos, exercices). Elles sont donc considérées comme des primitives et sont automatiquement proposées aux concepteurs dans l’espace d’édition du scénario. En cherchant à les spécialiser dans la vue scénario, le concepteur 1 pose le problème de leur niveau de description. En

effet, le concepteur 1 se rend compte dans cet espace, que les entités ne sont plus manipulables et éditables et deviennent des éléments particuliers car elles sont déjà spécialisées au niveau du métamodèle.

- Le concepteur 1 en déduit alors qu’elles doivent donc être conceptuelles. Ceci conduit à réorganiser ces entités en éléments types réalisant ainsi un travail d’abstraction et de restructuration. En proposant cette solution, ce concepteur se réfère à la représentation de la primitive “Epoques” qui est décrite de la même façon.
- C’est ainsi que le concepteur 3 soulève que le même problème se pose pour le “Quizz” qui est de même nature que les autres ressources.

Des transformations sont alors apportées au métamodèle au fur et à mesure pour donner plus de cohérence au métamodèle. Dans cette séquence, le scénario a servi de support à l’évaluation de la cohérence du métamodèle.

6.3.3 Analyse du troisième état du métamodèle

Nous analysons ici le troisième état du métamodèle dans les séquences choisies. Cet état est représenté dans la figure 6.14.

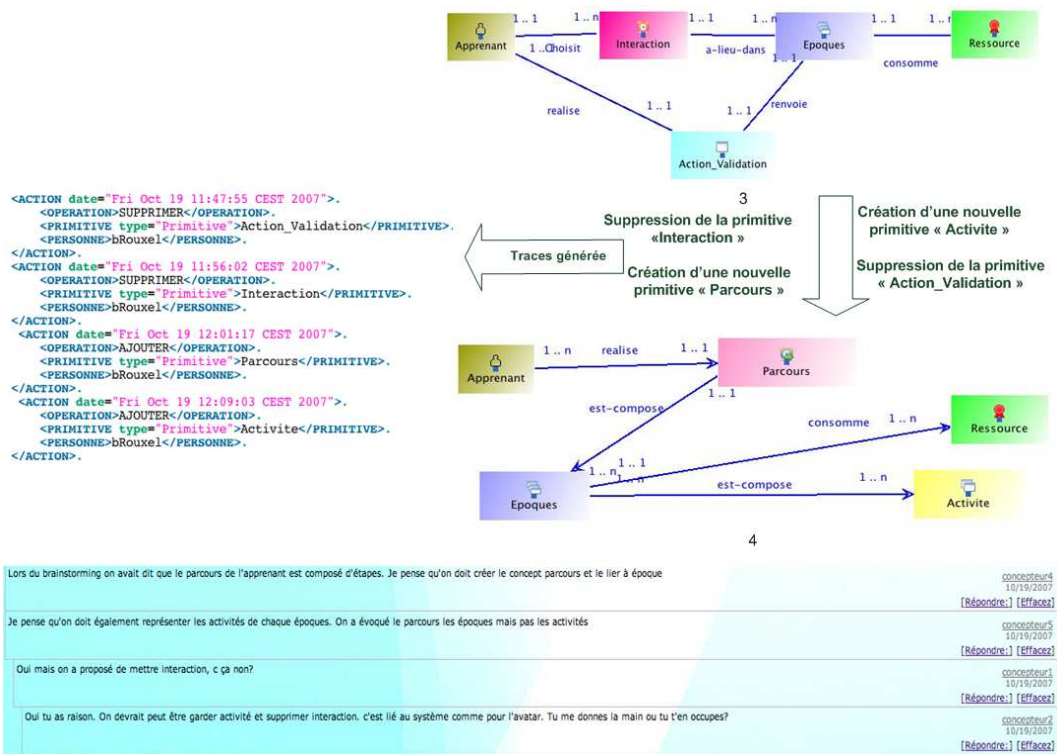


Figure 6.14: Troisième état du métamodèle

- Le concepteur 4 propose d'ajouter une primitive "Parcours", terme souvent utilisé dans les séances de brainstorming.
- Le concepteur 5 évoque alors un problème. Il souligne que l'activité réalisée dans une époque n'est pas du tout abordée. Une primitive "Activité" est alors créée.
- Le concepteur 1 souligne alors que "Interaction" est similaire à "Activité". La justification porte sur le fait que "Activité" est ce que réalise l'apprenant en accédant à une époque. Comme lors des spécifications de la situation d'apprentissage dans les séances de brainstorming, ces activités sont instrumentées au niveau IHM par des "interactions" (primitive déjà représentée dans le métamodèle) entre l'utilisateur et un objet du décor représentant une "Epoque". Il fallait donc choisir entre "Interaction" et "Activité". C'est alors qu'un des concepteurs propose de supprimer "Interaction" pour garder "Activité", ce qui lui semble plus cohérent. Il justifie ce choix par le fait que "Interaction" est un terme plus centré sur l'IHM de la même façon que "Avatar". Nous constatons ici la volonté affichée des concepteurs de choisir des termes indépendamment de l'opérationnalisation (IHM de l'application).

Des transformations sont alors apportées au métamodèle (suppression de "Interaction" et ajout de "Parcours" et de "Activité"). Nous précisons que le métamodèle a subi encore d'autres transformations.

6.4 Analyse

Nous passons maintenant à la partie discussion de cette analyse. Nous commençons par revenir sur les points importants mis en lumière.

6.4.1 Mise en évidence du caractère progressif de la construction des métamodèles

Les figures 6.12, 6.13 et 6.14, illustrent la construction progressive du métamodèle. Elles montrent notamment que les interventions s'appuient sur des énoncés de problèmes et de proposition de solutions.

Les concepteurs mettent en avant les spécifications élaborées lors des précédentes séances de brainstorming. C'est grâce à ces spécifications que certaines décisions sont prises. A différents moments du déroulement de la séance, des représentations intermédiaires du métamodèle final sont produites. Elles ne sont pas stables mais dépendent de l'état courant de la conception.

Certes, arriver avec une solution de principe sur la situation à décrire a du orienter la conception du métamodèle, mais cette conception durant les premières séquences n'est pas nécessairement précise et cohérente.

Nous observons que les premières version du métamodèle du groupe 1 par exemple n'est pas très cohérente et pas toujours bien structurée (cf. section 6.3.1). Nous pensons que ceci

est du à la prégnance des bas niveaux de représentation souvent soulignée dans le travail des concepteurs [Darses 2004b].

Nous soutenons tout de même que ces premières versions du métamodèle contribuent à marquer des orientations de conception. Comme il est modifiable dans ECoS (grâce à l'implémentation du méta-métamodèle), sa représentation, sa compréhension, s'avère dépendante de la description que le groupe est en train de construire à propos de la situation et du système à décrire. Notons d'ailleurs que le métamodèle produit à la fin de cette séance n'était pas totalement achevée. La version finale du métamodèle en question est donnée dans la figure 6.15.

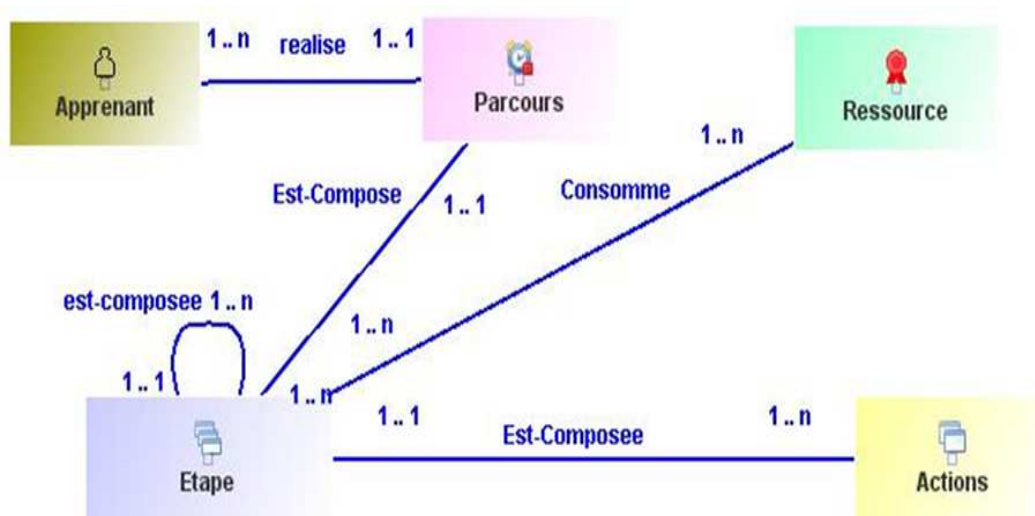


Figure 6.15: Version finale du métamodèle

6.4.2 Mise en évidence de la construction par essais-erreurs du métamodèle

Nous avons montré dans l'analyse que quand les concepteurs définissent plusieurs unités d'une même primitive dans le métamodèle, celles-ci apparaissent dans l'espace d'édition du scénario. Or, ils se rendent vite compte dans cet espace que les entités ne sont plus manipulables et éditables et deviennent des éléments particuliers car elles sont déjà spécialisées au niveau métamodèle (cf. analyse décrite dans la section 6.3.2). Ils en déduisent alors qu'elles doivent donc être conceptuelles. Ceci les conduit à réorganiser ces entités en éléments types réalisant ainsi un travail d'abstraction.

Cette réorganisation passant de la vue métamodèle vers la vue scénario et vice versa a favorisé une évaluation de cohérence amenant à regrouper ce qui peut être générique, assurant ainsi un travail de restructuration.

Nous pensons que cette évaluation de cohérence est liée à la nature d'ECoS. Elle est le résultat de la règle de conformité qu'il impose entre la vue métamodèle et scénario. L'implémentation de cette règle de conformité est un élément clé dans la mise en oeuvre

du cycle CMS que nous avons proposé.

Ce travail d'abstraction se fait donc sur la base du scénario. Ce dernier représentant une vue de bas niveau amène les concepteurs à évaluer les éléments qui réalisent physiquement les primitives définies dans la vue métamodèle. Ceci passe par des mécanismes de compréhension, de classification et de modélisation des objets du monde réel (primitives de modélisation) et de leurs relations.

En donnant plus de cohérence du point de vue de la structuration, le métamodèle est affiné. Il évolue de manière itérative par des allers/retours entre les deux niveaux de description. Notons qu'il nous était difficile de connaître le nombre d'itérations réalisées durant cette séance.

6.5 Discussion

La construction de scénarios dans le contexte LPCRSPM a permis d'expérimenter certains aspects de notre approche constructive.

Une telle approche supportée par un processus de modélisation et instrumentée dans ECoS s'est déroulée de la façon suivante :

- Une première version du métamodèle a pu être définie.
- La génération de l'espace d'édition du scénario sur la base des primitives de modélisation (produites grâce au méta-métamodèle), a permis la construction d'un scénario pédagogique.
- Le scénario construit a parfois servi de base à l'affinement du métamodèle. ECoS, en donnant un point de vue sur le métamodèle et un autre sur le scénario, permet de construire progressivement le couple métamodèle/ scénario.
- La flexibilité du méta-métamodèle (possibilité de créer des primitives, de les modifier etc.) et la règle de conformité implantée par ECoS (synchronisation entre les deux vues métamodèle/scénario) a facilité les modifications du métamodèle et/ou du scénario, ce qui a permis de tester et d'évaluer plusieurs versions du métamodèle.

Le métamodèle que nous avons présenté est ainsi défini progressivement. La dernière version étant une version stable et satisfaisante, a été opérationnalisée grâce à la génération à la volée d'ECoS d'une formalisation dans une notation XML (l'opérationnalisation du métamodèle que nous avons utilisé comme exemple dans l'analyse est décrite en annexe). Cette expérimentation nous a permis d'aboutir aux constats suivants :

- Nous avons noté que les métamodèles produits ne sont pas toujours optimisés (en terme de modélisation). En effet, nous avons pu observer que le métamodèle présente parfois des contradictions et des redondances au niveau de la définition de certaines

primitives (c'est-à-dire déductibles par transitivité). Nous pensons que les incohérences ce type sont inhérentes à toute activité de modélisation et pas uniquement à notre approche. Pour les éviter, il faut instrumenter des mécanismes permettant de les gérer lors de l'activité de modélisation (par exemple, la gestion des primitives dupliquées limite les incohérences). Or, nous pensons que ceci n'est pas compatible avec l'approche que nous proposons.

En effet, implémenter des mécanismes pour gérer les incohérences risque d'avoir un impact sur l'activité de conception des métamodèles. Cela peut être un frein à la création de métamodèles situés car le méta-métamodèle contraint la métamodélisation et l'encadre strictement. Elle risque de devenir complexe et de poser des difficultés pour les usagers-concepteurs.

- Du point de vue de l'élaboration du métamodèle, il est clairement apparu que la modélisation entre les deux espaces métamodèle/scénario réifiant notre proposition d'approche basée sur un cycle CMS favorise le processus d'abstraction et la réflexion pédagogique en réduisant les incohérences (par essais-erreurs), favorisant ainsi une assimilation du point de vue de la structuration.
- La production de métamodèles situés dans l'expérimentation LPCRSPM nous amène à confirmer que ces métamodèles sont souvent minimaux, légers et corrects par rapport à un périmètre et à un contexte (il n'est pas certain de pouvoir les réutiliser dans d'autres contextes d'apprentissage).

Le métamodèle situé apparaît donc comme un centre de transformations et d'auto-réglages. Le sujet est mis en situation, on ne lui donne aucun mode d'emploi, il n'est pas guidé, sa démarche est donc heuristique⁷.

⁷[Piatelli-Palmarini 1995] explique que "heuristique" partage la même racine que "eurêka", c'est à dire du verbe grec qui veut dire "trouver". "*Globalement, les heuristiques sont des stratagèmes mentaux spécifiques qui servent à résoudre des problèmes spécifiques ...*". Les démarches d'essence heuristique utilisent des méthodes comme le Brainstorming, le recours au jugement d'experts, ou encore des démarches prospectives etc.

IV

**Analyse de notre proposition,
travaux en cours et perspectives**

7 Analyse de notre proposition, travaux en cours, et perspectives

Sommaire

- 7.1 Bilan
- 7.2 Analyse critique des travaux réalisés
- 7.3 Perspectives

“Si vous me dites que je ne vous ai rien appris, souvenez-vous que je me suis annoncé comme un ignorant”.

Voltaire, Le Philosophe ignorant.

7.1 Bilan

Depuis plusieurs années, les plateformes de formation (comme Ganesha, Moodle etc. . .) ont fait une apparition massive dans le domaine de la scénarisation pédagogique.

Elles offrent un ensemble de services et d’outils permettant aux concepteurs de dispositifs pédagogiques de mettre en oeuvre des parcours d’apprentissage.

Cependant, elles engendrent de nouvelles difficultés. Paradoxalement, elles créent un nouveau problème d’hétérogénéité, vu leur diversité et la diversité de leurs métamodèles sous-jacents.

Ainsi, l’interopérabilité entre dispositifs pédagogiques construits sur ces plateformes diverses reste très difficile à assurer. Aussi, lors de la conception d’un scénario pédagogique, le concepteur reste encore confronté à des considérations techniques plutôt que de se consacrer aux aspects métiers de l’application. Par conséquent, la conception et l’implantation de scénarios pédagogiques demeurent un exercice difficile, faisant appel à des procédés n’ayant pas encore atteint une véritable maturité industrielle.

C’est ainsi qu’une solution pour faire face à ce problème se traduit par un travail d’abstraction. L’objectif est de promouvoir l’activité de modélisation. Dans ce contexte, la production du métamodèle du dispositif pédagogique à construire devient une activité centrale, plutôt que celle du code. Le métamodèle constitue alors la matière du futur produit pédagogique.

Tout l’enjeu réside dans le choix de l’approche de modélisation la plus adaptée au contexte de conception de scénarios pédagogiques.

En effet, il est communément admis dans la communauté EIAH travaillant sur la scénarisation que promouvoir les modèles comme concept clé dans la conception de dispositifs pédagogiques nécessite de fournir des méthodes et des outils pour assister les concepteurs dans leur activité de modélisation. Il reste néanmoins que les approches de modélisation doivent être variées, améliorées et adaptées aux défis nés de l'évolution permanente des contextes dans lesquels ces dispositifs sont conçus, et de la complexité croissante de ces dispositifs.

Dans notre thèse, nous avons proposé une approche constructive en scénarisation. Cette approche nous semble particulièrement adaptée dans les situations de travail où les connaissances sont incertaines et évolutives. Elle a la caractéristique d'impliquer les utilisateurs finaux dans le travail de conception pédagogique. Ceci permet d'aboutir à des métamodèles spécifiques au métier des usagers-concepteurs caractérisés le plus souvent par leur légèreté, ce qui facilite leur appropriation et leur maintenance favorisant ainsi la réingénierie.

Dans un contexte de réingénierie, la caractérisation des situations pédagogiques et notamment l'exigence d'intelligibilité qui les caractérise, et la notion de cycle de vie telle qu'elle ressort des travaux en scénarisation, implique la mise en oeuvre d'un principe de préservation de structure entre la modélisation pédagogique d'une part, et l'implémentation du scénario qui en découle d'autre part.

Cette exigence de préservation de structure est seule à même d'assurer le caractère flexible de ces dispositifs (intelligibilité, évolutivité, maintenabilité).

Ceci fait émerger alors quelques questionnements de fond essentiellement sur le lien entre le langage d'opérationnalisation et le langage de modélisation pédagogique.

La solution qui consiste à développer un langage d'opérationnalisation correspondant au langage de modélisation peut être une solution envisagée si l'on veut à tout prix garder les caractéristiques du langage de modélisation dans l'implantation, et que l'on ne dispose pas d'un langage d'opérationnalisation pré-défini qui préserve la correspondance structurelle avec le langage de modélisation.

Il est cependant légitime de se poser la question de la suffisance de cette technique qui peut paraître coûteuse dans certains cas, comme par exemple le cas où le langage de modélisation pédagogique est modifié une fois l'opérationnalisation et l'implantation réalisées. Afin de réduire ce coût, des solutions sont déjà proposées dans d'autres travaux consistant à rendre indépendant le choix d'un langage d'opérationnalisation du langage de modélisation pédagogique (cf. travaux de l'approche Bricoles).

L'argumentation majeure de cette thèse est que le résultat de la modélisation pédagogique est étroitement déterminé par le raisonnement des concepteurs qui l'utilise.

C'est pour cela que, tout au long de cette thèse, nous avons insisté sur la nécessité que la modélisation débouche sur un métamodèle situé, dont les différentes entités qui le composent sont puisées dans le domaine métier.

L'effet attendu d'un métamodèle situé est qu'il permette aux usagers-concepteurs de raisonner par rapport à leur propre pratique pédagogique. C'est là, sans nul doute, un trait caractéristique de ces métamodèles. Un tel métamodèle délivre une compréhension de la

situation qu'il décrit. C'est cette caractéristique qui est à notre sens une condition forte de son acceptabilité dans un groupe de conception.

Un des problèmes soulevés dans nos expérimentations porte sur : l'invérifiable pertinence des métamodèles produits " Il n'est pas rare de voir décrire de nombreux métamodèles qui, finalement, ne servent à rien".

Cette critique soulève deux questions :

- d'une part, comment rendre ces métamodèles productifs ? le problème de leur cohérence se pose alors.
- d'autre part, comment expliquer cette cohérence aux usagers-concepteurs (à supposer qu'on sache expliquer la cohérence d'un métamodèle) ?

En dépit de ces éléments d'interrogation, nos propositions montrent :

- qu'une démarche constructive de type explicitation (cristallisation, construction de métamodèle)/spécialisation (construction de scénario) favorise un travail d'essais-erreurs quand on dispose d'un outil comme ECoS. L'intérêt est qu'elle favorise une acquisition de connaissances en conception pédagogique, ce qui a comme principal avantage de rendre les usagers-concepteurs plus autonomes. Ils peuvent décrire eux-mêmes ce qui caractérise leur contexte. L'appropriation peut être favorisée par la construction.
- que l'utilisation de notre approche permet de profiter de structures de modélisation tout en évitant la contrainte de devoir utiliser des structures figées. La possibilité de construire ces structures et de les modifier est rendue possible grâce au métamodèle, permettant de représenter ces structures et enclenchant des mécanismes de réflexivité (analyse de primitives, création de nouvelles primitives etc...).

Ainsi, une de nos principales contributions porte sur le processus de conception collective de scénarios pédagogiques que nous proposons. Ce processus nous semble novateur dans son approche de l'ingénierie des scénarios pédagogiques. Il constitue un élément important de réponse à notre problématique de recherche :

1. Il permet aux usagers-concepteurs de définir leur propre métamodèle d'expression pédagogique et de décrire ensuite des scénarios conformes à ce métamodèle.
2. Il offre un point d'appui à une démarche constructive de conception de scénarios pédagogiques visant à valoriser le savoir pédagogique des intervenants (les enseignants). Il est ancré dans l'univers métier des usagers-concepteurs.
3. Il favorise à notre sens une compréhension plus explicite de la conception par les usagers-concepteurs. Ceci peut s'avérer être une contribution importante à leur autonomie, à les impliquer dans le cycle de vie du scénario, et par là même, à les intégrer dans le processus de conception de leur EIAH.

4. Enfin, à notre sens, une approche en scénarisation comme la nôtre permet de réhabiliter l'apprentissage expérientiel [Dewey 1968][Kolb 1975] comme modèle de connaissances, qui apparaît comme une condition essentielle pour s'approprier modèles et EIAH.

Un apprentissage expérientiel est fondé sur l'action concrète et l'expérience en situation. Deux éléments sont essentiels à l'efficacité de l'apprentissage expérientiel : la réflexion personnelle sur une expérience et son application à d'autres contextes.

7.2 Analyse critique des travaux réalisés

7.2.1 La pertinence de la thèse défendue

Il est possible de s'interroger sur la pertinence de la thèse défendue : "Utiliser un métamodèle construit en situation de conception par ses utilisateurs pour exprimer un scénario pédagogique".

Dans la plupart des approches actuelles, la conception des métamodèles, utilisés pour exprimer un scénario pédagogique, n'est qu'une étape qui ne concerne en rien ses utilisateurs. Dans ce contexte, l'idée est que le métamodèle utilisé est "stable".

Si l'on adopte ce point de vue, il est clair que les travaux réalisés dans le cadre de cette thèse ne sont pas très utiles puisque les métamodèles sont "prêts à l'emploi".

En revanche, si l'on considère que la version du métamodèle utilisé pour exprimer un scénario pédagogique n'est pas "stable", qu'elle peut être modifiée ou affinée, et que la métamodélisation n'est pas une phase qui ne concerne pas les utilisateurs du métamodèle, mais plutôt une phase de compréhension, de négociation du métamodèle par ses propres utilisateurs, notre thèse prend alors tout son sens. Dans ce cadre, nos propositions nous semblent être une première contribution visant à permettre cette approche de la conception de scénarios pédagogiques.

Proposer un travail de conception de scénarios pédagogiques relevant d'une approche constructive en modélisation peut paraître contradictoire avec la tendance de travaux qui prônent la réutilisation de scénarios pédagogiques en modélisation et/ou la réutilisation de plateformes de formation existantes en opérationnalisation. Notre but n'est pas de nous placer à contre-courant de ces travaux, mais d'essayer de proposer des solutions à des problèmes pour lesquels l'approche "réutilisation", que ça soit en modélisation, ou en opérationnalisation ne nous semble pas apporter des réponses satisfaisantes.

Une approche comme la nôtre prend tout son intérêt dans un contexte de conception où l'on ne cherche pas à rationaliser une démarche de conception afin de produire un scénario pédagogique, mais où l'on cherche à expliciter les aspects idiosyncrasiques de cette démarche. Ce type de situation apparaît, par exemple, lorsque l'on construit un scénario pédagogique dans un contexte d'apprentissage où une pratique pédagogique existe déjà et ne doit pas être modifiée ou remise en cause par la conception du scénario pédagogique.

7.2.2 La pertinence de l'approche proposée

Il est possible de s'interroger sur le fait qu'il soit nécessaire de proposer une approche où la métamodélisation puisse être menée en situation de conception du scénario pédagogique. Notre argument sur ce point est que si les langages actuels exprimant des métamodèles sont bien adaptés pour décrire des scénarios pédagogiques, ils ne sont pas adaptés pour permettre leur modification ou leur adaptation quand c'est nécessaire car ils ne sont pas conçus pour cela (cf. deuxième partie de ce document).

Dans une approche constructive, le métamodèle est situé. Sa principale caractéristique est qu'il cristallise le métier des usagers-concepteurs. C'est son principal intérêt. Il est donc important de mettre en oeuvre un principe de préservation de la modélisation à l'opérationnalisation sinon le métamodèle situé perd tout son intérêt.

Une préservation de la modélisation à l'opérationnalisation nécessite alors des moyens de développement importants. Se pose alors le problème du coût de l'opérationnalisation. Autrement dit :

Faut-il un nouveau développement à chaque métamodèle situé produit ?

Il est évident que ceci peut sembler très peu rentable d'un point de vue économique. Seulement, c'est à plus long terme que nous pensons qu'une approche constructive montre toute sa pertinence et sa rentabilité, ceci nous avons pu le constater dans le cadre du projet LEA.

En effet, dans le projet LEA, l'opérationnalisation du premier prototype a été réalisée lorsque les modèles ont atteint un satisfactum, une certaine stabilité et un consensus tout en restant situés. Et bien que le temps de l'usage ait été long avant que ne se cristallise (se concrétise) l'artefact final puisqu'il y a eu construction de trois versions du prototype, nous nous sommes rendus compte que dans sa phase de diffusion, il a apporté entière satisfaction même à des utilisateurs qui n'ont pas participé à sa conception. Au delà d'un outil technique, la diffusion du LEA a permis une diffusion d'une pratique et d'un métier grâce au caractère situé de ses modèles, et s'est donc avéré rentable à la diffusion pour des communautés partageant la même pratique pédagogique. Dans sa phase de diffusion, les modèles relèvent ainsi d'une approche interprétative.

Ainsi, il nous semble que notre approche ne va pas à contre-courant de l'approche interprétative en scénarisation, mais ces deux approches se complètent (cf. figure 7.1).

Ce qui nous semble pertinent quand on mène un projet de conception pédagogique pour la communauté qui travaille dans ce domaine, c'est de se baser sur une approche constructive en conception impliquant des utilisateurs en passant par des phases de stabilisation et de prototypage, ce qui a l'avantage de contribuer à alimenter le métier des métamodèles.

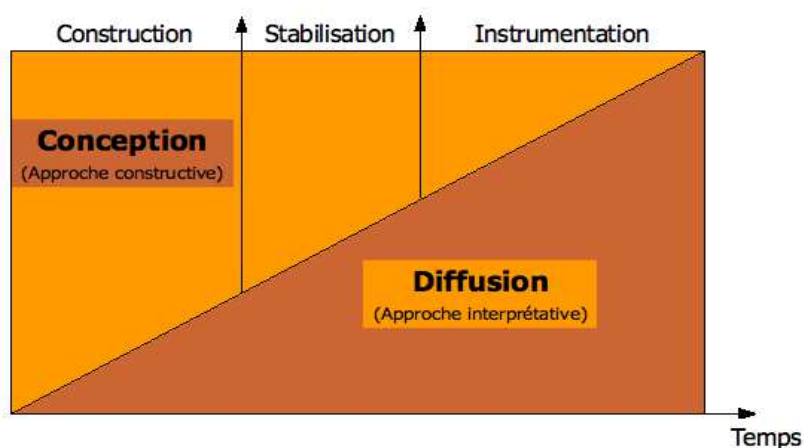


Figure 7.1: Approche constructive et interprétative : complémentarité dans la conception et la diffusion

Ces métamodèles capitalisés peuvent être partagés, utilisés, diffusés à la communauté selon une approche interprétative qui sera ainsi plus productive que si on y avait recours dès le début du projet de conception. Une approche comme la nôtre prend alors tout son intérêt parce qu'on ne cherche pas dès le départ à rationaliser la conception pour produire un scénario pédagogique dans un contexte où une pratique pédagogique existe déjà.

La démarche que nous avons adoptée pour définir et tester nos propositions est guidée par des expérimentations sur le terrain. Nous avons mené deux expérimentations présentant une adéquation avec nos objectifs d'observation et d'analyse. Cependant, nous pensons qu'il est nécessaire d'une part de tester notre approche dans de nouveaux contextes et avec d'autres publics de concepteurs (enseignants) et, d'autre part, d'étudier de nouvelles démarches, de nouvelles approches et de nouveaux environnements pour assister la conception de scénarios pédagogiques impliquant des usagers-concepteurs.

Nous sommes convaincus cependant, que quelle que soit l'approche adoptée, celle-ci doit respecter un certain nombre de spécifications :

- elle doit offrir de la flexibilité et une certaine souplesse sur la représentation des scénarios pédagogiques ;
- elle doit permettre la représentation explicite des métamodèles qui sont utilisés pour exprimer les scénarios pédagogiques ;
- elle doit permettre la construction et le développement d'outils capables de s'adapter aux évolutions successives de représentation des métamodèles et/ou des scénarios pédagogiques.

7.3 Perspectives

7.3.1 Les évolutions de l'approche proposée : la scénarisation par prototypage intégrant l'opérationnalisation

Les travaux que nous avons présentés dans ce document laissent dans l'ombre certains problèmes.

Un des problèmes que nous voulons aborder est le fait qu'au delà d'une tâche de modélisation évidemment nécessaire dans le processus de conception de dispositifs pédagogiques, il y a une tâche d'opérationnalisation et d'implémentation.

Un des objectifs pour répondre à ce problème est de poser un cadre de travaux ultérieurs envisageant une évolution de notre proposition d'approche en scénarisation que nous abordons dans cette section.

Dans notre travail, nous avons proposé une approche constructive en scénarisation qui aboutit à la production de métamodèles d'expression pédagogique et des scénarios. Le processus d'édition que nous avons proposé pour aboutir à cette production est basé sur un cycle CMS. Nous avons représenté ce cycle dans la figure 5.9. Nous ouvrons une voie pour aller plus loin dans ce processus comme une perspective de notre travail.

Nous proposons d'inscrire l'élaboration des métamodèles et des scénarios dans une approche constructive intégrant l'opérationnalisation dans l'activité même de conception. L'opérationnalisation n'apparaîtra plus comme une phase qui succède à la conception (comme présenté dans le cycle de vie d'un scénario pédagogique ou certains processus de développement), mais comme une étape se déroulant en parallèle avec la conception.

Ce type d'approche peut apparaître particulièrement intéressant dans un contexte de conception où l'on souhaite que la modélisation s'intègre dans un environnement d'apprentissage pour lequel un langage d'opérationnalisation existe, et que l'on souhaite préserver.

Intégrer l'opérationnalisation dans le cycle précédent présenté dans la figure 5.9 aboutit à une approche fondée sur une démarche dite "par prototypage" de la scénarisation et de l'opérationnalisation comme le montre la figure 7.2. Ainsi, l'élaboration du métamodèle et du scénario peut se faire par itération d'un cycle de Cristallisation/ Métamodélisation/ Scénarisation/ Opérationnalisation.

Une solution possible pour ce type d'approche consiste à tirer profit de la technique de transformation des modèles préconisée par MDA et utilisée dans certains travaux en EIAH [Laforcade 2005] [Caron 2007b]. Cette technique est expliquée dans la section 2.3.3. Pour rappel, une approche par transformation de modèles consiste à élaborer les modèles de la logique métier des systèmes indépendamment des plateformes (Niveau PIM) puis à transformer ces modèles automatiquement vers des modèles dépendant des plateformes (Niveau PSM).

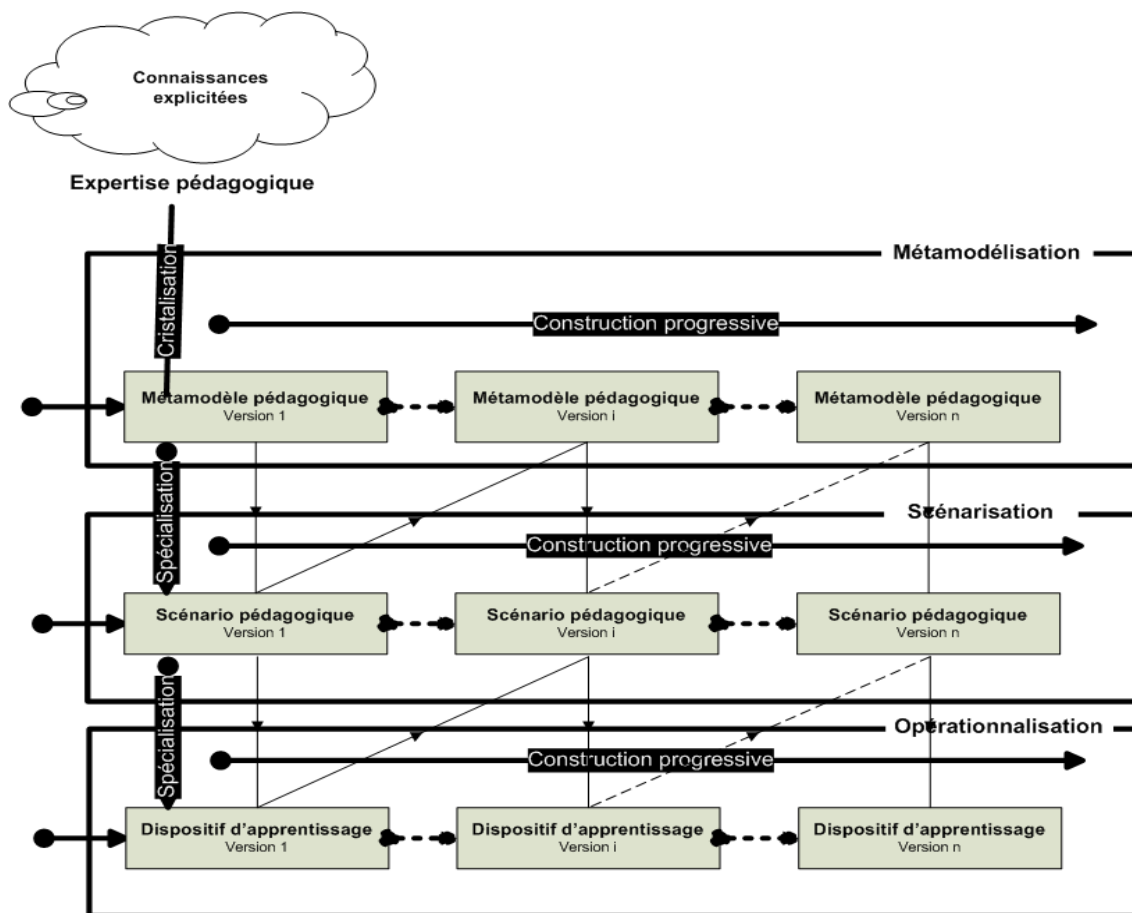


Figure 7.2: Processus de scénarisation et d'opérationnalisation par prototypage

Afin de voir concrètement comment se réalise cette technique, un exemple est donnée dans le cadre du travail de thèse de F. Abdallah dans [Abdallah et al. 2008] au LIUM. Un prototype de transformations de modèles est également développé. Dans cette étude, un exemple concret est donné portant sur l'opérationnalisation d'un métamodèle situé adapté à un contexte d'apprentissage de gestion de projet. Cette opérationnalisation est réalisée sur la plateforme Moodle ¹.

¹<http://moodle.org/>.

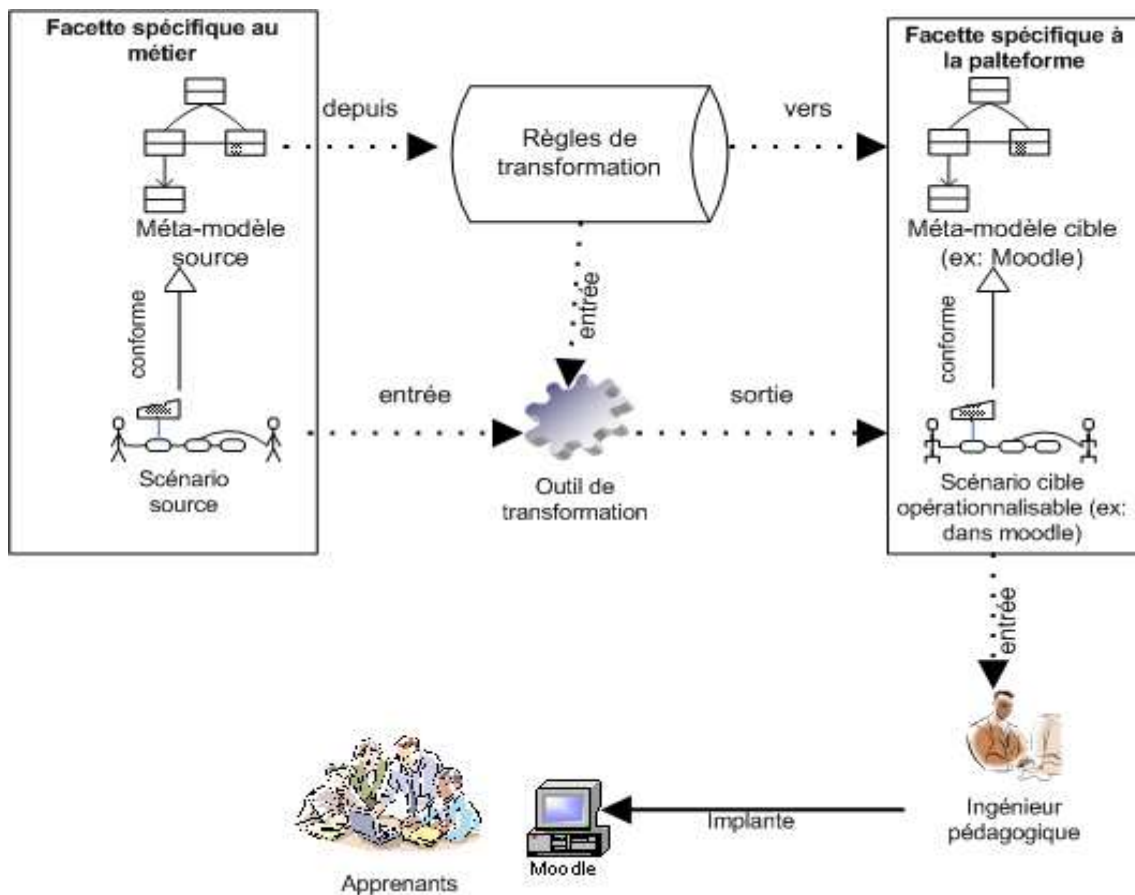


Figure 7.3: Approche de transformation vers Moodle, source : [Abdallah et al. 2008]

La démarche globale de transformation est illustrée dans la figure 7.3. Elle consiste en un certain nombre d'étapes :

- Le métamodèle élaboré dans un contexte pédagogique va servir à exprimer un scénario produit dans ce même contexte.
- Le métamodèle de la plateforme cible (par exemple Moodle) est établi.
- Les règles de transformation du métamodèle source vers le métamodèle cible (Moodle) sont rédigées.
- Un outil de transformation basé sur ces règles est utilisé.
- Le scénario exprimé grâce au métamodèle source va être traduit dans le métamodèle de la plateforme et devient opérationnel. Il pourra ainsi être implanté dans Moodle.

Le principal avantage de cette technique est qu'elle réduit les coûts de développement dans la mesure où elle permet l'opérationnalisation dans des plateformes de formation déjà existantes sans nécessiter de nouveaux développements techniques. Cette technique contribue à favoriser donc l'interopérabilité.

Néanmoins, elle présente également un inconvénient majeur. En effet, la transformation des modèles ne peut se faire sans une perte sémantique dans l'opérationnalisation si le métamodèle source métier s'éloigne du métamodèle cible de la plateforme.

Une solution possible à ce problème consiste à apporter de l'aide aux concepteurs dans le choix de la plateforme cible la plus adaptée, dont le métamodèle (le PSM) est le plus proche de celui utilisé ou produit par les usagers-concepteurs pour décrire leur scénario pédagogique.

Un moyen qui nous semble intéressant pour le faire serait de l'aborder par une évaluation de la distance entre deux métamodèles [El-Kechaï et Choquet 2007]. Dans ce cas, le métamodèle source est le métamodèle qui a servi à décrire le scénario pédagogique (métamodèle source) et le métamodèle cible est celui qui est exprimé par le langage d'opérationnalisation de la plateforme qui va servir à opérationnaliser le scénario pédagogique.

Plus la distance entre le métamodèle source et cible est petite, plus l'écart sémantique et syntaxique est réduit et plus la transformation est riche et moins coûteuse.

Des travaux en Génie logiciel se sont intéressés au problème de calcul des distances entre modèles. Par exemple [Terrasse et al. 2002] propose les bases d'une évaluation de distance entre modèles dont l'objectif est d'utiliser pour ce calcul à la fois des critères sémantiques et syntaxiques ².

Une approche de la scénarisation par prototypage intégrant l'opérationnalisation pourrait présenter d'autres avantages.

En effet, les diverses expériences que nous avons menées ont mis en évidence que l'évaluation du scénario pédagogique contribuait à l'affinement du métamodèle. Elles ont permis également de constater parfois l'intérêt pour les concepteurs de se représenter le scénario pédagogique qu'ils sont en train de concevoir une fois implanté. Cette projection à son tour contribue dans une certaine mesure à l'affinement de leur modélisation. Ceci a été perçu par exemple à travers la facette IHM décrite via les objets intermédiaires produits dans le contexte LEA. Le dispositif implanté peut constituer un bon support à l'analyse et à l'évaluation de la modélisation.

7.3.2 Travail en cours sur les outils de Tasmim

Les expérimentations menées sur les activités de conception de scénarios pédagogiques nous ont permis de mettre en évidence l'intérêt de nouveaux outils qui pourront être utiles dans l'activité de conception de scénarios pédagogiques, et qui pourront être intégrés à Tasmim. Le travail actuel sur Tasmim est focalisé sur deux points :

- Nous avons vu l'importance accordée par les concepteurs au brainstorming. Cet aspect contribue à favoriser la définition des spécifications de la situation d'apprentissage à décrire. Ceci passe souvent par la discussion sur un tableau blanc

²Plus de détails sont donnés dans [Terrasse et al. 2002]

partagé. Partant de ce constat, nous proposons de développer un outil de brainstorming qui sera mis en oeuvre dans Tasmim. il est décrit dans la section 7.3.2.1.

- Dans l'analyse que nous avons menée que ça soit dans le contexte LEA ou LPCRSPM, nous avons mené une analyse des objets conçus mais également une analyse des échanges et de la discussion entre les concepteurs. Ceci a énormément contribué à nous expliquer comment l'objet est conçu et quelles sont les raisons qui poussent les concepteurs à agir sur l'objet.

Etudier ces objets statiquement ne permet pas donc pas une compréhension fine du déroulement de l'activité. En effet, une étude a posteriori de ces objets implique une étude hors contexte d'action, et ceci nous fait perdre la construction de l'objet en situation dont il est issu. Si les objets conçus sont porteurs de solutions de conception, les échanges autour de l'objet sont souvent porteurs des intentions qui ont abouti à cette solution.

Nous pensons que disposer de ces intentions peuvent constituer un bon moyen pour les usagers-concepteurs de comprendre les mécanismes de l'émergence du produit. Ils peuvent ainsi négocier et agir de manière plus efficace.

Disposer d'un outil comme le chat par exemple pour ces échanges peut très vite noyer l'utilisateur-concepteur dans une grande quantité de messages. Une solution possible consiste alors à structurer ces échanges. Nous proposons de le faire par des actes de langage. Nous proposons d'intégrer dans Tasmim un outil de discussion basé sur une structuration par des actes de langages nommé Oscar. Oscar est outil développé au LIUM, que nous proposons d'adapter à notre contexte. Il est décrit dans la section 7.3.2.2.

7.3.2.1 Spécification d'un outil support à l'animation des réunions de conception

Un travail est mené actuellement portant sur le développement d'un outil de brainstorming pour apporter de l'aide à l'animation des groupes de conception que nous envisageons d'intégrer dans Tasmim.

Une étape de brainstorming peut se dérouler avant la modélisation, constituant ainsi un point de départ pour définir des spécifications de la situation d'apprentissage à mettre en oeuvre. Elle peut également constituer une solution à laquelle les concepteurs ont recours pour la résolution de problèmes particuliers en modélisation ou tout le long du cycle de conception.

La question se pose alors de savoir : comment représenter les idées des participants au brainstorming dans l'outil ?

Notre choix s'est porté sur les cartes heuristiques (mind map en anglais), également appelées cartes des idées, cartes conceptuelles ou cartes mentales, adaptées dans des situations de travail opportuniste.

Les mind maps (cf. figure 7.4), outil appliqué en formation et en gestion de formation est considéré comme une méthode efficace pour structurer sa pensée. Issues de travaux de

Tony Buzan³, les mind maps offrent la possibilité d'organiser hiérarchiquement des idées rapidement. Elles sont donc très utiles dans le cadre d'une réflexion individuelle ou collective pour structurer, orienter la recherche d'idées. Ses applications sont multiples en particulier pour l'animation d'une séquence de travail de Brainstorming.

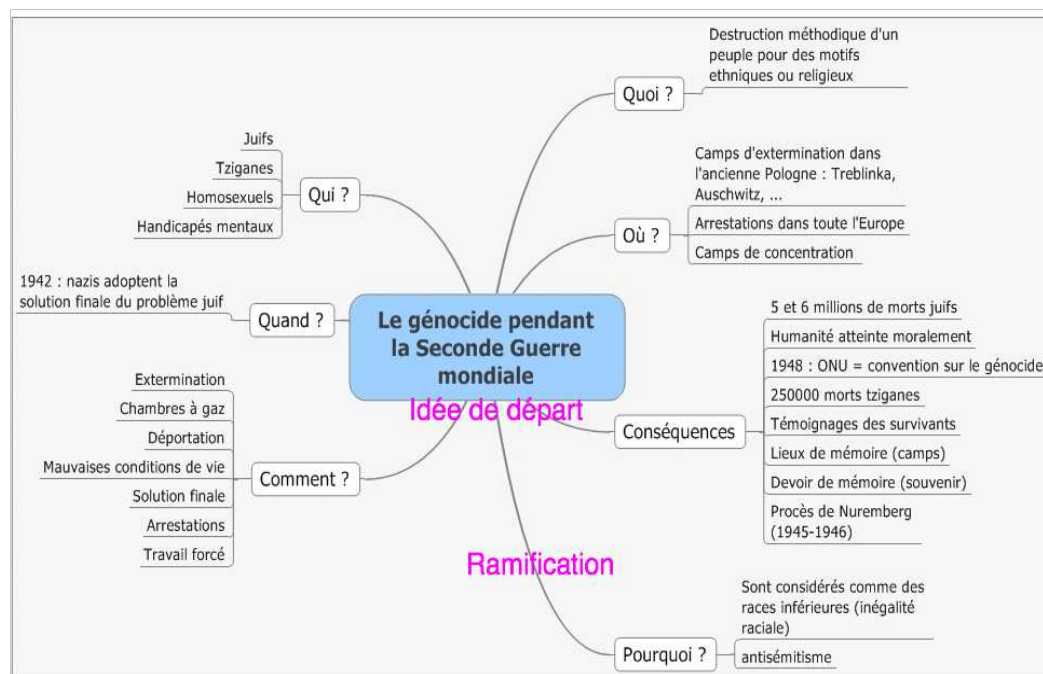


Figure 7.4: Exemple de mind map

Le concept des mind maps a été utilisé, transformé par plusieurs auteurs. Or, avec l'émergence des nouvelles technologies d'information et de communication, on doit composer avec une quantité phénoménale de données, présentées dans les formats habituels, principalement sous forme de texte, et qui demande un effort considérable pour synthétiser mentalement celles-ci. Aussi, un outil comme le Mind Map ou schéma heuristique nous apparaît fort utile pour aider à produire une image visuelle de ce que l'on sait ou tracer un plan d'ensemble de ce que l'on a appris ou retenu sur un sujet. De fait, par le pouvoir d'association, de regroupement et de visualisation des idées d'un MindMap ou schéma heuristique, il devient facile de constituer un éventail des idées et d'obtenir une image globale de la pensée sur un sujet. De plus, les structures schématiques obtenues améliorent les capacités d'organisation, de compréhension, de mémorisation et d'imagination des concepteurs.

³<http://www.buzanworld.com>

Nous avons conçu un outil de brainstorming⁴ basé sur un éditeur de cartes mentales (mindmaps). L'objectif de cette application est de permettre aux utilisateurs de travailler ensemble sur une même mind map. C'est ainsi que des spécifications ont été établies, et le développement du brainstorming est en cours. Plus d'informations sur cet outil et ses spécifications sont données en annexe. L'outil développé devrait pouvoir être utilisé aussi bien en mode synchrone qu'en mode asynchrone. Dans le deuxième cas, il est donc nécessaire de conserver en mémoire le contexte du schéma de la mind map.

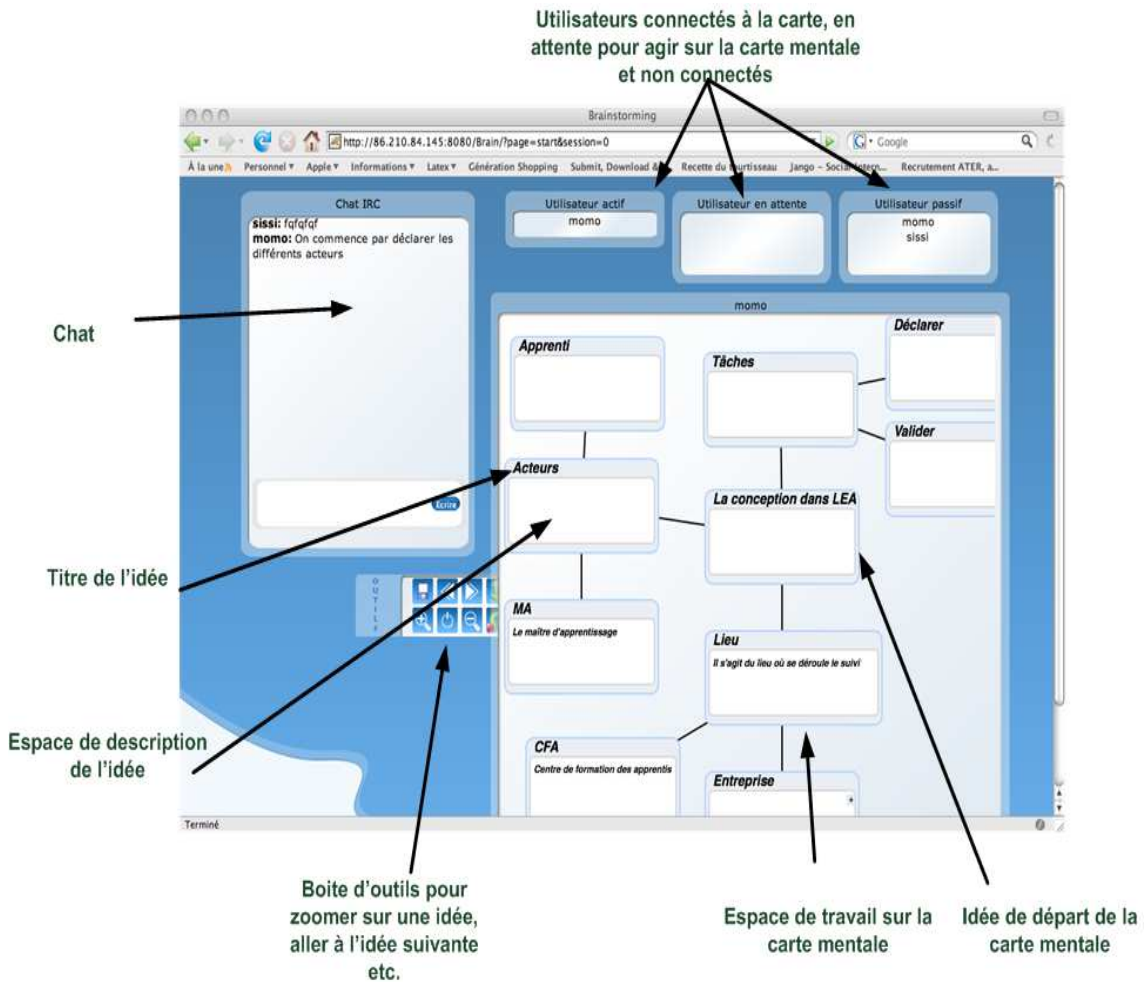


Figure 7.5: Copie écran de l'application en cours de développement

La figure 7.5 donne une copie écran de l'application dans son état actuel de développement. En l'état et comme le montre la figure 7.5, elle permet de créer une carte mentale (de poster des idées, de décrire une idée postée, de créer des ramifications entre les idées et d'utiliser un chat pendant que l'on travaille sur la carte mentale). Le mode collaboratif n'est pas encore implanté, c'est un travail qui est en cours.

⁴Cet outil a été réalisé en projet avec des étudiants en licence professionnelle.

7.3.2.2 Structuration des échanges dialogiques basée sur la définition d'actes de langage

La construction des métamodèles en tant qu'artefacts manipulés par les acteurs est soumise à une activité dialogique porteuse de différents processus.

Nous avons mené un travail d'analyse de l'activité de conception participative d'un livret électronique d'apprentissage qui nous a amené entre autres à une analyse des discussions. A partir de cette analyse, nous avons dégagé deux principaux processus impliqués dans l'activité. Ces processus sont décrits dans la section 4.7.3 et représentés dans les figures 4.22 et 4.23.

Comme illustré par les processus que nous avons évoqués, nous pensons que structurer les discussions sous forme d'arguments et de problèmes/questions par exemple pourrait être une solution intéressante.

C'est dans cette optique qu'une des perspectives de notre travail consiste à proposer un outil de communication permettant de structurer des espaces dialogiques. Cette structuration sera menée sur la base d'actes de langage que l'on souhaite réifier dans un outil de discussion basé sur des actes de langage et qui a été développé au LIUM nommé OSCAR [Delium 2003b][Delium 2003a]. Des copies écrans d'Oscar sont données dans les figures 7.6 et 7.7.

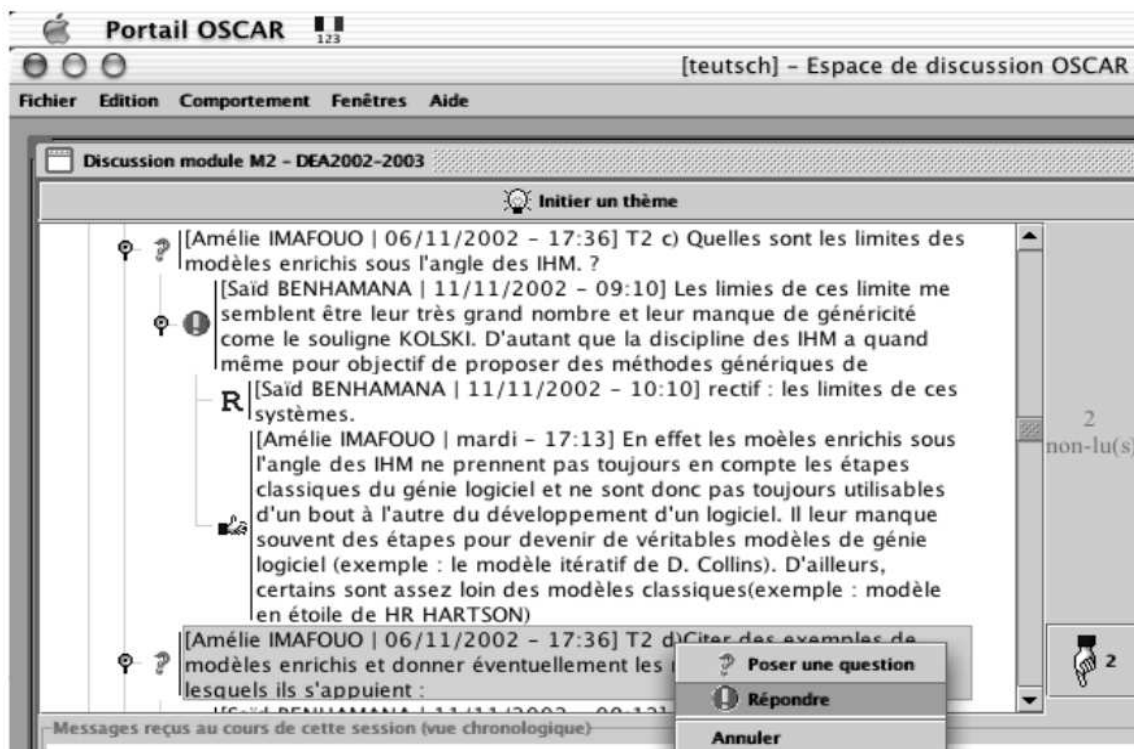


Figure 7.6: Exemple d'une discussion thématique dans Oscar

Ce dernier sera adapté pour supporter les différentes illocutions identifiées dans les différents processus identifiés à partir de l'analyse dialogique plus haut. L'objectif ici est de faire communiquer cet outil avec ECoS.

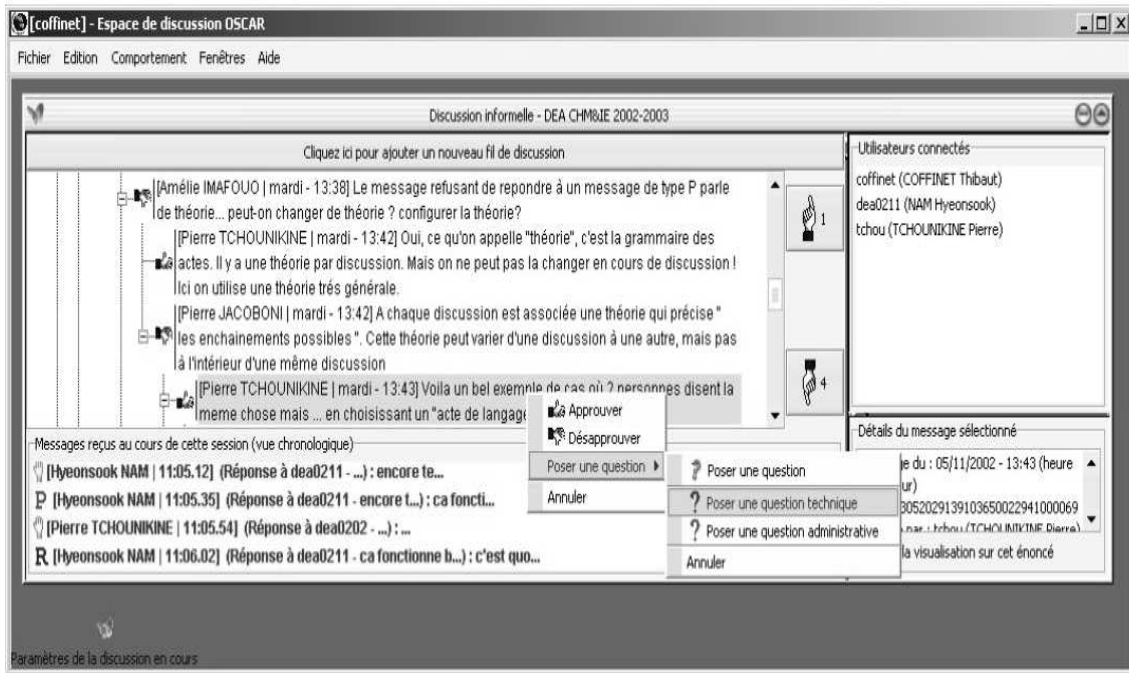


Figure 7.7: Réaction à un énoncé dans Oscar

Il s'agit concrètement de reconfigurer les actes de langage d'Oscar pour que les concepteurs puissent échanger lors de l'élaboration de leurs métamodèles dans ECoS. Plus précisément, cela consiste à reprendre les processus identifiés plus haut et à leur associer des illocutions⁵ (certaines sont déjà définies). Certaines peuvent être spécialisées.

Ce travail sera mené sur la base de l'ensemble des enregistrements vidéo réalisées lors des séances de conception du LEA et devra aboutir à la proposition d'une grammaire reliant différentes valeurs illocutoires. La sémantique associée à cette grammaire est la définition des enchaînements possibles entre les valeurs illocutoires. Elle permet de structurer une discussion autour de l'élaboration du métamodèle dans ECoS. Ces valeurs illocutoires pourront être catégorisées dans un des processus identifiés plus haut et soutenir éventuellement l'activité de négociation. La grammaire va constituer les règles des actions possibles dans une discussion en lien avec une séquence particulière de la construction du métamodèle dans ECoS.

En analysant les transactions dialogiques autour des deux processus identifiés précédemment, nous avons établi une première version d'un ensemble initial d'actes de langages (cf. figure 7.8) et une première version des contraintes de leur enchaînement.

Notons que ce premier ensemble d'actes de langages n'est pas arrêté, il est amené à évoluer. Ce travail est prévu à court terme.

⁵Illocution, acte effectué en disant quelque chose.

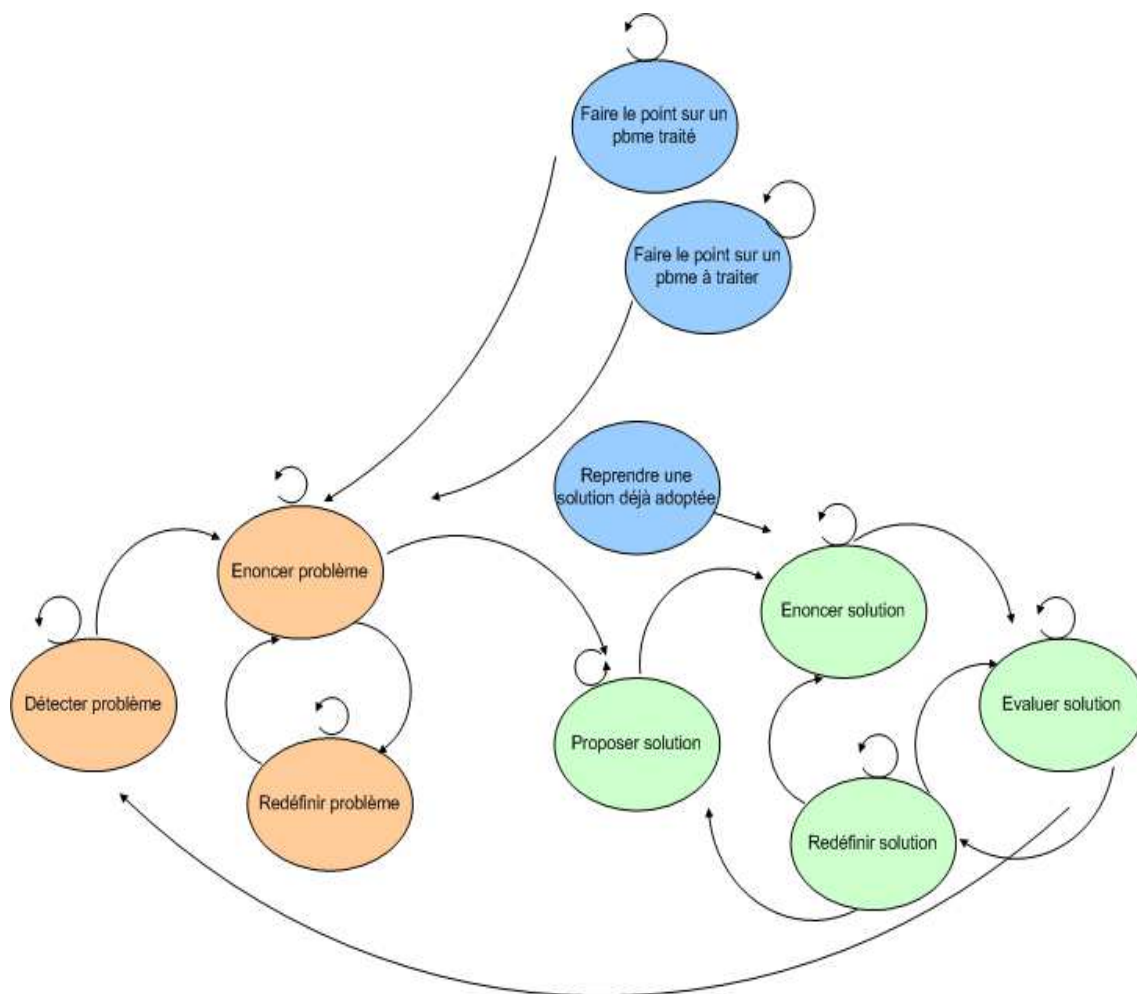


Figure 7.8: Actes de langage identifiés et leur enchaînement

7.3.3 Vers une scénarisation des situations de conception

Nous souhaitons à plus long terme travailler sur une approche utilisant la scénarisation comme moyen pour décrire des processus de conception décrivant le déroulement d'un projet de conception de scénarios pédagogiques (un exemple de processus cyclique est donné dans le cadre du projet LEA, de même qu'un exemple de processus en Y est donné dans le contexte LPCRSPM). Ces scénarios que nous convenons d'appeler des scénarios de "conception" permettront de structurer l'espace de travail de conception des usagers-concepteurs, de la même façon qu'un scénario pédagogique permet de structurer l'espace de travail des apprenants.

Nous envisageons d'intégrer dans Tasmim les moyens d'opérationnaliser des scénarios de conception.

Pour le faire, il faut nous intéresser à la modélisation des processus de conception. Etant donné la variabilité de ces processus, résultat de différentes pratiques en conception, le travail envisagé devra passer par :

- l'étude et l'analyse des différentes approches de conception en scénarisation pédagogique du point de vue de l'organisation du travail des concepteurs ;
- proposer dans un premier temps une modélisation du processus de conception de scénarios pédagogiques sur la base de l'analyse précédente ;
- Décrire et organiser la conception de scénarios pédagogiques sur la base de la modélisation précédente et produire ainsi des scénarios de conception ;
- développer les outils nécessaires à la mise en oeuvre de ces scénarios de conception dans Tasmim.

Notre objectif est donc de faire évoluer Tasmim vers une architecture plus orientée "processus de conception".

Les questions que soulève cette direction de recherche n'est pas abordée à notre connaissance dans la communauté travaillant sur les scénarios pédagogiques en ingénierie des EIAH. Certains travaux ont été engagés dans d'autres communautés (ergonomie, sciences de la conception, génie logiciel etc.) qu'il serait intéressant d'explorer et d'essayer de mettre en oeuvre dans notre contexte. Les questions que ces travaux soulèvent sont aussi loin d'avoir été entièrement explorées et constituent pour nous des axes de recherche stimulants pour les années à venir.

V

Table des illustrations

Table des figures

1.1	Diagramme de paquetages UML représentant le processus de réingénierie d'un EIAH suivant le système de notation du profil UML ECA de l'OMG, source : [Choquet 2007]	20
1.2	Vue orientée modèles de la scénarisation pédagogique adoptée dans REDiM, source : [Choquet 2007]	22
1.3	Processus itératif de conception d'un scénario pédagogique	24
1.4	Les approches interprétative et constructive de la scénarisation pédagogique	27
1.5	Approche interprétative de la conception d'un scénario pédagogique adoptée, source : [Choquet 2007]	29
1.6	Extrait de l'activité d'apprentissage (conception et mise en oeuvre dans Symba)	30
1.7	Approche constructive de la conception d'un scénario pédagogique adoptée, source : [Choquet 2007]	33
1.8	Les modèles : résultats et moyens dans le processus de conception [Adreit et Vidal 1998]	34
1.9	Cas d'utilisation des acteurs impliqués dans l'activité de conception et de réalisation du scénario pédagogique	35
1.10	Cycle de vie du scénario pédagogique intégrant une étape de métamodélisation	36
2.1	Exemple de processus de conception : la conception participative par "moments", source : [Caelen 2004]	53
2.2	La conception à plusieurs en tant qu'activité distribuée et opportuniste, source : [Gregori 1999]	58
2.3	Schéma des modes d'existence de l'objet et de ses transformations, source : [Deshayes 1998]	58
2.4	Une vue simplifiée du modèle EML, l'activité est au centre du dispositif, source : [Pernin 2003]	61
2.5	Modèle conceptuel du langage IMS-LD, source : [Ferraris et Lejeune 2007] .	62
2.6	LDL, métamodèle simplifié, source : [Ferraris et Lejeune 2007]	63
2.7	Notion d'interaction dans LDL, source : [Ferraris et Lejeune 2007]	63
2.8	Notion d'enceinte dans LDL, source : [Ferraris et al. 2007]	64

2.9	Extension de l'élément LD "service", source : [Hernández-Leo et al. 2004]	66
2.10	Structuration du scénario en IMS-LD, source : [Lejeune et Marino 2005]	67
2.11	Exemple d'interactions dans une enceinte décrite par LDL, source : [Ferraris et Lejeune 2007]	68
2.12	Cycle de transformations et EIAH, source : [Nodenot et al. 2005]	70
2.13	Paquetage du métamodèle CPM, source : [Laforcade 2004]	71
2.14	Profil CPM (extraits), source : [Laforcade 2004]	71
2.15	Construction de scénarios à base de patrons pédagogiques, source : [De Moura Filho 2007]	72
2.16	Approche de conception dans le projet Bricoles, source : [Caron 2007a]	73
2.17	Le modèle pédagogique de MISA 4.0 - diagramme de classes	76
2.18	Schéma général de la méthode des pléiades, source : [Villiot-Leclercq 2007]	78
3.1	Approche "transfert" en scénarisation	86
3.2	Exemple de mise en oeuvre d'une approche "transfert" en scénarisation	87
3.3	Approche "restructuration" en scénarisation	88
3.4	Exemple de mise en oeuvre d'une approche "restructuration" en scénarisation	89
3.5	Approche "constructive" en scénarisation	90
4.1	Les acteurs du livret d'apprentissage, source : [Cottier et al. 2008]	96
4.2	Rôles du livret d'apprentissage, source : [Cottier 2007] [Cottier et El-Kechaï 2007]	97
4.3	Première expérience du CFA, source : [Cottier 2007][Cottier et El-Kechaï 2007]	99
4.4	Principaux cas d'utilisation du système LEA	102
4.5	Représentation simplifiée d'un scénario LEA	104
4.6	Extrait du parcours de déclaration tel que le perçoit l'apprenti à travers le système LEA	105
4.7	Interface de paramétrage dans le système LEA	106
4.8	Définition du parcours de suivi : exemple de suivi en entreprise de type déclaration	107
4.9	Construction du référentiel métier	108
4.10	Définition du critère de performance pour la tâche "Accueil clientèle"	108
4.11	Perception de la progression de l'apprenti dans sa formation	109

4.12	Modèle de conception centrée utilisateurs proposé et mis en oeuvre dans le projet LEA	110
4.13	Mise en oeuvre de la conception participative au sein du projet LEA, source : [Cottier 2007][Cottier et El-Kechaï 2007]	111
4.14	Captures vidéos des réunions LEA avec le groupe “tôlerie et peinture automobile”	112
4.15	Captures vidéos des réunions LEA avec le groupe “pharmacie”	112
4.16	Démarche d’analyse guidée par les objets intermédiaires	113
4.17	OI décrivant le suivi d’un apprenti en “tôlerie, peinture automobile” en entreprise	115
4.18	OI 1 décrivant le parcours de déclaration de l’apprenti	116
4.19	OI 2 décrivant le parcours d’évaluation et de validation du maître d’apprentissage	117
4.20	Dynamique des deux OI produits	119
4.21	Analyse des discussions dans la séance de conception, source : [El-Kechaï 2006] [El-Kechaï et Choquet 2006a]	120
4.22	Schéma descriptif du processus “énoncé de problèmes”, source :[El-Kechaï et Choquet 2006a]	122
4.23	Schéma descriptif du processus “proposition de solutions”, source : [El-Kechaï et Choquet 2006a]	123
4.24	Les OI, une jonction entre les scénarios, les concepts du domaine métier et la conception logicielle	124
4.25	Description des écrans de l’IHM via lesquels le scénario est décrit	125
4.26	Quelle méthode pour passer des OI au code de l’application ?	126
4.27	Modélisation sur la base du contenu de l’OI, source : [El-Kechaï 2007]	126
5.1	Les artefacts produits dans l’activité de conception collective d’un scénario pédagogique ciblée, source : [El-Kechaï 2007]	138
5.2	Processus supports à la conception collective de scénarios pédagogiques	139
5.3	Processus de conception collective de scénarios pédagogiques défini	141
5.4	Représentation des interactions entre les processus proposés	144
5.5	Architecture globale de Tasmim	145
5.6	Page principale de Tasmim	146
5.7	Les outils instrumentant les processus proposés	147
5.8	Fonctionnement du processus d’explicitation	147

5.9	Processus d'explicitation des modèles par un cycle CMS	148
5.10	Cadre général de l'instrumentation du processus d'explicitation	150
5.11	MOF et la modélisation en 3+1 niveaux préconisée par MDA	151
5.12	L'essentiel d'un méta-métamodèle réflexif proposé dans [Lemesle 2000] . . .	152
5.13	Un méta-métamodèle MOF permettant la modélisation de graphes simples [Lemesle 2000]	153
5.14	Le méta-métamodèle défini pour exprimer les métamodèles	154
5.15	Diagramme des cas d'utilisation d'ECoS	155
5.16	Copie écran de l'espace d'édition des métamodèles dans ECoS	156
5.17	Copie écran de l'espace d'édition des scénarios dans ECoS	157
5.18	Diagramme de classes détaillé réifiant le méta-métamodèle	158
5.19	Extrait du schéma XML d'un métamodèle (exemple) généré par ECoS . . .	159
5.20	Extrait de la notation xml de la représentation graphique du métamodèle .	160
5.21	Extrait de la notation XML du scénario conforme au schéma XML du mé- tamodèle	161
5.22	Diagramme de classes détaillé fournissant les Web-Services	162
5.23	Représentation graphique de l'algorithme d'accès aux ressources en mode collaboratif	163
5.24	Les principales fonctions du processus de capitalisation	165
5.25	Fonctionnement du processus de capitalisation	166
5.26	Représentation des interactions entre EcoS et les outils proposés à travers le processus de capitalisation	167
5.27	Arborescence du fichier descripteur	168
5.28	Contenu du fichier descripteur	169
5.29	Organisation du stockage des métamodèles et des scénarios	171
5.30	Reconstitution de l'historique de la construction	172
5.31	Fonctionnement du processus de repérage des actions en modélisation	173
5.32	Diagramme de séquence du déroulement des traitements et des interactions entre les outils intervenant dans le stockage et le traitement des traces . . .	174
5.33	Structuration des traces proposée et mise en oeuvre	175
5.34	Cas d'utilisation de l'outil "repérage des actions et intervention sur le méta- modèle"	176
5.35	Copie écran de la consultation des actions réalisées sur un métamodèle . . .	176
5.36	Extrait de traces générées dans une notation XML	177

5.37 Démarche de transformations XSLT adoptée	178
5.38 Fonctionnement du processus de gestion	179
5.39 Mise en oeuvre du processus de gestion	180
5.40 Cas d'utilisation de l'outil "Gestionnaire de modèles"	181
5.41 Copie écran de la gestion des métamodèles publics	182
5.42 Fonctionnement du processus de documentation	183
5.43 Mise en oeuvre du processus de documentation	184
5.44 Schéma de description utilisé	185
5.45 Cas d'utilisation de l'outil "Documentation des métamodèles"	187
5.46 Outil de documentation	188
5.47 Structure XML générée par l'outil de documentation	189
5.48 Fonctionnement du processus de perception	190
5.49 Mise en oeuvre du processus de perception	191
5.50 Structuration des noeuds et des liens dans l'outil de visualisation	191
5.51 Cas d'utilisation de l'outil "visualisation"	193
5.52 Copie écran de l'interface de sauvegarde d'une version intermédiaire d'un métamodèle	194
5.53 Copie écran de la visualisation des métamodèles propriétaires	195
5.54 Copie écran de la visualisation des versions intermédiaires du métamodèle "M3"	196
5.55 Contenu du fichier de flux	197
6.1 Démarche mise en oeuvre dans le projet LPCRSPM	202
6.2 Modèle Y des trois axes du projet	204
6.3 Différentes étapes proposées	205
6.4 Métamodèle de conception mis en oeuvre dans Moodle	207
6.5 Scénario de conception mis en oeuvre dans Moodle	207
6.6 copie écran moodle décrivant les trois axes du projet proposé	208
6.7 copie écran moodle décrivant la mise en oeuvre du scénario de conception	209
6.8 Extrait de notes résultats du brainstorming décrivant les spécifications de la situation d'apprentissage	210
6.9 Modèle séquentiel de production d'artefacts	211
6.10 Exemple d'une version de métamodèle produite sur papier par un concepteur	212

6.11 Quelques exemples de productions individuelles et la description de leur statut dans le fichier descripteur	214
6.12 Premier état du métamodèle	216
6.13 Deuxième état du métamodèle	217
6.14 Troisième état du métamodèle	218
6.15 Version finale du métamodèle	220
7.1 Approche constructive et interprétative : complémentarité dans la conception et la diffusion	230
7.2 Processus de scénarisation et d'opérationnalisation par prototypage	232
7.3 Approche de transformation vers Moodle, source : [Abdallah et al. 2008]	233
7.4 Exemple de mind map	236
7.5 Copie écran de l'application en cours de développement	237
7.6 Exemple d'une discussion thématique dans Oscar	238
7.7 Réaction à un énoncé dans Oscar	239
7.8 Actes de langages identifiés et leur enchaînement	240
A.1 métamodèle final produit avec ECoS par le groupe 1	270
A.2 Arborescence de l'application du groupe1 retraçant le parcours du scénario opérationnalisé	271
A.3 Extrait de la représentation générée par ECoS du métamodèle A.1	272
A.4 Accès au parcours et aux ressources	272
A.5 Copie écran d'une étape opérationnalisée : exemple de l'époque 1337-1453	273
A.6 Copie écran illustrant l'accès aux ressources	273
B.1 Architecture du système de Brainstorming	277

VI

Bibliographie

Références bibliographiques

- [Abdallah et al. 2008] Abdallah F., Toffolon C. et Warin B. (2008). Models transformation to implement a project-based collaborative learning (PBCL) scenario : Moodle case study. 8th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 08), July 1-5, 2008, Santander (Spain) : 639–643. [cited at p. 232, 233, 250]
- [ADL-SCORM 2004] ADL-SCORM (2004). ADL Sharable Content Object Reference Model 2004 overview. Technical report. [cited at p. 64]
- [Adreit et Vidal 1998] Adreit F. et Vidal P. (1998). Les modèles en conception : objets d’intermédiation. Trousse and Zreik (ed.) : Les objets dans la conception : 73–84. [cited at p. 34, 37, 245]
- [AI-Watch 1995] AI-Watch (1995). *spécial issue on the EuroKnowledge project*, volume 4(8). [cited at p. 26]
- [Barré et al. 2007] Barré V., Choquet C. et El-Kechaï H. (2007). From data analysis to design patterns in a collaborative and reengineering context. Journal of Interactive Learning Research (JILR), Special Issue Usage Analysis in Learning Systems: Existing Approaches and Scientific Issues, Vol 18 N°2 : 285–308. [cited at p. 31]
- [Barré et al. 2005] Barré V., El-Kechaï H. et Choquet C. (2005). Re-engineering of collaborative e-learning systems: evaluation of system, collaboration and acquired knowledge qualities. *AIED’05 Workshop: Usage analysis in learning systems, 18 juillet 2005, Amsterdam (Pays-Bas)*, pages 9–16. [cited at p. 31]
- [Béguin 2005] Béguin P. (2005). *Concevoir pour les genèses professionnelles*, pages 31–52. P. Rabardel et P. Pastré (ed.) Modèles du sujet pour la conception. Dialectiques activités développement, Toulouse. Octarès édition. [cited at p. 99]
- [Berger et Kam 1996] Berger C. et Kam R. (1996). Definitions of instructional design. *Page web consultée le 01 Mars 2008 : <http://www.umich.edu/ed626/define.html>*. [cited at p. 16]
- [Betbeder 2003] Betbeder M.-L. (2003). *SYMBA : un environnement malléable support d’activités collectives en contexte d’apprentissage*. Doctorat de l’Université du Maine. [cited at p. 28]
- [Betbeder et Tchounikine 2003] Betbeder M.-L. et Tchounikine P. (2003). Symba : a tailorable framework to support collective activities in a learning context,. CRIWG, 9th

- International Workshop on Groupware, 28 septembre - 2 octobre 2003, Autrans (France), Édité par Springer Verlag : 90–98. [cited at p. 28]
- [Blanc 2005] Blanc X. (2005). *MDA en action: Ingénierie logicielle guidée par les modèles*. Eyrolles éditions. [cited at p. 68, 69]
- [Bonnardel et Rech 1998] Bonnardel N. et Rech M. (1998). Les objets - sources d'inspiration dans les activités de conception. Trousse and Zreik (ed.) : Les objets dans la conception : 57–70. [cited at p. 49, 50]
- [Boujut et Blanco 2003] Boujut J.-F. et Blanco E. (2003). Intermediary objects as a means to foster co-operation in engineering design. *Journal of CSCW 2003, V12 2003 issue 2*. [cited at p. 57, 114]
- [Brassac 1994] Brassac C. (1994). Médiation instrumentale et oeuvre. quelques références classiques en psychologie. *Ecole d'Eté de l'Association pour la Recherche Cognitive, organisée avec la collaboration du CNRS, cours n°1*. [cited at p. 37]
- [Brassard et Daele 2003] Brassard C. et Daele A. (2003). Un outil réflexif pour concevoir un scénario pédagogique intégrant les TIC. *EIAH'2003, Strasbourg (France)*, pages 1–8. [cited at p. 17]
- [Bruillard 2006] Bruillard E. (2006). EIAH et apprentissage des langues : réflexions croisées. *Duquette Lise et Saint-jacques Claude (eds) : Technologies langagières et apprentissage des langues, Montréal : ACFAS*, pages 5–26. [cited at p. 80]
- [Bruillard et De La Passardière 2003] Bruillard E. et De La Passardière B. (2003). *Ressources numériques, XML et éducation*, volume Sciences et techniques éducatives, volume 9, hors série, Hermès sciences, 220 pages. [cited at p. 80]
- [Caelen 2004] Caelen J. (2004). *Le consommateur au cœur de l'innovation*. Paris, CNRS éditions. [cited at p. 51, 53, 65, 245]
- [Caron 2007b] Caron P.-A. (2007b). *Ingénierie dirigée par les modèles pour la construction de dispositifs pédagogiques sur des plateformes de formation*. Doctorat de l'Université des Sciences et Technologies de lille - lille i. [cited at p. 60, 73, 231]
- [Caron 2007a] Caron P.-A. (27-29 Juin 2007a). Bricoles: une approche dispositive des applications web 2.0 utilisables pour enseigner. *Actes de la conférence EIAH 2007, Lausanne (Suisse)*, pages 137–142. [cited at p. 33, 73, 246]
- [Caron et al. 2006] Caron P.-A., LePallec X. et Sockeel S. (2006). Paramétrage d'application web par un dispositif pédagogique. *Actes du colloque, "Scénariser l'enseignement et l'apprentissage : une nouvelle compétence pour le praticien ? " ,INRP, Lyon, avril 2006*, pages 7–12. [cited at p. 73]

- [Cauzinille Marmeche et al. 1985] Cauzinille Marmeche E., Mathieu J. et Weil Barais A. (1985). Raisonement analogique et résolution de problèmes. Dans *Année psychologique*, n° 85, pages 49–72. [cited at p. 50]
- [Charlier et Daele 2002] Charlier B. et Daele A. (2002). Recre@sup: Réseau des centres de ressources pour l’enseignement supérieur. Rapport final. [cited at p. 16, 18, 79]
- [Chikofsky et Cross 1990] Chikofsky J.-E. et Cross J.-H. (1990). Reverse engineering and design recovery: A taxonomy. *Software IEEE*, 7 : 13–17. [cited at p. 18]
- [Choquet 2007] Choquet C. (Décembre 2007). *Ingénierie et réingénierie des EIAH, l’approche REDiM*. Habilitation à diriger des recherches en informatique, Université du Maine. [cited at p. 19, 20, 21, 22, 29, 33, 245]
- [Cicourel 1994] Cicourel A. (1994). La connaissance distribuée dans le diagnostic médical. *Sociologie du travail*, n° 4/1994, pages p. 427–449. [cited at p. 54]
- [Corbière 2006] Corbière A. (2006). *Analyses des apports du méta-standard, ODP-RM à la communauté EIAH, Instances sur un système de formation*. Doctorat de l’Université du Maine. [cited at p. 20]
- [Cottier 2006] Cottier P. (2006). Inscrire l’ingénierie dans les genèses : de la conception participative des environnements numériques de travail. Montpellier (France). *Colloque IUR 2006, Innovations, usages, réseaux*. [cited at p. 101]
- [Cottier 2007] Cottier P. (2007). Le sujet et le collectif en conception LEA : genèse participative d’un EIAH. *Actes de la conférence EIAH 2007, Lausanne (Suisse)*, pages 299–310. [cited at p. 97, 99, 100, 111, 246, 247]
- [Cottier et al. 2008] Cottier P., Choquet C. et Tchounikine P. (2008). Repenser l’ingénierie des EIAH par des enseignants concepteurs. *Usages, usagers et compétences informationnelles au XXIème siècle, J. Dinet (Ed.)*, à paraître chez Hermès – Lavoisier. [cited at p. 96, 246]
- [Cottier et El-Kechaï 2007] Cottier P. et El-Kechaï H. (2007). Vers une genèse instrumentale des modèles en EIAH. *PeCUSI, Actes conférence INFORSID 2007, Mai 2007, Perros-Guirec (France)*, pages 234–245. [cited at p. 97, 99, 100, 111, 246, 247]
- [Darses 2004a] Darses F. (2004a). La conception participative : vers une théorie de la conception centrée sur l’établissement d’une intelligibilité mutuelle. *J. Caelen et P. Mallein Le consommateur au coeur de l’innovation : la conception participative*. Editions CNRS, pages 25–41. [cited at p. 51, 56]
- [Darses 2004b] Darses F. (2004b). *Processus psychologiques de résolution collective des problèmes de conception : Contribution de la psychologie ergonomique*. Habilitation à diriger des recherches, document de synthèse présenté le 16/12/2004, université Paris V-René Descartes. [cited at p. 52, 56, 220]

- [De Moura Filho 2007] De Moura Filho C. (2007). *MDEduc : conceiving and implementing a language-oriented approach for the design of automated learning scenarios*. Doctorat, Université des Sciences et Technologies de Lille - Lille I. [cited at p. 71, 72, 246]
- [De Moura Filho et Derycke 2007] De Moura Filho C. et Derycke A. (2007). Concevoir des scénarios pédagogiques exécutables avec des patrons de conception pédagogiques. *Actes de la conférence EIAH 2007, Lausanne (Suisse)*, pages 119–130. [cited at p. 60, 71, 73]
- [Deleuze-Dordron et al. 1995] Deleuze-Dordron C., Bisseret A. et Rouet J. (1995). La documentation : une partie de l'activité de conception. Dans *Le communicationnel pour concevoir*, J. Caelen et Kh. Zreik (eds), Paris, Europa, pages 21–41. [cited at p. 112]
- [Delium 2003a] Delium C. (2003a). Oscar: a framework for structuring mediated communication by speech acts. *IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'2003), Athènes (Grèce)*, pages 229–233. [cited at p. 238]
- [Delium 2003b] Delium C. (2003b). Oscar, un environnement de communication médiatisée structurée par les actes de langage. *Actes de la conférence EIAH 2003, Strasbourg (France)*, pages 127–138. [cited at p. 238]
- [Deshayes 1998] Deshayes C. (1998). L'entre-deux de l'objet. Trousse and Zreik (ed.) : Les objets dans la conception : 49–53. [cited at p. 58, 245]
- [Dewey 1900] Dewey J. (1900). Psychology and social practice. *The psychological Review*, 7, p. 105-124. [cited at p. 16]
- [Dewey 1968] Dewey J. (1968). Expérience et éducation. Paris, Armand Colin, (original publié en 1969). [cited at p. 228]
- [Dillenbourg et Tchounikine 2007] Dillenbourg P. et Tchounikine P. (2007). Flexibility in macro-scripts for CSCL. *Journal of Computer Assisted Learning*, Vol. 23 n°1 : 1–13. [cited at p. 30]
- [Dubet 1994] Dubet F. (1994). Sociologie de l'expérience. Paris, Seuil, 1994, 277 p. (traduit en portugais, 1997). [cited at p. 37]
- [Durand 2006] Durand G. (2006). *La scénarisation de l'évaluation des activités pédagogiques utilisant les Environnements Informatiques d'Apprentissage Humain*. Doctorat de l'Université de Savoie. [cited at p. 63]
- [Eastman 1969] Eastman C. (1969). Cognitive processes and ill-defined problems : a case study from design. *Proceeding of the First Joint International Conference on I.A, Washington, D.C*, pages 669–690. [cited at p. 49]
- [El-Kechaï 2006] El-Kechaï H. (2006). Dynamique des objets intermédiaires dans les activités collectives de conception de scénarios pédagogiques. *Actes RJC-EIAH (Premières Rencontres Jeunes Chercheurs en EIAH), Evry (France)*, pages 9–15. [cited at p. 120, 247]

- [El-Kechaï 2007] El-Kechaï H. (2007). Approche dirigée par les modèles pour accompagner la production de modèles d'expression de scénarios pédagogiques. *Actes de la conférence EIAH 2007, Lausanne (Suisse)*, pages 515–526. [cited at p. 124, 126, 138, 247]
- [El-Kechaï et Choquet 2005] El-Kechaï H. et Choquet C. (2005). Approche pragmatique de conception d'un EIAH : Réingénierie pédagogique dirigée par les modèles. *Actes de la conférence EIAH 2005, Montpellier (France)*, pages 189–200. [cited at p. 28, 31]
- [El-Kechaï et Choquet 2006a] El-Kechaï H. et Choquet C. (2006a). Analyse d'une activité de conception collective par les objets intermédiaires. *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 , Lyon (France)*, pages 25–30. [cited at p. 120, 121, 122, 123, 247]
- [El-Kechaï et Choquet 2006b] El-Kechaï H. et Choquet C. (2006b). Understanding the collective design process by analyzing intermediary objects. *The 6th IEEE ICALT'2006. IEEE Computer Society. Kerkrade (The Netherlands)*. [cited at p. 113, 121]
- [El-Kechaï et Choquet 2007] El-Kechaï H. et Choquet C. (2007). Reusing pedagogical scenarios at a knowledge level: a Model Driven Approach. *The 7th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'2007), July 18-20, 2007, Niigata (Japan)*, pages 670–674. [cited at p. 234]
- [Fayard et Mackay 1997] Fayard A.-L. et Mackay W. (1997). Radicalement nouveau et néanmoins familier : les strips papiers revus par la réalité augmentée. Neuvièmes journées sur l'ingénierie de l'Interaction Homme-Machine, IHM 97, Cépaduès. [cited at p. 59]
- [Ferraris et Lejeune 2007] Ferraris C. et Lejeune A. (2007). Le couplage "scénario - traces". exemple du langage LDL. *Cinquième école thématique du CNRS sur les EIAH "Personnalisation des EIAH"*. [cited at p. 62, 63, 64, 66, 68, 245, 246]
- [Ferraris et al. 2005] Ferraris C., Lejeune A., Vignollet L. et David J.-P. (2005). Modélisation de scénarios pédagogiques collaboratifs. *Actes de la conférence EIAH 2005, Montpellier (France)*, pages 285–296. [cited at p. 60, 63, 65]
- [Ferraris et al. 2007] Ferraris C., Martel C. et Vignollet L. (2007). *LDL for Collaborative Activities*. Handbook of Visual Languages in Instructional Design: Theories and Practices. [cited at p. 35, 63, 64, 245]
- [Fixmer et Brassac 2004] Fixmer P. et Brassac C. (2004). La décision collective comme processus de construction de sens. In C. Bonardi, N. Grégori, J.-Y. Menard, N. Rousseau (éds), *Psychologie sociale appliquée. Emploi, travail, ressources humaines*. Paris: InPress, pages 111–118. [cited at p. 56]

- [Flor et Hutchins 1991] Flor N. et Hutchins E. (1991). Analyzing distributed cognition in software teams. *in Empirical studies of programmers : fourth workshop, Ablex Publishing Corp.* [cited at p. 54]
- [Gosselin et al. 1998] Gosselin M., Loisel R. et Greboval Barry C. (1998). Un objet médiateur en conception architecturale : "le cahier créatif". Trousse and Zreik (ed.) : Les objets dans la conception : 19–31. [cited at p. 135]
- [Gounon et al. 2005] Gounon P., Leroux P. et Dubourg X. (2005). Décrire l'accompagnement des apprenants - proposition d'une extension du langage de modélisation pédagogique IMS-Learning Design. *Actes de la conférence EIAH 2005, Montpellier (France)*, pages 261–272. [cited at p. 65]
- [Granath 1993] Granath J.-A. . (1993). Learning through collective design and reflection. *Kazemian, R.A. ed. International Conference on Theories and Methods of Design, Proceedings. Royal Institute of Technology Chalmers University of Technology. Göteborg.*, pages 227–238. [cited at p. 51]
- [Gregori 1999] Gregori N. (1999). *Etude clinique d'une situation de conception de produit. vers une pragmatique de la conception.* Doctorat en psychologie de l'université Nancy 2. [cited at p. 56, 57, 58, 112, 114, 128, 135, 245]
- [Hernández-Leo et al. 2004] Hernández-Leo D., Asensio-Pérez J.-I. et Dimitriadis Y.-A. (2004). IMS Learning Design support for the formalization of collaborative learning patterns. *Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'04), Joensuu (Finland)*, pages 350 – 354. [cited at p. 31, 65, 66, 246]
- [Hutchins 1994] Hutchins E. (1994). *Comment le cockpit se souvient de ses vitesses.* In "Sociologie du travail", 473 pages. [cited at p. 52]
- [IMS-LD 2003] IMS-LD (2003). *IMS Learning Design v1.0 Final Specification.* IMS Global Learning Consortium. [cited at p. 27, 29, 35, 60]
- [Isternes 1997] Isternes Z. (1997). *ZoLa : un langage réflexif pour représenter et opérationnaliser des modèles conceptuels.* Doctorat de l'université de Nantes. [cited at p. 84]
- [Jeantet 1998] Jeantet A. (1998). Les objets intermédiaires dans la conception: Eléments pour une sociologie des processus de conception. *Sociologie du travail XL*, pages 291–316. [cited at p. 57, 114, 128]
- [Jeantet et al. 1996] Jeantet A., Tiger H., Vinck D. et Tichkiewitch S. (1996). La coordination par les objets dans les équipes intégrées de conception de produit. *G. Terssac E. Friedberg (Eds.), Coopération et Conception*, pages 87–100. [cited at p. 57]
- [Kolb 1975] Kolb D. A. (1975). Toward an applied theory of experiential learning. *Cooper, L.C., Ed, Theories of Group Processes, New-York, John Wiley and sons*, pages 33–57. [cited at p. 228]

- [Koper 2001] Koper R. (2001). Modeling units of study from a pedagogical perspective: the pedagogical metamodel behind EML",. *Educational Technology Expertise Centre, Open University of the Netherlands*. [cited at p. 60]
- [Koper 2002] Koper R. (2002). *Modeling units of study from a pedagogical perspective - The pedagogical metamodel behind EML*. Open University of the Netherlands. [cited at p. 60]
- [Kyng et Greenbaum 1991] Kyng M. et Greenbaum J. (1991). *Design at Work*. Hillsdale, NJ.: Lawrence Erlbaum. [cited at p. 59]
- [Laforcade 2004] Laforcade P. (2004). *Modélisation et méta-modélisation UML pour la conception et la mise en oeuvre de situations problèmes coopératives*. Doctorat de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour. [cited at p. 24, 60, 71, 246]
- [Laforcade 2005] Laforcade P. (2005). Approche par transformation de modèles pour la conception d'EIAH - illustration entre les langages CPM et IMS-LD. *Actes de la conférence EIAH 2005, Montpellier (France)*, pages 213–224. [cited at p. 70, 231]
- [Laforcade et al. 2003] Laforcade P., Barbier F., Nodenot T. et Sallaberry C. (2003). Profiling co-operative problem-based learning situations. *Proceedings of the 2nd IEEE International Conference on Cognitive Informatics (ICCI'2003), London, UK*. [cited at p. 70]
- [Latour 1994] Latour B. (1994). Une sociologie sans objet ? remarques sur l'interobjectivité. *Sociologie du travail, XXXVI 4/94*, pages 587–607. [cited at p. 56]
- [Laureillard et al. 1998] Laureillard P., Boujut J. et Jeantet A. (1998). Conception intégrée et entités de coopération. *Trousse and Zreik (ed.) : Les objets dans la conception*. [cited at p. 135]
- [Lebahar 1998] Lebahar J. (1998). Les "objets" de la conception : de la permanence du complexe polysensoriel à l'artefact cognitif. *Trousse and Zreik (ed.) : Les objets dans la conception*. [cited at p. 39]
- [Léglise 1998] Léglise M. (1998). Des objets architecturaux aux objets de la conception architecturale. *Trousse and Zreik (ed.) : Les objets dans la conception*. [cited at p. 135]
- [Lejeune et Marino 2005] Lejeune A. et Marino O. (2005). Ims learning design :un langage de modélisation pédagogique. *Troisième école thématique du CNRS sur les EIAH "MODÈLES, ARCHITECTURES LOGICIELLES ET NORMES"*, organisée par le CNRS - Département STIC - RTP39. [cited at p. 67, 246]
- [Lemesle 2000] Lemesle R. (2000). *Techniques de Modélisation et de Méta-modélisation*. Doctorat de l'Université de Nantes. [cited at p. 152, 153, 248]
- [LeMoigne 1985] LeMoigne J. (1985). Conception de la complexité et complexité de la conception. note de recherche 85-02, grasce, publié chap. 8. p.163-187, dans "le constructivisme, tome1". *AF CET Systèmes*. [cited at p. 34]

- [LeMoigne 1990] LeMoigne J. (1990). La modélisation des systèmes complexes. *AF CET Systèmes*. [cited at p. 34, 38]
- [Leroux 1994] Leroux B. (1994). *Eléments d'une approche constructive de la modélisation et de la réutilisation en acquisition des connaissances*. Doctorat de l'université ParisVI. [cited at p. 26]
- [Lonchamp 2004] Lonchamp P. (2004). *Co-évolution et processus de conception intégrée de produits : modèle et support de l'activité de conception*. Doctorat de l'INPG. [cited at p. 52, 55]
- [Martel 1998] Martel C. (1998). *La modélisation des activités conjointes médiatisées. Rôles, places et positions des participants*. Doctorat de l'université de Savoie. [cited at p. 63]
- [Mer et al. 1995] Mer S., Jeantet A. et S.Tichkiewitch (1995). Les objets intermédiaires de la conception : modélisation et communication. *Ed. Caelen Jean et Zreik Khaldoun: Le communicationnel pour concevoir, Europia*, pages 21–41. [cited at p. 57]
- [Morand 1994] Morand B. (1994). *Processus de conception des Systèmes d'Information avec un modèle d'acteurs. Essai sur le système de représentation*. Doctorat de l'université de Caen, spécialité informatique, 244 pages. [cited at p. 34]
- [Morch et Mehandjiev 2000] Morch A. et Mehandjiev N. (2000). Tailoring as collaboration: The mediating role of multiple representation and application units. *Proceedings of CSCW'2000, Philadelphia, Pennsylvania, USA*, pages 75–100. [cited at p. 28]
- [Muller 1991] Muller M. (1991). PICTIVE : An exploration in participatory design. *Proceedings of CHI'91, ACM Conference on Human Factors in Computing New Orleans, LA: ACM Press.*, pages 225–231. [cited at p. 59]
- [Muller et Kuhn 1993] Muller M. et Kuhn S. (1993). Special issue on participatory design. *CACM 36 :4*. [cited at p. 110]
- [Nagase et al. 2004] Nagase Y., Hashimoto D. et Sato M. (2004). Applying model-driven development to business systems using RM-ODP and EDOC. *Workshop on ODP for Enterprise Computing, EDOC2004*, pages 36–42. [cited at p. 19]
- [Newell et Simon 1972] Newell A. et Simon H. (1972). Human problem solving. Technical report, Englewood Cliffs, N.J. : Prentice-Hall. [cited at p. 52]
- [Nodenot 2005] Nodenot T. (2005). *Contribution à l'Ingénierie dirigée par les modèles en EIAH : le cas des situations-problèmes coopératives*. Habilitation à diriger des recherches en informatique. [cited at p. 74]
- [Nodenot et al. 2003] Nodenot T., Laforcade P., Marquesuzaà C. et Sallaberry C. (2003). Knowledge modelling of co-operative learning situations: Towards a UML profile. *Proceedings of the 11th International Conference on Artificial Intelligence in Education (AIED'2003), Sydney, Australia*. [cited at p. 70]

- [Nodenot et al. 2005] Nodenot T., LePallec X. et Marino O. (2005). La manipulation des modèles : modélisation, méta-modélisation, transformation. *Troisième école thématique du CNRS sur les EIAH "MODÈLES, ARCHITECTURES LOGICIELLES ET NORMES"*, organisée par le CNRS - Département STIC - RTP39. [cited at p. 70, 246]
- [Norman 1986] Norman D.A. . D. S. (1986). User centered system design ; new perspectives on human-computer interaction. *Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates publishers*. [cited at p. 109]
- [OMG 2004] OMG (2004). Enterprise collaboration architecture (ECA) specification, version 1.0. Technical report. [cited at p. 19, 140]
- [OMG 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*. [cited at p. 21, 68]
- [OMG-MOF 1997] OMG-MOF (1997). *Meta Object Facility Specification*. A.D/97-08-14, Object Management Group, Framingham, Mass., (September 1997). [cited at p. 150]
- [Pahl et Beitz 1984] Pahl G. et Beitz W. (1984). Engineering design: a systematic approach. *London : Springer*. [cited at p. 80]
- [Paquette 2002] Paquette G. (2002). *Modélisation des connaissances et des compétences, un langage graphique pour concevoir et apprendre*. Presses de l'Université du Québec, 357 pages. [cited at p. 16, 75]
- [Paquette et al. 1997] Paquette G., Crevier F. et Aubin C. (1997). Méthode d'ingénierie d'un système d'apprentissage. *Revue Informations in Cognito, vol.8*. [cited at p. 16, 60]
- [Pernin 2003] Pernin J.-P. (2003). Objets pédagogiques : unités d'apprentissage, activités ou ressources ? *Revue "Sciences et Techniques Educatives" Hors série 2003 : "Ressources numériques, XML et éducation"*, pages 179–210. [cited at p. 61, 245]
- [Pernin 2004] Pernin J.-P. (2004). A propos d'objet d'apprentissage, d'activité, de ressource et de document. *Séminaire DOCSI, ENSSIB, Lyon*. [cited at p. 17, 41, 103, 186]
- [Pernin et Lejeune 2004] Pernin J.-P. et Lejeune A. (2004). Dispositifs d'apprentissage instrumentés par les technologies : vers une ingénierie centrée sur les scénarios. *Actes de la conférence TICE 2004, Compiègne (France)*, pages 407–414. [cited at p. 18]
- [Piatelli-Palmarini 1995] Piatelli-Palmarini M. (1995). La réforme du jugement ou comment ne plus se tromper. *Odile Jacob*. [cited at p. 222]
- [Projet-Eiffel 2002] Projet-Eiffel (2002). Projet Eiffel, cognition et coopération en conception. *INRIA. Rapport d'activité*. [cited at p. 52]
- [Purcell et Gero 1991] Purcell A.-T. et Gero J.-S. (1991). The effects of examples on the results of a design activity. *J.S. GERO, Artificial Intelligence in Design'91, Oxford: Butterworth-Heinemann Ltd*. [cited at p. 50]

- [Rabardel 2005] Rabardel P. (2005). Instrument subjectif et développement du pouvoir d'agir. *P. Rabardel et P. Pastré (ed.) Modèles du sujet pour la conception. Dialectiques activités développement. Editions Octarés*, pages 11–29. [cited at p. 56, 57]
- [Rawlings et al. 2002] Rawlings A., Rosmalen P. V., Koper R., Rodríguez-Artacho M. et Lefrere P. (2002). *Survey of Educational Modeling Languages (EMLs)*. [cited at p. 60]
- [Rehal 1998] Rehal S. (1998). Le processus de conception participatif : un processus de communication. *Performances Humaines et Techniques*. [cited at p. 51]
- [Reinders et al. 1991] Reinders M., Vinkhuyzen E., Voss A., et J. Balder H. A., Bartsch-Sporl J., Bredeweg B., Drouven U., Harmelen F. V., Karbach W., Karsen Z., Schreiber G. et Wielinga B. (1991). A conceptual modeling framework for knowledge-level reflection. *AI Communications 4(2-3)*, pages 74–87. [cited at p. 84]
- [Relieu et al. 2004] Relieu M., Salembier P. et Theureau J. (2004). *Introduction au numéro spécial " Activité et Action/Cognition Située "*, volume 1. Revue @ctivités. [cited at p. 38]
- [Rodríguez Artacho 2002] Rodríguez Artacho M. (2002). *PALO Language Overview*. Doctorat universidad nacional de educación a distancia. [cited at p. 60, 64]
- [Rodríguez Artacho et Verdejo Maíllo 2004] Rodríguez Artacho M. et Verdejo Maíllo M. (2004). Modeling educational content: The cognitive approach of the PALO language. *International Journal of Educational Technology Society, Vol. 7 (3)*, pages 124–137. [cited at p. 64, 65]
- [Roussel et al. 1998] Roussel A., K.Zreik et O.Bouillant (1998). Les objets, pretextes à interactions. Trousse and Zreik (ed.) : Les objets dans la conception. [cited at p. 56]
- [Salembier et al. 2001] Salembier P., Theureau J., Zouinar M. et Vermersch P. (2001). Action/cognition située et assistance à la coopération. *12° journées francophones d'ingénierie des connaissances IC'2001, 25-27 Juin, Grenoble*. [cited at p. 55]
- [Santos et al. 2004] Santos O.-C., Boticario J.-G. et Barrera C. (2004). Authoring a collaborative task extending the IMS-LD to be performed in a standard-based adaptive learning management system called ALFANET. *Engineering Advanced Web Applications , Rinton Press Eds, USA, 2004, ISBN 1-58949-046-0*. [cited at p. 65]
- [Schneider 2006] Schneider D. K. (2006). Outils et langages pour la modélisation pédagogique (v 0.8). Technical report. [cited at p. 17]
- [Schön 1983] Schön D.-A. (1983). *The reflexive practitioner : How professional think in action*. Basic books. [cited at p. 55, 134]
- [Sevila et al. 1998] Sevila F., Roger J., Kaechenasse N. et Suay-Cortes R. (1998). L'objet technique, intégrateur d'expertise et de savoir-faire. *Trousse and Zreik (ed.) : Les objets dans la conception*. [cited at p. 135]

- [Simon 1973] Simon H. (1973). The structure of III structured problems. *Artificial Intelligence, n° 4*, pages 181–201. [cited at p. 49, 55]
- [Simon 1981] Simon H. (1981). The science of the artificial cambridge. *MIT Press, 2ème éd. complétée, Trad française*. [cited at p. 34]
- [Simon 1982] Simon H. (1982). Models of bounded rationality. *MIT Press, 2 tomes*. [cited at p. 37]
- [St-Denis 2001] St-Denis G. (2001). *RCR: un profil UML pour la rétroconception, la compréhension et la réingénierie de logiciels*. Mémoire présenté à la faculté des études supérieures en vue de l'obtention du grade de maître ès sciences (m. sc.) en informatique, Université de Montréal. [cited at p. 18]
- [Subrahmanian et al. 2003] Subrahmanian E., Monarch I., Konda S., Granger H., Milliken R. et Westberg A. (2003). Boundary objects and prototypes at the interfaces of engineering design. *CSCW Journal, Volume 12*, pages 185–203. [cited at p. 57]
- [Suchman 1987] Suchman L. A. (1987). *Plans and situated actions - The problem of human-machine communication*. Cambridge University Press. [cited at p. 37, 52, 55, 80]
- [Tabourier 1986] Tabourier Y. (1986). De l'autre côté de merise. *Editions d'organisation (Paris)*. [cited at p. 69]
- [Tchounikine 2008] Tchounikine P. (2008). Conceptualizing cscl macro-scripts operationalization and technological settings. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning (to appear)*. [cited at p. 67]
- [Tchounikine et al. 2004] Tchounikine P., Baker M., Balacheff N., Baron M., Derycke A., Guin D., Nicaud J.-F. et Rabardel P. (2004). Platon-1: quelques dimensions pour l'analyse des travaux de recherche en conception d'EIAH. *AS: Fondements théoriques et méthodologiques de la conception des EIAH. STIC-CNRS*. [cited at p. 15]
- [Tebaa Gable 1993] Tebaa Gable M. (1993). *Proposition d'un modèle de raisonnement expert en situation de résolution de problèmes, basé sur une approche systémique des activités cognitives de raisonnement. Application au diagnostic médical*. Doctorat de l'université de Besançon. [cited at p. 23]
- [Terrasse et al. 2002] Terrasse M.-N., Savonnet M. et Becker G. (2002). Métamodélisation et interopérabilité des systèmes d'information. *Proceedings du Congrès informatique des organisations et systèmes d'information et de décision*, pages 183–198. [cited at p. 234]
- [Trichet 1998] Trichet F. (1998). *DSTM : un environnement de modélisation et d'opérationnalisation de la démarche de résolution de problèmes d'un système à base de connaissances*. Doctorat de l'université de Nantes. [cited at p. 26, 74, 85, 86]

- [Trouche et Guin 2006] Trouche L. et Guin D. (2006). Des scénarios par et pour les usages. *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 , Lyon (France)*, pages 77–82. [cited at p. 128]
- [Turani et Calvo 2006] Turani A. et Calvo R.-A. (2006). Sharing synchronous collaborative learning structures using IMS Learning Design. *Higher Education and Training (ITHET'06). IEEE Computer Society*, pages 25–34. [cited at p. 65]
- [Vantroys 2003] Vantroys T. (2003). *Du langage métier au Langage technique, une plateforme flexible d'exécution de scénarios pédagogiques*. Doctorat de l'université Lille. [cited at p. 24]
- [Vera et Simon 1993] Vera A.-H. et Simon H. (1993). Situated action: a symbolic interpretation. *Cognitive Science*, 17(1), 7-48. [cited at p. 52]
- [Villiot-Leclercq 2007] Villiot-Leclercq E. (2007). *Modèle de soutien à l'élaboration et à la réutilisation de scénarios pédagogiques*. Doctorat de l'université Joseph-Fourier - Grenoble. [cited at p. 60, 77, 78, 246]
- [Villiot-Leclercq et David 2007] Villiot-Leclercq E. et David J.-P. (2007). Le formalisme des pléiades pour la conception et l'adaptation de patrons de scénarios pédagogiques. *Actes de la conférence EIAH 2007, Lausanne (Suisse)*, pages 269–274. [cited at p. 78]
- [Vinck 2005] Vinck D. (2005). Ethnographic studies in design activities: looking at the objects too. *Ethnographic Organizational Studies, St Gallen, Switzerland*. [cited at p. 41, 112]
- [Visser 1994] Visser W. (1994). Planning and organization in expert design activities. *D. Gilmore, R. Winder F. Détienne (Eds.), User-centred requirements for software engineering environments. Berlin, Germany: Springer.*, pages 25–40. [cited at p. 39]
- [Visser 1996] Visser W. (1996). Two functions of analogical reasoning in design: A cognitive-psychology approach. *Design studies*, n° 17, pages 417–434. [cited at p. 50]
- [Visser 2002] Visser W. (2002). A tribute to SIMON, and some - too late - questions, by cognitive ergonomist. *Actes de la conférence internationale "Les sciences de la conception", Lyon*. [cited at p. 55, 134]
- [Vredenburg et al. 2001] Vredenburg K., Isensee S. et Righi C. (2001). User-centered design: An integrated approach, prentice hall. [cited at p. 52]
- [Wang et Howard 1991] Wang J. et Howard H. (1991). A design-dependent approach to integrated structural design. Dans *In J.S. GERO, Artificial Intelligence in Design'91, Oxford: Butterworth-Heinemann Ltd*, pages 417–434. [cited at p. 50]

- [Yvars et Saucier 1998] Yvars A. et Saucier A. (1998). Modélisation objet de produits pour l'ingénierie d'ensembles mécaniques. *Trousse and Zreik : Les objets dans la conception*.
[cited at p. 135]

VII

Annexes

Sommaire

Cette annexe décrit par quelques copies d'écrans l'opérationnalisation de l'application du groupe 1 décrite précédemment dans le contexte LPCRSPM.

Etant donné la nature ludique qui amène à penser une application riche d'un point de vue graphique, un développement nouveau est envisagé. Puisque l'application doit être développée de zéro, le choix de préserver la structure de modélisation est en respectant le principe de correspondance structurelle entre la modélisation et l'opérationnalisation. Le vocabulaire du métamodèle qui est opérationnalisé est traduit en des termes pour qu'ils soient plus faciles à interpréter au niveau de l'IHM. En effet, les termes choisis pour l'IHM sont dépendants de la nature graphique de l'opérationnalisation. Il sont choisis de manière à donner une nature ludique à l'application. C'est ainsi que par exemple, l'apprenant est devenu "avatar" et que le parcours est devenu "jeu".

Dans la figure [A.1](#), la correspondance structurelle entre le métamodèle établi et l'opérationnalisation à travers l'IHM (telle que perçue par le collégien) est illustrée. Nous avons gardé les mêmes codes de couleur pour faciliter la perception de la correspondance structurelle. Une fois le métamodèle construit et formalisé grâce à ECoS, un schéma XML (cf. figure [A.3](#) pour extrait) est produit et a ensuite été implanté dans l'application en totale correspondance avec la construction du métamodèle conçu.

La figure [A.2](#) illustre l'arborescence de l'application développée. Dans ce qui suit, nous présentons chacun des concepts du métamodèle telle qu'il est opérationnalisé :

1. La primitive "parcours" explicitée dans le métamodèle correspond au niveau de l'opérationnalisation au "jeu de découverte" accessible par un menu (cf. figure [A.4](#)).

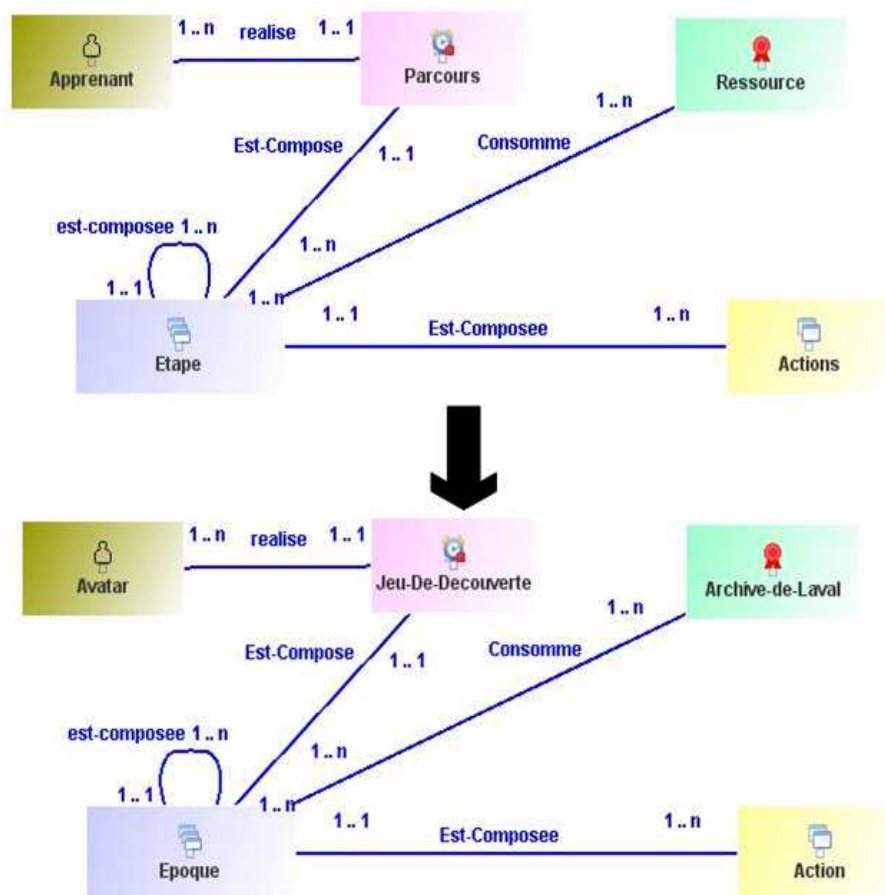


Figure A.1: métamodèle final produit avec ECoS par le groupe 1

2. La primitive “étape” explicitée dans le métamodèle correspond au niveau de l’opérationnalisation à une époque de l’histoire de Laval à découvrir. Dans le scénario, plusieurs époques sont définies (l’antiquité, le moyen-âge, période 1337-1453, XIIIème siècle, XIXème et XXème siècles) représentées par un monde virtuel (décor). Une étape est composée de sous-étapes (cf. figure A.5 pour illustrer l’exemple de l’époque 1337-1453) :

- Antiquité composée à son tour d’une époque : La période Néolithique.
- Moyen-âge composée à son tour de 4 époques : Notre dame de Pritz, GuyI, les autres guy, les potiers.
- 1337-1453 composée à son tour de deux époques : La guerre de 100 ans, le trésor de commer.
- XIIIème siècle composée à son tour de 2 époques : L’avant révolution, la révolution.
- XIXème et XXème siècles composée à son tour de 6 époques : 10ème siècle, 20ème siècle, l’époque d’Henri Rousseau, l’époque d’Alfred Jarry, l’époque du bourreau de Laval, l’époque d’Alain Gerbault.

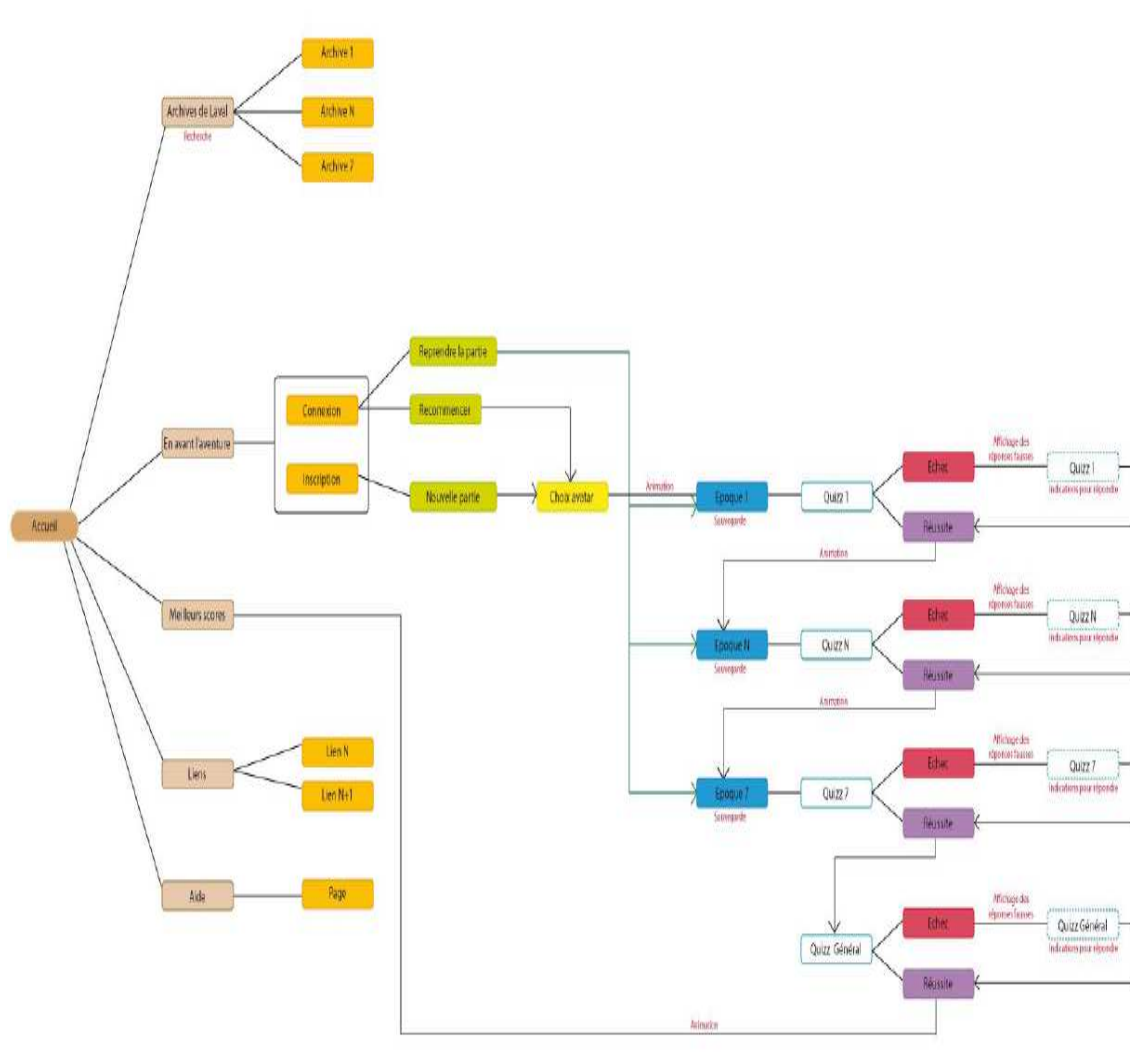


Figure A.2: Arborescence de l'application du groupe1 retraçant le parcours du scénario opérationnalisé

3. La primitive “apprenant” explicitée dans le métamodèle correspond au niveau de l’IHM à un “avatar” représentant l’apprenant dans le monde virtuel. Pour chaque époque, l’avatar est représenté différemment en cohérence avec l’époque (cf. figure A.5 pour un exemple).
4. La primitive “action” explicitée dans le métamodèle correspond au niveau de l’opérationnalisation à l’accès à une activité de l’époque que l’apprenant est en train de découvrir (par exemple l’artisanat, la poterie, l’histoire d’un château etc.) du décor. Une activité est représentée dans le décor par un objet faisant partie du décor (cf. figure A.5).
5. La primitive “ressource” explicitée dans le métamodèle correspond au niveau de l’opérationnalisation à une archive historique de Laval. A chaque étape correspond une archive spécifique (cf. figure A.6).

```

- <xsd:schema>
- <xsd:element name="scenario">
- <xsd:complexType>
- <xsd:sequence>
- <xsd:element name="concepts">
- <xsd:complexType>
- <xsd:sequence>
+ <xsd:element name="Parcours" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/></xsd:element>
+ <xsd:element name="Etape" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/></xsd:element>
+ <xsd:element name="Ressource" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/></xsd:element>
+ <xsd:element name="Actions" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/></xsd:element>
+ <xsd:element name="Acteur" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/></xsd:element>
</xsd:sequence>
</xsd:complexType>
</xsd:element>
- <xsd:element name="relations">
- <xsd:complexType>
- <xsd:sequence>
+ <xsd:element name="Parcours_Est-Compose_Etape"/></xsd:element>
+ <xsd:element name="Parcours_Consomme_Ressource"/></xsd:element>
+ <xsd:element name="Etape_Est-Compose_Actions"/></xsd:element>
+ <xsd:element name="Acteur_realise_Actions"/></xsd:element>
</xsd:sequence>
</xsd:complexType>
</xsd:element>
</xsd:sequence>
</xsd:complexType>
</xsd:element>
</xsd:schema>

```

Figure A.3: Extrait de la représentation générée par ECoS du métamodèle A.1

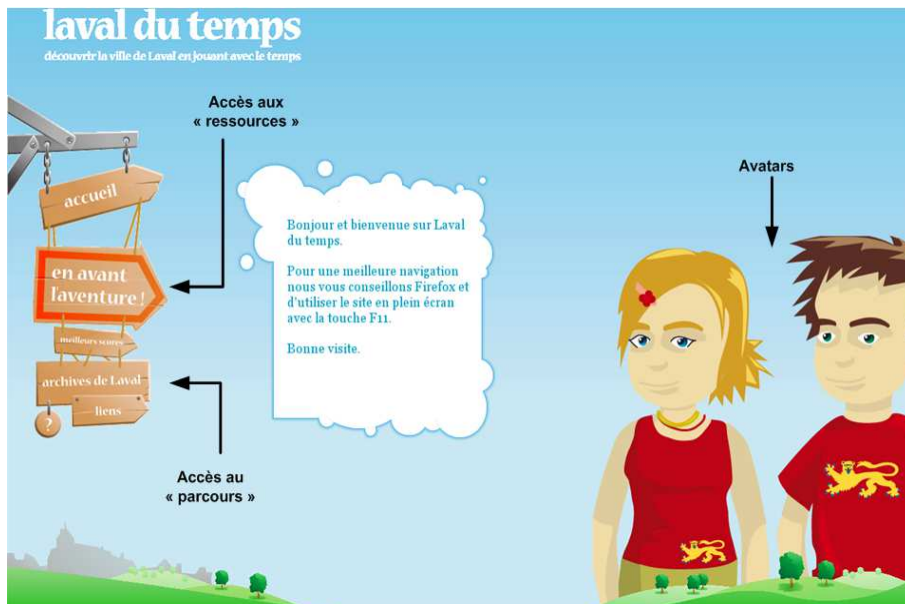


Figure A.4: Accès au parcours et aux ressources

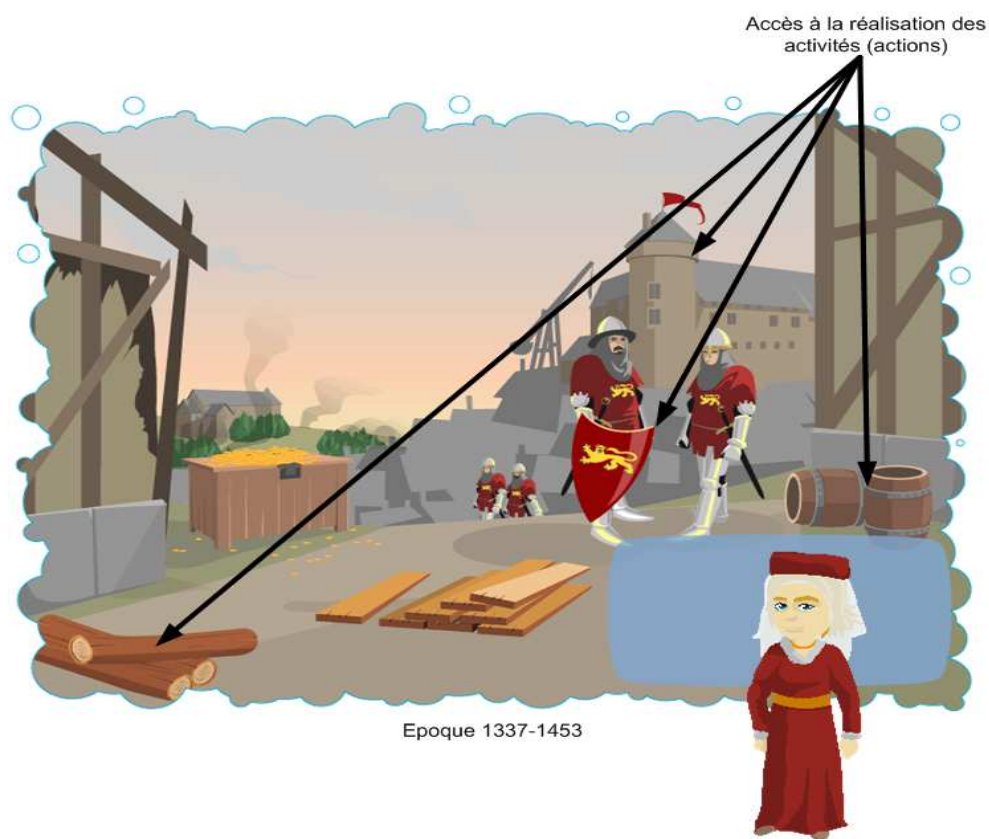


Figure A.5: Copie écran d'une étape opérationnalisée : exemple de l'époque 1337-1453

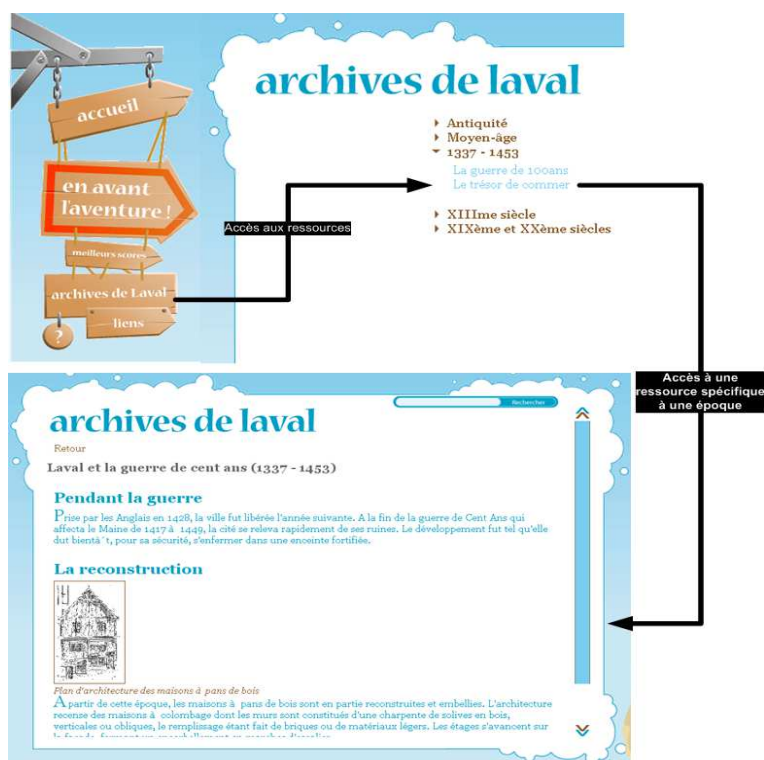


Figure A.6: Copie écran illustrant l'accès aux ressources

B Spécifications et architecture de l'outil de brainstorming des schémas heuristiques

Sommaire

Cette annexe explicite une partie du cahier des charges¹ de l'outil de brainstorming en cours de développement.

B.1 Le produit

Le produit est une application (client léger/web) qui permet à des utilisateurs lambda de mener à bien leur brainstorming. Cet outil permet la création de groupes de travail, dans lesquels il y a un animateur et des collaborateurs. L'outil comporte :

- un chat;
- un tableau blanc permettant la création d'un arbre d'idées;
- une boîte à outils permettant d'agir sur le tableau;
- un aide mémoire destiné aux utilisateurs pour conserver leurs idées pendant le moment où ils ne peuvent interagir avec le tableau blanc. Un système de jeton permet à un et un seul utilisateur d'agir sur le tableau.

B.2 Fonctions du produit

1. **Fonction "tour à tour"** : Les collaborateurs (à ce niveau l'animateur est un collaborateur normal) qui veulent ajouter une idée demandent la main (le tour de parole). Pour agir sur le tableau blanc, il y a donc constitution d'une liste d'attente des personnes demandant la main. L'ordre, dans cette liste, correspond à l'ordre de demande

¹Ce cahier des charges a été rédigé par les étudiants en LP qui ont travaillé sur ce projet

de la parole. Une fois que le collaborateur estime avoir fini de modifier l'arbre d'idée, il passe la main et c'est donc au tour du collaborateur en tête de liste.

2. **Fonction "tableau blanc"** : Le collaborateur qui a la main, peut sélectionner un outil dans sa boîte à outils, ce qui va lui permettre de faire une action correspondante à son choix. Ensuite, il clique sur le tableau blanc ce qui va rajouter un élément ou accomplir l'action associée à l'outil. Le collaborateur ne peut modifier ou supprimer les idées qui étaient déjà présentes avant qu'il ne prenne la main. Seul l'animateur peut le faire, faisant ainsi office de modérateur.
3. **Fonction "chat"**: Tous les collaborateurs peuvent déposer un message à tout moment afin de discuter avec les autres collaborateurs.
4. **Fonction "aide mémoire"** : L'utilisateur peut à tout moment écrire ce qu'il souhaite, ce ne sera visible par personne. Cela lui permet de noter ses idées en attendant son tour de parole.
5. **Fonction "boîte à outils"** : Il s'agit d'une liste d'outils prédéfinis qui permet au collaborateur d'agir sur le tableau lors de son temps de parole, elle lui permet d'ajouter des idées, de lier une idée à une autre, changer la couleur d'une idée.
6. **Fonction "idées"** : Une idée comporte un nom et un texte descriptif.
7. **Fonction "arbre d'idées ou nuage d'idées"** : Elle est présente sur le tableau blanc, et part d'une idée mère et ensuite les collaborateurs y ajoutent des idées filles. Les idées filles peuvent, elles aussi, avoir une ou des idées filles. Il peut y avoir plusieurs idées mères. Les idées de même rang de ramification seront de même couleur par défaut. La première idée est l'idée racine et elle est unique.
8. **Fonction "sauvegardes"** : A chaque fin de tour de main (changement d'utilisateur actif), le système établit une sauvegarde des idées déjà ajoutées. Cette sauvegarde est un fichier XML contenu temporairement sur le serveur. Ce fichier comportera : la date, le sujet, un texte descriptif donné par l'animateur de la réunion, la liste des utilisateurs présents.
9. **Fonction "Chargement"** : Le collaborateur d'un groupe pourra charger la sauvegarde qu'il aura acquise d'une précédente session de brainstorming. Une vérification du fichier chargé sera effectué à l'aide du schéma XML correspondant à la structure des cartes mentales. Le groupe sera alors créé avec le même nom que la première fois, le chef de groupe restera inchangé. Cependant, les collaborateurs doivent pouvoir désigner un nouveau animateur s'ils le souhaitent.
10. **Fonction "spéciale animateur"** : L'animateur a dans sa boîte tous les outils de collaboration standards. Cependant, il est le seul à pouvoir modifier et supprimer les idées d'autres collaborateurs, il peut s'il le souhaite demander la main et devenir

collaborateur à son tour. Il peut aussi supprimer des utilisateurs du groupe. A la fin de la session de brainstorming, il télécharge la dernière sauvegarde toujours sous la forme d'un fichier XML, et peut décider d'envoyer un mail à tous les utilisateurs du groupe contenant en pièce jointe la sauvegarde du brainstorming ou d'un compte rendu.

B.3 Architecture du produit

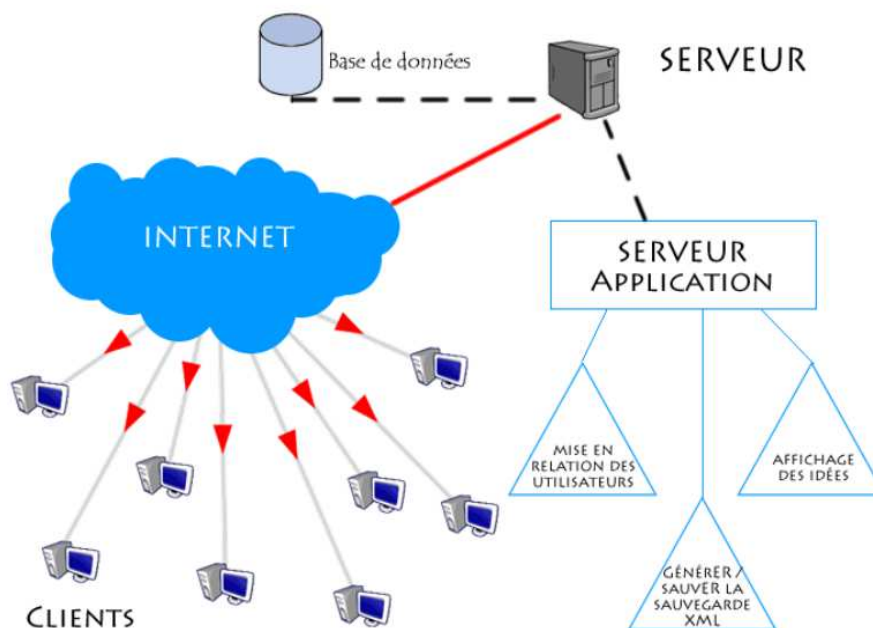


Figure B.1: Architecture du système de Brainstorming