



HAL
open science

Assistance à la réutilisation de scénarios d'apprentissage : une approche guidée par l'évaluation du contexte d'usage à base d'indicateurs

Mariem Chaabouni

► To cite this version:

Mariem Chaabouni. Assistance à la réutilisation de scénarios d'apprentissage : une approche guidée par l'évaluation du contexte d'usage à base d'indicateurs. Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain. Université du Maine, 2017. Français. NNT : 2017LEMA1007 . tel-01808541

HAL Id: tel-01808541

<https://theses.hal.science/tel-01808541v1>

Submitted on 5 Jun 2018

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 de Doctorat

Mariem CHAABOUNI

*Mémoire présenté en vue de l'obtention du
grade de Docteur de l'Université du Maine
sous le sceau de l'Université Bretagne Loire
et de l'Université de la Manouba*

Écoles doctorales : *Sciences et Technologies de l'Information et Mathématiques (STIM),
Sciences et Technologies de l'Informatique, de la Communication, du Design et de l'Environnement (ED-STICODE)*

Discipline : *Informatique (Section CNU 27)*

Unités de recherche : *Laboratoire d'Informatique de l'Université du Maine (LIUM), Laboratoire de recherche en
génie logiciel, applications distribuées, systèmes décisionnels et imagerie intelligente (RIADI)*

Soutenance le : 16/05/2017
Thèse N° : 2017LEMA1007

Assistance à la réutilisation de scénarios d'apprentissage

Une approche guidée par l'évaluation du contexte d'usage à base d'indicateurs

JURY

- Rapporteurs : **Jean-Marc LABAT**, Professeur des universités, Université Pierre et Marie Curie
Jean-Charles MARTY, Maître de conférences HDR, Université de Savoie
- Examineur : **Sébastien GEORGE**, Professeur des universités, Université du Maine
- Co-directeurs de thèse : **Christophe CHOQUET**, Professeur des universités, Université du Maine
Henda BEN GHEZALA, Professeur des universités, Université de la Manouba
- Co-encadrants de thèse : **Claudine PIAU-TOFFOLON**, Maître de conférences, Université du Maine
Mona LAROUCSI, Maître de conférences, Institut de la Francophonie pour l'Ingénierie de la Connaissance
et la formation à distance (IFIC)

*À Nour
À toute ma famille...*

Remerciements

C'est avec un grand plaisir que j'écris ces quelques lignes pour remercier tous ceux qui ont contribué à l'accomplissement de cette thèse qui n'aurait pu aboutir sans leur implication et leur confiance.

Je tiens tout d'abord à exprimer mes sincères gratitude et reconnaissances à :
Mon directeur de thèse **M. Christophe Choquet**, Professeur à l'Université du Maine, pour son implication et pour le temps qu'il a consacré pour des relectures minutieuses et des retours constructifs. Il a pu suivre de près mes travaux de thèse tout en me laissant les choix d'explorer mes propres pistes. Je le remercie aussi pour les conseils et les savoirs qu'il m'a transmis sur les plans scientifiques et méthodiques pour aboutir à ce travail et qui me guideront tout au long de ma carrière.

Ma directrice de thèse **Mme Henda Ben Ghezala**, Professeur à l'Université de la Manouba, qui m'a soutenu avec ces précieux conseils aussi bien sur le plan professionnel que personnel et ses réflexions qui m'ont orientées dans mes travaux de thèse et qui m'ont apprises le sens de la rigueur.

Ma co-encadrante **Mme Mona Laroussi**, Maître de conférences et directrice de l'Institut de la Francophonie pour l'Ingénierie de la Connaissance et la formation à distance, qui m'a toujours soutenu depuis mes études d'ingénieur et de mastère, qui m'a initié à la recherche et qui continue à me guider en me transmettant constamment ses savoirs et ses valeurs. Je la remercie du fond du coeur de m'avoir toujours permis d'avancer à pas sûrs et de persévérer dans la poursuite de mes objectifs.

Ma co-encadrante **Mme Claudine Piau-Toffolon**, Maître de conférences à l'Université du Maine, pour sa disponibilité sans se limiter à aucun contexte temporel ou spatial et pour ses relectures très soigneuses. Je la remercie également de la confiance qu'elle m'accorde et de ses encouragements continuels.

Je voudrais aussi remercier :

M. Jean-Marc Labat, Professeur à l'Université Pierre et Marie Curie, et **M. Jean-Charles Marty**, Maître de conférences HDR à l'Université de Savoie, de m'avoir accordé l'honneur d'être les rapporteurs de la thèse et de leurs efforts fournis pour évaluer ce travail ce qui m'a aidé à l'améliorer et à m'orienter vers de nouvelles perspectives très prometteuses.

M. Sébastien George, Professeur à l'Université du Maine, d'avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse, de me faire l'honneur d'évaluer ce travail et également de m'avoir toujours supporté durant ma thèse.

Mme Hassina El Kechai, Maître de Conférences à l'Université de Poitiers, et **M. Thibault Carron**, Maître de conférences HDR à l'Université Pierre et Marie Curie, de faire partie de mon comité de suivi de thèse et de me guider avec leurs réflexions constructives.

M. Sébastien Iksal qui m'a aidé à maîtriser le langage UTL et **Mme Mariem Chater** pour son implication dans les expérimentations dans le cadre de la thèse.

Mes collègues pour leur soutien et leur participation aux expérimentations Hela, Mariem, Manel, Guillaume, Majdi, Ines, Mehrez, Wafé.

Mes collègues au laboratoire RIADI en Tunisie qui m'ont encouragé et guidé. Ma collègue et amie Zeyneb pour son support sans limites et son agréable accueil lors de mes séjours à Laval,

ainsi que mes collègues du laboratoire LIUM en France Aicha, Aous, Aymen, Esteban, Guillaume, Ines, Marc, Mohand et Quentin... sans oublier le bon accueil à l'IUT Laval et les précieux retours lors de mes présentations aux réunions de l'équipe iEIAH de Sébastien G., Sébastien I., Lahsen, Pierre et Iza ainsi que ceux qui sont sur le site du Mans.

Tous ceux qui ont contribué au support administratif et technique pour assurer le bon déroulement de la thèse du côté de l'Université de la Manouba et du côté de l'Université du Maine.

Les membres de l'AUF ayant suivi et facilité les procédures de mes déplacements en France dont je cite particulièrement M. Petko Staynov, Mme Boutheina Bouziri, Mme Justine Martin, Mme Nezha Zaki, Khadija et Zied.

Tous les enseignants ayant contribué à ma formation tout au long de mes études.

Mes chaleureux remerciements s'adressent également à :

Mes chers parents Leila et Abderraouf qui ont toujours cru en moi, pour leur soutien inconditionnel sur tous les plans, et qui, sans leur support et leur confiance, je ne serais jamais ce que je suis.

Mon cher mari Mohamed pour son soutien moral, son support dans les moments de doute et le partage de ce rêve avec moi.

Mes beaux parents Noura et Tijani pour leurs efforts continus et sans limites afin de m'offrir les meilleures conditions pour travailler et réussir.

Mon frère Ghassen pour ses encouragements, son humour et sa bonne humeur qui m'influençaient quand j'en avais besoin.

Mes cousines et amies qui m'ont encouragé et m'ont toujours entouré dans les moments de réussites et de faiblesses Mayssa R., Rim, Imen, Yosra N., Mayssa A., Selima, Malek, Yosra F., Emna, Ella et Neyra...

Ma chère petite fille Nour qui a su me motiver à sa manière dès sa venue au monde, qui m'a accompagné pendant trois ans dans cette aventure et qui continuera à être ma source d'inspiration.

RÉSUMÉ

Les travaux présentés dans cette thèse s'inscrivent dans le domaine des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH). Ils portent sur la proposition de processus, méthodes et outils pour assister les enseignants et les formateurs, jouant le rôle de concepteurs pédagogiques, dans la réutilisation et la capitalisation des scénarios d'apprentissage. L'approche proposée nommée CAPtuRe (Context-based APproach to assist educational scenarios Reuse) a pour objectif de modéliser, évaluer et exploiter les informations contextuelles relatives à un scénario en se basant sur des observations effectives de ce dernier lors des expériences d'apprentissage passées pour améliorer la réutilisation.

Les problématiques étudiées concernent principalement : (1) l'expression et l'analyse du contexte d'usage, (2) l'évaluation de la pertinence du scénario dans un contexte précis, (3) l'indexation des contextes sur la base de critères de réussite et d'efficacité du scénario pour la définition de son périmètre de réutilisation et (4) la suggestion proactive de réutilisation dans un cadre de conception et de réingénierie pédagogiques.

Pour cela, nous avons commencé par la spécification d'un cadre global d'ingénierie et de réutilisation de scénarios d'apprentissage. Dans ce cadre, nous avons défini un processus qui spécifie le cycle de vie du scénario explicitant particulièrement la dimension contextuelle et son utilisation dans un environnement de "conception par la réutilisation". Ce processus permet de mettre en place une assistance à la réutilisation et à la capitalisation des scénarios. Pour opérationnaliser ce processus, nous avons défini une approche générique de modélisation de l'information contextuelle d'un scénario enrichie par les indicateurs et basée sur les standards. Nous avons également spécifié une méthode d'indexation (semi-automatisée) et un algorithme de calcul de similarités contextuelles pour la sélection et la recommandation de scénarios appropriés à une situation d'apprentissage cible. Ces contributions ont été implémentées sous la forme d'une plateforme d'assistance à la réutilisation et à la capitalisation de scénarios d'apprentissage, mettant en œuvre le processus et les éléments d'opérationnalisation spécifiés. Des évaluations formatives, appliquées sur des cas d'usage de scénarios d'apprentissage hybrides, ont été mises en place afin de valider l'approche.

ABSTRACT

The work presented in this thesis is a part of the Technology Enhanced Learning domain. It focuses on the proposal of processes, methods and tools that assist teachers and trainers, acting as educational designers, in the reuse and the capitalization of educational scenarios. The objective of the proposed approach named CAPtuRe (Context-based APproach to assist educational scenarios Reuse) is to model, evaluate and exploit the contextual information related to a scenario based on its effective observations and its assessment during past learning experiences with the aim to enhance reuse. The main concerns are : (1) the expression and the analysis of the usage context, (2) the evaluation of the relevance of the scenario in a specific context, (3) the indexing of the contexts

based on criteria of success and effectiveness of the scenario to define its reuse scope and (4) the proactive suggestion of reuse in a context of a pedagogical design and re-engineering.

To deal with these issues, we started by specifying a global framework for the engineering and the reuse of educational scenarios. In this context, we have defined a process specifying the scenario lifecycle introducing particularly the contextual dimension and its utilization in a "design by reuse" environment. This process performs an assistance for the reuse and capitalization of scenarios. In order to operationalize this process, we define a generic approach to model the contextual information of a scenario that is enriched by the indicators and based on standards. An indexing method (semi-automated) and an algorithm calculating contextual similarities are also specified for the selection and the recommendation of appropriated scenarios to a target learning situation. These contributions are implemented as a platform assisting the reuse and the capitalization of educational scenarios, integrating the process of engineering of the scenario and the specified operationalization elements. Formative evaluations, applied to hybrid scenarios usage cases, are performed to validate the approach.

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
1.1	Contexte de recherche	3
1.1.1	Axes et thèmes de recherche	3
1.1.2	Positionnement des travaux	8
1.2	Hypothèses et aperçu sur la problématique	11
1.3	Organisation du mémoire	13
I	REVUE DE LA LITTÉRATURE, POSITIONNEMENT ET PROBLÉMATIQUE	15
2	L'INGÉNIERIE PÉDAGOGIQUE ET LA RÉUTILISATION	16
2.1	Les scénarios d'apprentissage et leurs rôles dans la conception pédagogique	17
2.2	La réutilisation : axes et approches	20
2.2.1	La réutilisation dans les domaines du génie logiciel et des systèmes d'information	20
2.2.2	La réutilisation dans le domaine des EIAH et de l'ingénierie pédagogique	22
2.3	Réutilisation, adaptation et réingénierie : liens et positionnement	26
2.4	Utilisation des normes et standards comme approche pour favoriser la réutilisation dans l'ingénierie pédagogique	28
2.4.1	LOM (Learning Object Metadata)	29
2.4.2	ISO-MLR (Metadata for Learning Resources)	30
2.4.3	IMS-LIP (IMS Learner Information Package)	31
2.5	Synthèse et positionnement	32
3	LE CONTEXTE DANS L'INGÉNIERIE PÉDAGOGIQUE	34
3.1	Le contexte d'un scénario d'apprentissage	34
3.2	Dimensions, classifications et modélisations contextuelles	35
3.2.1	Les approches de modélisation de scénarios d'apprentissage et leur prise en compte de la dimension contextuelle	35
3.2.2	Les travaux sur la modélisation contextuelle	41
3.2.3	Étude de bases de scénarios d'apprentissage existantes	47
3.3	La contextualisation et la réutilisation des scénarios d'apprentissage	50
3.4	Synthèse et positionnement	51
4	L'OBSERVATION DES SCÉNARIOS D'APPRENTISSAGE	54
4.1	Traces d'usage et indicateurs pédagogiques	54
4.1.1	Traces et indicateurs pédagogiques : définitions et taxonomie	54
4.1.2	Formalismes de modélisation des traces et des indicateurs pédagogiques	56
4.2	Les objectifs de l'observation par les traces et les indicateurs	60
4.3	Synthèse et positionnement	60
5	VERROUS SCIENTIFIQUES, PROBLÉMATIQUE ET MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE	62
5.1	Verrous scientifiques et problématique de recherche	62
5.2	Méthodologie adoptée	67

II	CONTRIBUTIONS ET MISE À L'ÉPREUVE	74
6	SPÉCIFICATION D'UN CADRE GLOBAL DE RÉUTILISATION ET DE CAPITALISATION DE SCÉNARIOS D'APPRENTISSAGE	75
6.1	Présentation générale du cadre de réutilisation et de capitalisation d'un scénario d'apprentissage	75
6.2	Le processus d'assistance à la réutilisation et à la capitalisation de scénarios d'apprentissage : CAPtuRe-process	77
6.2.1	La sélection, la recommandation, la réutilisation et la conception d'un scénario d'apprentissage	79
6.2.2	La scénarisation de l'observation	80
6.2.3	Mise en œuvre du scénario dans une situation d'apprentissage réelle	81
6.2.4	Structuration et évaluation du contexte et des résultats de déroulement du scénario	81
6.2.5	Analyse et indexation du scénario	82
6.2.6	Capitalisation du scénario indexé	83
7	PROPOSITION D'UNE APPROCHE POUR L'OPÉRATIONNALISATION DE L'ASSISTANCE À LA RÉUTILISATION ET À LA CAPITALISATION DES SCÉNARIOS D'APPRENTISSAGE	85
7.1	Proposition d'une approche de modélisation du contexte d'un scénario d'apprentissage	85
7.1.1	Principe 1 : une modélisation multi-niveau du contexte d'un scénario d'apprentissage	87
7.1.2	Principe 2 : une modélisation indépendante du langage de formalisation du scénario	88
7.1.3	Principe 3 : une approche par méta-modélisation	88
7.1.4	Principe 4 : une modélisation multi-facette du contexte enrichie par les indicateurs pédagogiques	90
7.1.5	Un modèle de contexte d'un scénario d'apprentissage hybride : CAPtuRe-model	94
7.2	Définition de la méthode d'indexation contextuelle de scénarios d'apprentissage guidée par l'observation	103
7.2.1	La réutilisation et la conception d'un scénario d'apprentissage	104
7.2.2	La scénarisation de l'observation	106
7.2.3	Structuration et évaluation du contexte et des résultats de déroulement du scénario	108
7.2.4	Analyse et indexation du scénario	110
7.3	Proposition d'un algorithme de calcul de similarités contextuelles de scénarios d'apprentissage : CAPtuRe-algorithm	115
7.3.1	Représentation des données	116
7.3.2	L'algorithme « CAPtuRE-Algorithm »	117
7.3.3	Optimisation de l'algorithme de calcul de similarités contextuelles entre scénarios d'apprentissage	119
7.4	Application de l'approche sur les EML	120
7.5	Synthèse du chapitre	123

8	IMPLÉMENTATION D'UNE PLATEFORME D'ASSISTANCE À LA RÉUTILISATION ET À LA CAPITALISATION DE SCÉNARIOS D'APPRENTISSAGE : CAPTURE-PLATFORM	125
8.1	Spécification et conception de la plateforme d'assistance	125
8.1.1	L'adoption d'une architecture orientée service pour une ingénierie et réingénierie de scénarios d'apprentissage	125
8.1.2	L'architecture fonctionnelle de CAPtuRe-platform	126
8.2	Développement et intégration de la plateforme d'assistance	128
8.2.1	Environnements et outils logiciels de développement	128
8.2.2	Intégration de la plateforme avec des outils/environnements existants	129
8.2.3	Simulation du processus d'assistance avec CAPtuRe-platform : Étude de cas	130
8.2.4	Simulation des étapes d'indexation et de capitalisation du scénario	143
8.3	Synthèse du chapitre	147
9	EXPÉRIMENTATIONS ET ÉVALUATIONS	148
9.1	La phase A des évaluations	148
9.1.1	Protocole expérimental de la phase A d'évaluation	148
9.1.2	Déroulement de l'évaluation de l'activité de conception des scénarios existants de BASAR - Évaluation E1	151
9.1.3	Déroulement de l'évaluation de la conception de nouveaux scénarios - Évaluation E2	152
9.1.4	Le premier questionnaire	153
9.1.5	Analyse	154
9.2	La phase B des évaluations	156
9.2.1	Protocole expérimental de la phase B d'évaluation	156
9.2.2	Déroulement et analyse de l'évaluation de CAPtuRe-algorithm (Évaluation E3)	158
9.2.3	Déroulement et analyse de l'évaluation par inspection de CAPtuRe-platform (Évaluation E4)	165
9.2.4	Déroulement et analyse de l'évaluation empirique de CAPtuRe-platform (Évaluation E5)	168
9.2.5	Synthèse	173
10	CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES	175
10.1	Synthèse et apports de la thèse	175
10.2	Perspectives et directions de recherche	178
10.2.1	Amélioration et évolution de CAPtuRe-platform	178
10.2.2	Optimisation de l'algorithme de recommandation de scénarios	180
10.2.3	Evolution de la base d'indicateurs pédagogiques	181
10.2.4	Mise en place de nouvelles itérations d'évaluation	181
10.2.5	Intégration de l'axe adaptation à travers une ingénierie ontologique	182
10.2.6	Vers une classification des scénarios d'apprentissage	184
10.2.7	Vers une approche de réutilisation et de capitalisation de scénarios adaptée aux environnements sociaux collaboratifs, des MOOCs et des Learning games	185

BIBLIOGRAPHIE	186
Annexes	198
A ARCHITECTURE DE DÉPLOIEMENT DE CAPTURE-PLATFORM	199
B ELÉMENTS COMPLÉMENTAIRES DES ÉVALUATIONS	202
B.1 Informations sur les scénarios conçus lors des expérimentations . . .	202
B.2 Quelques scénarios conçus dans les évaluations	204
B.2.1 Scénario SA2	204
B.2.2 Scénario SA5	206
B.2.3 Scénario SA7	207
B.2.4 Scénario SA9	211
B.2.5 Scénario SB2	213
B.2.6 Scénario SB5	215
B.3 Questionnaire 1- Fiche scénario BASAR	216
B.4 Questionnaire 2 - Usages CAPTuRe	219

TABLE DES FIGURES

FIGURE 1.1	Le cycle de travail dans le Case-Based Reasoning (CBR) [Aamodt and Plaza, 1994]	7
FIGURE 1.2	Axes et thèmes de recherche	7
FIGURE 1.3	Chaine éditoriale de l’observation [Iksal, 2012]	9
FIGURE 1.4	Deux extraits de scénarios de BASAR avec des degrés d’abstraction de contextes différents	12
FIGURE 2.1	Illustration des deux axes de travaux de « conception pour la réutilisation » et de « conception par la réutilisation » pour les scénarios d’apprentissage	25
FIGURE 2.2	Processus d’ingénierie et de réingénierie d’un scénario d’apprentissage	27
FIGURE 2.3	Extrait des métadonnées du profil Normetic 2.0 du MLR [Gauthier, 2011]	31
FIGURE 2.4	Structures des données d’un package IMS-LIP [IMS-LIP, 2008]	32
FIGURE 3.1	Une situation d’apprentissage	35
FIGURE 3.2	Vue simplifiée du modèle EML [Pernin, 2003]	36
FIGURE 3.3	Modèle détaillé du contexte [Bradley and Dunlop, 2005]	41
FIGURE 3.4	Les composantes du contexte d’un scénario Paquette and Léonard [2014]	44
FIGURE 3.5	Structure du modèle de contexte Derntl and Hummel [2005]	45
FIGURE 3.6	Méta-modèle d’un scénario BASAR	49
FIGURE 3.7	La structure de patrons de conception des scénarios de la base PP	50
FIGURE 4.1	Processus de collecte et analyse de traces	54
FIGURE 4.2	Modèle conceptuel du méta-langage UTL [Choquet, 2007]	59
FIGURE 4.3	Le modèle d’information de l’indicateur [Iksal, 2012]	59
FIGURE 5.1	Aperçu sur les contributions théoriques et pratiques de la thèse	67
FIGURE 5.2	Aperçu de la méthodologie de recherche adoptée	69
FIGURE 6.1	Vue globale du cadre d’assistance à la réutilisation et à la capitalisation de scénarios d’apprentissage	76
FIGURE 6.2	Processus d’assistance à la réutilisation et à la capitalisation de scénarios d’apprentissage : CAPtuRe-process	79
FIGURE 6.3	Formalisation du problème en une approche CBR	84
FIGURE 7.1	Niveaux de contexte des scénarios d’apprentissage	88
FIGURE 7.2	Les couches de modélisation du contexte d’un scénario d’apprentissage	89
FIGURE 7.3	Le méta-modèle du contexte et sa relation avec les indicateurs et le méta-modèle de scénario basé-activité	91
FIGURE 7.4	Exemple d’évaluations associées à un élément contextuel dans un contexte planifié ou effectif	92

FIGURE 7.5	Exemple d'évaluations pour index contextuel associées à un élément contextuel	93
FIGURE 7.6	Modèle de contexte CAPtuRe-model pour le cas des scénarios d'apprentissage hybrides	96
FIGURE 7.7	Illustration de l'exécution d'un scénario d'apprentissage dans deux contextes d'apprentissage différents	97
FIGURE 7.8	Exemple d'un contexte prévu PCM-LS d'un scénario d'apprentissage	104
FIGURE 7.9	Quelques règles associées aux évaluations du modèle de contexte	105
FIGURE 7.10	Exemple d'un scénario d'apprentissage	105
FIGURE 7.11	Les entrées et sorties du système de recommandation d'indicateurs	106
FIGURE 7.12	Quelques règles associées aux évaluations du modèle de contexte	107
FIGURE 7.13	Exemple d'un contexte effectif ECM-LS d'un scénario	109
FIGURE 7.14	Exemple d'un index contextuel ICM-LS d'un scénario	111
FIGURE 7.15	Triplet (Indicateurs - Objectifs sur scénario - Objectifs sur indicateurs)	113
FIGURE 7.16	Illustration des exemples d'objectifs relatifs aux indicateurs	114
FIGURE 7.17	Une illustration graphique de l'algorithme de calcul de similarités contextuelles de scénarios	117
FIGURE 7.18	Méthode de conception par la réutilisation	119
FIGURE 7.19	Intégration du méta-modèle des EML aux différents niveaux proposés dans notre approche	121
FIGURE 7.20	ICM construit pour le scénario modélisé en IMS-LD de Bote-Lorenzo et al. [2004]	122
FIGURE 7.21	ICM construit pour le scénario modélisé en LDL de Ferraris et al. [2008]	123
FIGURE 8.1	Architecture logique d'une application en ingénierie et réingénierie d'un scénario d'apprentissage conforme à l'architecture de référence SOA-RA	126
FIGURE 8.2	Architecture fonctionnelle de CAPtuRe-platform : Implémentation du processus d'assistance en termes de services	128
FIGURE 8.3	Interfaces de collecte du contexte prévu	131
FIGURE 8.4	Interface d'ajout de ressources matérielles à utiliser	132
FIGURE 8.5	Exemple de saisie des objectifs sociaux et affectifs	132
FIGURE 8.6	Interface de connexion à la plateforme d'apprentissage	133
FIGURE 8.7	Extrait d'un modèle, vue et code représentant les ressources matérielles dans un PCM	134
FIGURE 8.8	Interface de recommandation, de réutilisation et de conception d'un scénario d'apprentissage	135
FIGURE 8.9	Exemples d'extraits de scénarios à réutiliser de la base BASAR	136
FIGURE 8.10	Interface de scénarisation de l'observation de CAPtuRe-platform	137
FIGURE 8.11	Interface de paramétrage de l'indicateur « Resource usage rate »	137

FIGURE 8.12	Schéma de données de l'indicateur « I_ViewResourceRate »	139
FIGURE 8.13	Aperçu du log à partir des fichiers log de la plateforme Moodle	140
FIGURE 8.14	Aperçu de la table de la base de données MySQL de Moodle	140
FIGURE 8.15	Aperçu du log à partir des fichiers log de la plateforme Moodle	142
FIGURE 8.16	Interface d'analyse, d'évaluation et d'indexation du scénario	146
FIGURE 9.1	Statistiques sur les modalités utilisées dans les scénarios BASAR	154
FIGURE 9.2	Statistiques sur les ressources matérielles et logicielles utilisées dans les scénarios BASAR	155
FIGURE 9.3	Graphe des similarités contextuelles globales entre scénarios de BASAR	159
FIGURE 9.4	Graphe des similarités contextuelles entre les facettes pédagogiques des scénarios de BASAR	159
FIGURE 9.5	Extrait du graphe de similarités contextuelles entre un PCM-LS et les scénarios de BASAR	161
FIGURE 9.6	Trois index contextuels de scénarios de BASAR	162
FIGURE 9.7	Cas spécial de la propagation ascendante des similarités	164
FIGURE 9.8	Grilles d'évaluation de CAPtuRe-platform par des experts IHM	166
FIGURE 10.1	Interface administrateur de gestion des modèles de contextes de scénarios d'apprentissage du prototype CAPtuRe-platform	180
FIGURE 10.2	Outil de conception pédagogique collaboratif de Scenari BASAR	182
FIGURE 10.3	Exemple d'une ontologie du contexte effectif d'un scénario d'apprentissage	183
FIGURE 10.4	Classifications multi-facettes ou multi-dimensionnelles de scénarios d'apprentissage	184
FIGURE A.1	Architecture de déploiement de CAPtuRe-platform	199

LISTE DES TABLEAUX

TABLE 2.1	Critères de classifications et typologies des scénarios d'apprentissage	19
TABLE 2.2	Dimensions de réutilisation en génie logiciel	21
TABLE 2.3	Approches de réutilisation en Systèmes d'Information	21
TABLE 2.4	Extrait des métadonnées du LOM [2002]	30
TABLE 3.1	Éléments du contexte modélisé dans les approches de conception de scénarios d'apprentissage	40
TABLE 3.2	Récapitulatif des travaux étudiés sur la modélisation du contexte en EIAH	47
TABLE 4.1	Taxonomie des indicateurs	55
TABLE 5.1	Récapitulatif de nos travaux conduits par une recherche design en éducation	73

TABLE 7.1	Liste des éléments sélectionnés du IMS LIP utilisés et leur correspondance avec CAPtuRe-model	99
TABLE 7.2	Liste des éléments sélectionnés du LOM-FR et leur correspondance avec CAPtuRe-model	100
TABLE 7.3	Liste des éléments sélectionnés du Normetic 2.0 et leur correspondance avec CAPtuRe-model	101
TABLE 7.4	Liste des indicateurs utilisés et leurs descriptions	102
TABLE 8.1	Tableau descriptif de l'indicateur « I_ViewResourceRate » . . .	139
TABLE 8.2	Tableau détaillant la donnée brute « RD_Log »	141
TABLE 8.3	Tableau détaillant la donnée intermédiaire « ID_nbStudentsGlobal »	141
TABLE 8.4	Tableau détaillant la donnée intermédiaire « ID_nbStudentsView »	141
TABLE 8.5	Tableau détaillant l'indicateur « I_ViewResourceRate » . . .	141
TABLE 8.6	Tableau descriptif de l'indicateur « I_successRateQuiz » . . .	142
TABLE 8.7	Tableau descriptif de l'indicateur « I_avgQuiz »	143
TABLE 8.8	Tableau descriptif de l'indicateur « I_successRateQuiz » . . .	143
TABLE 9.1	Protocole expérimental de la phase A de l'évaluation	151
TABLE 9.2	Protocole expérimental de la phase B de l'évaluation	158
TABLE 9.3	Résultats expérimentaux des similarités entre sous-arbres identifiés	163
TABLE 9.4	Résumés de réponses sur quelques questions	172
TABLE B.1	Critères des participants aux tests de l'évaluation E2 et des scénarios conçus	203
TABLE B.2	Critères des scénarios conçus à l'étape d'évaluation E5	204

LISTE DES ALGORITHMES

Algorithme 7.1	CAPtuRe-algorithm : un algorithme de calcul de similarités contextuelles entre scénarios d'apprentissage	118
----------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

LISTE DES SYMBOLES

AUF	Agence Universitaire de la Francophonie
BASAR	BANque de Scenarios d'Apprentissage hybrides Réutilisables et interoperables
CAPtuRe	Context-based APproach to assist educational scenarios Reuse
CBR	Case-Based Reasoning
CLFPs	Collaborative Learning Flow Patterns
EIAH	Environnements Informatiques de l'Apprentissage Humain
CSCL	Computer-Supported Collaborative Learning
CTL	Contextualized Teaching and Learning
DCL4UTL	Data Combination Language for Usage Tracking Language
DSM	Domain Specific Modeling
ECM-LS	Effective Context Model of Learning Scenario
EML	Educational Modeling Languages
ENT	Environnement Numérique de Travail
FOAD	Formation Ouverte et À Distance
ICM-LS	Indexed Context Model of Learning Scenario
IDM	Ingénierie Dirigée par les Modèles
IHM	Interface Homme Machine
IMS	Instructional Management System
IMS-CC	IMS Common Cartridge
IMS-LD	IMS Learning Design
IMS-LIP	IMS Learner Information Package
KM	Knowledge Management
LA	Learning Analytics
LD	Learning Design
LMS	Learning Management System
LOM	Learning Object Metadata
MLR	Metadata for Learning Resources
MOT	Modélisation par Objets Typés
PCM-LS	Planned Context Model of Learning Scenario

RDE	Recherche Design en Éducation
RS	Recommander Systems (Systèmes de recommandation)
TEL	Technology Enhanced Learning
TIC	Technologies de l'Information et de la Communication
TICE	Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation
UoL	Unit of Learning
UTL	Usage Tracking Language

INTRODUCTION GÉNÉRALE

La scénarisation pédagogique est une technique largement répandue dans le milieu éducatif qu'il soit académique ou professionnel. En tant qu'objet de recherche, la scénarisation pédagogique, lorsqu'elle s'applique à des activités mobilisant des ressources numériques, demande d'étudier un artéfact particulier appelé le scénario d'apprentissage¹ et plus spécifiquement les activités liées à son ingénierie : sa conception, son adaptation, sa réutilisation, sa contextualisation, son opérationnalisation et sa capitalisation. Les travaux de thèse présentés dans ce mémoire traitent principalement les aspects de contextualisation, de réutilisation, et de capitalisation de scénarios d'apprentissage au sein des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH). Ces derniers constituent des environnements ayant la spécificité d'intégrer des agents humains (apprenants ou enseignants) et artificiels (informatiques) et offrant des conditions d'interaction et d'accès à des ressources formatives qu'elles soient locales ou distribuées [Tchounikine, 2002a]. Nos travaux portent précisément sur la proposition d'une approche basée-contexte assistant les enseignants ou les formateurs, jouant le rôle de concepteurs, dans la réutilisation et la capitalisation des scénarios d'apprentissage dans le cadre d'une ingénierie pédagogique dans un EIAH.

Depuis plusieurs années, de nombreux travaux de recherche se sont intéressés à cette technique de scénarisation pédagogique. Ces travaux visent principalement à définir des méthodes, techniques, modèles et théories intervenant dans la conception des EIAH. Nous nous intéressons dans ces travaux à la conception pédagogique (Learning Design - LD, en Anglais) qui devient une pratique essentielle dans les modes d'apprentissage actuels.

L'une des activités auxquelles un concepteur est confronté est l'élaboration du scénario d'apprentissage. Cette tâche devient de plus en plus complexe et nécessite des connaissances multidisciplinaires (en informatique, IHM, sciences cognitives, sciences de l'éducation, pédagogie, etc.). Cette complexité est due à l'évolution des technologies de l'information et de la communication, la variété des méthodes et stratégies d'apprentissage, la diversité des modalités d'apprentissage (présentiel, à distance, individuel, en groupe, collaboratif, etc.) et la diversité des ressources logicielles (plateformes d'apprentissage, logiciels et éditeurs éducatifs et de formation, etc.) et matérielles (ordinateurs, tablettes, tableaux interactifs, smartphones, etc.). Partager et réutiliser l'existant semble alors essentiel pour faciliter la tâche de conception du scénario d'apprentissage. La communauté scientifique l'a bien compris entraînant différents travaux de capitalisation de scénarios d'apprentissage (ou également d'objets d'apprentissage) : E-LEN [2002], CAUSA [2006], PP [2007], BASAR [2012], etc. Les travaux de cette thèse s'inscrivent dans le cadre du projet BASAR (BANque de Scenarios d'Apprentissage hybrides Réutilisables et interopérables). Ce projet permet une capitalisation des pratiques d'en-

1. La description du déroulement d'une situation d'apprentissage ou unité d'apprentissage visant l'appropriation d'un ensemble précis de connaissances, en précisant les rôles, les activités ainsi que les ressources de manipulation de connaissances, outils et services nécessaires à la mise en œuvre des activités [Paquette, 2007] (cf. Section 2.1 pour plus de détails).

seignement et du contenu d'apprentissage sous forme de scénarios. Avec une telle base de scénarios, tout concepteur a la possibilité de choisir un scénario qui répond à ses besoins et de le réutiliser ou de déposer un scénario. Or, lors de la conception du scénario, si la spécialisation du scénario à un contexte donné améliore souvent la qualité de l'apprentissage, elle rend difficile sa réutilisation dans un autre contexte. La réutilisation peut également s'avérer non pertinente dans le cas de non adaptation au contexte cible. La connaissance des contextes adaptés à un scénario à travers l'évaluation de la pertinence de ce dernier est alors essentielle pour optimiser la réutilisation partielle ou totale du scénario. **La principale problématique de nos travaux est de définir et d'instrumenter un processus d'assistance à la réutilisation et la capitalisation d'un scénario d'apprentissage exploitant l'information contextuelle et son évaluation par des indicateurs pédagogiques dans un but d'optimisation de la réutilisation.**

Nos travaux de thèse proposent l'approche CAPtuRe (a Context-based Approach to assist educational scenarios Reuse) qui est une approche basée-contexte assistant la réutilisation et la capitalisation de scénarios d'apprentissage par le concepteur. L'idée est d'exploiter l'information contextuelle relative à un scénario en se basant sur des observations effectives des expériences d'apprentissage scénarisées. Il s'agit de bénéficier des résultats de ces expériences pour améliorer des futures réutilisations. Dans cette perspective, nous proposons d'assister la tâche d'indexation du scénario en automatisant au plus cette tâche et aider l'enseignant à la sélection des scénarios appropriés lors d'une situation de conception par la réutilisation. Nous considérons que la sélection des scénarios appropriés consiste à repérer *les scénarios ayant réussi dans des contextes similaires au contexte cible de réutilisation*. Ainsi l'approche CAPtuRe permet principalement d'assister l'enseignant dans : (1) l'expression et l'analyse du contexte d'usage du scénario d'apprentissage, (2) l'indexation des contextes effectifs sur la base de critères de réussite et d'efficacité du scénario et l'évaluation de la pertinence du scénario dans ces contextes précis, et ce à travers le calcul et la visualisation d'indicateurs pédagogiques et (3) la suggestion proactive de la réutilisation dans un cadre de conception ou de réingénierie pédagogique. L'enjeu de cette approche est d'exploiter et rendre utiles les expériences d'apprentissage passées pour indexer les scénarios sur la base de leurs contextes d'usage et améliorer ainsi le processus de réutilisation.

Cette approche apporte les contributions suivantes s'intégrant dans un cadre global de réutilisation et de capitalisation de scénarios :

1. **CAPtuRe-process** : définit le processus d'assistance à la réutilisation et à la capitalisation d'un scénario d'apprentissage se basant sur le contexte et spécifiant les phases de sélection, de recommandation, de conception, d'observation, de mise en œuvre et d'indexation du scénario ;
2. **CAPtuRe-metamodel et CAPtuRe-model** : introduit une approche de modélisation de l'information contextuelle en définissant d'abord un méta-modèle (CAPtuRe-metamodel) pour la formalisation générique du contexte d'un scénario d'apprentissage qui s'applique dans les différentes phases du processus d'assistance. Il s'agit aussi d'appliquer cette approche de modélisation pour le cas des scénarios d'apprentissage hybrides de la base BASAR (CAPtuRe-model) ;
3. **CAPtuRe-algorithm** : définit un algorithme (CAPtuRe-algorithm) de sélection et de recommandation de scénarios appropriés à une situation d'apprentissage cible en se basant sur le calcul de similarités contextuelles, et ce, dans le cadre d'une

conception par la réutilisation. Cet algorithme se base sur une méthode d'indexation contextuelle des scénarios tenant compte des résultats de déroulement de ces derniers dans des situations d'apprentissage réelles ;

4. **CAPtuRe-platform** : est la plateforme mettant en œuvre le processus d'assistance et implémentant les méthodes et les modèles proposés. Il s'agit d'une plateforme qui guide l'enseignant-concepteur et lui offre les moyens pour l'expression du contexte, la réutilisation, l'observation et la capitalisation de scénarios.

Nous étudions les scénarios conçus et mis en œuvre dans le cadre d'**un apprentissage hybride** ou ce qu'on appelle le «blended learning» (couplage de l'apprentissage présentiel, l'apprentissage à distance et les moyens associés à ces deux types) ou d'**un apprentissage dans des environnements de Formation Ouverte et À Distance (FOAD)**. La présence de l'aspect « à distance », c'est-à-dire l'utilisation d'une plateforme d'apprentissage LMS dans le processus d'apprentissage, est donc importante dans notre approche. Ceci est dû au fait que l'approche se base sur l'observation par le calcul d'indicateurs pédagogiques qui nécessite l'utilisation du support numérique. Comme déjà mentionné, l'utilisateur principal est un enseignant ou formateur dans son rôle de concepteur pédagogique. Dans la suite, nous nommerons «concepteur» tout enseignant ou formateur engagé dans une activité de conception pédagogique. Plusieurs exemples dans ce présent mémoire sont tirés ou inspirés des scénarios de la base BASAR², issus de conceptions de situations d'apprentissage hybrides. Ceci nous permet de baser nos études sur des cas d'usage réels et de s'approcher aux besoins des utilisateurs finaux.

Dans la suite de ce chapitre introductif, nous donnons un aperçu général de ces travaux en présentant notre contexte de recherche, un aperçu général sur la problématique et les hypothèses de recherche ainsi qu'une vue sur l'organisation du mémoire.

1.1 CONTEXTE DE RECHERCHE

Dans cette section, nous explorons et définissons d'abord les principaux axes et thèmes de recherche dans lesquels s'inscrivent les travaux de thèse. Par la suite, nous positionnons nos travaux par rapport au projet BASAR et puis par rapport aux travaux des équipes de recherche auxquelles nous appartenons.

1.1.1 Axes et thèmes de recherche

Comme déjà évoqué, nos travaux s'intègrent dans le cadre des recherches en **EIAH**. L'étude des EIAH peut relever de plusieurs disciplines y compris la pédagogie, la didactique, la psychologie cognitive, les sciences de l'éducation, l'informatique, l'ergonomie ou les sciences de l'information et de la communication [Tchounikine, 2002b]. Nous abordons ce domaine d'un point de vue informatique. Les EIAH se centrent sur l'humain et ses activités d'apprentissage et non pas uniquement sur la diffusion du contenu. Ils ont pour principal objectif la construction et l'évolution des connaissances des apprenants. Nous nous intéressons aux domaines d'ingénierie et de réingénierie des EIAH. Tchounikine [2009] a considéré que l'ingénierie des EIAH, vue comme un champ scientifique, a pour objet « *d'étudier les questions scientifiques liées aux concepts, méthodes, théories,*

2. scénarios accessibles sur le lien <http://www.projetbasar.net/index.php/fr/formation/scenarii-hybrides-concus2>

techniques et technologies utiles à la conception des EIAH et des logiciels support à la gestion de situations pédagogiques informatisées ». Les recherches en ingénierie pédagogique s'intéressent à la notion de scénario d'apprentissage prenant en considération l'activité de l'apprenant et viennent succéder les recherches sur la création, mutualisation et réutilisation des ressources [Pernin and Lejeune, 2004b]. La **conception pédagogique** est une activité d'ingénierie pédagogique.

Les problématiques de capitalisation, de réutilisation et d'adaptation ont été largement évoquées dans la littérature. Les travaux de Villiot-Leclercq [2007] montrent qu'il existe un problème de réutilisation des scénarios au sein des communautés d'apprentissage qui est dû, entre autres, au manque de transférabilité et d'adaptation de ces scénarios aux contextes d'usage. Nous pensons que la connaissance des contextes adaptés à un scénario et leurs évaluations est nécessaire pour améliorer sa réutilisation. Ces problématiques évoquées s'intègrent dans une réingénierie du scénario où les choix de conception sont révisés et/ou réutilisés. Pour mieux définir le terme réingénierie appliqué aux EIAH, nous citons la définition de Choquet [2007] qui est : « *La réingénierie pédagogique d'un EIAH est l'examen d'une situation pédagogique médiatisée et la modification du dispositif d'apprentissage (l'EIAH proprement dit, mais aussi son contexte, tel que le rôle des acteurs, le contexte d'usage, les possibilités d'observation de l'activité) afin de reconstituer ce dernier sous une nouvelle forme et mettre ainsi en place une nouvelle situation pédagogique, prenant mieux en compte les usages observés et l'évolution des pratiques pédagogiques.* ». Dans un EIAH, on parle de réingénierie de dispositifs d'apprentissage ou de réingénierie des scénarios d'apprentissage.

Pour une réingénierie de scénarios d'apprentissage, et sur la base de la définition citée ci-avant, une étape d'observation des activités d'apprentissage est intéressante à mettre en place afin d'analyser le déroulement de ces activités. L'observation des situations d'apprentissage dans un EIAH peut être basée sur le traitement des données collectées (telles que les traces d'usage) durant le déroulement de la situation d'apprentissage. Ces données collectées sont analysées à travers des indicateurs pédagogiques reflétant le déroulement des sessions d'apprentissage réalisées. Les indicateurs pédagogiques sont « *des variables signifiantes sur le plan pédagogique, calculées ou établies à l'aide de données observées, et témoignant de la qualité de l'interaction, de l'activité et de l'apprentissage dans un EIAH* » [Choquet and Iksal, 2007b]. Ce type d'indicateurs a pour rôle d'abstraire la trace et, selon Labat [2002], « *d'aider le tuteur à apprécier non seulement quantitativement mais surtout qualitativement le travail des étudiants sans avoir à explorer la trace détaillée* ». Les indicateurs sont utilisés pour des fins d'adaptation, de régulation et d'autorégulation des scénarios d'apprentissage ou de réflexivité par rapport à l'apprenant. Nos travaux visent l'exploitation des indicateurs pédagogiques pour favoriser et optimiser la réutilisation du scénario.

Pour assister une telle réutilisation, nous nous basons sur les aspects de contexte du scénario en exploitant les apports des **systèmes basés-contexte** (context-aware systems, en Anglais) dans l'adaptabilité du contenu. La gestion et l'exploitation de l'information contextuelle relative aux scénarios d'apprentissage se complexifie de plus en plus, surtout avec l'essor et la diversité des moyens technologiques, des ressources matérielles, logicielles ou autres types de ressources et également des connaissances liées aux profils des enseignants et des apprenants impliqués dans l'apprentissage tels que leurs expériences, leurs domaines d'expertises et leurs compétences. Ceci nous a amené à recourir aux méthodes et techniques de gestion des connaissances (Knowledge Management - KM) c'est à dire l'organisation de l'information appliquée à la résolution de

problèmes. Ces techniques et méthodes de la gestion de connaissances sont proposées pour la capture et le partage du savoir-faire utile entre acteurs ayant des tâches similaires à accomplir [Dalkir and Liebowitz, 2011]. Dans ce sens, les organisations et institutions ont besoin de capitaliser et transférer ces savoir-faire vers une base de connaissances qui soit stable et facilement accessible. Les travaux de Gary and Edward [2013] insistent sur le potentiel d'exploiter de tels apports du KM pour la création et le partage des connaissances par les institutions éducationnelles dans le but d'améliorer l'apprentissage. Du point de vue pratique, le KM fournit des processus et des techniques pour «*la création, la collecte, l'indexation, l'organisation, l'accès et l'évaluation des connaissances institutionnelles pour la réutilisation*» [Shehabat et al., 2008].

Différents niveaux de gestion de connaissances ont été identifiés par Rao [2012] que nous adaptons à la conception pédagogique :

- *la génération des connaissances* par la conception de scénarios d'apprentissage à l'aide d'outils de modélisation pédagogique ainsi que le recueil des contextes reliés aux situations d'apprentissage scénarisées à partir de différentes sources (e.g., formulaires, LMS, outils logiciels éducatifs, annuaires, etc.);
- *la codification des connaissances* à travers leur formalisation en modèles et langages, indexation et capitalisation;
- *la recherche des connaissances* via les systèmes et moteurs de recherche et de recommandation de scénarios;
- *le transfert des connaissances* à travers les outils de travail collaboratifs et les outils permettant la réutilisation de scénarios.

Les connaissances que nous manipulons dans le cadre de nos travaux sont les connaissances liées aux activités d'apprentissage composant le scénario et à leurs déroulements et également les connaissances liées au contexte d'apprentissage («*pedagogical context knowledge*» en anglais). L'approche proposée s'articule autour de l'exploration, l'analyse et l'exploitation de ces connaissances qui sont issues de différentes sources d'informations relatives au scénario pédagogique et à son environnement. Nous nous intéressons en particulier aux connaissances à utiliser dans le but d'évaluer et analyser le déroulement du scénario et son contexte et pouvoir ainsi l'indexer sur la base de critères de réussite et d'efficacité du scénario pour améliorer des futures réutilisations.

Un axe important adoptant des principes connexes d'analyse de connaissances et s'appliquant particulièrement au domaine de l'apprentissage est l'**analyse de l'apprentissage** (Learning Analytics – LA, en Anglais). En effet, le LA est une discipline de recherche et un domaine de pratiques largement abordés dans la littérature et dans lesquels des outils analytiques (tels que les indicateurs) sont utilisés pour améliorer l'apprentissage. Le LA est surtout étudié dans les cas où l'on dispose de données d'apprentissage volumineuses, et dont le but est de collecter, sélectionner, analyser et utiliser ces données. Nous identifions les deux définitions suivantes du Learning analytics :

«*The learning analytics is the measurement, collection, analysis and reporting of data about learners and their contexts, for purposes of understanding and optimizing learning and the environments in which it occurs*» [SoLAR, 2011];

«*The use of intelligent data, learner-produced data, and analysis models to discover information and social connections, and to predict and advise on learning*» [Siemens, 2010]

Le LA prête une attention particulière à la représentation des connaissances et au raisonnement [Romero and Ventura, 2007]. Chatti et al. [2012] identifient les objectifs possibles

d'analyser l'apprentissage qui sont : le suivi, la prédiction, l'intervention, le tutorat, l'évaluation, l'adaptation, la personnalisation, la recommandation et la réflexion. Ce qui nous intéresse principalement c'est l'évaluation et la recommandation comme finalités de cette analyse. Parmi les techniques du LA on peut trouver l'analyse sémantique, l'analyse du discours [Siemens et al., 2011], l'analyse des profils, l'analyse du comportement, la visualisation [Fazeli et al., 2014; Ruipérez-Valiente et al., 2015; Chang and Yen, 2016] ou autres. Ces techniques peuvent être utilisées par des **systèmes de recommandation (Recommender Systems, en Anglais)** dans le but de fournir un ensemble de suggestions adaptées aux utilisateurs. On trouve des systèmes analysant les données de l'apprentissage pour suggérer des ressources d'apprentissage ou des chemins d'apprentissage à l'apprenant ou pour suggérer des adaptations du scénario à l'enseignant.

Dans notre cas, l'analyse de l'apprentissage concerne l'analyse des contextes et des déroulements de scénarios dans des situations d'apprentissage effectives (que nous appelons « expériences d'apprentissage ») et a pour but de bénéficier de ces expériences passées pour la recommandation de scénarios à l'enseignant-concepteur dans des futures réutilisations. Cette logique s'inspire du **raisonnement basé sur les cas (Case-Based Reasoning - CBR, en Anglais)** [Aamodt and Plaza, 1994; De Mantaras et al., 2005; Riesbeck and Schank, 2013]. Nous appliquons ce type de raisonnement dans nos travaux spécialement pour la définition du processus d'assistance à la réutilisation et à la capitalisation d'un scénario d'apprentissage, la méthode d'indexation basée-contexte et l'algorithme de calcul de similarités basé sur les données contextuelles recueillies. Ce dernier s'intègre dans le cœur d'un système de recommandation de scénarios d'apprentissage.

Ce type d'approche CBR a fait ses preuves dans plusieurs travaux de recherche s'appliquant dans divers domaines tels que la planification [Cox et al., 2005], l'éducation [Jonassen and Hernandez-Serrano, 2002; Weis, 2015], le domaine médical [Ahmed et al., 2010; El-Sappagh et al., 2015], le m-Government [Amailef and Lu, 2013] ou le e-commerce [Wu, 2015]. Le CBR est utilisé comme un paradigme de résolution de problèmes. Ce concept tient ses origines de recherches en sciences cognitives sur la mémoire humaine. Son principe est d'apprendre à partir des expériences passées appelées « Cas » : le système utilise les anciennes situations similaires à la situation actuelle pour résoudre de nouveaux problèmes en s'adaptant au besoin.

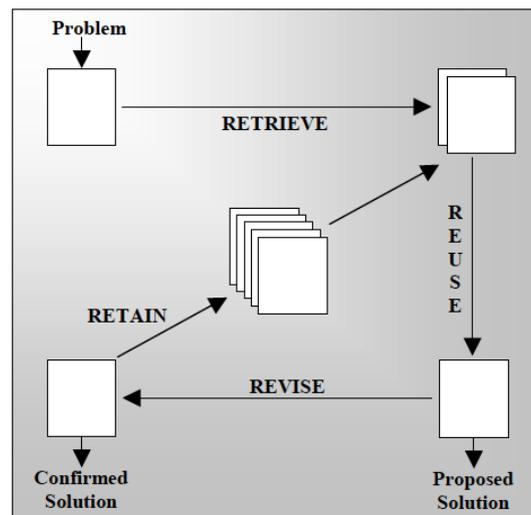


FIGURE 1.1. – Le cycle de travail dans le Case-Based Reasoning (CBR) [Aamodt and Plaza, 1994]

Les travaux utilisant le CBR partagent la logique des 4 REs, tel que défini par Aamodt and Plaza [1994] dans le cycle de travail CBR (cf. Figure 1.1), représentant les 4 phases REtrieve, REuse, REvise et REtain :

- (REtrieve) Retrouver le(s) cas les plus similaires à un nouveau problème à résoudre ;
- (REuse) Réutiliser le(s) cas pour tenter de résoudre le problème courant ;
- (REvise) Réviser et évaluer la solution proposée ;
- (REtain) Retenir la nouvelle solution comme un nouveau cas.

Ce cycle nous sera utile pour la définition de notre processus d'assistance.

Nous récapitulons ci-après dans la Figure 1.2 les axes et thèmes de recherche dans lesquels s'inscrivent les travaux actuels et ayant été invoqués précédemment.



FIGURE 1.2. – Axes et thèmes de recherche

1.1.2 *Positionnement des travaux*

1.1.2.1 *Positionnement des travaux dans le projet BASAR*

Ces travaux de thèse s'inscrivent dans le volet recherche du projet francophone de coopération inter-régions³ BASAR [2012] de l'AUF (Agence Universitaire de la Francophonie). Ce projet a pour objectifs :

- le renforcement de la modernisation de l'enseignement et la contribution à un meilleur pilotage par les institutions au service d'un enseignement de qualité;
- la mise en place et l'alimentation de la BANque de Scenarii d'Apprentissage hybrides Réutilisables et interopérables (BASAR) en visant la formation et l'assistance des enseignants à modéliser leurs scénarios;
- **le partage et la réutilisation** de pratiques et de scénarios d'apprentissage.

Les travaux de thèse opèrent principalement dans l'axe de réutilisation des scénarios d'apprentissage dans la base BASAR.

1.1.2.2 *Positionnement des travaux dans ceux des équipes de recherche liées*

Cette thèse est préparée en cotutelle dans les laboratoires de recherche le RIADI⁴ (équipe GLORY) de l'Université de la Manouba en Tunisie et le LIUM⁵ (équipe iEIAH) de l'Université du Maine en France. L'ingénierie des EIAH est l'un des domaines dans lesquels opèrent les deux laboratoires de recherche. Nous exposons dans cette partie des travaux réalisés dans ces équipes ayant des problématiques liées à la nôtre et le positionnement des travaux de la thèse par rapport à ces travaux.

Afin de mieux positionner ces travaux, nous commençons par schématiser dans la Figure 1.3 le processus enchainant les phases d'une ingénierie et réingénierie d'un scénario d'apprentissage proposé par Iksal [2012] appelé la chaîne éditoriale de l'observation.

3. Le porteur du projet est le Bureau Europe Centrale et Orientale de l'Agence Universitaire de la Francophonie (BECO - AUF). Les partenaires du projet sont les autres implantations régionaux de l'AUF qui sont le Bureau Maghreb (BO - AUF), le Bureau Moyen Orient (BMO - AUF) et le Bureau Europe Occidentale (BEO - AUF) et les services centraux du vice-rectorat à la vie associative et à la coordination des régions.

4. www.riadi.rnu.tn/

5. www-lium.univ-lemans.fr/

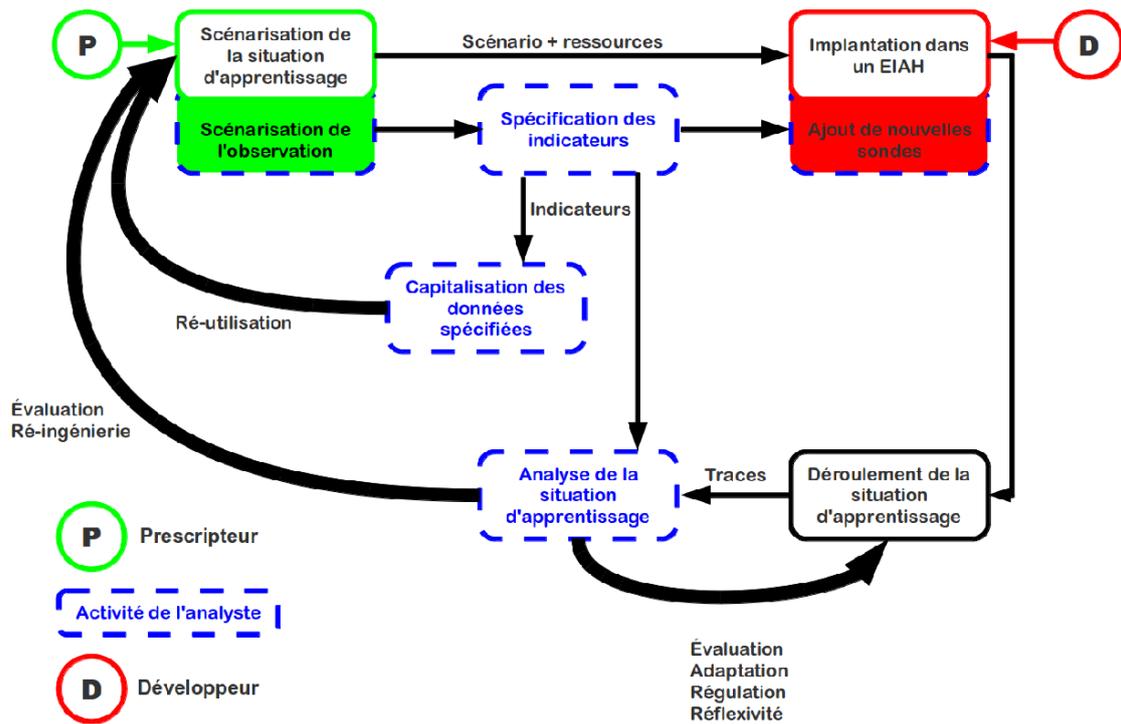


FIGURE 1.3. – Chaîne éditoriale de l'observation [Iksal, 2012]

Dans la *phase de l'analyse de la situation d'apprentissage*, les travaux de Sassi and Laroussi [2011] proposent une approche d'aide à l'interprétation de traces d'usage issues des plateformes d'apprentissage. Ils proposent un outil structurant les traces procurées par la plateforme Moodle suivant le standard IMS-LIP et offrent un langage de requête graphique générique pour l'interrogation du profil. Dans nos travaux précédents s'intégrant dans le cadre du mastère de recherche [Chaabouni and Laroussi, 2012, 2013], nous récupérons ces traces structurées et standardisées en IMS-LIP et nous définissons une méthode d'analyse de ces traces à base d'indicateurs pédagogiques. Ces travaux consistent à définir un « Cloud pédagogique » qui offre un framework de gestion d'indicateurs pédagogiques permettant la définition, la modélisation et l'exploitation de ces indicateurs d'une manière collaborative et coopérative. L'approche a pour principal objectif de favoriser *la capitalisation et la réutilisation* des indicateurs pédagogiques.

Nous mentionnons également dans le même axe les travaux sur les indicateurs pédagogiques de Choquet and Iksal [2007a] et Pham Thi Ngoc [2011] qui ont défini les langages UTL (Usage Tracking Language) et DCL4UTL (Data Combination Language) pour la modélisation et le calcul de traces et indicateurs pédagogiques. UTL est un langage permettant de décrire les traces d'usage et leur sémantique, ainsi que la définition des besoins d'observation et des moyens à mettre en œuvre pour l'acquisition des données à collecter. Ce langage permet la structuration des données observées, depuis les données brutes, collectées par le dispositif d'apprentissage pendant le déroulement de la situation, jusqu'aux indicateurs établis et/ou calculés à l'aide des données observées, en vue d'analyser la qualité de l'interaction, la nature de l'activité ou l'effectivité de l'apprentissage. DCL4UTL, qui est une extension d'UTL, est un langage de combinaison de données qui rajoute l'automatisation du calcul des indicateurs en temps réel ou après une session d'apprentissage. Ces langages ont été conçus pour répondre aux

questions de capitalisation et de réutilisation d'indicateurs. En outre, [Ouali et al. \[2014\]](#) ont travaillé sur l'organisation des activités d'observation à travers la définition et la formalisation de stratégies d'observation.

Nos travaux actuels de thèse, constituent une continuité des travaux mentionnés. Ils visent à favoriser la réutilisation des scénarios d'apprentissage en se basant sur l'évaluation de leurs contextes d'usage effectifs et en utilisant les indicateurs comme moyens pour supporter cette évaluation. L'approche que nous proposons utilise ainsi la chaîne éditoriale pour le volet observation auquel on ajoute les fonctionnalités liées à la contextualisation, la recommandation et l'indexation des scénarios d'apprentissage, et ce, pour former un processus d'assistance à la réutilisation et la capitalisation de scénarios.

Par ailleurs, [El-Kechai \[2008\]](#) propose dans sa thèse une approche constructive de méta-modèles d'expression situés et de scénarios pédagogiques. Cette approche a comme particularité d'impliquer les usagers-concepteurs dans la conception. L'objectif de ces méta-modèles est de spécifier formellement le scénario pour répondre à différents objectifs qui sont : l'opérationnalisation, l'échange, la réutilisation et l'interopérabilité. [Clayer et al. \[2013\]](#) utilise la notion de patrons de conception (design patterns) pour favoriser la réutilisabilité de scénarios pédagogiques. Il propose le cadre conceptuel d'un processus d'ingénierie basé sur les patrons et orienté-enseignant selon une approche DSM. Les travaux de [Ouraiba \[2012\]](#), quant à eux, portent sur l'instrumentation de processus d'ingénierie et de réingénierie des Scénarios Pédagogiques Ouverts (SPO) qui s'adaptent en fonction de l'évolution du contexte d'usage. Tous ces travaux s'intéressent donc à la modélisation des scénarios d'apprentissage afin de fournir des formats de scénarios flexibles et réutilisables dans plusieurs contextes d'apprentissage. Ces trois derniers travaux, se positionnant dans la phase de *scénarisation de la situation d'apprentissage*, se sont orientés vers la proposition de méthodes de conception de scénarios réutilisables en définissant des formats de scénarios qui facilitent leurs réutilisations. Cependant, nos travaux de thèse se focalisent plutôt sur la sélection des scénarios les plus appropriés à une situation donnée afin de maximiser l'efficacité de la réutilisation. Pour cela, ils se basent sur la dimension contextuelle du scénario d'apprentissage et de son exploitation pour optimiser sa réutilisation. Dans ce même axe de contextualisation, [Drira \[2010\]](#) s'est concentrée particulièrement dans sa thèse sur le contexte institutionnel qui est défini comme l'ensemble de règles organisationnelles et de pratiques contextuelles qui influencent la conception et l'exécution des dispositifs pédagogiques. Elle utilise l'information contextuelle pour définir une approche de réutilisation de templates de scénarios pédagogiques. Nous citons également les travaux de [Malek et al. \[2006\]](#) qui se sont intéressés à la relation entre les activités d'apprentissage et le contexte dans un cadre de mobile-learning, en proposant une architecture de middleware pour la gestion et l'adaptation du contexte ubiquitaire. Par ailleurs, des travaux ont opéré au niveau de la phase d'*implantation dans un EIAH* ou en d'autres termes d'opérationnalisation de scénarios dont nous pouvons citer ceux de [Tadjine et al. \[2015\]](#) proposant un formalisme de patrons pour les scénarios d'apprentissage permettant leurs déploiements automatiques dans une plateforme d'apprentissage et favorisant ainsi leurs réutilisations au niveau opérationnel.

1.2 HYPOTHÈSES ET APERÇU SUR LA PROBLÉMATIQUE

Un des objectifs poursuivis dans les recherches en ingénierie pédagogique est de favoriser les pratiques de réutilisation, de mutualisation et d'échange entre professionnels de l'éducation, non pas uniquement en termes de ressources et de documents, mais également en termes de savoir-faire pédagogiques intégrés aux contextes d'apprentissage [Pernin and Lejeune, 2004b]. Le besoin de réutilisation des scénarios produits par différents enseignants-concepteurs, maîtrisant des disciplines et des expertises variées, devient un élément important à la capitalisation.

Il subsiste de nombreux freins à la réutilisation et à l'appropriation de scénarios d'apprentissage notamment selon le contexte d'usage des scénarios. Étant donné que le contexte d'apprentissage peut varier considérablement d'une situation à une autre, réutiliser des scénarios dans une situation donnée pourrait être considéré comme non pertinent compte tenu du contexte cible.

Dans ce cadre, et suite à l'étude de certaines banques de scénarios existantes et notamment la base BASAR inscrite dans notre programme de recherche, nous avons pu constater :

- une évolution importante du nombre de scénarios qui sont eux même constitués de séquences réutilisables ;
- des scénarios conçus par différents enseignants avec différents profils ;
- des scénarios conçus pour des contextes d'apprentissage variés ;
- des scénarios parfois très spécifiques au contexte d'origine dans lequel ils ont été conçu, ce qui limite les éventuelles réutilisations dans un nouveau contexte ;
- des scénarios adoptants des modalités d'apprentissage variées (présentiel, à distance, collaboratif, individuel, synchrone, asynchrone, mixte, ...) et s'inscrivant dans divers domaines d'apprentissage (architecture, biotechnologie, droit, informatique, ...);
- des scénarios utilisant une large typologie de ressources qu'elles soient matérielles, logicielles, numériques, documentaires ou autres.

Suite à ces constatations, il nous semble qu'il devient important de considérer la dimension contextuelle dans une situation de réutilisation de scénarios. D'abord la forte variabilité du contexte d'une situation à une autre peut freiner la réutilisation de scénarios. Certains éléments contextuels peuvent également représenter des contraintes pour pouvoir réutiliser le scénario tels que la présence d'un type de matériel précis, des compétences devant être présentes dans les profils des apprenants participant au scénario, etc. D'autres éléments peuvent caractériser le contexte d'un scénario sans pour autant avoir d'influence sur sa réutilisation comme par exemple les parcours et les spécialités des apprenants pour un scénario sur « l'échange et la communication à distance via les outils de travail collaboratif » ou bien le pays (ou l'emplacement) dans lequel s'est déroulé un scénario sur « la programmation logicielle ». Ce même élément contextuel (le pays) peut avoir une influence sur la réutilisation par exemple pour un scénario sur « La fonction publique française »⁶. Tout dépend en effet de la situation d'apprentissage et du scénario à réutiliser.

Par ailleurs, le degré d'abstraction du contexte lors de la conception d'un scénario peut également freiner la réutilisation. Un contexte très détaillé (non abstrait), rend le

6. ces exemples sont tirés des scénarios BASAR <http://www.projetbasar.net/index.php/fr/formation/scenarii-hybrides-concus2>

scénario contraint (cf. type de scénario contraint du Tableau 2.1) et difficile à réutiliser. Nous prenons ici dans la Figure 1.4 deux exemples d'activités de scénarios (de la base BASAR) où les degrés d'abstraction du contexte sont différents. Nous remarquons que dans la première activité (A), le contexte est très détaillé ce qui fait que l'activité reste très spécifique à ce contexte. Les efforts d'adaptation dans ce cas peuvent être très importants lors d'une réutilisation de ce scénario. Par contre, la deuxième activité (B) est beaucoup plus générique et le contexte reste abstrait ce qui rend son périmètre (ou champs) de réutilisation plus large que la première activité. Ainsi, connaître au préalable le périmètre de réutilisation d'un scénario, ses contraintes contextuelles et le degré d'importance et d'influence de ses caractéristiques contextuelles pourrait améliorer sa réutilisation.

Introduction à la phonétique corrective : objet, méthodes, intérêt pédagogique

- comprendre le fonctionnement et l'utilisation concrète des deux méthodes de correction phonétique
- familiariser les étudiants à la pratique de la correction phonétique in vivo en classe de langue

Consigne(s) apprenant

Vous aurez deux extraits de films pédagogiques sur les techniques de correction phonétique en classe de Fle. Le premier porte plus précisément sur les procédures de correction des voyelles et des consonnes et le deuxième sur les procédures de correction du rythme et de l'intonation.

Observez la totalité des techniques et des gestes pédagogiques utilisés dans le but de la correction phonétique : prenez des

Consigne(s) formateur

Demandez à vos étudiants de regarder deux films pédagogiques sur les techniques de correction phonétique en classe de Fle. Le premier porte plus précisément sur les procédures de correction des voyelles et des consonnes et le deuxième sur les procédures de correction du rythme et de l'intonation.

Donnez-leur des consignes précises sur ce qu'ils doivent observer : retenir les principales techniques de correction des voyelles, des consonnes.

Droit international privé

Consigne(s) apprenant

- Se fixer des objectifs avant de se documenter, mobiliser ses acquis; se poser les bonnes questions.
- Maîtriser les principes généraux de l'organisation documentaire en utilisant les outils de classement (codes, références catalogues, fichiers, dictionnaire, annuaire, Internet...).
- Effectuer une recherche nécessitant le recours à plusieurs outils documentaires et repérer les éléments pertinents.

- A voir, www.hcch.net

Matériel pédagogique

1. Ancel Bertrand, Lequette Yves, Grands arrêts de la jurisprudence française de droit international privé, Dalloz, 1998.
2. Batiffol Henri, Aspects philosophiques du droit international privé Dalloz, 2002.
3. Batiffol Henri, Lagarde Paul, Traité de droit international privé, tome I, L.G.D.G., 1993.
4. Bellard Géraldine, Riquier Eric, Glossaire de droit international privé. Bruylant 1992.

Consigne(s) formateur

- Au préalable, faire prendre conscience aux étudiants que la compréhension de la consigne est déterminante et qu'on peut ne pas réussir un travail que l'on sait faire parce qu'on n'a pas répondu avec précision à ce qu'on nous demandait.
- Premier exemple: donner une consigne très ouverte et demander aux élèves ce qu'il faut faire d'une manière précise. Tous ont-ils compris la consigne de la même manière? Discussion.
- Deuxième exemple: choisir un énoncé et faire distinguer les données fournies, la consigne au sens strict et le produit attendu.
- Après avoir donné une consigne, demander à quelques étudiants de la reformuler avec leurs propres mots. Tous l'ont-ils comprise de la même manière? Sont-ils tous d'accord?
- Donner les résultats d'un exercice réalisé et proposer différentes consignes voisines les unes des autres. Laquelle était à l'origine de l'exercice? Discussion.
- Proposer les résultats d'un exercice. Demander aux élèves de reconstituer la consigne initiale.

FIGURE 1.4. – Deux extraits de scénarios de BASAR avec des degrés d'abstraction de contextes différents

Par conséquent, et face à la multitude de ressources, de profils (apprenant, enseignant ou formateur), de modalités ou autres facteurs contextuels, le concepteur peut avoir du mal, lors d'une situation de conception par la réutilisation, à identifier ce qui l'intéresse et à faire correspondre son contexte à ceux des scénarios à réutiliser, notamment pour les scénarios spécifiques à des contextes particuliers. L'enseignant a ainsi besoin de filtrer les scénarios adaptés à ses besoins en termes de contexte cible. Un besoin d'assistance à la réutilisation est donc identifié, se présentant comme la sélection et la recommandation (ou suggestion) des scénarios susceptibles d'être les plus adaptés à un contexte précis.

Dans cette perspective, nous nous focalisons sur la question d'assistance à la réutilisation des scénarios à travers la sélection et la recommandation de scénarios, en nous centrant sur son contexte. Assurer une réutilisation nécessite tout un mécanisme d'indexation et de capitalisation de ces scénarios. Ceci nous amène à la problématique de *mise en place d'un processus* spécifiant et enchainant ces différents aspects de réutilisation, sélection, recommandation, indexation et capitalisation et les alignant dans un cadre d'ingénierie et de réingénierie pédagogiques.

La deuxième problématique qui se pose porte sur *l'identification des connaissances contextuelles relatives au scénario* et sur la manière *d'organiser et de modéliser ces connaissances* pour mieux les exploiter. Elle porte aussi sur *l'expression des contraintes et des degrés d'importance des différents éléments contextuels*. Nous nous positionnons dans une

approche par méta-modélisation de l'information contextuelle afin d'élargir les champs d'utilisation de la méthode proposée.

Nous abordons également la problématique de *définition du périmètre de réutilisation* d'un scénario dans un contexte donné et ce, selon les contraintes et les caractéristiques contextuelles de ce scénario. Ceci nous amène à recourir à *une méthode d'indexation contextuelle* du scénario qui aide à évaluer le contexte effectif dans lequel s'est déroulé un scénario caractérisant les expériences d'apprentissage passées.

Un autre point à traiter est le fait qu'un scénario conçu et mis en œuvre dans des contextes différents produit des résultats différents. Le scénario (ou une partie du scénario) est associé à des degrés de réussite/échec observés dans un contexte précis. Les résultats perçus dans une expérience donnée peuvent être analysés et puis utilisés pour enrichir l'indexation du scénario. En effet, si on tient compte des expériences d'apprentissage passées, on pourrait minimiser les problèmes d'inadéquation d'un scénario réutilisé dans un nouveau contexte cible. La problématique qui se pose à ce niveau est *la manière de modéliser et exploiter ces expériences d'apprentissage passées* pour prévoir au préalable la pertinence du scénario dans un contexte cible et appuyer ainsi le processus d'assistance à la réutilisation et à la capitalisation de scénarios. On s'inspire ainsi, comme déjà mentionné dans la partie précédente, de la technique de « raisonnement basé sur les cas » adoptant une logique similaire. Ré-exploiter ou réutiliser les bonnes expériences d'apprentissage passées doit être assisté par une *méthode de sélection et de recommandation de scénarios* permettant de repérer les scénarios appropriés à une situation d'apprentissage cible et d'estimer leur pertinence dans une telle situation.

Tous ces éléments abordés ne peuvent être jugés pertinents que s'ils sont concrétisés sous la forme d'outils logiciels supportant ces pratiques et moyens spécifiés dans le but d'aider et d'assister la réutilisation et la capitalisation des scénarios d'apprentissage.

En vue de ces spécificités, nous faisons l'hypothèse que **la réutilisation améliore la tâche de conception de scénarios d'apprentissage**. Nous nous appuyons également sur l'hypothèse que, **si le contexte est bien explicité, modélisé et évalué, il aiderait à identifier les scénarios pertinents à une situation donnée et à améliorer ainsi la réutilisation**.

Ces deux hypothèses seront validées par le protocole d'évaluation que nous définissons dans le chapitre 9.

Nous concluons ainsi cette analyse par la définition de notre question principale de recherche qui résume notre problématique comme suit :

Comment optimiser la réutilisation de scénarios d'apprentissage en tenant compte du contexte ?

L'objectif est de répondre aux problématiques sous-jacentes suivantes :

- quel processus suivre pour favoriser la mise en place de situations assistées de conception par la réutilisation ?
- quels formalismes utiliser pour opérationnaliser ce processus ?
- quelles méthodes adopter pour assister la réutilisation et la capitalisation de scénarios ?
- quels outils et techniques fournir pour supporter de tels mécanismes ?

1.3 ORGANISATION DU MÉMOIRE

Ce mémoire est organisé en deux principales parties :

La première partie présente d’abord la revue de la littérature et le positionnement de nos travaux par rapport à ceux étudiés. Elle évoque l’axe de la réutilisation dans l’ingénierie des scénarios d’apprentissage (chapitre 2), l’axe du contexte dans l’ingénierie des scénarios d’apprentissage (chapitre 3) et l’axe de l’observation de scénarios d’apprentissage à travers les traces et indicateurs pédagogiques (chapitre 4). Cette partie aborde par la suite notre problématique détaillée de recherche, les objectifs et la méthodologie adoptée tout au long de nos travaux de thèse qui sont présentés dans le chapitre 5.

La deuxième partie rassemble nos contributions scientifiques et pratiques ainsi que leurs mises à l’épreuve. Cette partie commence par le chapitre 6 qui décrit et spécifie le cadre de réutilisation et de capitalisation de scénarios et qui présente le processus d’assistance proposé. Par la suite, le chapitre 7 décrit une approche d’opérationnalisation du processus d’assistance proposé à travers la définition de modèles de contexte pour un scénario d’apprentissage, d’une méthode d’indexation contextuelle et d’un algorithme de calcul de similarités contextuelles pour la recommandation de scénarios. Dans cette même partie, le chapitre 8 est consacré à la solution pratique proposée, appliquée dans le cadre du projet BASAR, et qui se présente comme une plateforme d’aide à la réutilisation et à la capitalisation de scénarios d’apprentissage. Par la suite, le chapitre 9 vient décrire les expérimentations et l’évaluation de l’approche proposée.

Le chapitre 10 conclut ce mémoire en présentant une synthèse de ces travaux de thèse et leurs apports tout en discutant leurs limites et en proposant un ensemble de perspectives.

Première partie

REVUE DE LA LITTÉRATURE, POSITIONNEMENT ET PROBLÉMATIQUE

Dans cette partie du mémoire, nous présenterons d'abord une revue de la littérature qui se rapporte à nos thématiques de recherche ainsi que le positionnement de nos travaux de thèse. Ces derniers constituent le croisement de trois principaux axes de recherche, dont chacun fera l'objet d'un chapitre dans cette partie, qui sont : la réutilisation pédagogique (cf. Chapitre 2), le contexte des scénarios d'apprentissage (cf. Chapitre 3) et l'observation par les indicateurs pédagogiques et les traces (cf. Chapitre 4).

(1) Favoriser et optimiser *la réutilisation* de scénarios d'apprentissage constitue notre *objectif* principal de recherche.

(2) *Le contexte* est la *méthode* adoptée pour atteindre cet objectif. Il s'agit d'exploiter l'information contextuelle pour l'indexation, l'évaluation et la recommandation des scénarios et ce, afin d'assister l'enseignant dans des situations de conception par la réutilisation.

(3) *L'observation par les indicateurs* est le *moyen* utilisé pour enrichir la modélisation de l'information contextuelle d'une part et d'autre part pour analyser le déroulement de scénarios dans des contextes effectifs d'apprentissage. Ceci sert à baser l'indexation de ces contextes sur des critères de réussite et d'efficacité du scénario.

Dans cette même partie, le Chapitre 5 suivra cette revue de la littérature pour dégager les verrous scientifiques liés, la problématique et la méthodologie de recherche.

L'ingénierie pédagogique est l'un des axes de recherche largement abordés dans les études sur les EIAH. Le terme «ingénierie» a été défini comme «*l'application de connaissances scientifiques aux problèmes pratiques de la création, de l'exploitation et de la maintenance des structures, dispositifs et services*»¹. L'ingénierie pédagogique se réfère donc à l'intégration de la vision de l'ingénierie dans le domaine pédagogique et de l'éducation, agissant comme «*une source de réflexion et de connaissances [...] permettant de mieux prendre la mesure de la complexité du domaine*» [Tchounikine, 2002b]. Elle a été définie comme «*une méthode soutenant l'analyse, la conception, la réalisation et la planification de la diffusion des systèmes d'apprentissage, intégrant les concepts, les processus et les principes du design pédagogique, du génie logiciel et de l'ingénierie cognitive*» [Paquette, 2003].

Ainsi, plusieurs champs de recherche ont été ouverts dans ce type d'ingénierie dont, en particulier, la conception pédagogique (ou «learning design» en anglais) largement traitée dans la littérature, où il s'agit de décrire le processus d'enseignement-apprentissage se déroulant dans une situation d'apprentissage tel qu'un cours, une leçon ou tout autre événement d'apprentissage. On rencontre également la notion de scénarisation pédagogique qui est vue comme une activité d'ingénierie pédagogique s'inscrivant au cœur de la pratique de l'enseignant ou du formateur engagé dans la conception de dispositifs de formation, en présence et à distance [Hotte et al., 2007].

La scénarisation pédagogique devient aujourd'hui une tâche essentielle pour les enseignants, leur permettant d'organiser et planifier leurs activités pédagogiques, surtout avec l'émergence des nouvelles technologies de l'information et de la communication et l'évolution des différentes modalités et pratiques d'apprentissage. La scénarisation est un travail de conception de contenu, d'organisation des ressources, de planification de l'activité et des médiations pour induire et accompagner l'apprentissage, et d'orchestration [Henri et al., 2007].

Le terme scénarisation pédagogique provient du monde du cinéma. De ce point de vue pédagogique, la scénarisation est devenue «*l'art de découper les savoirs en unités, de les relier pour faire sens, puis de construire une médiation visant à faciliter l'acquisition des connaissances*» [Henri et al., 2007]. Les principaux acteurs de la scénarisation pédagogique sont l'enseignant, le formateur, le tuteur et l'ingénieur pédagogique qui, avec l'évolution des approches centrées activités, acquièrent les rôles de scénaristes et concepteurs. Avec l'arrivée du paradigme du socioconstructivisme et l'intégration des TIC, les pratiques pédagogiques sont amenées à changer et les rôles des acteurs à être redéfinis : les enseignants deviennent des concepteurs de scénarios intégrant différents paramètres pédagogiques, ergonomiques, humains, organisationnels dans un processus d'ingénierie qui va de la conception du système d'apprentissage à sa diffusion [Paquette and Girard, 1996].

Scénariser permet de donner une cohérence à une situation d'apprentissage complexe et de mettre en interaction différents objets (ressources, activités, instruments et outils) [Villiot-Leclercq, 2007]. Pernin and Lejeune [2004b] proposent trois niveaux de scénarisation : d'abord scénariser **la structuration pédagogique** (organisation des unités de struc-

1. Définition tirée de l'encyclopédie «American Peoples Encyclopaedia»

turation comme les cours ou les cursus), l'**enchaînement d'activités** (organisation des activités des apprenants) et la **réalisation de tâches** (description du déroulement d'une tâche bien précise). La modélisation et la représentation de ces activités donne lieu au scénario d'apprentissage qui représente l'objet central traité dans notre recherche. Au centre de la démarche de l'ingénierie et la scénarisation pédagogique, on trouve cette notion de scénario d'apprentissage que nous détaillons dans la section qui suit.

2.1 LES SCÉNARIOS D'APPRENTISSAGE ET LEURS RÔLES DANS LA CONCEPTION PÉDAGOGIQUE

La mise en place de plusieurs situations d'apprentissage intentionnelles amène à définir au préalable leurs objectifs et à concevoir et planifier un ensemble d'activités pour les différents acteurs de l'apprentissage. Il s'agit ainsi de concevoir un scénario d'apprentissage comportant les activités qui seraient effectuées par les apprenants et les tuteurs, le séquençement de ces activités ainsi que les objets et les outils d'apprentissage qui doivent être fournis aux différents acteurs.

Le concept de **scénario d'apprentissage** a été largement traité dans le domaine de l'ingénierie pédagogique. Dans la littérature, plusieurs désignations étroitement liées à ce terme ont été définies. Le langage IMS-LD [2003] utilise le terme **processus d'apprentissage** (ou «learning process», en anglais) qui est vu comme « *une série ordonnée d'activités à réaliser par les apprenants et les enseignants (rôle), dans le cadre d'un environnement composé d'objets ou de services d'apprentissage* ». D'autre part, le langage POEML (Perspective-oriented Educational Modeling Language) [Caeiro et al., 2007] se réfère au terme **scénario éducationnel** (ou «educational scenario», en anglais) qui « *permet de soutenir la modélisation de tout type d'unité d'apprentissage à différents niveaux d'agrégation, allant des leçons simples jusqu'aux cours ou programmes d'études complets* ».

Charlier and Daele [2002], quant à eux, abordent la notion de **scénario pédagogique** qui le définissent 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 œuvre du scénario* ». Cette même notion a été définie également dans les travaux de Paquette [2007] comme « *un ensemble ordonné d'activités, régies par des acteurs qui utilisent et produisent des ressources (ou objets) pédagogiques* ». Les concepts de scénarios d'apprentissage et de scénarios pédagogiques sont très proches et parfois considérés comme des termes équivalents. Certains font la différenciation entre ces deux concepts comme par exemple Quintin et al. [2005] qui ajoutent en plus la notion de scénario d'encadrement. Selon ces derniers travaux, un scénario pédagogique est un ensemble structuré et cohérent qui est constitué d'une part du scénario d'apprentissage dont le rôle revient à décrire les activités d'apprentissage, leur articulation dans la séquence de formation ainsi que les productions qui sont attendues et d'autre part le **scénario d'encadrement** (ou **scénario de formation** pour d'autres) qui précise les modalités d'intervention des enseignants tuteurs telles que conçues afin d'appuyer le scénario d'apprentissage. On parle aussi de **séquences pédagogiques** ou de **story-boards**.

Les scénarios d'apprentissage offrent des instruments permettant de gérer et orchestrer des activités composant des unités d'apprentissage [Ouraiba, 2012]. Ils acquièrent ces dernières années une grande importance au sein de la communauté des chercheurs en EIAH. D'après Villiot-Leclercq [2007], le scénario a plusieurs rôles : il précise d'abord l'activité proposée aux apprenants, le contrôle qui sera fait de la progression de l'ap-

prenant durant cette activité et l'assistance pédagogique qui lui sera fournie automatiquement en fonction de sa progression. Il s'agit d'un ensemble d'activités ordonnées pouvant être des activités d'exécution, d'organisation, de consultation, de collaboration, de détente, de métacognition, sociale ou autres [Paquette and Léonard, 2013].

Un scénario d'apprentissage peut décrire le déroulement, les objectifs, les acteurs, les étapes, les consignes, les outils et documents utilisés ou à produire [Paquette and Léonard, 2013]. Le scénario est perçu comme un ensemble d'activités et vise l'acquisition d'un ensemble précis de connaissances [Pernin and Lejeune, 2004a]. Ces activités sont gérées par des acteurs et génèrent des ressources pédagogiques [Paquette and Léonard, 2013].

On distingue dans la littérature plusieurs typologies de scénarios. Chacun de ces travaux s'est appuyé sur des critères de classification différents. Afin de mieux comprendre le scénario, nous identifions dans le Tableau 2.1 des critères de classification et les typologies associées qui serviront par la suite à guider notre analyse.

Finalité d'un scénario [Pernin and Lejeune, 2004b]
Scénario prédictif Établi avant la mise en place d'une situation d'apprentissage
Scénarios descriptif Décrit le déroulement effectif d'une situation d'apprentissage
Granularité d'un Scénario [Pernin and Lejeune, 2004b]
Activités élémentaire Granularité la plus fine de situation d'apprentissage
Séquences d'activités Séquences d'activités organisées pour atteindre un objectif d'apprentissage bien déterminé
Unités de structuration pédagogique Un ensemble de séquences pédagogiques sont assemblées pour former une unité logique
Degré de contrainte des scénarios [Pernin and Lejeune, 2004b]
Scénario contraint Décrit très précisément les activités à réaliser
Scénario ouvert Décrit les rubriques de base des activités à réaliser en laissant des degrés de liberté pour organiser les activités ou déterminer leur parcours
Scénario adaptable Un scénario ouvert pouvant être modifié ou complété par les acteurs de la situation d'apprentissage
Degré de personnalisation des scénarios [Pernin and Lejeune, 2004b]
Un profil Un ensemble d'informations concernant un apprenant ou un groupe d'apprenants qui sont saisies, collectées ou déduites suite à une ou plusieurs activités pédagogiques

Un profil-type Un cadre homogène permettant d'instancier des profils
Scénario générique Un scénario prédictif dont l'exécution est toujours le même d'une session à l'autre
Scénario adaptatif Un scénario prédictif prenant en compte des profils-type et permettant l'exécution conditionnelle de plusieurs scénarios personnalisés se distinguant par la nature des interactions proposées (rétroactions, parcours, etc.) ou par la nature des ressources de manipulation de connaissance mises à disposition
Formalisation [Pernin and Lejeune, 2004b]
Formel Décrit selon un langage ou selon un modèle connu tels que IMS-LD, PoEML ou SCORM
Non formel Décrit d'une manière non formelle n'obéissant pas à un langage et/ou un modèle bien déterminé
Niveau de détail [IMS-LD, 2003]
Scénario prescriptif Décrit par les rôles, activités, environnements et services
Scénario de personnalisation Un scénario prescriptif avec ses propriétés, les conditions et les règles
Scénario dynamique Un scénario de personnalisation en lui ajoutant l'enchaînement et l'orchestration des activités

TABLE 2.1. – Critères de classifications et typologies des scénarios d'apprentissage

Nous nous basons principalement sur la définition proposée dans les travaux de *Pernin and Lejeune [2004a]* qui est :

« Un scénario d'apprentissage représente la description, effectuée a priori ou a posteriori, du déroulement d'une situation d'apprentissage ou unité d'apprentissage visant l'appropriation d'un ensemble précis de connaissances, en précisant les rôles, les activités ainsi que les ressources de manipulation de connaissances, outils et services nécessaires à la mise en œuvre des activités ».

Sur la base de cette étude des définitions, typologies et caractéristiques de scénarios, et tenant compte de notre problématique de recherche, nous utiliserons dans la suite du rapport le terme **scénario d'apprentissage** qui est perçu comme un **enchaînement d'activités affectées à des rôles** et a pour fonction de **décrire** et **formaliser** (a priori, en cours et a posteriori de l'apprentissage) **l'organisation** et **le déroulement de la situation d'apprentissage**.

Dans ce cadre, parmi les objectifs de conception d'un scénario d'apprentissage nous citons :

- aider à organiser les idées et à planifier, orchestrer et décrire les activités, les rôles et les ressources (a priori) ;

- aider à exprimer et modéliser un scénario d'une session d'apprentissage passée (en cours et à postériori);
- aider à favoriser la communication entre les différents acteurs (e.g., apprenants, enseignants et ingénieurs pédagogiques);
- assembler les différentes pratiques émergeant de différentes expertises (e.g., pédagogie, IHM, didactique) et un contenu d'apprentissage de différentes disciplines (e.g., Informatique, Géologie, Photographie, FLE);
- faciliter la mise en place et l'intégration de scénarios opérationnalisés sur des plateformes d'apprentissage, et tirer ainsi profit des moyens informatisés dans un apprentissage hybride (à distance et en présentiel);
- capitaliser les expertises et les pratiques enseignantes pour pouvoir les réutiliser.

2.2 LA RÉUTILISATION : AXES ET APPROCHES

Avec la généralisation et l'hétérogénéité des ressources numériques et logicielles (e.g., composants ou services logiciels, artefacts de conception ou d'architecture, ressources documentaires, etc.), il devient important de réutiliser ces ressources afin de faciliter le travail, de gagner en temps de conception et de développement et de profiter des efforts fournis par d'autres et ayant témoigné de leur qualité. La réutilisation est une problématique qui est largement traitée dans différents domaines et disciplines de recherche dont nous citons par exemple, en plus du domaine des EIAH, les domaines du Génie Logiciel et des Systèmes d'Information. Pour mieux comprendre les concepts liés à la réutilisation, nous explorons dans la section 2.2.1 qui suit les approches et dimensions liées à la réutilisation et adoptées dans ces domaines. Ceci nous guidera également à classifier les travaux de la littérature sur la réutilisation en EIAH et à positionner nos travaux. La section suivante (cf. Section 2.2.2) ciblera la réutilisation particulièrement dans le domaine des EIAH.

2.2.1 La réutilisation dans les domaines du génie logiciel et des systèmes d'information

En génie logiciel, la réutilisation de logiciels (ou «software reuse» en anglais) a attiré l'attention des chercheurs et des praticiens depuis longtemps et a été définie comme :

« *The process of creating software systems from existing software rather than building software systems from scratch* » [Krueger, 1992].

Les chercheurs du domaine se sont beaucoup intéressés à cette problématique depuis plusieurs années et ont défini des approches favorisant et assistant ce type de réutilisation. Parmi les entités concernées par la réutilisation, on peut citer les objets, les composants logiciels, du code source ou les lignes de produits. Quatre dimensions de réutilisation ont été identifiées dans les travaux de Krueger [1992] qui sont résumées dans le Tableau 2.2.

Dimension de réutilisation	Description
Dimension 1 : l'abstraction	Déterminer que fait l'artefact logiciel et quand/comment il peut être réutilisé.

Dimension 2 : la sélection	Localiser, comparer et sélectionner les artefacts logiciels à réutiliser (à travers des bibliothèques d'artefacts réutilisables).
Dimension 3 : la spécialisation (ou l'adaptation)	Spécialiser (ou adapter) l'artefact sélectionné à réutiliser à travers des transformations, des contraintes ou d'autres formes de raffinement.
Dimension 4 : l'intégration	Intégrer l'artefact logiciel sélectionné et spécialisé dans un framework.

TABLE 2.2. – Dimensions de réutilisation en génie logiciel

À partir de ces dimensions, on peut dégager le cycle de vie d'un «artefact réutilisable» qui consiste à : définir d'abord ces spécificités et contraintes de réutilisation (dimension 1), sélectionner parmi les artefacts existants ceux adaptés à un besoin de réutilisation (dimension 2), spécialiser l'artefact sélectionné et l'adapter aux besoins de la situation cible (dimension 3) et enfin de réutiliser en l'intégrant dans le système (dimension 4).

D'autre part dans le domaine des systèmes d'information, et selon un raisonnement proche, trois types d'approches de réutilisation ont été distinguées selon les études de [Cauvet and Semmak \[1999\]](#) qui sont montrées dans le Tableau 2.3.

Approche de réutilisation	Démarche adoptée
Approche 1 : Bibliothèque de composants	Proposer un catalogue de composants avec des interfaces de recherche. Dans ce cas, la sélection, l'adaptation et l'intégration sont à la charge du développeur.
Approche 2 : Conception par la réutilisation (design by reuse)	Formaliser des processus pour guider la sélection et la composition des entités réutilisées.
Approche 3 : Conception pour la réutilisation (design for reuse)	Formaliser des modèles d'entités réutilisables et leurs processus de gestion, de composition, d'adaptation et d'intégration.

TABLE 2.3. – Approches de réutilisation en Systèmes d'Information

Ces approches citées permettent d'identifier les démarches adoptées par les travaux de recherche et de pratique formalisant des catalogues, processus et modèles pour aider à la réutilisation. Tenant compte des deux Tableau 2.2 et 2.3, nous distinguons deux principales approches de réutilisation dont chacune insiste sur des dimensions bien particulières :

(1) dans le cadre de la définition d'une **approche de conception pour la réutilisation**, se sont essentiellement les dimensions *d'adaptation et d'intégration* qui sont discutées en définissant des formalismes de modélisation d'entités réutilisables et leur processus d'adaptation (ou de spécialisation) à travers des raffinements (telles que les transformations et les contraintes) et leur processus d'intégration ;

(2) dans le cadre de la définition d'une **approche de conception par la réutilisation**, les dimensions *d'abstraction et de sélection* d'entités réutilisables sont essentiellement traitées.

tées en proposant des processus guidant la localisation, la comparaison et la sélection des entités à réutiliser à partir de bibliothèques/référentiels d'entités réutilisables, tout en se basant sur les propriétés mises en place lors de son abstraction.

2.2.2 La réutilisation dans le domaine des EIAH et de l'ingénierie pédagogique

De même pour les EIAH, la réutilisation représente l'une des préoccupations de la communauté. En effet, l'un des défis de la scénarisation dans les EIAH est de ne pas tout concevoir à nouveau, mais plutôt de « *partager ce qui existe déjà, d'identifier les pratiques gagnantes, les facteurs de réussite, de réutiliser l'expertise existante et de partager des objets pédagogiques* » [Villiot-Leclercq, 2007]. Dans un contexte de conception en général, Karsenty [2001] affirme que les concepteurs préfèrent une méthode qui nécessite moins d'efforts pour capitaliser la logique de conception tout en favorisant la possibilité de sa réutilisation.

La problématique de réutilisation dans les EIAH a été souvent abordée touchant différents aspects : la réutilisation de profils d'apprenants [Jean-Daubias et al., 2009], la réutilisation de traces et d'indicateurs pédagogiques [Settouti et al., 2007; Broisin and Vidal, 2007; Choquet et al., 2009; Diagne, 2009; Chaabouni and Laroussi, 2013], la réutilisation d'objets et de ressources d'apprentissage [LOM, 2002; Dagger et al., 2003; Wiley, 2010] et la réutilisation de scénarios d'apprentissage [Villiot-Leclercq, 2007; Krämer et al., 2010; Emin-Martinez, 2010].

À travers l'étude des différentes approches de réutilisation citées dans la section précédente et de l'analyse de la littérature relative aux EIAH, nous identifions deux grands axes de recherche sur la réutilisation en ingénierie pédagogique :

- les travaux se focalisant sur l'adaptation des entités pédagogiques (axe 1) ;
- les travaux se focalisant sur la sélection des entités pédagogiques (axe 2) ;
- les travaux adoptant une approche mixte.

Nous détaillons dans la section 2.2.2.1 qui suit les stratégies et techniques adoptées dans ces axes et visant à favoriser la réutilisation d'entités pédagogiques. Dans la suite du rapport, nous désignons par «entité pédagogique» tout artefact pouvant être réutilisé qu'il soit une ressource, objet ou scénario d'apprentissage.

2.2.2.1 Les axes d'approches de réutilisation d'entités pédagogiques

AXE 1 : LES APPROCHES CENTRÉES SUR L'ADAPTATION DES ENTITÉS PÉDAGOGIQUES (CONCEPTION POUR LA RÉUTILISATION)

Des travaux ont traité ce premier axe en se centrant sur le format de modélisation de scénarios, et ce, en formalisant des modèles réutilisables, soit des modèles adaptables et/ou personnalisables. Dans cet axe, diverses approches peuvent être adoptées. Des travaux préconisent l'utilisation de patrons de conception² pour la définition de scénarios d'apprentissage [De Moura Filho, 2007; Clayer et al., 2013]. En effet, le format de patrons de conception pédagogiques assiste les concepteurs dans l'expression des scénarios sous forme de canevas adaptables et personnalisables selon le contexte. D'un autre

2. un patron de conception (ou «design pattern» en anglais) décrit un problème devant être résolu, une solution, et le contexte dans lequel cette solution est adaptée [Johnson, 1997]

côté, les approches à base de web sémantique se basant sur une ingénierie ontologique³ ont été classées comme moyen pour favoriser la réutilisation. En effet, « *conceptualisation, partage et réutilisation sont considérés comme des concepts clés d'une ontologie* » [Mizoguchi and Bourdeau, 2004]. D'après Kravcik and Gasevic [2006], les technologies du web sémantique peuvent améliorer la réutilisabilité et l'interopérabilité des modèles d'apprentissage. Dans cette approche, on peut citer le projet MODALES [Tetchueng et al., 2008] qui s'est basé sur une approche de web sémantique et sur les ontologies pour assurer la flexibilité, l'organisation et l'adaptation de ressources dans un système d'apprentissage.

D'autres travaux ont proposé des formats d'«ouverture» de scénarios [Pernin and Lejeune, 2004b; Ouraiba, 2012] ou de «malléabilité» de scénario [Sassi and Laroussi, 2011]. Ces approches étudient particulièrement le caractère adaptable du scénario. Des travaux se sont plutôt centrés sur la proposition de méthodes et stratégies d'adaptation des scénarios, c'est-à-dire agissant sur le processus d'adaptation. Dans ce cadre, Emin-Martinez [2010] propose dans sa thèse de concevoir et/ou interpréter le scénario de façon dynamique et ce en l'ajustant successivement en fonction de variables situationnelles (contexte de l'activité) et des variables interactionnelles (entre les apprenants et les enseignants).

Ainsi, dans cet axe, on part du principe qu'une bonne réutilisation d'un scénario est assurée par son degré d'adaptabilité. Tchounikine [2009] considère que l'adaptation des scénarios d'apprentissage entre dans le contexte de personnalisation de l'apprentissage qui consiste à modifier les activités qu'on propose à un apprenant en fonction d'une situation pédagogique donnée.

De ces faits, ces formats de représentation d'entités pédagogiques que nous venons de citer permettent de favoriser la réutilisation de ces dernières. Ces formats visent une définition d'entités adaptables selon les besoins et le contexte cible. Nous explorons de plus près l'utilisation de certains de ces formats déjà évoqués pour les scénarios :

- **les patrons de conception.** Le projet MDEDUC [De Moura Filho, 2007] s'est basé sur un formalisme et une syntaxe par patrons pédagogiques pour développer un éditeur de patrons pour la conception des scénarios. Par ailleurs, Clayer et al. [2013] proposent un cadre conceptuel méthodologique pour la réutilisation basé sur les patrons et orienté-enseignant selon une approche de modélisation spécifique au domaine (Domain Specific Modeling - DSM). Ces approches citées utilisent le formalisme de patrons de conception comme vecteur de médiation pour aider à la réutilisation ayant une facette suffisamment formulée pour garantir l'opérationnalisation de la réutilisation ;
- **les scénarios ouverts.** La notion de scénario pédagogique «ouvert» a été également proposée pour l'adaptabilité des scénarios. Ouraiba [2012] a proposé un modèle de représentation de scénarios ouverts nommé SPO (Scénarios Pédagogiques Ouverts) qui permet aux enseignants d'avoir des scénarios qui s'adaptent à la particularité de chaque situation d'apprentissage (des variantes spécifiques aux contextes d'apprentissages) et de conserver le caractère ouvert d'un scénario pour qu'il puisse intégrer d'éventuelles nouvelles variantes, autres que celles déjà répertoriées. Notons qu'un scénario ouvert est, selon ces travaux discutés, « *un scénario qui décrit dans les grandes lignes les activités à réaliser en laissant aux acteurs de la situation d'apprentissage des degrés de liberté importants pour organiser les activités ou déterminer leurs*

3. une ontologie est une spécification explicite d'une conceptualisation définissant un ensemble de termes représentationnels [Gruber et al., 1993]

parcours ». En particulier, un scénario ouvert doit permettre de laisser aux acteurs humains les choix ne pouvant être anticipés tout en gardant la qualité des objectifs de l'apprentissage définis ;

- **les scénarios malléables.** La notion de malléabilité de scénarios a émergé également de l'idée de définir des formats de scénarios adaptables qui puissent être adaptés aux besoins et réutilisés dans des contextes différents. [Pernin and Lejeune \[2004a\]](#) associent la malléabilité à l'adaptabilité ou à la souplesse des scénarios. Dans ce même contexte, un scénario malléable a été défini comme « *un scénario exposant des fonctionnalités et des critères de paramétrage permettant l'adaptation du parcours tout en respectant certaines contraintes liées au contexte de l'exécution et au profil de l'apprenant* » [[Sassi and Laroussi, 2011](#)]. Ces mêmes auteurs ([[Sassi and Laroussi, 2011](#)]) ont défini une architecture pour la mise en œuvre d'un tel scénario en se basant sur l'analyse des traces des apprenants.

AXE 2 : LES APPROCHES CENTRÉES SUR LA SÉLECTION DES ENTITÉS PÉDAGOGIQUES (CONCEPTION PAR LA RÉUTILISATION)

Les travaux s'inscrivant dans ce deuxième axe de recherche proposent des méthodes et techniques pour aider l'utilisateur (enseignant ou apprenant) à repérer et sélectionner les entités pédagogiques à réutiliser. [Paquette \[2005\]](#) identifie des critères d'une réutilisation « réussie » d'objets d'apprentissage qui sont *le choix des activités à réaliser et leur agencement* dans des scénarios d'apprentissage adaptés aux objectifs de compétence et aux écarts entre ceux-ci et la compétence actuelle des apprenants. Dans cet axe, on trouve les études qui proposent des schémas de métadonnées tels que les standards LOM [[2002](#)] pour l'indexation d'objets pédagogiques, [CORDRA \[2004\]](#) pour la mutualisation d'objets pédagogiques et la facilitation de leur recherche ou le MLR [[ISO, 2011](#)] pour l'indexation des ressources d'apprentissage.

Pour le cas des scénarios d'apprentissage, des travaux se sont basés sur les schémas de métadonnées ou les ont étendus pour l'indexation. Les travaux de [Paquette and Léonard \[2014\]](#) ont proposé un modèle générique d'un scénario d'apprentissage basé sur les ontologies se basant sur les métadonnées définies dans le MLR [[ISO, 2011](#)]. Le référentiel de scénarios IDLD [[Paquette, 2007](#)] utilise une indexation à l'aide d'un jeu spécifique des métadonnées LOM pour les objets d'apprentissage. Pour assister la tâche de réutilisation, des degrés de réutilisabilité sont associés aux scénarios de IDLD au niveau technique, au niveau du contenu et au niveau contextuel. Ces valeurs sont importantes dans la mesure où l'on peut filtrer les scénarios selon les besoins (un scénario indépendant du contexte, un scénario adaptable, un scénario indépendant de la technique). Bien que ces valeurs restent générales et pas assez précises. On trouve aussi le site Educnet⁴ qui indexe les scénarios avec des métadonnées relatives à leurs disciplines et descriptions. [Villiot-Leclercq \[2006\]](#) ajoute aux descriptions de scénarios la possibilité d'exprimer les intentions pédagogiques et les contraintes liées aux contextes de mise en œuvre.

LES APPROCHES MIXTES VISANT LES DEUX AXES D'ADAPTATION ET DE SÉLECTION DES ENTITÉS PÉDAGOGIQUES (CONCEPTION POUR ET PAR LA RÉUTILISATION)

Des travaux adoptent une approche mixte étudiant à la fois les deux axes de sélection et d'adaptation d'entités d'apprentissage. Nous avons repéré principalement des travaux suivant une approche par patrons de conception. Dans le projet COLLAGE, [Hernández-](#)

4. <https://educnet.enpc.fr/>

Leo et al. [2006] ont proposé des patrons d'activités-type d'apprentissage collaboratif (CLFPs : Collaborative Learning Flow Patterns). Ces patrons sont des bonnes pratiques réutilisables et personnalisables utilisées par les praticiens selon les spécifications d'une situation d'apprentissage particulière. Ces travaux définissent un processus de conception spécifiant la tâche de sélection des CLFPs et la tâche de mise en place d'un nouveau CLFP. Nous trouvons d'autre part les travaux de Jovanovic et al. [2009], se basant sur le web sémantique, qui ont développé le système TANGRAM pour l'assemblage dynamique et la personnalisation de contenu d'apprentissage personnalisé sur le web.

La Figure 2.1 récapitule les concepts, formats et stratégies inscrits dans chacun de ces deux axes de recherche (Axe 1 pour une conception pour la réutilisation et Axe 2 pour une conception par la réutilisation), que nous appliquons particulièrement aux scénarios d'apprentissage.

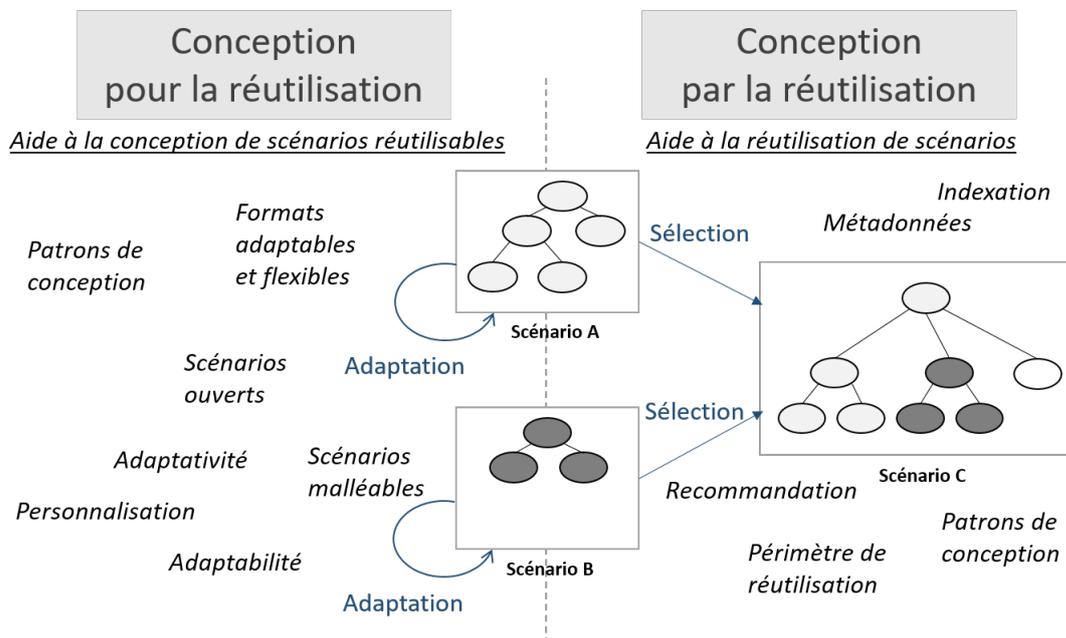


FIGURE 2.1. – Illustration des deux axes de travaux de « conception pour la réutilisation » et de « conception par la réutilisation » pour les scénarios d'apprentissage

Nos travaux se positionnent dans le deuxième axe de recherche (Axe 2) et se focalisent sur la définition de processus, méthodes et outils pour un cadre de conception par la réutilisation.

2.2.2.2 Freins, motivations et stratégies de la réutilisation de scénarios d'apprentissage

En étudiant les travaux de la littérature ainsi que des bases de scénarios telles que la base de scénarios BASAR et d'autres bases (une étude sera présentée plus tard à la section 3.2.3), nous constatons certains facteurs pouvant freiner la réutilisation de scénarios d'apprentissage partagés et capitalisés qui sont :

- l'utilisation de formalismes et d'approches de représentation hétérogènes de scénarios ;
- la définition de scénarios très rigides et difficile à adapter ;

- la forte diversité des contextes variant d'une situation d'apprentissage à une autre, surtout quand les scénarios sont détaillés d'une manière très spécifique à un contexte bien particulier. On parle ici de scénarios contraints (cf. Tableau 2.1);
- la forte variabilité des domaines et des ressources utilisées dans le scénario;
- le manque de moyens et d'outils pour assister le processus de sélection des bons scénarios à réutiliser.

Une étude sur la base de scénarios PrimTice [Macedo-Rouet and Perron, 2007], s'inscrivant dans cette même perspective, a recensé et mutualisé les expériences pédagogiques impliquant l'utilisation des technologies de l'information et de la communication pour l'éducation (TICE) à l'école primaire. Cette étude a dégagé des facteurs pouvant constituer des obstacles à la réutilisation de scénarios qui sont : (1) la grande diversité des formats et des contenus des scénarios, (2) la diversité des degrés de précision dans la description du déroulement du scénario (soit très détaillée, soit très sommaire), (3) le manque de formation à la rédaction et à l'usage de scénarios et (4) le manque ou la forte contextualisation de scénarios.

D'après Pernin and Lejeune [2004b], les motivations de réutilisation d'un scénario peuvent être d'ordre individuel ou collectif. D'abord individuel lorsqu'un praticien (ou un ensemble de praticiens) veut améliorer l'efficacité d'un dispositif de formation précisément identifié en réutilisant des modalités ayant déjà fait leurs preuves. L'avantage ici est la faible variabilité des contextes d'où un fort degré de réutilisation et une amélioration progressive des scénarios utilisés. Et puis collectif lorsqu'une communauté de pratique, dans un besoin de mutualisation, désire mettre en commun les savoir-faire acquis par certains de ses membres. Dans ce cas, l'importante variété de contextes pourrait constituer un frein si les scénarios mutualisés ne sont pas suffisamment souples pour pouvoir être adaptés aux exigences de chacun.

D'autres questions peuvent se poser quant à la problématique de réutilisation qui sont : que peut-on réutiliser dans les scénarios? et comment les réutiliser? Emin-Martinez [2010] a distingué trois classes de stratégies de réutilisation et d'adaptation selon le contexte et les objectifs :

- **les stratégies d'imitation** : Il s'agit de s'inspirer de scénarios associés a priori à un contexte précis et décrivant les différentes facettes de la situation d'apprentissage. Ces scénarios sont fortement contextualisés et leur mutualisation résulte généralement d'un processus de validation. Ce type de stratégies nécessite un effort d'adaptation et d'appropriation par l'utilisateur pour pouvoir réutiliser le scénario;
- **les stratégies d'instanciation** : Il s'agit de proposer des modèles (squelettes) des scénarios qui sont par la suite instanciés par le concepteur selon le contexte;
- **les stratégies de composition** : Il s'agit d'assembler des composants pour construire une solution adaptée aux besoins du concepteur. Un modèle conceptuel définissant les relations entre les différents composants est nécessaire.

2.3 RÉUTILISATION, ADAPTATION ET RÉINGÉNIERIE : LIENS ET POSITIONNEMENT

Réutilisation, adaptation et réingénierie sont des termes assez abordés dans notre étude. Nous souhaitons expliciter le lien et le positionnement de ces trois notions dans le cycle de vie du scénario. Pour cela, et en se basant sur ce qui a été étudié précédemment,

nous illustrons ce cycle de vie dans la Figure 2.2 qui se présente comme un processus d'ingénierie et de réingénierie de scénarios d'apprentissage.

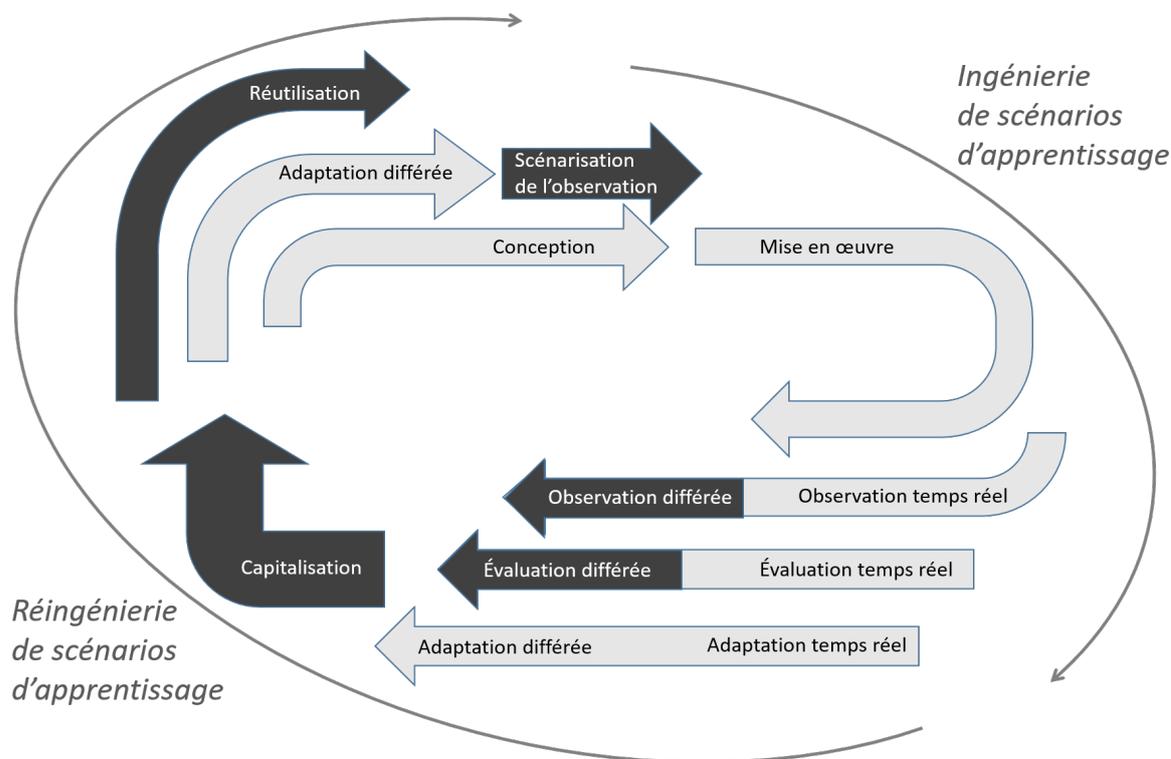


FIGURE 2.2. – Processus d'ingénierie et de réingénierie d'un scénario d'apprentissage

Dans son cycle de vie, le scénario passe par une phase d'ingénierie et puis de réingénierie dans un processus itératif. Une fois conçu, le scénario est mis en œuvre dans une situation d'apprentissage réelle. L'observation par les traces et les indicateurs pédagogiques (qui sera étudiée de plus près dans le chapitre 4) peut être faite en temps réel au cours de la mise en œuvre du scénario ou en différé (à posteriori). De même pour l'adaptation qui peut se faire en temps réel : l'enseignant observe le déroulement du scénario et l'adapte selon le feedback reçu au fur et à mesure de l'avancement du scénario. L'adaptation peut se faire également en différé après l'exécution du scénario lors de la mise en place d'une nouvelle situation. À partir de cette adaptation différée du scénario, commence une réingénierie du scénario qui consiste à revoir la conception des activités du scénario selon les besoins en le «*reconstituant sous une nouvelle forme et mettre ainsi en place une nouvelle situation pédagogique, prenant mieux en compte les usages observés et l'évolution des pratiques pédagogiques* » [Choquet, 2007]. Le scénario est capitalisé sous un format bien déterminé. Dans une nouvelle situation de conception, c'est à ce niveau de réingénierie qu'intervient la réutilisation de scénarios. L'adaptation et la réutilisation sont des formes de réingénierie du scénario : dans une nouvelle situation, le concepteur peut réutiliser des scénarios existants ou des séquences d'activités de scénarios (selon une stratégie d'imitation, d'instanciation ou de composition selon la forme du scénario tel que évoqué dans la section précédente), les adapter aux besoins de cette nouvelle situation et/ou créer de nouvelles activités. Une conception devient donc un enchaîne-

ment d'activités de réutilisation, d'adaptation et de création : «*je réutilise, j'adapte et je crée*». Chacune de ces tâches peut constituer une problématique de recherche à part entière :

1. la tâche de réutilisation nécessite des solutions pour *l'aide à la réutilisation de scénarios* (cf. Axe 2 ci-avant) qui assistent le concepteur dans la sélection des bons scénarios à réutiliser et à mettre en place les mécanismes nécessaires pour assurer cette sélection dans le cadre d'une conception par la réutilisation. Les travaux de thèse actuels portent principalement sur cette tâche précise d'aide (ou d'assistance) à la réutilisation. Cependant, des moyens sont utilisés, depuis les autres phases, pour pouvoir assurer une telle assistance, notamment les phases d'observation, d'évaluation et de capitalisation. Dans ce processus présenté dans la Figure 2.2, nous distinguons (avec une couleur foncée) ces étapes sur lesquelles nous focalisons notre étude.
2. la tâche d'adaptation nécessite des recherches sur *l'aide à l'adaptation de scénarios* (cf. Axe 1 ci-avant) en définissant par exemple des stratégies à adopter pour une telle adaptation ou des approches de recommandation d'adaptations selon le contexte ou les résultats du scénario ;
3. la tâche de création nécessite des solutions pour *l'aide à la conception de scénarios adaptables et réutilisables* (cf. Axe 1 ci-avant) en définissant des approches de modélisation d'un scénario ayant un format compréhensible et assez flexible. Il doit être conçu de manière à ce qu'il soit adaptable, qui est l'une des caractéristiques qui favorise sa réutilisabilité. Il est question de tenir compte, dès la création et la conception du scénario, de ses possibilités de réutilisation. Il s'agit donc d'une conception pour la réutilisation. On parle à ce niveau d'une approche pré-planifiée de réutilisation ou on regarde vers l'avenir pour une conception pour la réutilisation [Walker and Cottrell, 2016]. Plus le scénario est adaptable et flexible, plus il est réutilisable : il est possible d'adapter ce scénario à plus de situations cibles de réutilisation.

Outre son degré d'adaptabilité, d'autres caractéristiques du scénario peuvent influencer sa réutilisabilité tels que son degré d'expressivité, son degré d'abstraction ou l'utilisation (ou non) de normes et standards. Cette utilisation des normes et standards comme approche pour favoriser la réutilisation dans les EIAH est traitée plus en détail dans la section qui suit.

2.4 UTILISATION DES NORMES ET STANDARDS COMME APPROCHE POUR FAVORISER LA RÉUTILISATION DANS L'INGÉNIERIE PÉDAGOGIQUE

Les standards et les normes permettent une meilleure transférabilité d'entités et sont généralement adoptés et/ou maîtrisés par une large communauté ce qui favorise leur réutilisation. Chacun des standards définis dans le domaine de l'apprentissage traite un (des) aspect(s) particulier(s), peut agir à un niveau précis dans un processus d'ingénierie et concerne des entités bien particulières. On peut citer par exemple :

- la formalisation de métadonnées pour *objets d'apprentissage* LOM [LOM, 2002] ;
- la modélisation des *scénarios d'apprentissage* : IMS-LD [IMS-LD, 2003] ;
- le séquençement, le packaging et le partage de *contenu* : SCORM [SCORM, 2004] ;
- la mutualisation d'*objets pédagogiques* : CORDRA [CORDRA, 2004] ;

- la modélisation des *profils de l'apprenant* : IMS-LIP [IMS-LIP, 2008];
- la collecte des *données sur les personnes et les activités* lors des expériences d'apprentissage : TIN-CAN [ExperienceAPI, 2010];
- la formalisation de métadonnées pour les *ressources d'apprentissage* : MLR [ISO, 2011], etc.

Utiliser un standard par un environnement le rend plus interopérable et donc plus réutilisable. Par exemple, plusieurs éditeurs de conception pédagogiques sont compatibles avec IMS-LD [Dalziel, 2003; RELOAD, 2004], la plupart des plateformes d'apprentissage (e.g., Moodle, Dokeos, Claroline) supportent le SCORM et divers outils utilisent TIN-CAN.

Dans cette même perspective, notre approche tend vers une mutualisation de standards de l'apprentissage, à travers leur utilisation dans le processus d'ingénierie, et ce, dans un but de favorisation de la réutilisation de scénarios. Ceci permettra d'exploiter les différentes initiatives déjà mises en place et validées par une large communauté de chercheurs. Nous présentons brièvement dans ce qui suit les trois standards LOM, MLR et IMS-LIP qui nous seront utiles lors de la définition de nos propositions et qui peuvent particulièrement caractériser le contexte d'un scénario.

2.4.1 LOM (*Learning Object Metadata*)

Le LOM [LOM, 2002] est un standard définissant un schéma de métadonnées pour la description d'objets pédagogiques⁵. Ce standard d'indexation d'objets pédagogiques, largement répandu dans la communauté EIAH, a pour objectif le catalogage et la réutilisation de ces objets. Différentes initiatives ont émané de ce standard constituant des profils d'application⁶ adaptés à une communauté bien particulière tels que le LOM-FR (profil français⁷), le UK LOM Core (profil du Royaume-Uni⁸), Normetic 1.2 (profil québécois⁹), CanCore (profil québécois¹⁰), etc. .

Le Tableau 2.4 énonce un extrait des métadonnées définies dans le LOM-FR. Il permet l'indexation de ces objets en vue de leur catalogage et leur réutilisation. Le LOM suit un paradigme "documentaliste" fondé sur l'indexation et l'agrégation d'objets d'apprentissage [Pernin and Lejeune, 2004a]. Il permet de faciliter la réutilisation en spécifiant les objets et en aidant à sélectionner les objets pédagogiques adaptés.

5. Un objet pédagogique est défini comme toute entité, numérique ou non, qui peut être utilisée pour l'enseignement ou l'apprentissage [LOM, 2002]

6. une collection structurée de spécifications d'éléments de données choisies pour répondre aux besoins particuliers d'une communauté ou d'un ensemble de communautés

7. <http://www.lom-fr.fr/>

8. <http://zope.cetis.ac.uk/profiles/uklomcore/>

9. <http://www.gtn-quebec.org/initiative/sensibilisation-du-standard-normetic-1.2-profil-quebecois-pour-learning-objects-metadata>

10. <http://cancore.athabascau.ca/fr/index.html>

Catégorie	élément	Valeurs possibles
Général	Niveau d'agrégation	média, leçon, cours, curriculum
Informations techniques	Format	type MIME
	Taille	Exprimée en kO
	Localisation	URL par exemple
	Exigences techniques	Type technologie (système d'exploitation, navigateur) Nom (PC-Dos, MS-Windows, MacOS, Unix, Netscape, Explorer...), etc.
	Durée des sons, des vidéos, des animations	
Informations pédagogiques	Type d'interactivité	(active, présentation, mixte, indéfini)
	Type d'apprentissage	exercice, simulation, questionnaire, figure, graphe, diapositive, tableau, texte, examen, expérience, problème, autocontrôle...)
	Niveau d'interactivité	très basse, basse, moyenne, haute, très haute
	Densité sémantique par rapport à la taille ou à la durée	très basse, basse, moyenne, haute, très haute
	Destinataire	enseignant, auteur, apprenant, gestionnaire
	Contexte d'utilisation	primaire, secondaire, 1er cycle universitaire, 2ème cycle, 3ème cycle, formation professionnelle, formation continue, formation technique, etc.
	Age ciblé	
	Difficulté vis-à-vis du public ciblé	très facile, facile, moyen, difficile, très difficile
Relations	Temps moyen d'utilisation	
	Nature de la relation vis-à-vis de l'autre ressource	estPartieDe, estComposéDe, estVersionDe, estBaséSur
	Ressource liée	Identifiant de la ressource, Description de la ressource, etc.

TABLE 2.4. – Extrait des métadonnées du LOM [2002]

Le LOM a été utilisé par plusieurs communautés de partage de contenus éducatifs (e.g., ARIADNE, COLIS, EduSource, MERLOT) et a fait l'objet de plusieurs travaux qui ont utilisé et étendu ce standard pour définir des approches d'indexation d'objets d'apprentissage [Ghebghoub et al., 2008]. Ce standard LOM a montré des limites dans la définition même des objets d'apprentissage et en termes d'utilisabilité des descripteurs de nature pédagogique dans des contextes effectifs d'indexation ou de recherche [Pernin and Lejeune, 2004a]. Il a fait l'objet de critiques surtout sur sa capacité à supporter la description de différentes situations pédagogiques et sur sa capacité à s'adapter au contexte, à la syntaxe et la sémantique des concepteurs pédagogiques [Drira, 2010], ce qui le rend non suffisant et nécessitant des extensions pour l'indexation de scénarios d'apprentissage.

2.4.2 ISO-MLR (Metadata for Learning Resources)

La norme ISO MLR [ISO, 2011] a comme but de spécifier les éléments de métadonnées et attributs pour la description des ressources d'apprentissage. Ce standard se base sur le LOM. Des profils d'application ont été mis en place tels que le profil Normetic 2.0 (profil québécois [Gauthier, 2011]). Paquette and Léonard [2014] ont proposé un modèle ontologique d'un scénario d'apprentissage utilisant ce vocabulaire du MLR. Dans ce même contexte, l'outil PALOMA a été également implémenté qui est un gestionnaire de banques de ressources pédagogiques permettant l'interopérabilité entre différentes banques conformes au LOM et supportant les profils SCORM, CanCore et Normetic.

La Figure 2.3 montre un extrait des métadonnées proposées dans ce profil Normetic 2.0 du MLR.

Spécification d'un groupe d'éléments de données (SGED)						
Identifiant (obligatoire) (Identifiant_SGED)		http://normetic.org/profil_application/v2.0/sged0001				
Nom (ISO français) (obligatoire)		Ressources d'apprentissages				
Description (obligatoire)		SED dont le domaine est la classe de ressources <i>Ressource d'apprentissage</i> (ISO_IEC_19788-1:2011::RC0002)				
Position	Identifiant_SED / Identifiant_SGED	Nom	Indicateur du type de présence	Indicateur de répétition	Indicateur d'ordre	Sémantique de la relation d'ordre
(01)	(02)	(03)	(04)	(05)	(06)	(07)
1	ISO_IEC_19788-2:2011::DES0100	titre	conditionnel C0001	répétable	non ordonné	-
2	ISO_IEC_19788-2:2011::DES0200	créateur	conditionnel C0002	répétable	ordonné	Par ordre d'importance de la contribution, l'auteur de la contribution la plus importante en premier
3	ISO_IEC_19788-2:2011::DES0300	sujet	conditionnel C0001	répétable	non ordonné	-
4	ISO_IEC_19788-2:2011::DES0400	description	conditionnel C0001	répétable	non ordonné	-
5	ISO_IEC_19788-2:2011::DES0500	éditeur	conditionnel C0002	répétable	non ordonné	-
6	ISO_IEC_19788-2:2011::DES0600	contributeur	conditionnel C0002	répétable	ordonné	Par ordre d'importance de la contribution, l'auteur de la contribution la plus importante en premier

FIGURE 2.3. – Extrait des métadonnées du profil Normetic 2.0 du MLR [Gauthier, 2011]

2.4.3 IMS-LIP (IMS Learner Information Package)

IMS-LIP [IMS-LIP, 2008] est une spécification d'une collection d'informations caractérisant un apprenant. Elle propose un modèle de l'apprenant. Le package IMS-LIP est présenté sous la forme de catégories qui sont montrées dans la Figure 2.4.

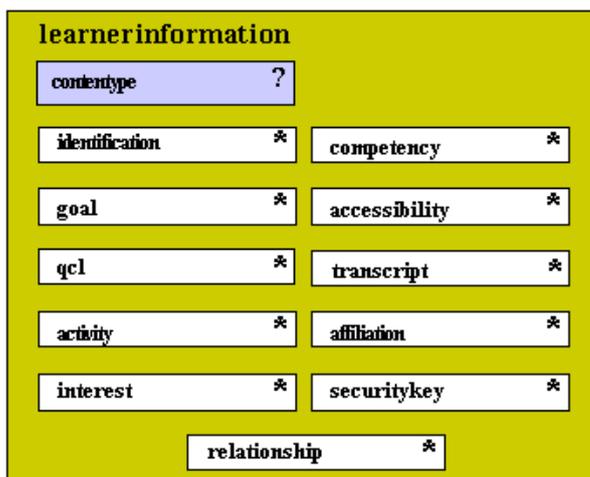


FIGURE 2.4. – Structures des données d'un package IMS-LIP [IMS-LIP, 2008]

Selon sa spécification, IMS-LIP vise l'interopérabilité entre les systèmes d'information d'apprenants basé-internet. Il permet le partage et l'échange d'informations d'apprenants entre les plateformes d'apprentissage ce qui favorise sa réutilisation d'un environnement à un autre.

2.5 SYNTHÈSE ET POSITIONNEMENT

La réutilisation de scénarios d'apprentissage est devenue une pratique importante depuis l'apparition et l'évolution des bases de scénarios, et ce, afin de faciliter la tâche de conception à partir de l'existant et d'exploiter des travaux ayant déjà fait leurs preuves. La réutilisation, vue d'une perspective plus large, est un sujet de recherche qui s'est imposé depuis plusieurs années dans le domaine des EIAH ainsi que dans d'autres domaines tels que le Génie Logiciel ou les Systèmes d'Information. Ainsi, les enseignants ont besoin de partager leurs pratiques et d'avoir des pratiques pédagogiques de référence à analyser et à partir desquelles construire leurs propres pratiques. Il existe donc un besoin de réutilisation de ces pratiques pédagogiques, pouvant être formalisées sous forme de scénarios d'apprentissage ainsi qu'un besoin de méthodes et techniques pour assister et favoriser cette réutilisation.

Plusieurs travaux de la littérature se sont intéressés à la problématique de l'amélioration de la réutilisation d'entités d'apprentissage y compris les objets, ressources et scénarios d'apprentissage. Suite à une étude de ces travaux, nous avons distingué deux grands axes d'approches de réutilisation : (1) les approches centrées sur **l'adaptation** des entités pédagogiques (e.g., De Moura Filho [2007]; Tetchueng et al. [2008]; Emin-Martinez [2010]; Clayer et al. [2013]) et (2) les approches centrées sur **la sélection** des entités pédagogiques (e.g., LOM [2002]; Villiot-Leclercq [2007]; Paquette and Léonard [2014]). Des travaux ont traité les deux axes (e.g. Hernández-Leo et al. [2006]; Jovanovic et al. [2009]).

Nous positionnons nos travaux dans le deuxième axe de recherche en définissant **des méthodes, processus et outils pour la sélection de scénarios d'apprentissage dans le**

cadre d'une conception par la réutilisation. Le but est d'aider l'enseignant-concepteur à sélectionner les scénarios les plus appropriés à son contexte et d'assister leur indexation.

En étudiant différents travaux de la littérature, nous constatons que beaucoup d'efforts ont été fournis pour la définition de formalismes de scénarios pouvant être adaptés et réutilisés dans d'autres contextes, mais peu sont ceux qui définissent les méthodes et processus complets pour la sélection des scénarios allant de la capitalisation, l'analyse, la recommandation jusqu'à l'assistance à la réutilisation. Des travaux ont proposé des schémas de métadonnées pour les objets/ressources d'apprentissage (e.g., [LOM, 2002; ISO, 2011]) ou pour les scénarios d'apprentissage qui sont assez riches (e.g., [Paquette and Léonard, 2014]) afin de faciliter leur indexation et leur réutilisation mais sans pour autant définir des méthodes guidant cette réutilisation (particulièrement pour le cas des scénarios) tels que les algorithmes de repérage des scénarios adaptés, les méthodes et les outils pour la mise en place d'une telle indexation ou les outils pour cela. C'est ce qui nous amène à l'idée de définir dans nos travaux un **cadre global supportant un processus d'assistance à la réutilisation et la capitalisation d'un scénario d'apprentissage** qui guide l'enseignant-concepteur dans *l'indexation, la sélection et la réutilisation* du scénario tout en définissant les formalismes et modèles à utiliser tout au long du processus. Ce processus a comme spécificité de baser cette indexation sur une analyse détaillée et instrumentée d'expériences réelles d'apprentissage se déroulant dans des contextes différents.

Les standards et normes de l'apprentissage tels que le LOM, TIN-CAN ou SCORM sont également considérés comme des moyens de favorisation de la réutilisation, étant donné qu'ils sont utilisés et adoptés par une large communauté de pratique. L'utilisation de standards/normes permet une meilleure interopérabilité entre les entités ou composants ce qui augmente le potentiel de leur réutilisation. Nous pensons alors qu'il serait judicieux de baser notre approche sur de tels standards comme nous sommes dans une optique favorisant le partage et la réutilisation.

L'adoption d'une approche de *conception par la réutilisation* implique des variabilités du contexte d'usage d'une situation d'apprentissage source à une situation cible de réutilisation. Nous pensons que ces variabilités contextuelles devraient être gérées pour assurer une meilleure réutilisation principalement à travers : (1) la construction d'un *périmètre de réutilisation* pour le scénario de la *situation d'apprentissage source* et (2) l'estimation a priori de la *pertinence de réutilisation* du scénario à réutiliser (*ou son degré de réutilisabilité*) dans une *situation d'apprentissage cible*. Il devient donc important d'insister sur la dimension du contexte lors de la conception de scénarios d'apprentissage. Une étude de la notion de contexte et de son utilisation dans une ingénierie pédagogique fera l'objet du chapitre suivant.

Dans ce chapitre, nous étudions la notion de contexte dans les travaux en ingénierie pédagogique. Nous commençons d'abord par explorer les définitions de contexte proposées dans des travaux de la littérature et puis présenter notre définition du contexte adoptée dans nos travaux (cf. Section 3.1). Par la suite, nous abordons les différentes dimensions, classifications et modélisations du contexte identifiées dans la littérature (cf. Section 3.2) qui nous serviront d'abord à la détermination des verrous scientifiques et qui seront aussi utilisées comme bases pour la définition de nos contributions. Nous étudions ensuite les liens entre la contextualisation et la réutilisation (cf. Section 3.3) pour le cas des scénarios d'apprentissage.

3.1 LE CONTEXTE D'UN SCÉNARIO D'APPRENTISSAGE

Pour mieux comprendre la notion de contexte, nous identifions quelques définitions liées à ce terme qui sont vues de différents angles. Dans l'informatique contextuelle en général (ou «context-aware computing», en anglais), le contexte a été défini par [Dey \[2001\]](#) comme « *toute information pouvant être utilisée pour caractériser la situation d'une entité* ». Une entité, selon ces mêmes travaux, peut être une personne, un lieu ou un objet considéré comme pertinent à l'interaction entre un utilisateur et une application, incluant l'utilisateur et l'application eux-mêmes. Dans le domaine de l'apprentissage, [Lefevre et al. \[2011\]](#) ont défini le terme de contexte d'utilisation comme « *un ensemble d'informations permettant de caractériser la situation dans laquelle se trouve un apprenant lorsqu'il effectue la séance de travail* ». [Berns and Erickson \[2001\]](#) quant à eux ont évoqué la notion de «Contextualized Teaching and Learning» (CTL), ou l'enseignement et l'apprentissage contextualisés, comme étant une conception de l'apprentissage et de l'enseignement aidant l'enseignant à relier *le contenu* de la matière à *des situations du monde réel*. D'autres travaux définissent le contexte comme « *un ensemble de contraintes qui influencent le comportement d'un système embarqué dans une tâche donnée* » [[Bazire and Brézillon, 2005](#)].

Sur la base de ces définitions, nous proposons notre **définition du contexte d'un scénario d'apprentissage** qui est :

« *L'ensemble des caractéristiques et des contraintes de l'environnement (incluant l'organisation, les acteurs, le système et l'activité) pouvant influencer, directement ou indirectement, le déroulement du scénario d'apprentissage et susceptibles de varier d'une situation d'apprentissage à une autre* ».

Nous considérons qu'une **situation d'apprentissage effective** est la mise en oeuvre d'un **scénario** dans un **contexte** donné. Une situation d'apprentissage effective comprend alors un enchaînement d'activités affectées à des rôles (le scénario) et immergées dans un contexte (cf. Figure 3.1).

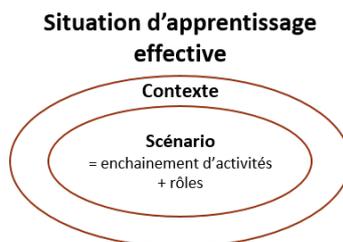


FIGURE 3.1. – Une situation d'apprentissage

3.2 DIMENSIONS, CLASSIFICATIONS ET MODÉLISATIONS CONTEXTUELLES

Afin d'identifier les dimensions, propriétés et facettes du contexte d'un scénario d'apprentissage, nous commençons par étudier les approches de modélisation des scénarios d'apprentissage, objets centraux de notre étude, tout en explicitant leur prise en compte de la dimension contextuelle (cf. Section 3.2.1). Par la suite, nous explorons des travaux qui se sont focalisés sur la notion de contexte relative aux environnements informatisés en général et puis relative aux environnements d'apprentissage (cf. Section 3.2.2). Enfin, nous étudions certaines bases de scénarios existantes et leurs dimensions contextuelles. Cette étude constituera plus tard (dans le Chapitre 7) une base à la mise en place et l'identification des principes à adopter pour notre approche de modélisation du contexte d'un scénario d'apprentissage.

3.2.1 *Les approches de modélisation de scénarios d'apprentissage et leur prise en compte de la dimension contextuelle*

Lors de la conception des scénarios d'apprentissage, il est important d'adopter une approche de modélisation et de formalisation des scénarios qui facilite la tâche de l'enseignant-concepteur. On trouve les approche de formalisation des scénarios par les langages de modélisation pédagogique ou les EML (Educational Modeling Language), les approches de conception basées sur l'IDM (Ingénierie Dirigée par les Modèles) et celles basées sur le web sémantique. En étudiant ces travaux, nous prêtons une attention particulière à la considération des éléments contextuels par ces approches.

3.2.1.1 *L'approche de conception de scénario par les langages de modélisation pédagogique EML*

Les travaux de Koper [2001], ayant entrepris le courant des langages de modélisation d'apprentissage ou ce qu'on appelle les EML, a affirmé qu'il est nécessaire de passer d'une conception de l'enseignement vers une conception de l'apprentissage et que, contrairement au courant documentaliste, les activités sont au centre du dispositif d'apprentissage plutôt que les objets d'apprentissage. Dans ce cadre, cet auteur a proposé ainsi de décrire les situations effectives d'apprentissage à l'aide de ces langages de modélisation pédagogique qui placerait les situations d'apprentissage et non les ressources au centre du processus. Les EML permettent aux enseignants concepteurs de modéliser le déroulement des situations d'apprentissage à travers la définition des activités et leur enchaînement. L'objectif de ces langages est de « proposer un formalisme computationnel, indépendant de toute implémentation technique, permettant la description de l'orchestration de situations d'apprentissage mettant en jeu les technologies numériques » [Emin et al., 2011].

Koper [2001] a défini dans ce sens un modèle EML reposant essentiellement sur le principe de structurer les situations d'apprentissage en «Unités d'études» (ou «Units of Study» en anglais) pouvant représenter un cours, une leçon, un travail pratique, une étude de cas, etc. Une unité d'étude peut être reliée à des objectifs pédagogiques, peut être assurée à distance, en présentiel ou mixte et peut reposer sur tout type de supports. Les EML (Educational Modelling Language) offrent des formalismes et des notations permettant aux concepteurs de créer des modèles visuels de leurs conceptions de scénarios. Le principal avantage de ces modélisations visuelles, d'après Derntl and Hummel [2005], est la réduction de la complexité du processus de conception et la création d'un moyen de communication et de documentation.

Un EML est «un modèle d'information et un binding sémantiques, décrivant le contenu et le processus au sein d'une unité d'apprentissage d'un point de vue pédagogique afin de soutenir la réutilisation et l'interopérabilité»[Rawlings et al., 2002]. À la base, dès les premières définitions des EML, ces derniers visaient la réutilisabilité et l'interopérabilité des scénarios. À noter que l'interopérabilité est le fait que des composants logiciels qui sont développés indépendamment peuvent échanger l'information et peuvent donc être utilisés ensemble [Duval, 2004]. L'interopérabilité favorise et facilite ainsi la réutilisation particulièrement de point de vue technique puisqu'elle permet à plus de composants de fonctionner ensemble, et donc la réutilisation est plus faisable.

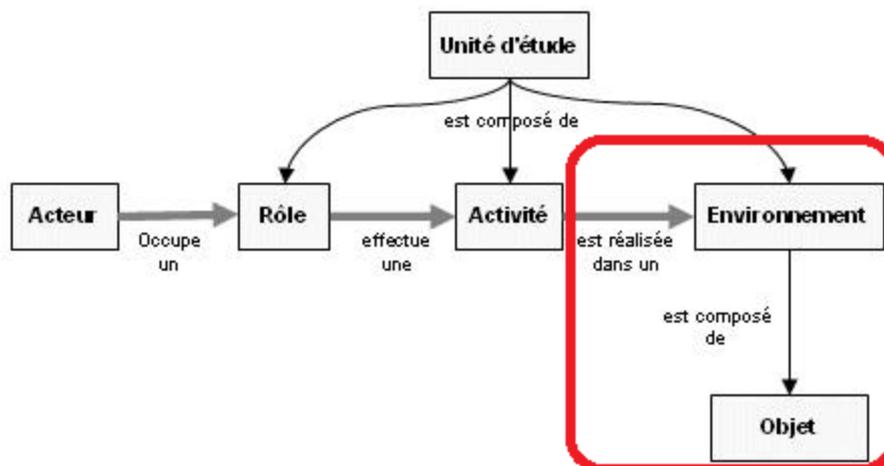


FIGURE 3.2. – Vue simplifiée du modèle EML [Pernin, 2003]

La figure 3.2 montre une vue simplifiée du modèle EML. Dans ce modèle, l'environnement est séparé des notions d'activité et d'acteur. Un scénario est vu comme une unité d'étude qui est composée d'un ensemble d'activités effectuées par un ensemble de rôles (occupés par des acteurs) dans un environnement donné. L'environnement, qui représente en quelque sorte le contexte du scénario, est composé d'un ensemble d'objets. Il peut s'agir de ressources pédagogiques ou d'outils et services nécessaires à l'apprentissage.

Dans cet axe, des EML sont apparus, depuis les années 2000, tels que les langages IMS-LD [IMS-LD, 2003], LDL [Martel et al., 2006], POEML [Caeiro et al., 2007] et PALO [Rodríguez-Artacho and Maïllo, 2004]. Ils représentent des exemples de langages de modélisation de scénarios d'apprentissage.

Afin d'étudier les composants/caractéristiques de ces types de scénarios d'apprentissage utiles à la compréhension des connaissances contextuelles associées aux scénarios, nous explorons brièvement quelques langages.

LE LANGAGE IMS-LD (IMS-LEARNING DESIGN)

La spécification IMS-LD [IMS-LD, 2003] est un EML qui permet de définir formellement une unité d'apprentissage UoL (cours, module, séance, etc.). Le principe de ce langage est qu'il utilise la logique et le lexique théâtral pour formaliser les différents éléments qui le composent. Dans son modèle conceptuel [IMS-LD, 2003], cet EML considère qu'une méthode décrivant une unité d'apprentissage, conçue selon des objectifs et préalables, peut être décomposée en un ou plusieurs cheminements. Ces derniers sont composés d'actes eux même composés de partitions. L'élément central du processus de conception pédagogique est l'activité effectuée par des rôles (apprenants et facilitateur) et utilisant **un environnement**. Un environnement est décomposé en sous-environnements, et est une agrégation de productions, d'objets d'apprentissage et de services (tels que le chat ou les forums de discussion asynchrone).

IMS-LD tient compte de la modélisation par niveau, permettant de définir : (niveau A) des scénarios prescriptifs à savoir les rôles, activités, **environnements** et **services** qui sont les éléments de base de l'unité d'apprentissage, (niveau B) des scénarios de personnalisation de l'apprentissage rajoutant les propriétés, les conditions et les règles qui agissent sur l'ensemble et (niveau C) des scénarios dynamiques à travers les notifications permettant l'orchestration.

Plusieurs travaux se sont intéressés à ce langage de modélisation IMS-LD, qui est devenu un standard de la conception pédagogique. Des travaux ont proposé et implémenté des outils auteurs pour la modélisation de ce type de scénarios. Parmi les initiatives d'implémentation de IMS-LD, on trouve l'outil LAMS [Dalziel, 2003], un outil graphique pour la conception, la gestion et la diffusion en ligne d'activités collaboratives d'apprentissage séquentielles et l'éditeur RELOAD (Reusable ELearning Object Authoring & Delivery) [RELOAD, 2004] permettant de créer les packages IMS-LD à l'aide de formulaires et les importer.

LE LANGAGE DE MODÉLISATION PÉDAGOGIQUE LDL

Le langage LDL (Learning Design Language) [Martel et al., 2006] vient répondre à certaines lacunes des langages de modélisation pédagogiques et notamment IMS-LD en rajoutant l'aspect collaboratif aux activités des scénarios. Le méta-modèle du langage LDL [Martel et al., 2006] se centre principalement sur les notions d'*interaction* décrivant l'action et les informations associées, d'*enceinte* (ou *Arena*, en anglais) qui est l'**environnement ou lieux** dans lequel l'interaction se déroule et dans laquelle les différents acteurs (associés à des rôles) peuvent interagir, de *positions* individuelles et collectives prises par les acteurs lors des échanges au cours de la progression de l'activité pour exprimer les réactions et la perception et de *règles* définissant les règles de l'activité et testant les différentes positions.

LANGAGE DE MODÉLISATION PÉDAGOGIQUE ORIENTÉ PERSPECTIVES POEML

Comme pour le cas du langage LDL, le langage PoEML [Caeiro et al., 2007] (Perspective-oriented EML) a été conçu pour la formalisation des scénarios pédagogiques dans le domaine collaboratif. Le défi de ce langage est de renforcer les aspects

d'orchestration et d'automatisation d'un scénario complexe intégrant des questions de type QCM au format IMS-QTI (IMS Question Test Interoperability) et utilisant un outil de simulation « TPElec » [Guéraud, 2005].

Le méta-modèle du langage PoEML [Caeiro-Rodriguez et al., 2007] montre qu'un scénario est composé d'activités variées qui sont sollicitées par des acteurs. Des transitions entre les activités sont définies et des traces tel que le résultat de chaque activité, sont exploitées. Quant à l'**environnement** du scénario, ce langage le considère comme un ensemble de sous-environnements imbriqués et une agrégation d'éléments de données et d'outils.

LE LANGAGE DE MODÉLISATION PÉDAGOGIQUE PALO

Pour le langage PALO [Rodríguez-Artacho and Maíllo, 2004], les scénarios sont structurés en modules. Un module est caractérisé par une structure et les activités à réaliser. Le principe de ce langage est la définition de séquences en spécifiant des points de synchronisation et des dépendances de type prérequis entre les différents modules et tâches. La modélisation préconise l'utilisation de la notion de gabarits appelés « instructional template ».

Pour la définition de ses éléments, le langage PALO utilise une logique multicouches comme suit [Rodríguez-Artacho and Maíllo, 2004] :

- couche management (management layer) : interopérabilité entre les plateformes d'apprentissage ou LMS ;
- couche séquençement (sequencing layer) : planification, prérequis et dépendances ;
- couche structure (structure layer) : modèle de navigation et table de matières ;
- couche activité (activity layer) : activité, communauté, rôles, ressources et outils ;
- couche contenu (content layer) : contenu d'apprentissage, objets d'apprentissage et modélisation des connaissances éducatives basée sur les ontologies.

Les travaux sur ce langage n'évoquent pas, explicitement, la dimension contextuelle (ou d'environnement) dans la représentation du scénario.

LANGAGE DE MODÉLISATION PAR OBJETS TYPÉS MOT

Le langage MOT [Paquette, 2002] est un langage de modélisation pédagogique développé par le Centre de recherche LICEF de la Téléuniversité. Une implémentation de la modélisation graphique du langage MOT est fournie (TELOS/GMOT). Les scénarios TELOS sont vus comme des agrégateurs de ressources, exprimés formellement et pouvant être exécutés. GMOT est l'éditeur intégrant le modèle TELOS et permettant ainsi de modéliser d'une manière graphique le cheminement des activités, les acteurs, les ressources puis les conditions d'exécution. Le méta-modèle MOT [Paquette et al., 2006] distingue trois principales classes : *Concepts* (classes d'objets, types de documents, catégories d'outils ou classes d'événements), *procédures* (opérations génériques, catégories de tâches, activités, instructions ou scénarios) et *principes* (propriétés d'objets, contraintes sur les procédures, relations cause/effet, théories, etc.).

Le vocabulaire graphique MOT+LD est conçu pour le cas spécifique du learning design produisant des unités d'apprentissage conforme à IMS-LD. Ce vocabulaire aborde la notion d'**environnement** considéré comme une composition d'autres environnements récursifs ou d'autres types de ressources, d'objets d'apprentissage, de résultats et / ou de services.

3.2.1.2 *L'approche de conception de scénarios basée sur l'Ingénierie Dirigée par les Modèles IDM*

Outre ces travaux proposant de formaliser les scénarios à travers des langages de modélisation ayant le caractère formel, des travaux se sont orientés vers l'Ingénierie Dirigée par les Modèles – IDM («Model Driven Engineering – MDE», en anglais), pour aider l'enseignant à concevoir ses scénarios. Il s'agit d'une approche qui met les modèles au centre du processus de conception

L'IDM est une approche d'ingénierie logicielle qui est fondée sur la notion de modèles et méta-modèles. Elle offre des méthodes de définition de modèles à travers la méta-modélisation, des mécanismes de transformation et de retranscription entre les modèles ainsi que les règles associées. Cette approche a été adoptée notamment dans des travaux en EIAH pour la modélisation des scénarios d'apprentissage.

Deux axes de travaux ont émergé de cette approche :

1. ceux adoptant des approches de modélisation spécifiques DSM (Domain Specific Modeling) qui leur sont propres :

une approche DSM favorise une modélisation spécifique au domaine. C'est une approche qui s'inscrit dans le cadre d'une ingénierie dirigée par les modèles obéissant ainsi à ses principes. Dans cet axe nous pouvons citer les travaux de [De Moura Filho \[2007\]](#) proposant l'environnement MDEduc permettant d'exprimer un scénario pédagogique, vu comme un ensemble d'événements d'apprentissage, et ce, en se basant sur trois modèles : le modèle de connaissances, le modèle pédagogique et le modèle médiatique. On peut également citer les travaux de [Clayer et al. \[2013\]](#) un cadre conceptuel pour la définition de patrons de scénarios selon une approche DSM;

2. ceux adoptant des notations génériques comme UML :

tels que les travaux de [Laforcade \[2005\]](#) définissant le langage CPM-Cooperative et le PBL Metamodel basé sur un langage graphique. Ce langage se situe dans le cadre de modélisation de situations problèmes coopératives, en insistant sur les aspects pédagogiques et sociaux. Il utilise les notions de stéréotype et de profil pour la définition de modèles en UML. Dans ce même axe, on trouve les diagrammes de type PCel (Person-Centered e-Learning) [[Derntl and Hummel, 2005](#)] prenant la forme de patrons de scénarios d'apprentissage.

3.2.1.3 *L'approche de conception de scénarios basée sur le web sémantique*

Nous évoquons également les travaux ayant adopté des approches à base de web sémantique et défini des ontologies pour la modélisation de scénarios pédagogiques tels que les travaux de [Amorim et al. \[2006\]](#), de [Tetchueng et al. \[2008\]](#) et de [Paquette and Léonard \[2014\]](#). D'une manière générale, en employant les technologies du web sémantique, l'espace de connaissances des modèles de domaine peut être représenté par l'utilisation des ontologies de domaine [[Kravcik and Gasevic, 2006](#)]. Ces ontologies peuvent être utilisées pour formaliser, au niveau des connaissances, différents modèles requis dans les systèmes d'apprentissage [[Tetchueng et al., 2008](#)] : modèles de l'apprenant et de l'enseignant, modèles de domaine, modèles de cadre, modèles de scénarios, modèles pédagogiques et/ou didactiques, modèles d'adaptation et des règles, etc.

3.2.1.4 Synthèse sur la prise en compte de la dimension contextuelle par les approches de conception de scénarios

Le Tableau 3.1 résume, pour chacun de ces travaux abordés, l'approche de modélisation qu'ils ont adoptée et comment ils expriment la dimension contextuelle.

Travaux	Approche	Prise en compte de la dimension contextuelle
IMS-LD [IMS-LD, 2003]	EML	Environnement (environment) : services (chat, forum, messagerie), objets d'apprentissage (titre, item, métadonnée) et productions
LDL [Martel et al., 2006]	EML	Enceinte (arena) : le/les lieu(x) de l'activité
POEML [Caeiro et al., 2007]	EML	Environnement : sous-environnements, outils (applications and services) et éléments de données
PALO [Rodríguez-Artacho and Maíllo, 2004]	EML	Non explicitée
MOT [Paquette, 2002]	EML	Environnement : sous-environnements, ressources, objets d'apprentissage, résultats et services
Environnement MDEduc [De Moura Filho, 2007]	IDM - DSM	Contexte du langage du scénario, contexte du concepteur et contexte de l'élève
langage CPM-Cooperative PBL Metamodel [Laforcade, 2005]	IDM - UML	Non explicitée
PCel (Person-Centered e-Learning) [Derntl and Hummel, 2005]	IDM - UML	Contexte physique tel que les ouvrages, Contexte digital tel que les e-papers, Contexte du dispositif, Contexte de l'apprenant tel que les informations contextuelles, Contexte du monde tel que la localisation
Ontologie d'un scénario d'apprentissage [Paquette and Léonard, 2014]	Web sémantique et ontologies	Unité de formation, niveau de granularité, relation avec d'autres scénarios
[Tetchueng et al., 2008]	Web sémantique et ontologies	Environnement didactique : type de la classe, outils CITT (chat, email, forum, etc.), liste d'instruments techniques et enseignement présentiel ou à distance.

TABLE 3.1. – Éléments du contexte modélisé dans les approches de conception de scénarios d'apprentissage

3.2.2 Les travaux sur la modélisation contextuelle

Dans cette section, nous nous intéressons particulièrement aux travaux se focalisant sur la dimension du contexte. Nous commençons d'abord par étudier les travaux de modélisation de contexte hors EIAH et par la suite nous explorons ceux définis dans le cadre des EIAH et de l'ingénierie pédagogique en traitant finement leurs visions, classifications et utilisations du contexte.

3.2.2.1 Les travaux de modélisation de contexte hors EIAH

LES TRAVAUX DE [BRADLEY AND DUNLOP \[2005\]](#)

Ces travaux se sont intéressés aux environnements informatiques contextualisés. Ils proposent un modèle de contexte multidisciplinaire pour supporter le «context-aware computing». La Figure 3.3 illustre le modèle proposé.

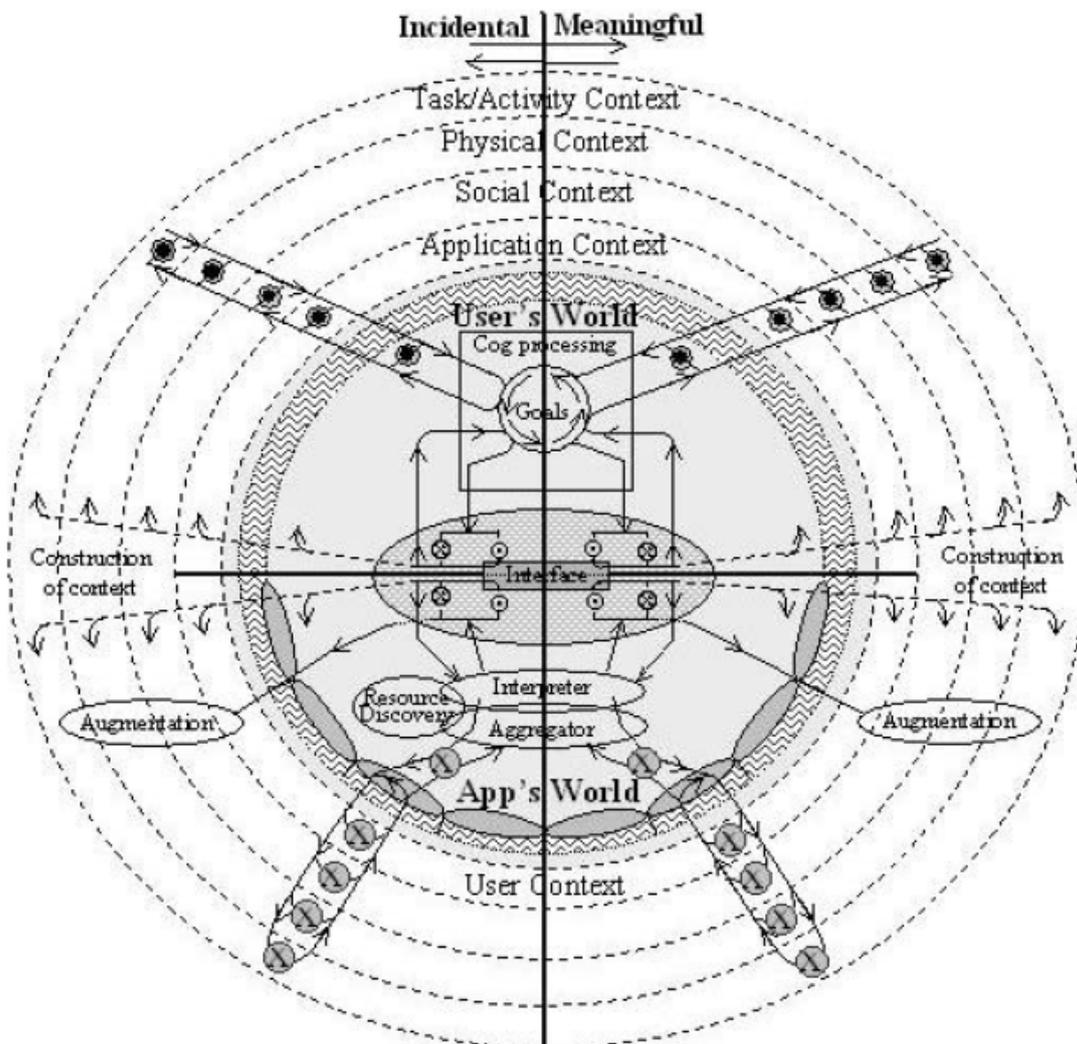


FIGURE 3.3. – Modèle détaillé du contexte [[Bradley and Dunlop, 2005](#)]

Les couches circulaires représentent tout ce qui est monde contextuel influençant le processus dans lequel les actions de coordination de l'utilisateur sont entreprises. Ce travail distingue trois dimensions de contexte :

1. les dimensions communes aux utilisateurs et à l'application :
 - contexte de tâche (task context) : la relation fonctionnelle de l'utilisateur et les autres personnes et objets ;
 - contexte physique (physical context) : l'emplacement environnemental y compris le gradient, l'altitude, objets physiques, orientation, etc., l'objectif de ces objets et le type d'informations transmises ;
 - contexte social (social context) : la relation, le flux et le comportement des personnes environnantes ;
 - contexte temporel (temporal context) : basé sur des situations / événements passés, les événements futurs attendus et le contexte temporel de niveau supérieur se rapportant à l'heure de la journée, de la semaine, du mois, ou de la saison ;
2. les dimensions relatives au monde de l'utilisateur :
 - contexte de l'application (application's context) : les capacités et les limites de l'application et des sources dont dérivent les données ;
 - contexte cognitif (cognitive context) : les capacités de traitement cognitives de l'utilisateur, les capacités de mémoire, les aversions et les préférences, les opinions et les croyances, les interprétations culturelles, les capacités de perception, etc. ;
3. les dimensions relatives au monde de l'application :
 - contexte de l'utilisateur (user's context) : le journal personnel de l'utilisateur, y compris les activités prévues, les notes et les rappels, la physiologie et les modèles de suivi du comportement de l'utilisateur.

3.2.2.2 *Les travaux de modélisation de contexte dans les EIAH*

L'étude et la modélisation du contexte dans une ingénierie des EIAH peut avoir différents objectifs. Le contexte peut être identifié et modélisé pour des fins d'adaptation ou de personnalisation de l'entité contextualisée ou également pour des fins d'indexation. Nous présentons dans ce qui suit des travaux en ingénierie pédagogique qui ont étudié le contexte pour des objectifs bien particuliers. Chacun des travaux s'intéresse à une entité qui est concernée par le contexte : le scénario, la ressource, le dispositif d'apprentissage, etc.

LES TRAVAUX DE TETCHUENG ET AL. [2008]

Ces travaux proposent un modèle de scénario adaptatif et "context-aware". Ce modèle de scénario est basé sur la théorie de l'anthropologie didactique des connaissances de Chevillard, les pratiques réelles et le savoir-faire de l'enseignant et un modèle de tâche hiérarchique. Le système d'apprentissage est basé sur 4 modèles différents : un modèle de scénario, un modèle du domaine, un modèle d'apprenant et un modèle de contexte traitant les différentes dimensions du scénario.

Ces travaux visent essentiellement à concevoir un scénario générique qui peut traiter la plupart des situations pour les sciences de l'apprentissage en tenant compte des spécificités du contexte. À partir d'un scénario générique, le système d'apprentissage

calcule un scénario particulier dédié à l'apprenant actuel et à sa situation d'apprentissage. Ce scénario délivré varie selon les ressources, le domaine, les connaissances et le savoir-faire de l'apprenant, le modèle pédagogique et/ou didactique, les procédures d'apprentissage suivant l'établissement (école, institution, université), le type de classes, le type d'enseignement (face à face ou à distance) et les outils CITT (chat, email, forum, etc.).

Pour le modèle de contexte, il représente l'environnement didactique. Il est décrit par le type de la classe dans laquelle les activités vont prendre place, les outils CITT associés, une liste d'instruments techniques qui sont un sous-ensemble du domaine et l'enseignement présentiel ou à distance.

LES TRAVAUX DE DRIRA [2010]

D'après ces travaux, le contexte est une « *structure variable et dynamique qui évolue continuellement* ». Ces travaux proposent un Framework conceptuel se focalisant principalement sur l'interdépendance entre un système d'apprentissage et son contexte. Ce travail a considéré que le contexte du système d'apprentissage est un ensemble de règles contextuelles influençant la conception et l'exécution d'un système TEL (Technology Enhanced Learning).

Une règle contextuelle peut être : une pratique, une contrainte ou un guide prescrit. Un contexte peut être vu sur différents niveaux. Par exemple, une institution (université, etc.), une sous-unité d'une institution (faculté ou département), un cursus ou un cours. Chaque niveau impose ses propres règles contextuelles dans les systèmes d'information. Ce travail divise le contexte d'un système d'apprentissage en 3 sous-contextes : le contexte organisationnel, le contexte technique et le contexte de déploiement.

LE TRAVAIL DE EMIN-MARTINEZ [2010]

Le processus d'élaboration d'un scénario pédagogique, d'après Emin-Martinez [2010], prend en compte progressivement les différentes contraintes liées au contexte. Cet auteur distingue deux types de contexte :

- le contexte de connaissance (curriculum, programme ou référentiel), composé d'items de différents types : compétences, habiletés, attitudes, etc.
- le contexte situationnel qui définit les rôles des acteurs, les dimensions spatiales, temporelles ou instrumentales de la situation à mettre en place.

La prise en compte des éléments de contexte est différente à chaque niveau de conception. Le contexte de connaissance du scénario est principalement pris en compte au niveau intentionnel, alors que le contexte situationnel est considéré lors de la sélection des situations-types d'interaction correspondant à la solution préconisée au niveau tactique.

LES TRAVAUX DE PAQUETTE AND LÉONARD [2014]

Le contexte d'un scénario est précisé en spécifiant trois éléments : une ou plusieurs unités de formation, un niveau de granularité et des relations avec d'autres scénarios. La Figure 3.4 illustre les composantes du contexte d'un scénario selon ces travaux.

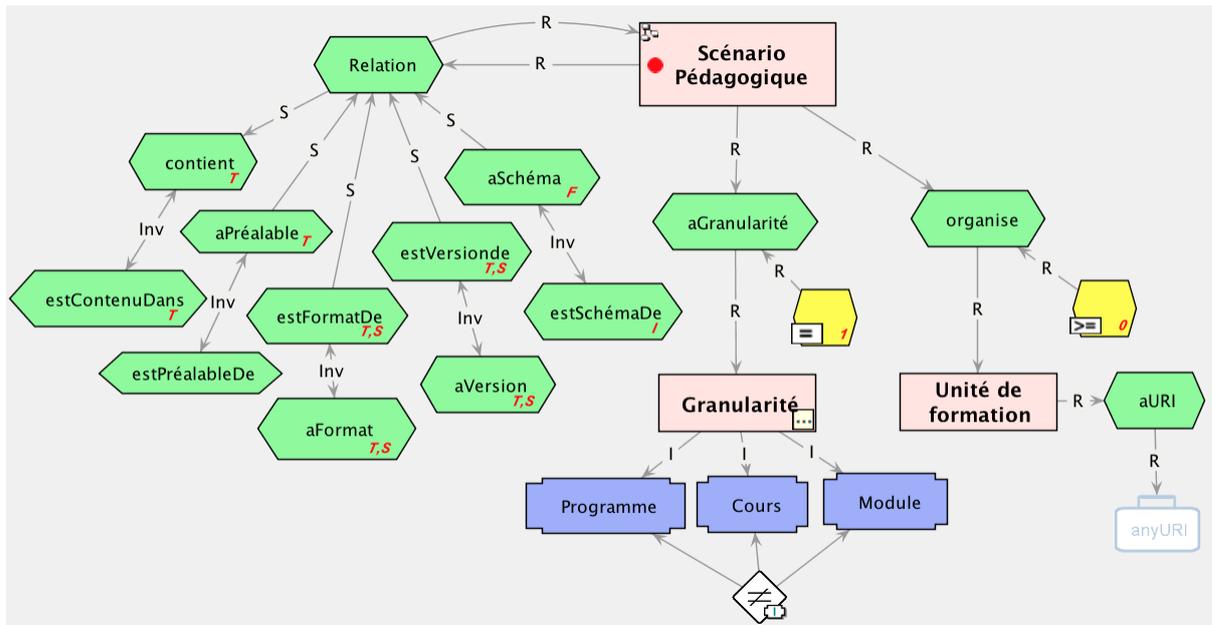


FIGURE 3.4. – Les composants du contexte d'un scénario Paquette and Léonard [2014]

LES TRAVAUX DE LEFEVRE ET AL. [2011]

Ce travail propose le modèle PERSUA2 qui permet à chaque enseignant de définir ses stratégies pédagogiques, chacune étant associée à un ou plusieurs contextes d'utilisation. Les informations permettant de caractériser la situation dans laquelle se trouve un apprenant portent sur la liste des élèves pour lesquels une personnalisation des séances est souhaitée, sur leur profil, et sur des caractéristiques plus générales de la séquence d'activités (nombre d'activités, variation des énoncés, durée de la séance, support de la séquence).

Ce travail ajoute que le contexte peut contenir les exceptions. Ces exceptions permettent de prendre en compte des difficultés ou des facilités de certains apprenants qui ne figureraient pas dans le profil utilisé, leurs contraintes d'emploi du temps, etc.

LES TRAVAUX DE DERNTL AND HUMMEL [2005]

Ces travaux proposent des méthodes de modélisation de contexte relatives à un scénario d'apprentissage. Ils visent à définir une méthode pour inclure l'information du contexte dans les diagrammes PCel (Person-Centered e-Learning). Le projet PCel utilise le langage UML pour modéliser des patrons de scénarios d'apprentissage. Ce projet fournit des scénarios génériques (ou patrons) pouvant être réutilisés en dehors de leurs contextes originaux.

Ce travail a identifié et classé les différents éléments du contexte selon les catégories suivantes :

- contexte du monde (World context) tels que la localisation, la date et le temps ;
- contexte physique (physical context) qui décrit les ressources d'apprentissage et une liste de personnes (personnes, livres, journaux, équipements d'apprentissage) ;
- contexte digital (digital context) décrit les ressources d'apprentissage digitales disponibles (e-books, e-papers, services e-learning, e-collaboration...);
- contexte du dispositif (device context) décrit le matériel, le logiciel et la connectivité du réseau du dispositif utilisé ;

— contexte de l'information de l'apprenant (learner information context) décrit les informations personnelles de l'apprenant et les informations relatives à ses tâches. Afin de modéliser le contexte, ils proposent le CSM (Context Structure Model), illustré dans la Figure 3.5 qui définit un nombre de classes génériques représentant le contexte.

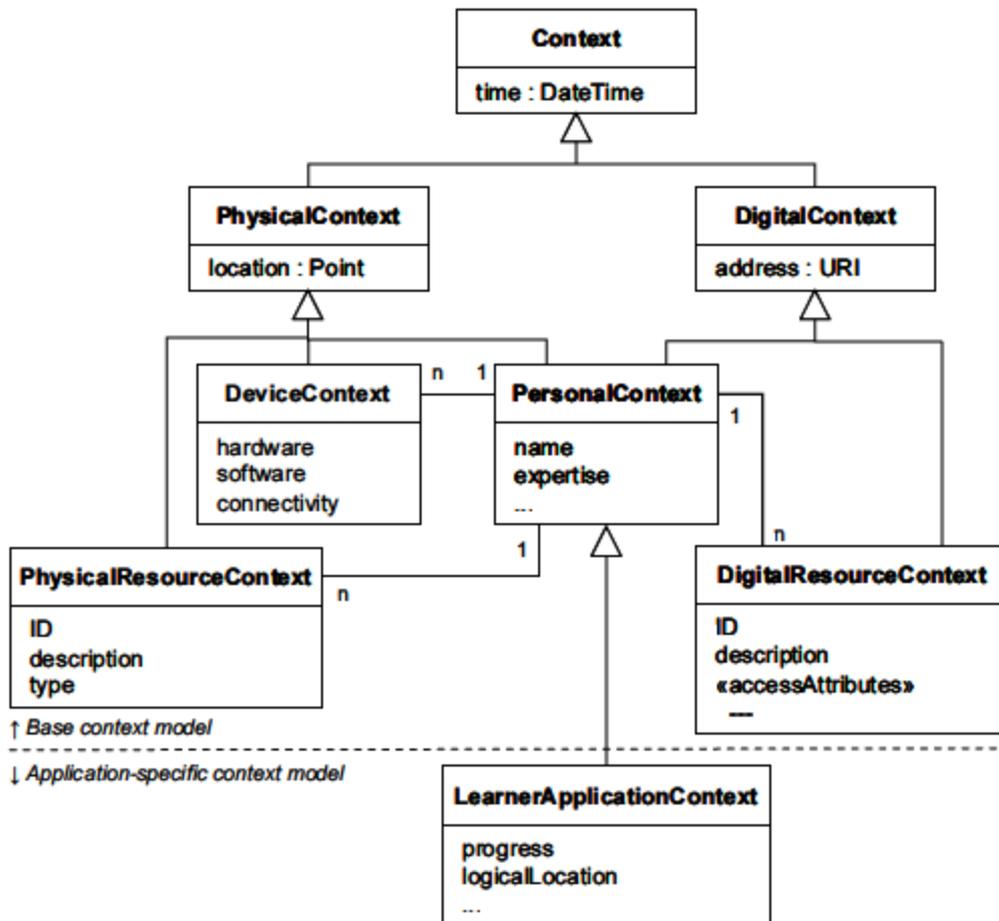


FIGURE 3.5. – Structure du modèle de contexte [Derntl and Hummel \[2005\]](#)

La contextualisation consiste à annoter les activités d'apprentissage du LAM (Learning Activity Model), montrant les activités du cours et son processus de déroulement, avec des connaissances contextuelles.

3.2.2.3 Synthèse sur les travaux de modélisation contextuelle

Le Tableau 3.2 récapitule des travaux sur le contexte (dont certains ont été étudiés précédemment) et précise pour chacun l'entité concernée par la contextualisation. Le tableau précise également les dimensions, classifications et éléments du contexte explicités et pour quelles fins il a été exploité.

Travaux	Entités étudiées	Dimensions-classifications-éléments du contexte	Fins d'utilisation du contexte
[Tetchueng et al., 2008]	Scénario d'apprentissage	cf. Tableau 3.1	Générer automatiquement un scénario particulier à partir d'un scénario générique selon le contexte (et d'autres facteurs)
[Drira, 2010]	Dispositif d'apprentissage	contexte institutionnel : contexte organisationnel, contexte technique (plateforme et règles d'usage) et contexte de déploiement	Améliorer la conception de dispositifs d'apprentissage en tenant compte du contexte institutionnel
[Emin-Martinez, 2010]	Scénario pédagogique	- le contexte de connaissance (curriculum, programme ou référentiel) : ensemble d'items de connaissances (connaissances, compétences, habiletés, attitudes, etc.); - le contexte situationnel : rôles des acteurs, les dimensions spatiales, temporelles ou instrumentales de la situation	Élaborer progressivement le scénario en intégrant les différentes dimensions (ou contraintes) du contexte de la situation (durée, outils, ressources, lieux ...)
[Paquette and Léonard, 2014]	Scénario d'apprentissage	cf. Tableau 3.1	Indexer le scénario
[Malek et al., 2006]	Environnement d'apprentissage mobile	- environnement interne : modèle de l'utilisateur (e.g. ses compétences, ses centres d'intérêts), l'état courant de l'apprenant durant l'interaction (e.g. degré de concentration, état psychologique); - environnement externe : les éléments physiques, temporels et matériels.	Gérer le contexte et l'adapter à l'apprenant dans des applications mobiles (M-learning)

[Benlamri and Zhang, 2014]	Environnement d'apprentissage mobile	<ul style="list-style-type: none"> - contexte de l'apprenant (e.g., son langage préféré, son objectif d'apprentissage, les activités qu'il a consommé); - context de l'activité : (e.g., les dispositifs utilisés, sa date de début et fin); - contexte du dispositif : (e.g., le profil logiciel, le profil matériel, langage); - contexte de l'environnement : (e.g., emplacement, réseau wifi); 	Traduire les changements de contexte en adaptations centré-système et centré-apprenant pour la personnalisation
[Derntl and Hummel, 2005]	Patron de conception d'un scénario d'apprentissage	cf. Tableau 3.1	Adapter l'activité d'apprentissage selon le contexte Adapter le contexte à l'activité
[Lefevre et al., 2011]	Stratégie pédagogique	<ul style="list-style-type: none"> - la liste des élèves et leurs profils; - caractéristiques de la séquence d'activités : nombre d'activités, variation des énoncés, durée de la séance, support de la séquence, etc.; - exceptions 	Permettre à chaque enseignant de définir ses stratégies pédagogiques en fonction du contexte

TABLE 3.2. – Récapitulatif des travaux étudiés sur la modélisation du contexte en EIAH

3.2.3 Étude de bases de scénarios d'apprentissage existantes

Différentes initiatives académiques ou communautaires de partage d'expériences et pratiques pédagogiques ont émergé mettant en œuvre les différentes approches et outils de conception et de modélisation d'entités pédagogiques (objets, ressources ou scénarios). Nous citons les bases découlant des projets BASAR [BASAR, 2012], CAUSA [CAUSA, 2006], e-LEN [E-LEN, 2002], Pedagogical Patterns [PP, 2007] et IDLD [Lundgren-Cayrol et al., 2006]. Nous citons également les bases carrefour education , profweb , Q4R Teluq et Edu'bases.

Nous commençons par une étude de la base BASAR [BASAR, 2012] mise en place par l'Agence Universitaire de la Francophonie (AUF) s'intégrant dans notre programme

de recherche et qui représentera les principaux cas d'usage sur lesquels nous testons notre approche. Nous sélectionnons par la suite quelques bases, spécialement celles qui formalisent les pratiques d'apprentissage sous formes de scénarios d'apprentissage, que nous traitons d'une manière détaillée.

3.2.3.1 Conception de scénarios d'apprentissage hybrides de la base BASAR

La banque de scénarios BASAR a pour objectif principal la mise en place et l'alimentation d'une banque de scénarios hybrides destinée aux enseignants des universités francophones. Les scénarios de cette banque s'inscrivent dans de multiples domaines scientifiques et concernent les trois niveaux de l'enseignement universitaire : Licence, Master et Doctorat. Un scénario dans BASAR est décomposé en un ensemble d'activités où chaque activité est constituée de 4 parties [Laroussi, 2015] :

- les modalités :
 - durée d'apprentissage de l'apprenant ;
 - la modalité spatiale : elle peut être en présentiel, à distance ou mixte ;
 - la modalité temporelle : elle peut être synchrone, asynchrone ou mixte ;
 - les modalités collaboratives : elle peut être individuelle, en groupe ou mixte ;
 - le type d'activité : C'est une entité qui permet d'indexer et de mutualiser une activité pédagogique. Le type d'activité est défini par un ensemble de verbes d'action qui sont utilisés pour formuler des résultats d'apprentissage, des attentes et même des indicateurs de performance. Des verbes tels que coopérer, produire, s'évaluer et organiser peuvent servir à formuler des objectifs. Le type d'activité utilise la norme LOM-FR ;
- l'objectif pédagogique de l'activité : un scénario pédagogique est une suite d'activités, chaque activité a un objectif pédagogique opérationnel ;
- l'activité pour l'apprenant est constituée de 3 entités :
 - les consignes pour l'apprenant ;
 - le matériel pédagogique que l'apprenant va utiliser pendant le déroulement de l'activité ;
 - les informations et autres ressources complémentaires à l'activité de l'apprenant.
- l'activité pour le formateur : elle se décline également en 3 entités :
 - les consignes pour le formateur ;
 - le matériel pédagogique utilisé par le formateur pendant l'activité ;
 - des informations et autres ressources complémentaires pour le formateur.

Pour stocker les scénarios, plusieurs formats de sortie sont possibles : un format Web, un format ODT et un format IMSCC/SCORM. Ce dernier est un format interopérable et interchangeable que nous pouvons intégrer à la plupart des plateformes d'apprentissage.

Nous modélisons la structure d'un scénario dans BASAR sous la forme d'un méta-modèle illustré dans la Figure 3.6. En tenant compte de notre définition du contexte présentée au début de ce chapitre (cf. Section 3.1), nous distinguons les classes «grisées» dans ce diagramme que nous considérons comme des parties du contexte.

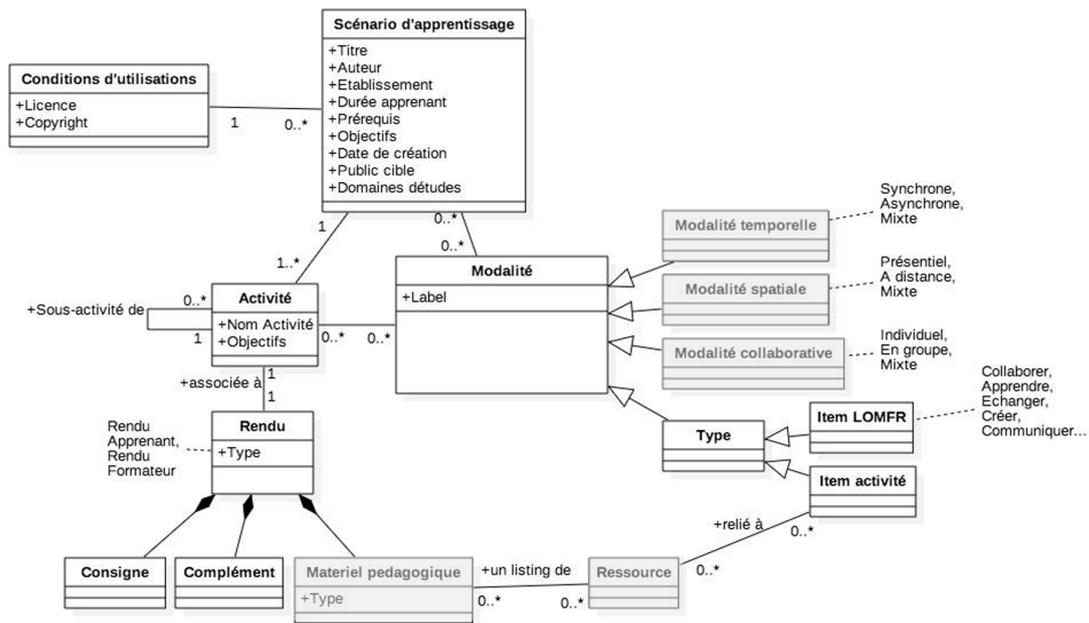


FIGURE 3.6. – Méta-modèle d'un scénario BASAR

Les scénarios de la base BASAR peuvent être consultés sur le site du projet sur le lien «<http://www.projetbasar.net/index.php/fr/formation/scenarii-hybrides-concus2>».

3.2.3.2 Bases de scénarios d'apprentissage dans d'autres projets de recherche

Nous exposons dans cette partie quelques bases/référentiels de scénarios d'apprentissage qui sont : Le référentiel IDLD, la base de scénario du projet PP et le référentiel E-LEN.

LE RÉFÉRENTIEL DU PROJET IDLD

IDLD (Implementation and Deployment of the Learning Design specification) [Lundgren-Cayrol et al., 2006] offre un référentiel de scénarios pédagogiques soutenant la réutilisation. Il s'agit en effet de scénarios modélisés en IMS-LD auxquels sont associés des métadonnées en LOM. Ils permettent la mise en place d'unités d'apprentissage à travers la définition de rôles, de documents et d'outils. Les scénarios adoptent l'approche MISA [Paquette, 2002] et sont classés en fonction de différents paramètres [Villiot-Leclercq, 2007] : le modèle de diffusion, la stratégie pédagogique, le modèle d'évaluation et le niveau de réutilisabilité.

LA BASE DE SCÉNARIOS DU PP PROJECT

Comme son nom l'indique, le projet PP (Pedagogical Patterns) [PP, 2007] offre une base de scénarios représentés sous la forme de patrons de conception. Le principe est de proposer des bonnes pratiques de l'enseignement en exposant différents éléments nécessaires en fonction de problèmes récurrents à traiter, de contexte ou autres. La Figure 3.7 montre la structure de tels patrons.

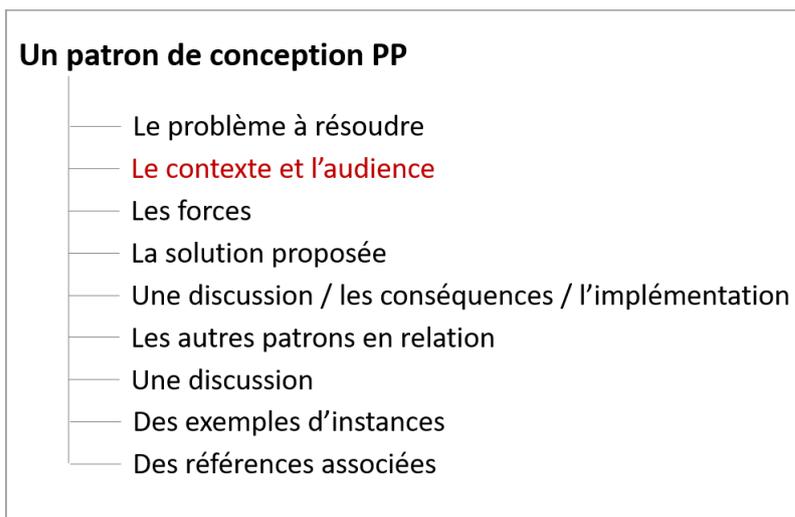


FIGURE 3.7. – La structure de patrons de conception des scénarios de la base PP

Des exemples de scénarios sont accessibles sur le web sur le lien «<http://www.pedagogicalpatterns.org/>».

LE RÉFÉRENTIEL DU PROJET E-LEN

Adoptant une modélisation assez proche du projet Pedagogical Pattern, le projet **E-LEN** [2002] propose des scénarios sous forme de patrons de conception, des feuilles de route et des guides pour différents problèmes d'ordre organisationnel, pédagogique et technique. Ce projet, impliquant un réseau d'institutions européennes, met en place un portail collectant des expériences d'apprentissage effectives informées par des centres e-learning en particulier.

Les différents éléments définissant un scénario sont à peu près les mêmes qu'un scénario PP (cf. Figure 3.7) rajoutant essentiellement l'élément « catégorie » dont la valeur est limitée à trois alternatives (pédagogique, organisationnelle ou technique). Des patrons de type CSCL ont été définis dans le cadre de ce projet et ont alimenté cette base de scénarios [Baggetun et al., 2004]. Un exemple d'un tel patron peut être consulté sur le lien <http://www2.tisip.no/E-LEN/tutorial/03.html>.

3.3 LA CONTEXTUALISATION ET LA RÉUTILISATION DES SCÉNARIOS D'APPRENTISSAGE

Nous analysons maintenant le lien entre la contextualisation et la réutilisation des scénarios d'apprentissage. D'après Pernin and Lejeune [2004b], la contextualisation permet de déterminer les conditions d'exploitation d'un scénario abstrait dans un contexte en termes d'acteurs, de planning, de ressources, d'outils et de services, etc. Une description trop précise du contexte le rend difficilement transférable dans d'autres contextes. À titre d'exemple, une analyse empirique dans le site Educnet (EducnetSecondaire) présentée dans [Pernin and Lejeune, 2004b] a montré qu'une bonne partie des scénarios mutualisés, correspondant à des objectifs très précis en termes de contexte, peut difficilement être réutilisée dans d'autres contextes. De même pour l'exemple extrait de BASAR que nous avons montré précédemment dans la Section 1.2 du chapitre introductif. La réutilisation de scénarios pédagogiques, selon El-Kechai [2008], impose un formalisme de

modélisation qui soit suffisamment abstrait pour décrire des situations d'apprentissage dans différents contextes. Cet auteur énonce que plus ce formalisme est abstrait, plus la réutilisation est favorisée. Cependant, plus ce formalisme est abstrait, moins les spécificités d'une situation d'apprentissage sont prises en compte. Nous adoptons cette vision de séparation du scénario de son contexte dans le but d'exprimer un scénario décontextualisé qui est plus susceptible d'être réutilisé dans d'autres situations d'apprentissage. Nous ajoutons un autre but à cette séparation du scénario de son contexte qui est le fait de pouvoir gérer et exploiter ce dernier plus facilement pour des fins d'indexation du scénario. Cela s'intègre également dans une perspective d'amélioration de la réutilisation.

3.4 SYNTHÈSE ET POSITIONNEMENT

Les problématiques de conception et de modélisation des scénarios d'apprentissage, artefacts résultant de l'activité de scénarisation, sont largement traitées dans la littérature. Dans ce cadre, différentes approches sont proposées dont les langages de modélisation pédagogique (EML), les approches dirigées par les modèles (IDM) et les approches utilisant les principes du web sémantique et des ontologies. Ces approches tendent principalement à assister et faciliter la tâche de l'enseignant-formateur dans l'expression de ces pratiques pédagogiques et à lui fournir des méthodes adaptées et des outils utilisables permettant de gérer et de visualiser ces pratiques. La mise en place de plusieurs travaux spécifiant des approches de modélisation pédagogique montre la richesse des aspects traités dans ces formalismes d'un point de vue pédagogique, stratégique, technique, ou autres. Cependant, dans les travaux étudiés, nous constatons une prise en compte (ou une exploitation) plus ou moins importante de la dimension contextuelle (cf. Tableau 3.1).

Certains EML ont montré quelques limites quant à la favorisation de la réutilisation des scénarios, entre autres, à cause de leurs difficultés d'adaptation. Kravcik and Gasevic [2006] ont montré par exemple que IMS-LD permet seulement de très simples adaptations. Ils constatent également que les connaissances procédurales sont encodées et fixées dans les environnements d'apprentissage, ce qui pose des difficultés aux enseignants pour les adapter suivant leurs besoins dans les différents contextes d'enseignement. Nous pensons que des approches permettant de réduire les besoins d'adaptation peuvent remédier, en partie, à ces limites. Ces approches peuvent fournir les moyens pour explorer leurs contextes et proposer au concepteur les scénarios mis en œuvre dans des situations avec des contextes proches du contexte cible de réutilisation. Les scénarios seront ainsi filtrés avant d'être proposés au concepteur pour la réutilisation ce qui peut minimiser les besoins d'adaptation.

D'autre part, avec l'évolution et la diversité de ces approches de modélisation de scénarios et des formes d'apprentissage liées, différentes bases (académiques ou communautaires) de partage d'expérience d'apprentissage ont été mises en place. Nous avons étudié certains de ces référentiels qui nous semblaient les plus proches à notre cadre de recherche. Nous constatons que ces bases ne gardent pas de traces des résultats d'exécution d'un scénario dans différentes situations d'apprentissage réelles ou de leurs contextes effectifs, ce qui pourrait être intéressant pour la délimitation de leur périmètre de réutilisation. Ceci nous amène à discuter cet axe de recherche portant sur l'observation des scénarios qui sera étudié de plus près dans le chapitre suivant. Nous nous

positionnons dans cette perspective en définissant les moyens pour assister l'indexation des expériences d'apprentissage sur la base de leurs contextes effectifs et sur la base de critères de réussite et de pertinence du scénario dans de tels contextes. L'indexation devient un élément essentiel à la capitalisation, ce qui motive notre initiative.

Nous avons également abordé dans ce présent chapitre une étude sur les travaux se focalisant sur la dimension contextuelle. Nous avons pu dégager différents éléments et dimensions du contexte pouvant influencer un système informatique contextualisé en général ou un environnement pédagogique en particulier (cf. Section 3.2.2). Ces travaux ont fait des propositions de différentes classifications du contexte : contexte institutionnel, contexte numérique, contexte du dispositif, contexte de connaissance, contexte situationnel, contexte organisationnel, etc. Dans l'ingénierie pédagogique, chacun des travaux étudiés (cf. Tableau 3.2) traite des dimensions du contexte d'un point de vue différent : certains traitent le contexte comme un environnement didactique [Tetchueng et al., 2008], d'autres se focalisent sur le contexte institutionnel du scénario [Drira, 2010] ou sur le contexte physique, digital, du dispositif ou de l'apprenant [Derntl and Hummel, 2005]. Benlamri and Zhang [2014] décomposent par exemple le contexte en contexte de l'apprenant, contexte de l'activité, contexte du dispositif et contexte de l'environnement. Le contexte joue également un rôle important dans l'apprentissage par les jeux («game-based learning», en Anglais) relevant actuellement plusieurs défis relatifs à l'adaptation, l'adaptativité et l'amélioration de l'apprentissage [Lewandowski et al., 2011; Hwang et al., 2015]. Le contexte pervasif [Lamrani et al., 2015] est la principale facette contextuelle sur laquelle se focalisent les travaux dans ce domaine.

Nous avons dégagé à travers cette étude la diversité des aspects contextuels pouvant caractériser différents environnements ou entités d'apprentissage tels que les scénarios, les stratégies d'apprentissage ou les environnements d'apprentissage mobiles. Plusieurs interprétations du contexte sont décrites, variant en fonction des niveaux de spécification de ce contexte. Cependant, nous constatons que les travaux étudiés modélisent chacun la diversité du contexte sur plusieurs dimensions qui leurs sont propres, et qui sont identifiées selon le besoin de la communauté cible.

La perception du contexte dépend en effet de l'objectif de son utilisation. Dans la littérature, la plupart des travaux se focalisent d'abord sur les objectifs d'adaptation et de personnalisation des environnements/entités d'apprentissage selon leur contexte [Derntl and Hummel, 2005; Benlamri and Zhang, 2014] et/ou inversement l'adaptation du contexte à l'activité [Derntl and Hummel, 2005; Malek et al., 2006]. On trouve aussi les objectifs de définition d'approches de conception et de génération de dispositifs/scénarios selon le contexte [Tetchueng et al., 2008; Drira, 2010; Emin-Martinez, 2010; Lefevre et al., 2011]. Cependant, peu sont ceux qui se centrent sur les objectifs d'indexation et de capitalisation de scénarios, tel est le cas des travaux de Paquette and Léonard [2014].

D'autre part, nous remarquons que parmi ces travaux évoqués, spécialement ceux traitant le contexte d'un scénario d'apprentissage, il manque ceux qui offrent une solution complète regroupant la collecte, la modélisation, les transformations et l'exploitation de cette information contextuelle spécialement pour des fins d'amélioration de la réutilisation. Il manque à notre avis des modélisations, tenant compte des différentes facettes du contexte, et des techniques de raisonnement permettant la réutilisation et l'intégration des scénarios dans des contextes variés.

Nous dégageons par ailleurs des limites dans les travaux étudiés concernant la prise en considération de la variabilité des formes de contexte selon la phase du cycle de vie

du scénario dans lequel le contexte est traité : le contexte perçu lors de la phase de conception du scénario peut être différent que celui perçu lors de la phase d'exécution réelle du scénario (des valeurs peuvent être ajoutées ou changées). Le format de contexte peut différer également lors de la phase de capitalisation du scénario. À ce niveau (de capitalisation), il doit refléter au plus les contraintes et propriétés contextuelles pour tirer profit de ces informations lors de la phase de réutilisation.

Une autre constatation faite est que les travaux étudiés ne tiennent pas compte de la réussite et/ou de l'efficacité effectives d'un scénario mis en œuvre dans un contexte précis. Nous pensons que cette information, analysée de près, pourrait avoir un impact sur l'estimation de la pertinence de la réutilisation du scénario dans un autre contexte. L'observation des scénarios par les indicateurs pédagogiques pour déterminer ces critères de réussite et de pertinence dans un contexte donné peut être une solution à cette problématique.

Nous étudions maintenant l'axe d'observation de scénarios d'apprentissage relevant du domaine du Learning analytics et qui représente pour nous le moyen utilisé pour une amélioration et optimisation de la réutilisation de scénarios. Dans ce chapitre, nous commençons par présenter les traces d'usage et les indicateurs pédagogiques qui constituent les éléments de base de l'observation. Nous présentons ensuite les objectifs de l'observation par les traces et indicateurs proposés dans les travaux de la littérature afin de nous positionner par rapport à ces derniers.

4.1 TRACES D'USAGE ET INDICATEURS PÉDAGOGIQUES

Dans un environnement d'apprentissage informatisé, les traces d'usage sont souvent exploitées pour des fins d'observation du déroulement d'un processus ou d'une activité dans le but d'analyser leurs usages. Dans le domaine de la scénarisation pédagogique, les traces d'usage sont utilisées pour analyser le déroulement des scénarios d'apprentissage lors de leurs mises en œuvre dans des situations réelles. Ces traces, qui peuvent être collectées sont volumineuses et hétérogènes et peuvent provenir de sources multiples (à partir des plateformes d'apprentissage LMS par exemple ou tout autre système informatisé). L'analyse de ces traces est donc nécessaire pour qu'elles soient formatées et compréhensibles par l'utilisateur. Les indicateurs pédagogiques, un aspect largement étudié dans la littérature, permettent d'assurer une telle analyse afin de calculer et visualiser des informations d'une manière claire et structurée. Ces indicateurs sont significatifs renvoyant un feedback interprété de l'exécution des scénarios d'apprentissage.

Le schéma de la Figure 4.1 résume ce processus de collecte et d'analyse de traces, qui illustre l'approche classique généralement adoptée par les travaux sur l'analyse de traces et les indicateurs.

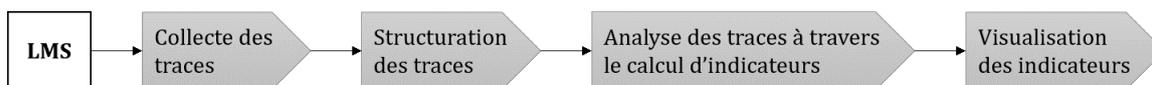


FIGURE 4.1. – Processus de collecte et analyse de traces

4.1.1 Traces et indicateurs pédagogiques : définitions et taxonomie

Une fois un scénario d'apprentissage conçu, il est mis en œuvre dans une situation d'apprentissage réelle. Cette exécution génère des traces d'usage (provenant de fichiers log, bases de données des plateformes d'apprentissage, etc.). Une trace est toute donnée fournissant de l'information sur une session d'apprentissage. Le processus d'analyse de ces traces peut être assuré à l'aide des indicateurs pédagogiques. Un indicateur a été défini comme « *une variable qui assiste l'enseignant à accompagner et à suivre l'activité de l'apprenant* » [Djouad et al., 2010]. Les travaux de Choquet and Iksal [2007a] insistent sur l'apport pédagogique que doit porter ce type d'indicateurs en les considérant comme « des

représentations numériques ou symboliques de ce qui est important et vous comme des données signifiantes sur le plan pédagogique supportant l'analyse de l'activité d'apprentissage» [Choquet et al., 2009]. Le processus d'analyse des traces amène à abstraire ces dernières de manière à les utiliser pour mieux comprendre le parcours cognitif et l'activité d'un apprenant [Choquet, 2007].

Les classes d'indicateurs proposées aux enseignants et tuteurs diffèrent selon les aspects à observer. Nous repérons certaines classes d'indicateurs pédagogiques de la littérature que nous montrons dans le Tableau 4.1.

Classe d'indicateurs	Description	Source
Indicateurs d'analyse d'interaction	Décrivent le mode ou la qualité de l'activité du système cognitif considéré, ainsi que les fonctionnalités et la qualité de l'interaction entre les différents participants	[Dimitrakopoulou, 2004]
Indicateurs d'activité	Mesurent le degré de manipulation d'objets pédagogiques pendant le processus d'apprentissage d'un apprenant	[Elammari and Khoukhi, 2010]
Indicateurs de motivation	Mesurent le degré des moyens alloués en qualité suffisante (temps, effort, attention, etc.)	[Elammari and Khoukhi, 2010]
Indicateurs cognitifs	Mesurent le degré de participation de l'apprenant en produisant des réponses ou des solutions à des exercices ou des questions	[Elammari and Khoukhi, 2010]
Indicateurs de collaboration	Permettent d'évaluer le niveau de collaboration entre les étudiants et visent à l'améliorer	[Gendron, 2010]
Indicateurs de statut ou d'état	Produisent des informations brutes décrivant les caractéristiques des données	[Gendron, 2010]
Indicateurs de risque	Mesurent la divergence entre les caractéristiques des données brutes et les besoins des utilisateurs	[Gendron, 2010]
Indicateurs de performance	Mesurent la performance d'une activité, d'une entreprise ou d'un groupe de travail	[Gendron, 2010]
Indicateurs de résultat	Évaluent les résultats obtenus par rapport à l'objectif visé	[Gendron, 2010]
Indicateurs d'impact	Évaluent les effets suite à des actions effectuées	[Gendron, 2010]

TABLE 4.1. – Taxonomie des indicateurs

A titre d'exemple, un indicateur d'analyse d'interaction a été défini dans [Dimitrakopoulou, 2004] comme « une variable généralement calculée ou établie à l'aide de données observées, témoignant du mode, du processus ou de la qualité de l'interaction ». Pour mieux

comprendre la notion d'indicateurs, nous exposons quelques exemples d'indicateurs d'analyse d'interaction identifiés et définis dans le projet ICALTS (Interaction and Collaboration Analysis' supporting Teachers and Students' Self-regulation) [Dimitrakopoulou, 2004; ICALTS, 2004] :

- indicateur de division de travail (Division of Labor Indicator) : cet indicateur reflète la division du travail adoptée par deux personnes agissant sur un ensemble de ressources ;
- indicateur du niveau d'activité (Activity Level Indicator) : calcule le niveau d'activité des groupes. Il évalue la contribution des différents rôles (apprenants et tuteurs) dans la production de fichiers et de messages ;
- indicateur de la fonction de l'action collaborative (Collaborative Action Function Indicator) : évalue l'action collaborative à l'aide d'une fonction mathématique ;
- indicateur du pourcentage de participation (Participation Percentage Indicator) : mesure la participation des agents dans la collaboration, dans tous les types d'actions ;
- indicateur des interactions (Interactions Indicator) : mesure le nombre d'actions dans une plage horaire précédente ;
- indicateurs des objets insérés/supprimés (Inserted/Deleted Objects per participant Indicator), etc.

4.1.2 Formalismes de modélisation des traces et des indicateurs pédagogiques

Beaucoup de travaux ont traité les notions d'indicateurs et des traces. Des travaux ont centré leurs études sur la proposition des formalismes de représentation des traces et des indicateurs et la définition des transformations entre les deux aspects tels que les langages UTL/DCL4UTL [Choquet and Iksal, 2007a; Pham Thi Ngoc, 2011] ou les systèmes à base de traces [Settouti et al., 2007]. Certains se sont focalisés sur l'identification et la modélisation des indicateurs sous forme de patrons tels que les patrons d'indicateurs réutilisables (Reusable Indicator Patterns) [Diagne, 2009], les patrons des indicateurs de collaboration [Gendron, 2010] ou également le langage UTL, et ce afin de faciliter leur réutilisation.

Nous présentons dans ce qui suit ces travaux évoqués proposant des approches de modélisation des traces et indicateurs.

4.1.2.1 Les systèmes à Base de Traces (SBT)

Les systèmes à base de traces (SBT) proposés dans le cadre des travaux de Settouti et al. [2007] définissent un cadre général pour l'exploitation des traces dans les EIAH. Dans ce type de systèmes, la trace peut être un historique de l'usage de l'environnement ou toute autre production ou objet provenant de l'activité dans la machine. Une trace modélisée, notée «M-trace», fait l'objet d'un modèle de traces et l'ensemble d'instances de ce modèle, vue comme des séquences temporelles d'observées. Chaque indicateur est relié à un modèle de traces nécessaires à son calcul.

Les SBT appliquent une approche par modèles (approche IDM). Le processus d'observation passe par un ensemble de transformations de modèles partant d'une trace première jusqu'à un indicateur (considéré comme une forme de traces). Une visualisation des traces modélisées est également proposée.

Cette approche est intéressante dans le sens où elle permet d'exploiter des traces ayant des formats hétérogènes et venant de plusieurs sources.

4.1.2.2 *Les patrons d'indicateurs réutilisables (Reusable Indicator Patterns)*

Dans EM-AGIIR (Environnement Multi-AGent de supervision à base d'Indicateurs Réutilisables), [Diagne \[2009\]](#) s'intéresse particulièrement à la définition d'un format réutilisable des indicateurs. Le travail propose de modéliser un indicateur sous forme d'un Patron d'Indicateur Réutilisable (PIR) considéré comme une structure comprenant quatre parties :

- un descriptif qui donne un aperçu général de l'indicateur (Nom, Type, Description);
- un problème posé qui décrit l'objectif de régulation visé et le contexte de supervision dans lequel l'indicateur a été défini et utilisé;
- une solution proposée qui écrit la fonction "indicateur" et son domaine de définition;
- d'autres patrons définis dans le même contexte.

4.1.2.3 *Les patrons des indicateurs de collaboration*

Le travail de [Gendron \[2010\]](#) propose un cadre conceptuel pour l'élaboration d'indicateurs de collaboration. Il modélise chaque indicateur par trois vues :

- une carte d'identité qui fournit les informations générales permettant d'identifier et de décrire l'indicateur (nom, description, date de création, créateur, date de mise à jour, etc.);
- un patron qui permet de spécifier la méthode de calcul d'indicateurs (type, structure, règles de calcul associées);
- une vitrine qui regroupe toutes les informations décrivant les représentations possibles de l'indicateur lorsqu'il est instancié (éléments concernés, espaces déployés, vues associées, etc.).

Ces travaux ont identifié huit principaux indicateurs répondant à des besoins en observation variés tels que l'indicateur sur l'état d'avancement d'un processus, la détermination de rôles ou le niveau de collaboration, etc.

4.1.2.4 *Les patrons DPULS*

Le projet DPULS (Design Patterns for collecting and analysing Usage of Learning Systems)¹ s'est intéressé à la capitalisation du savoir-faire de collecte et d'analyse des usages dans un EIAH sous la forme de patron de conception des modalités d'observation et de l'analyse de l'observation.

Le modèle du langage de patrons proposé dans le cadre de ce projet comprend trois principales parties :

- un gabarit qui représente le modèle d'information spécifiant la structure du patron;
- des types de relations tels que ceux de spécialisation, de précedence ou d'incompatibilité entre patrons;

1. Une action du Réseau Européen d'Excellence Kaleidoscope <http://eiah.univ-lemans.fr/dpuls/>

- des opérations pour manipuler les patrons tels que ceux de la création, la suppression ou la recherche.

Un patron DPULS définit la structure générale décrivant la portée du problème, le problème d'analyse d'usage à traiter par le patron, un ensemble de solutions applicables au problème (indicateurs et méthodes d'analyse), l'ensemble de patrons en relation et une partie identifiant le patron pour l'indexer.

4.1.2.5 Les langages UTL et DCL4UTL

UTL (Usage Tracking Language) [Choquet et al., 2009] est un langage opérationnel permettant de modéliser des indicateurs pédagogiques générés à partir des traces d'usage des apprenants. Il s'agit d'un langage de description de données d'observation qui permet de définir des indicateurs sous une forme proche des patrons de conception assurant ainsi la capitalisation et la réutilisation. Ce langage s'inscrit dans un objectif de capitalisation des pratiques d'observation de l'utilisation d'un EIAH. UTL vient compléter la démarche de capitalisation des patrons de conception d'analyse et de collecte de traces initiée par DPULS (cf. Section 4.1.2.4 précédente).

Chaque indicateur est décrit formellement comme le résultat de plusieurs transformations, combinaisons et abstractions de données collectées durant une session d'apprentissage. L'objectif du langage UTL est de décrire les différentes données nécessaires à l'analyse des traces dans une forme indépendante du langage de scénarisation et du format de représentation des traces.

Pham Thi Ngoc [2011] a également défini une extension du langage UTL qui est le langage DCL4UTL (Data Combination Language for Usage Tracking Language). Il s'agit d'un langage de calcul déclaratif qui permet de décrire formellement la façon de calculer l'indicateur à partir des traces brutes.

Les principaux ajouts du langage DCL4UTL sont :

- la description formelle des méthodes de calcul des indicateurs à partir des traces ;
- l'expression de la sémantique des données UTL ;
- le calcul des indicateurs en temps réel ;
- la capitalisation de l'expertise de calcul des indicateurs pour la réutiliser ;
- l'intégration de fonctions externes nécessaires aux différents calculs par le développeur ;
- la spécification de liens entre l'indicateur, le scénario pédagogique et l'objectif d'observation.

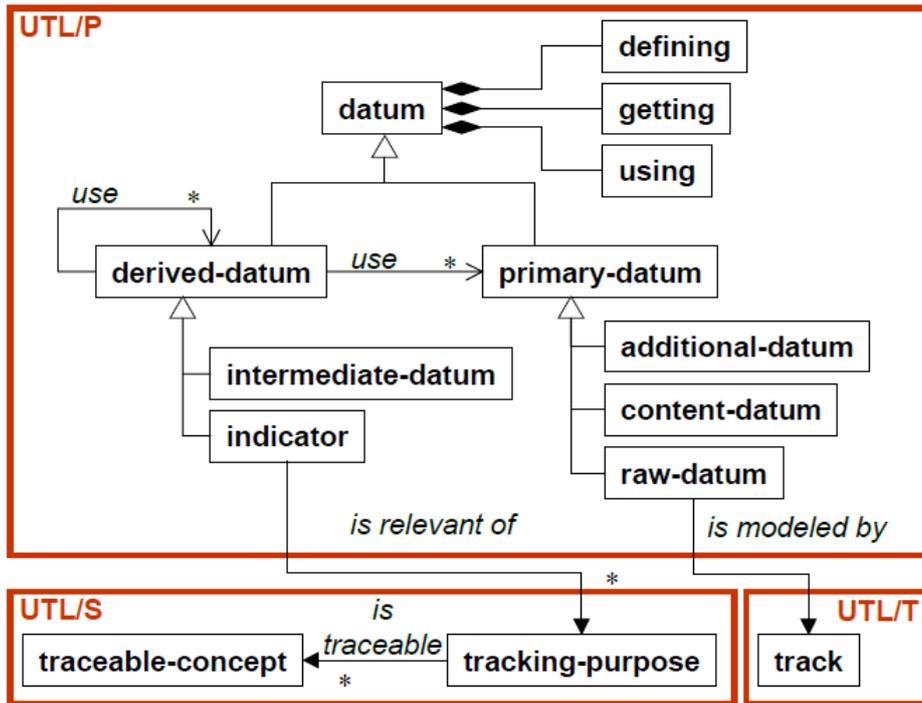


FIGURE 4.2. – Modèle conceptuel du méta-langage UTL [Choquet, 2007]

Le modèle conceptuel de UTL illustré dans la Figure 4.2 montre trois principales parties : la partie (UTL/P) pour la définition de la structure d'un observable sous forme de patron, la partie (UTL/S) représentant le scénario et permettant de lier sémantiquement la description des indicateurs au scénario pédagogique, qui est instancié avec un langage de modélisation adopté par le concepteur et la partie (UTL/T) représentant les traces et permettant de lier la donnée à collecter à la donnée effective à observer dans le dispositif d'apprentissage.

La partie UTL/P illustre les différentes formes des données manipulées par UTL : partir des données primaires, pouvant être des données brutes (raw-datum), des données de contenu (content-datum) ou des données additionnelles (additional-datum) pour arriver à l'indicateur (indicator), et ce à travers le calcul de données intermédiaires (intermediate-datum) si nécessaire (cf. Figure 4.3).

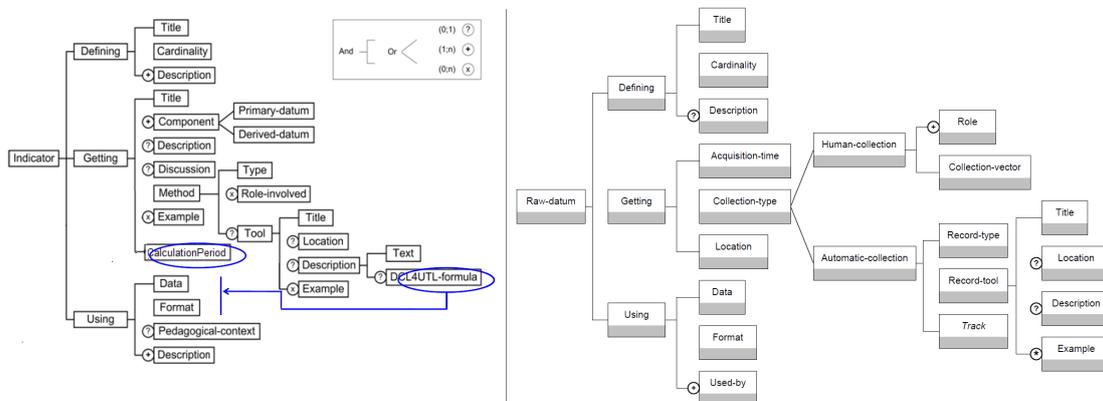


FIGURE 4.3. – Le modèle d'information de l'indicateur [Iksal, 2012]

4.2 LES OBJECTIFS DE L'OBSERVATION PAR LES TRACES ET LES INDICATEURS

Dans cette optique d'observation, l'analyse de traces et les indicateurs peuvent être utilisés comme des moyens pour la définition de méthodes d'adaptation, de personnalisation, de régulation, d'autorégulation de l'apprentissage ou autres. La régulation du scénario est le fait de modifier le contenu des activités du scénario ou leur enchaînement, la structure du scénario, les ressources associées, etc., de manière à améliorer ses résultats. Cette régulation peut être faite par l'enseignant qui est guidé par les indicateurs. L'autorégulation (ou «self-regulation» en anglais) est la capacité des apprenants à diriger leur propre apprentissage [Boekaerts, 1999].

Les indicateurs pédagogiques, générés à partir d'une analyse des traces, sont toujours associés à des objectifs d'observation. Par exemple, Dimitrakopoulou [2004] propose un ensemble d'indicateurs pour une analyse de l'interaction et de la collaboration et Bousbia et al. [2009] proposent des indicateurs pour la déduction des styles d'apprentissage des apprenants. Ces indicateurs peuvent être exploités pour la proposition de stratégies d'apprentissage, la personnalisation et l'adaptation des ressources et des activités de l'apprenant. Ceci s'inscrit dans la perspective de mise en place de systèmes d'apprentissage adaptatifs et du support de l'apprentissage autorégulé. On trouve par exemple l'utilisation des traces par les indicateurs dans les travaux de Bousbia et al. [2010] pour identifier automatiquement les comportements des apprenants et les styles d'apprentissage. Les travaux de Chachoua et al. [2016] permettent par contre de fournir des stratégies d'apprentissage (ou chemins d'apprentissage) personnalisées et des ressources adaptées en s'appuyant sur un modèle d'adaptation basé-traces. Les travaux de Winne and Hadwin [2013], quant à eux, utilise les traces pour la reconnaissance de patrons d'apprentissage dans l'activité des apprenants pouvant signaler l'apprentissage stratégique et autorégulé dans un environnement nommé «nStudy». Les travaux de May et al. [2011] pour la visualisation des activités de communication aident les apprenants à analyser et évaluer leurs activités. On trouve également les travaux de Marty and Carron [2011] qui se sont orientés vers la régulation des sessions d'apprentissage dans des environnements de Learning games en utilisant l'observation dans un but d'adaptation du scénario d'apprentissage.

L'évaluation du scénario peut être également l'objet de l'observation par les traces. On trouve l'approche présentée dans les travaux de thèse de Ben Sassi [2015] proposant une méthode d'évaluation formative et préventive du scénario d'apprentissage en se basant sur les traces. Ils adoptent pour cela une modélisation formelle des traces et ce, dans le but de mesurer l'adéquation de la conception du scénario d'apprentissage par rapport à son contexte de déploiement.

4.3 SYNTHÈSE ET POSITIONNEMENT

Les travaux portant sur les traces et les indicateurs pédagogiques étudiés ont pour but commun d'améliorer la perception des activités déroulées dans des sessions d'apprentissage réelles. Certains travaux ont prêté une principale attention à la proposition d'approches pour la représentation et la modélisation de ces traces et indicateurs avec différents formats (langages, patrons, modèles, etc.) et ont également défini et spécifié des indicateurs et des catégories d'indicateurs pour des objectifs d'observation bien déterminés (e.g., la réingénierie des EIAH, l'analyse de l'interaction ou de la collaboration

ou la déduction des styles d'apprentissage) [Dimitrakopoulou, 2004; Settouti et al., 2007; Choquet and Iksal, 2007a; Diagne, 2009; Gendron, 2010; Pham Thi Ngoc, 2011]. Le but principal est d'assurer la réutilisabilité de ces traces et indicateurs (formats et données).

D'autre part, des travaux se sont orientés vers la définition de méthodes pour exploiter les traces et indicateurs comme moyens pour améliorer l'apprentissage. Certains ont comme finalité d'aider l'enseignant dans la régulation de son scénario (ou activités) s'inscrivant dans un cadre d'une réingénierie [Kepka et al., 2007; Bousbia et al., 2010; Marty and Carron, 2011; van Leeuwen et al., 2015]. D'autres utilisent les traces pour assurer une adaptation, personnalisation et/ou auto-régulation des activités pour l'apprenant en fonction de ses préférences ou actions [Hadwin et al., 2007; Winne and Hadwin, 2013; Ji et al., 2014; Chachoua et al., 2016]. Certains visent des méthodes pour les deux acteurs (apprenants et enseignants) [May et al., 2011; Verbert et al., 2013].

Nous partageons le même but commun d'améliorer la perception des activités déroulées dans des sessions d'apprentissage réelles à travers les indicateurs. Nous exploitons ces indicateurs calculés pour des fins d'indexation et de recommandation de scénarios, et plus globalement pour des fins d'amélioration et d'optimisation de la réutilisation par les enseignants-concepteurs. Dans notre cas de recherche, les indicateurs sont utilisés comme des moyens utiles dans l'évaluation du contexte d'usage du scénario et dans la détermination des degrés de réussite et de pertinence du scénario dans ce contexte précis ce qui nous permet d'indexer le scénario en se basant sur des expériences d'apprentissage réelles. Dans nos travaux, nous nous appuyons spécialement sur les langages UTL/DCL4UTL pour la modélisation des traces et des indicateurs pédagogiques.

5.1 VERROUS SCIENTIFIQUES ET PROBLÉMATIQUE DE RECHERCHE

Avec l'évolution des pratiques enseignantes et l'émergence des TICE, les enseignants font recours à la conception de scénarios d'apprentissage afin de planifier et formaliser leurs expériences pédagogiques et les partager avec les apprenants et avec les autres enseignants. L'activité de conception peut s'avérer complexe et coûteuse notamment en terme de temps de conception vu la multiplicité des méthodes et stratégies d'apprentissage et l'apparition de nouvelles pratiques innovantes (e.g., les pédagogies actives, les classes inversées, l'apprentissage par la pratique), la richesse du contenu pédagogique et des formats de diffusion de ce contenu (e.g., vidéos, pages web, présentations, ouvrages et articles, du code source) et la diversité des types d'activités (e.g., quizz, forums, ateliers, évaluations). La réutilisation de tels aspects peut aider et faciliter cette activité de conception. Dans cette perspective, différentes initiatives académiques ou communautaires de partage d'expériences d'apprentissage ont été mises en place (e.g., CAUSA [2006], E-LEN [2002], PP [2007], BASAR [2012]), conscientes de l'utilité de la réutilisation des pratiques enseignantes et du contenu pédagogique. Ceci nous a amené à nous intéresser à la problématique de la réutilisation de scénarios d'apprentissage. Une telle réutilisation peut être freinée, entre autres, par l'aspect contextuel du scénario. En effet, les scénarios disponibles à la réutilisation peuvent être issus de contextes variés surtout pour le cas de bases de scénarios multi-niveaux (universitaire, scolaires, etc.), multi-culturels et/ou multi-disciplinaires et s'inscrivant dans une optique d'ouverture et de partage. Si on prend par exemple le cas de la base BASAR à l'état actuel, les scénarios sont conçus par des enseignants/formateurs issus de 18 pays différents relevant des niveaux Licence, Master et Doctorat et s'intégrant dans environ 25 disciplines.

La prise en compte de la dimension contextuelle fait l'objet de plusieurs travaux de recherche dans divers domaines (génie logiciel, systèmes d'information, EIAH, etc.) et pour divers objectifs (réutilisation, adaptation, personnalisation, etc.). Dans une situation de conception de scénarios a priori de la session d'apprentissage, l'enseignant identifie mentalement le contexte dans lequel il mettra en œuvre son scénario et tente de se projeter dans ce contexte cible pour définir des activités d'apprentissage adaptées. D'après El-Kechai [2008], lors d'une modélisation pédagogique, le raisonnement se fait impérativement par référence à un contexte pédagogique spécifique. De ce fait, les scénarios peuvent être conçus par des enseignants pour des contextes d'usage très différents, qui peuvent être éloignés du contexte cible de réutilisation. Il devient donc important de considérer la dimension du contexte liée au scénario d'apprentissage, et dont la forte variabilité peut influencer la pertinence de la réutilisation.

Dans cette perspective, nous présentons la question principale traitée dans nos travaux comme suit :

QUESTION PRINCIPALE : Comment optimiser la réutilisation de scénarios d'apprentissage en tenant compte du contexte ?

L'objectif principal est de proposer des processus, méthodes et outils pour assister les enseignants et les formateurs, jouant le rôle de concepteurs, dans la réutilisation et la capitalisation de scénarios d'apprentissage dans un cadre d'ingénierie et de réingénierie pédagogiques. Ces contributions sont présentées sous la forme d'une approche nommée CAPtuRe (a Context-based Approach to assist educational scenarios Reuse), qui est une approche basée-contexte pour assister la réutilisation et capitalisation de scénarios d'apprentissage.

Pour répondre à cette problématique, nous posons les deux hypothèses qui suivent :

(H1) la réutilisation améliore la tâche de conception de scénarios d'apprentissage (utilité de la réutilisation pour la conception);

(H2) si le contexte est bien explicité, modélisé et évalué, il aide à identifier les scénarios pertinents à une situation donnée et à améliorer ainsi la réutilisation (utilité du contexte pour la réutilisation).

Des recherches de la littérature ont abordé la problématique de réutilisation de scénarios en proposant des formats de modélisation de scénarios adaptables selon le contexte, favorisant ainsi leur réutilisation tels que les EML (e.g., IMS-LD [IMS-LD, 2003], LDL [Martel et al., 2006], PoEML [Caeiro et al., 2007]) ou les approches de conception en IDM (e.g., les travaux de De Moura Filho [2007], Clayer et al. [2013], Ouraiba [2012]). Ces formats proposés visant à faciliter l'adaptation du scénario sont bien utiles pour élargir le champ de réutilisation de ce dernier, mais il est important d'effectuer une sélection préliminaire des scénarios appropriés pour diminuer les efforts d'adaptation : un scénario trop éloigné des besoins nécessite beaucoup d'efforts d'adaptation. Dans ce sens, des travaux ont spécifié des vocabulaires de métadonnées pour décrire le scénario qui sont utiles pour son indexation tels que les travaux de Paquette and Léonard [2014] ou pour décrire les ressources et objets pédagogiques en général tels que LOM [LOM, 2002] ou le MLR [ISO, 2011]. Ces métadonnées, qu'elles soient d'ordre contextuel ou sémantique, sont effectivement utiles pour l'identification des scénarios correspondant aux besoins. Cependant, nous constatons qu'il manque un processus complet assistant le concepteur dans les différentes phases allant de **la construction de telles connaissances pour l'indexation** et de l'automatisation de cette tâche jusqu'à **la réutilisation des scénarios** en sélectionnant ceux jugés les plus appropriés à une situation donnée (sur la base des métadonnées construites) et leur recommandation au concepteur. De plus, l'évaluation des métadonnées, notamment les métadonnées contextuelles, ne relève généralement pas d'une observation instrumentée et fine du déroulement effectif des scénarios dans des expériences d'apprentissage réelles.

Nous formulons ainsi notre première question de recherche, déclinant de la question principale précédemment énoncée, comme suit :

QUESTION 1 : Comment intégrer un processus d'assistance à la réutilisation et à la capitalisation de scénarios d'apprentissage, basé sur l'observation et l'évaluation du contexte d'usage, dans un cadre d'ingénierie et de réingénierie pédagogiques? Quelles phases comporte ce processus, quels moyens utilise-t-il et comment peut-on l'instrumenter ?

L'objectif est d'identifier et définir un processus d'assistance à la réutilisation et la capitalisation d'un scénario d'apprentissage (CAPtuRe-process) se basant sur l'évaluation du contexte d'usage et de le positionner dans un cadre global d'ingénierie et de réingénierie pédagogiques.

Les données principales manipulées par ce processus sont les données contextuelles. Les informations du contexte susceptibles d'être collectées des sessions d'apprentissage sont diverses, hétérogènes et peuvent concerner différentes caractéristiques et dimensions liées aux apprenants, aux enseignants, aux ressources avec leurs différents formats (logiciels, matériels, documentaires, etc.), aux aspects cognitifs, sociaux, pédagogiques ou autres. Il convient alors d'explicitier ces informations, de les structurer et de les modéliser avec un format clair et exploitable. D'autre part, pour certains aspects contextuels, une forte variabilité peut être perçue au cours d'une même session d'apprentissage comme par exemple l'état psychologique ou le niveau de concentration de l'apprenant pouvant varier continuellement durant les interactions. Ce type d'éléments contextuels est utile surtout si on désire faire des adaptations en temps réel des activités d'apprentissage. Cependant, comme nous nous positionnons dans une approche de capitalisation des contextes de scénarios, nous considérons comme éléments contextuels les aspects ayant une certaine stabilité au cours d'une même session d'apprentissage et qui peuvent être utiles pour guider des futures réutilisations.

Par ailleurs, dans certains travaux de formalisation de scénarios d'apprentissage que nous avons étudiés, la dimension du contexte a été peu évoquée [Caeiro et al., 2007; Martel et al., 2006] ou a été traitée comme l'un des éléments intégrés ou figés au scénario [Paquette and Léonard, 2013; Ferraris et al., 2007; IMS-LD, 2003]. Ceci fait que la modélisation du contexte reste dépendante de ce formalisme bien particulier du scénario et qu'il devient difficile de l'exploiter.

D'autre part, les travaux existants de la littérature modélisent la diversité du contexte dans leurs champs d'application spécifiques et leurs représentations particulières. En effet, les dimensions du contexte sont vues de différents points de vue : certains traitent le contexte ubiquitaire de l'activité du scénario [Malek et al., 2006] et d'autres se focalisent par exemple sur le contexte institutionnel du scénario [Drira, 2010]. On trouve par ailleurs des travaux percevant le contexte de point de vue personnel, organisationnel et technique [Schmidt, 2005]. On constate ainsi que le contexte du scénario d'apprentissage est riche et ouvert. Il devient alors difficile d'en obtenir une modélisation stable et complète de ce contexte.

Une autre problématique repérée est que, durant les différentes phases du processus, la forme du contexte varie continuellement : contexte source / contexte cible, contexte brut / contexte interprété, contexte prévisionnel / contexte effectif, contexte de réutilisation, etc. Les besoins en termes d'informations contextuelles modélisées varient : par exemple des données contextuelles utiles à la phase de mise en œuvre du scénario peuvent ne pas l'être à la phase de capitalisation du scénario.

À partir de ces constatations, nous dégagons notre deuxième question de recherche qui est :

QUESTION2 : Comment définir, structurer et modéliser le contexte du scénario d'apprentissage pour être exploité dans le cadre d'une assistance à la réutilisation et à la capitalisation de scénarios ?

Compte tenu des problèmes identifiés, l'objectif est donc de proposer une approche de modélisation du contexte d'un scénario d'apprentissage (CAPtuRe-metamodel) qui :

1. supporte la prise en compte de la multiplicité des facettes et dimensions contextuelles relatives au scénario d'apprentissage ;
2. permet d'organiser les connaissances contextuelles d'une manière «générique» et «ouverte» c'est à dire qu'elle permet d'exprimer le contexte sans restriction des propriétés et qu'elle offre la possibilité d'adapter et d'organiser les éléments et dimensions contextuels à considérer selon les besoins d'une communauté cible ;
3. permet d'exprimer le contexte indépendamment du format de représentation du scénario afin qu'elle puisse être interopérable avec différents formats et élargir les champs d'utilisation de l'approche ;
4. permet au contexte d'évoluer et de s'ajuster en fonction des besoins et des objectifs de chacune des phases du processus d'assistance proposé ;
5. exploite les efforts de standardisation relatifs à l'ingénierie pédagogique ;

L'objectif est également d'appliquer cette approche de modélisation pour le cas des scénarios hybrides de la base BASAR (CAPtuRe-model) afin de mettre en pratique l'approche proposée dans des cas réels. Il s'agit ainsi d'identifier et structurer les différentes facettes et éléments du contexte relatifs à ces scénarios.

Comme déjà mentionné, le contexte est structuré et modélisé dans le but d'être utilisé par CAPtuRe-process. Ce dernier exploite l'information contextuelle pour proposer deux dimensions d'assistance : (1) assistance à la capitalisation à travers des mécanismes d'indexation du scénario et (2) assistance à la réutilisation à travers des mécanismes de sélection et de recommandation se basant sur les index construits. Les questions 3 et 4 sont dégagées respectivement pour ces deux dimensions d'assistance.

QUESTION3 : Quelle méthode adopter pour indexer le scénario d'apprentissage en se basant sur l'observation et l'évaluation de son contexte d'usage et définir son périmètre de réutilisation tout en utilisant l'approche identifiée de modélisation du contexte ?

Au niveau de la question 3, l'objectif est de définir une méthode d'indexation du scénario d'apprentissage en exploitant les connaissances liées à son contexte d'usage effectif et son évaluation à travers l'observation par les indicateurs pédagogiques. Cette indexation par le contexte est utile, lors d'une situation de conception par la réutilisation, pour déterminer les scénarios ayant été mis en œuvre dans des contextes proches au contexte cible de réutilisation. Il s'agit notamment de fournir les moyens pour automatiser «partiellement» cette indexation.

Par ailleurs, un scénario conçu et mis en œuvre dans un contexte donné est associé à un certain degré de réussite. Nous considérons que ce degré de réussite du scénario est

estimé par le degré d'adéquation entre les objectifs fixés au préalable par l'enseignant-concepteur et les résultats effectifs perçus lors du déroulement du scénario dans une situation d'apprentissage réelle. Ceci reflète la pertinence du scénario dans le contexte précis de cette situation. Dans le cas où le scénario est jugé non pertinent dans un contexte donné, le réutiliser dans un contexte proche ne serait pas judicieux. L'observation du déroulement des expériences d'apprentissage et de leurs degrés de réussite dans un contexte précis est alors important afin d'enrichir et optimiser l'activité d'indexation contextuelle.

Par conséquent, nous décomposons la question 3 en trois questions sous-jacentes qui sont les suivantes :

QUESTION3.1 : Comment évaluer et analyser le contexte du scénario d'apprentissage ? et comment assister et guider cette évaluation/analyse ?

QUESTION3.2 : Comment utiliser cette évaluation/analyse pour construire les index contextuels des scénarios définissant leurs périmètres de réutilisation ?

QUESTION3.3 : Comment prendre en considération les expériences d'apprentissage passées inscrites dans des contextes précis et exploiter leurs résultats pour renforcer et optimiser l'indexation ?

Cette indexation sert ainsi à identifier les scénarios les plus appropriés dans un contexte d'apprentissage cible dans le cadre de l'assistance à la réutilisation, d'où la question 4 suivante :

QUESTION4 : Comment exploiter cette indexation basée-contexte pour sélectionner et recommander des scénarios appropriés à réutiliser pour une situation d'apprentissage donnée ?

Pour cela, l'objectif est de fournir des moyens pour sélectionner et recommander des scénarios appropriés. A notre sens, un scénario «approprié» est un scénario ayant «réussi» dans un contexte «proche» de celui de la situation d'apprentissage cible de réutilisation. Il s'agit de définir et mettre en place un algorithme de calcul de similarités contextuelles entre scénarios d'apprentissage (CAPtuRe-algorithm) pour la suggestion et la recommandation de scénarios appropriés adaptés à une situation d'apprentissage exprimée.

Nous procédons dans notre approche, entre autres, à assister l'enseignant et à l'inciter à exprimer les informations contextuelles pour lui recommander les scénarios adéquats et lui faciliter ainsi la réutilisation. Ces mêmes informations contextuelles ainsi que les résultats de déroulement des situations d'apprentissage effectives évalués à travers les indicateurs sont utilisés pour l'indexation des scénarios pour des futures réutilisations.

Nous reprenons dans la Figure 5.1 les différentes contributions de la thèse évoquée précédemment et les liens entre elles.

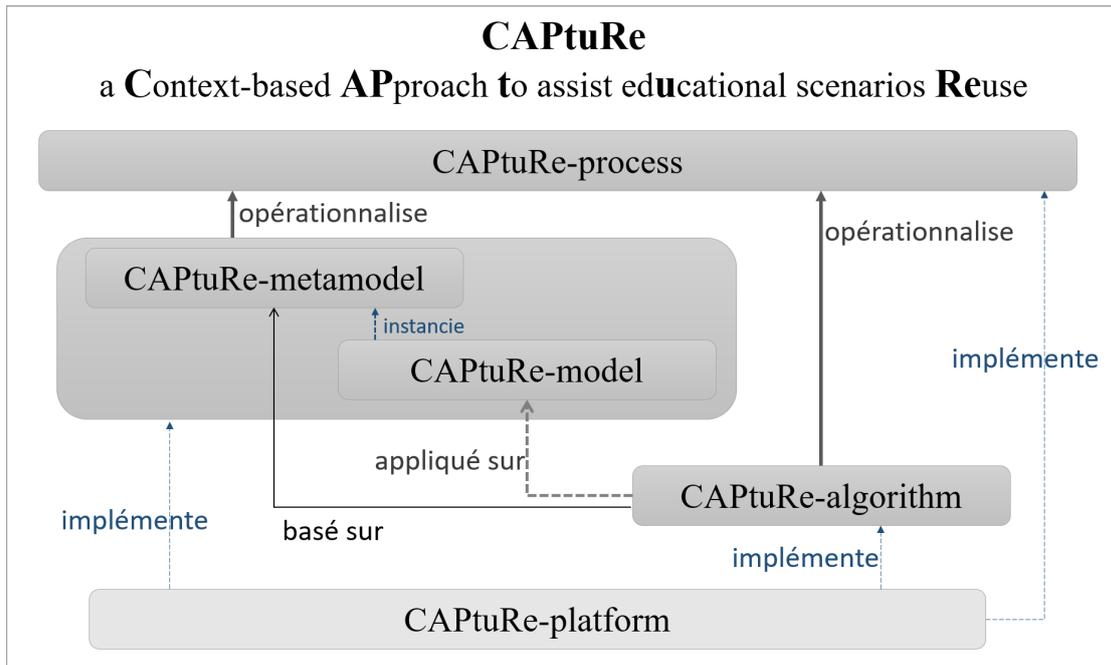


FIGURE 5.1. – Aperçu sur les contributions théoriques et pratiques de la thèse

5.2 MÉTHODOLOGIE ADOPTÉE

Nous explorons quelques méthodologies de recherche afin de repérer celle qui s'adapte au plus à notre cas et de l'adopter comme un cadre méthodologique guidant nos travaux.

Nous citons d'abord la **recherche design en éducation RDE** (educational design research, en Anglais) qui concerne principalement, selon [Niveen and Folmer \[2013\]](#), les projets générant des connaissances utilisables à travers des modèles et des théories et vise explicitement à apporter une contribution scientifique en plus du développement d'une intervention. Il s'agit de ce qu'on appelle «design-based research» appliquée particulièrement aux TEL. L'objectif d'une recherche de type science du design est de «développer une intervention au niveau de la pratique et à créer et documenter du savoir réutilisable, ancré dans la théorie et générant de nouveaux éléments théoriques» [[Class and Schneider, 2013](#)]. La RDE vise l'étude, l'analyse, la conception, le développement et l'évaluation des interventions éducatives (comme les programmes, les stratégies d'enseignement et d'apprentissage, les systèmes...) fournissant des solutions à des problèmes complexes dans la pratique éducative. Nous trouvons par ailleurs la **recherche par action** (action research, en Anglais) qui a pour principal objectif de concevoir et développer une solution à un problème pratique [[Kelly, 2013](#)]. Elle partage avec la recherche design en éducation le principe qu'elles portent sur les problèmes du monde réel visant à améliorer la pratique et qu'elles sont de natures itératives et participatives. Cependant la recherche par action ne génère pas des principes de conception et est généralement adoptée par des professionnels voulant utiliser la recherche pour améliorer leurs propres pratiques [[Tjeerd, 2013](#)]. Par ailleurs, les travaux adoptant les méthodologies de **recherche par évaluation** (evaluation research, en Anglais) visent principalement à décrire, évaluer (ou estimer l'efficacité) et éventuellement améliorer les qualités d'une intervention parti-

culière (un programme, un produit ou un procédé). Comparées à la RDE, il y'a peu (ou pas) d'efforts dans la construction de théories, de modèles ou de principes pour guider les futures initiatives de design [Reeves et al., 2011].

Nous adoptons dans nos travaux la méthodologie Recherche Design en Éducation RDE . Ce choix est dû au fait que dans notre cas de recherche, nous visons à fournir des solutions à l'enseignant-concepteur pour l'assistance à la réutilisation et la capitalisation de scénarios d'apprentissage ce qui revient à la proposition d'une solution à un problème dans la pratique éducative. Pour cela, nous spécifions des modèles contextuels utilisables par un processus déployant une telle assistance et qui sont construits sur des bases théoriques. Ces contributions scientifiques sont opérationnalisées sous la forme d'une plateforme d'aide à la réutilisation et la capitalisation se présentant comme le développement d'une «intervention éducationnelle» au sens de la RDE. Ceci implique une étude, une analyse, une conception, un développement et une évaluation de ces interventions éducatives tel qu'il est défini dans une recherche de type RDE.

A partir des travaux de McKenney and Reeves [2014] et de Wang and Hannafin [2005], nous avons extrait des caractéristiques d'une RDE pour nous guider dans nos travaux :

- **pragmatique** : affine des connaissances théoriques et des solutions à des problèmes de la pratique,
- **fondée et orientée théorie** : utilise la théorie pour fonder le design, les résultats empiriques et des solutions à des problèmes concrets pour guider le travail,
- **interventionniste** : intervient pour réaliser un changement dans un contexte éducatif particulier,
- **adaptative** : le design de l'intervention et le design de la recherche sont souvent modifiés suivant les connaissances émergentes,
- **intégrative** : utilise des méthodes de recherche mixtes qui varient au cours des différentes phases selon les nouveaux besoins, les enjeux émergents et l'évolution de la recherche.

Une recherche de type RDE est aussi **itérative** car elle évolue à travers plusieurs cycles de design de type analyse-développement-évaluation-révision : un prototype est généré à chaque cycle, dès les premières phases de la recherche, et est réévalué dans le cycle qui suit tant qu'il est jugé nécessaire.

Nous nous sommes inspirés des phases du modèle générique pour conduire de la recherche selon l'approche RDE présenté par McKenney and Reeves [2014] pour définir notre méthodologie de recherche présentée dans la Figure 5.2.

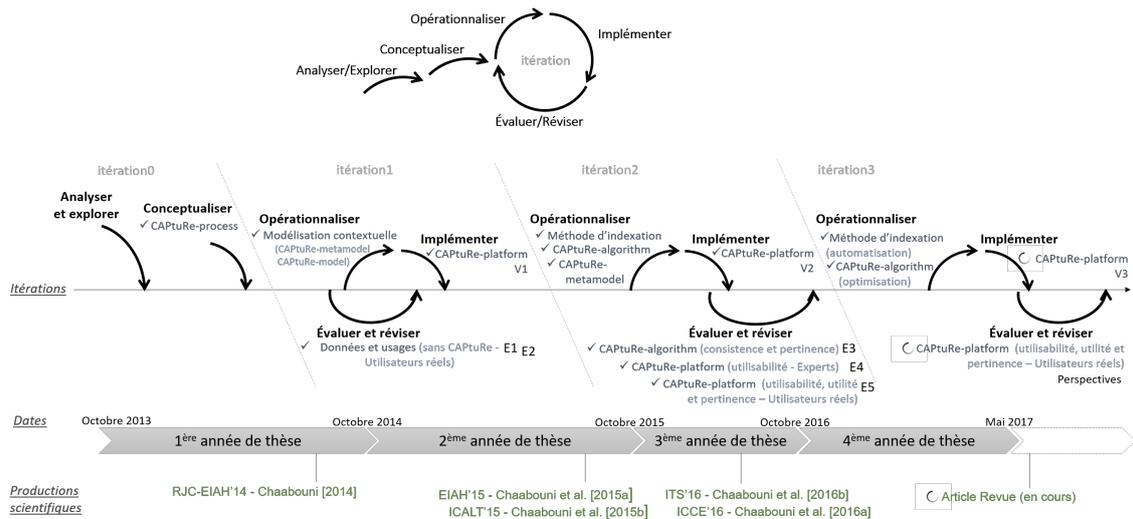


FIGURE 5.2. – Aperçu de la méthodologie de recherche adoptée

ITÉRATION 0

Durant nos travaux, nous avons commencé par une étape d'exploration et d'analyse des travaux de la littérature liés à la conception et la modélisation de scénarios pédagogiques, à leur réutilisation, à leur contextualisation et à leur observation par les indicateurs. Cette étape a porté également sur des bases de ressources/scénarios existantes, notamment la base de scénarios BASAR. Le but est d'identifier les problèmes et les verrous scientifiques liés, situer notre travail de thèse, fixer les problématiques à traiter et dégager nos objectifs.

Suite à cette étude, nous avons procédé à la **conceptualisation**¹ du cadre général d'assistance à la réutilisation et la capitalisation de scénarios. Cette conceptualisation est exprimée sous la forme d'un processus explicitant clairement les différents acteurs, concepts, entités et pratiques impliqués dans l'ingénierie et la réingénierie de scénarios d'apprentissage et les interactions entre eux et qui contribuent particulièrement à la mise en place de l'assistance à la réutilisation et la capitalisation de scénarios. Ce processus sera présenté dans le Chapitre 6.

Cette itération constitue la base sur laquelle nous construisons notre approche d'indexation contextuelle et de recommandation de scénarios. Les travaux abordés jusque-là ont été réalisés principalement lors de la première année de thèse (cf. Chaabouni [2014]), et sont bien entendu approfondis et révisés tout au long des itérations suivantes.

Notons que dans chacune des itérations qui suivent, comme le montre la Figure 5.2, nous suivons des cycles de «opérationnalisation - implémentation - évaluation/révision» : (1) nous proposons des moyens et des instruments pour l'**opérationnalisation**² de certains aspects du processus à travers la définition de modèles et méthodes (cf. Chapitre 7), (2) nous **implémentons** une nouvelle version du prototype de la plateforme d'aide à la réutilisation et la capitalisation de scénarios CAPtuRe-platform (cf. Chapitre 8) et (3) nous sélectionnons des aspects à **évaluer**, selon le niveau d'avancement des

1. Une vue abstraite et simplifiée du monde que nous souhaitons représenter pour un but donné [Gru-ber et al., 1993]

2. Le processus de transformation des concepts d'une abstraction niveau-théorique (theory-level) en une forme concrète mesurable et vérifiable dans le monde réel [Cozby, 2009]

travaux, sur lesquels nous basons notre analyse (cf. Chapitre 9) et qui nous permettent de **réviser** les productions. Trois itérations sont réalisées dans le cadre de cette thèse. L'adoption d'une telle méthodologie nous permet d'abord de concrétiser et mettre en pratique les savoirs théoriques élaborés, assister leurs évolutions et vérifier au fur et à mesure la faisabilité de l'approche proposée à travers le développement d'un prototype de la plateforme. En plus de la théorie étudiée dans la littérature guidant nos travaux, la méthodologie permet également de baser nos analyses sur des cas d'usage réels à travers différentes formes d'évaluations formatives (enquêtes, entretiens informels et semi-formels, inspections par des experts, tests utilisateurs) à des stades précoces de la recherche, ce qui permet une validation progressive des contributions. Cette méthodologie favorise aussi l'ouverture à des perspectives d'évolution du travail exposé à travers la mise en place de nouvelles itérations pour explorer et opérationnaliser d'autres aspects du processus, les implémenter et procéder à des évaluations à plus grandes échelles.

ITÉRATION 1

Cette itération a pour principal objectif d'opérationnaliser la modélisation du contexte d'un scénario d'apprentissage exploitée par CAPtuRe-process en spécifiant une approche répondant aux enjeux identifiés dans la problématique. Il s'agit de définir et mettre en place le méta-modèle (CAPtuRe-metamodel) du contexte d'un scénario. Une instantiation de ce méta-modèle sur le cas des scénarios hybrides de la base BASAR est construite (CAPtuRe-model). Une première version (V1) du prototype est développée. Ces contributions sont établies sur la base d'évaluations exploitant des données réelles existantes notamment des connaissances acquises de la base BASAR et des usages de concepteurs (enseignants et formateurs). Ces évaluations se présentent à travers :

- des analyses du corpus des scénarios existants dans la banque de scénarios BASAR en explorant les différentes approches et techniques mises en œuvre pour la réutilisation et la contextualisation de ces scénarios, et également d'autres bases de scénarios existantes,
- l'observation et la compréhension du comportement et des pratiques des enseignants en situation de création de nouveaux scénarios d'apprentissage, en insistant sur les pratiques liées à la réutilisation et à la prise en compte et l'expression de l'information contextuelle,
- la diffusion d'un questionnaire aux concepteurs de BASAR ayant pour objectif de révéler des besoins concrets de concepteurs et des informations contextuelles supplémentaires quand ils ne disposent pas d'un outil d'assistance à la réutilisation. Ceci a permis de confronter ces besoins aux travaux existants de la littérature et repérer les limites.

Ces activités nous ont permis d'identifier des besoins, pratiques, usages et vocabulaire métier. Les modèles CAPtuRe-metamodel et CAPtuRe-model ont été construits et révisés sur la base de ces évaluations. Ces dernières ont permis également d'enrichir la base de scénario BASAR par la construction et l'ajout de la couche contextuelle conformément aux modèles spécifiés. Les travaux de cette itération ont été effectués au cours de la deuxième année de thèse et les résultats ont été présentés dans [Chaabouni et al. \[2015b\]](#) et [Chaabouni et al. \[2015a\]](#).

ITÉRATION 2

Cette itération a pour objectif de définir la méthode d'indexation contextuelle et de la

stratégie de recommandation de scénarios se basant sur l'approche de modélisation de contexte et assistant le concepteur respectivement dans la capitalisation et la réutilisation de scénarios. La stratégie de recommandation est traduite à travers la mise en place de l'algorithme de calcul de similarités contextuelles (CAPtuRe-algorithm). A ce niveau, les évaluations concernent la validation (1) de la pertinence et la consistance de l'algorithme spécifié à travers des simulations et analyses des résultats de recommandation et (2) de l'utilisabilité de la deuxième version de la plateforme implémentée durant cette itération à travers des inspections par des experts en IHM afin de repérer les incohérences et les limites de nos contributions. Les travaux de cette itération ont été achevés à la troisième année de thèse et des parties des résultats ont été présentées dans [Chaabouni et al., 2016b].

ITÉRATION 3

Sur la base des évaluations, feedbacks et propositions d'améliorations faites au niveau de l'itération précédente, cette itération avait pour objectif d'améliorer d'abord la méthode d'indexation contextuelle à travers l'intégration de nouveaux mécanismes d'automatisation de cette dernière. Ceci a entraîné des révisions au niveau des modèles contextuels proposés (CAPtuRe-metamodel et CAPtuRe-model). Des améliorations au niveau de l'algorithme de calcul de similarités contextuelles sont également effectuées à travers l'intégration de nouveaux paramètres supplémentaires dans le but d'optimiser les résultats de recommandation. Pour l'étape d'implémentation, une troisième version du prototype de CAPtuRe-platform est mise en place intégrant certaines mises à jour des éléments de la contribution. Les évaluations de cette itération se focalisent sur la validation de l'utilisabilité et de l'utilité de CAPtuRe-platform. Elles se présentent sous la forme de tests utilisateurs grandeurs réelles qui sont menés avec des enseignants et formateurs ayant déjà participé aux tests de l'itération 1. Cette itération 3 est effectuée durant la quatrième année de thèse et les résultats sont présentés dans Chaabouni et al. [2016a].

Le Tableau 5.1 présente une synthèse de nos travaux conduits par une recherche design en éducation. La présentation de ce tableau de synthèse est inspirée des travaux de Class and Schneider [2013].

Problème
Des scénarios d'apprentissage très variés et peu réutilisables à cause du manque de prise en compte de la dimension contextuelle des scénarios.
Point central
Optimiser la réutilisation de scénarios d'apprentissage en proposant des processus, méthodes et outils assistant les enseignants et les formateurs dans les activités de conception par la réutilisation et de capitalisation de scénarios en tenant compte du contexte.
Questions de recherche

<ul style="list-style-type: none"> — Question 1. Comment intégrer un processus d’assistance à la réutilisation et à la capitalisation de scénarios d’apprentissage, basé sur l’observation et l’évaluation du contexte d’usage, dans un cadre d’ingénierie et de réingénierie pédagogiques? Quelles phases comporte ce processus, quels moyens utilise-t-il et comment peut-on l’instrumenter? — Question 2. Comment définir, structurer et modéliser le contexte du scénario d’apprentissage pour être exploité dans le cadre d’une assistance à la réutilisation et à la capitalisation de scénarios? — Question 3. Quelle méthode adopter pour indexer le scénario d’apprentissage en se basant sur l’observation et l’évaluation de son contexte d’usage et définir son périmètre de réutilisation tout en utilisant l’approche identifiée de modélisation du contexte? <ul style="list-style-type: none"> — Question 3.1. Comment évaluer et analyser le contexte du scénario d’apprentissage? et comment assister et guider cette évaluation/analyse? — Question 3.2. Comment utiliser cette évaluation/analyse pour construire les index contextuels des scénarios définissant leurs périmètres de réutilisation? — Question 3.3. Comment prendre en considération les expériences d’apprentissage passées inscrites dans des contextes précis et exploiter leurs résultats pour renforcer et optimiser l’indexation? — Question 4. Comment exploiter cette indexation basée-contexte pour sélectionner et recommander des scénarios appropriés à réutiliser pour une situation d’apprentissage donnée?
<p>Savoirs à créer / Objectifs</p> <ul style="list-style-type: none"> — Un processus de réutilisation et de capitalisation d’un scénario d’apprentissage basé sur une observation guidée par les indicateurs pédagogique et une évaluation du contexte d’usage : CAPtuRe-process — Une approche de modélisation du contexte d’un scénario d’apprentissage : CAPtuRe-metamodel et CAPtuRe-model — Une méthode d’indexation des scénarios d’apprentissage exploitant les contextes d’usage effectifs des expériences d’apprentissage : CAPtuRe-index — Une méthode de sélection et de recommandation de scénarios d’apprentissage définie à travers un algorithme de calcul de similarités contextuelles : CAPtuRe-algorithm
<p>Intervention à développer</p> <p>Une plateforme logicielle d’aide à la réutilisation et à la capitalisation de scénarios d’apprentissage basée sur une modélisation fine de leurs contextes effectifs d’usage et sur leur observation par des indicateurs pédagogiques</p>
<p>Méthodes de recherche utilisées</p>

Observations et analyse d'usages ; analyses de données acquises de bases existantes ; simulations ; enquêtes ; entretiens non formels et semi-formels ; jugements d'experts ; tests utilisateurs

TABLE 5.1. – Récapitulatif de nos travaux conduits par une recherche design en éducation

Les savoirs à créer et l'intervention à développer dégagés dans ce tableau s'alignent avec les quatre types de productions (ou research outputs en anglais) d'une recherche en science du design qui sont, selon [March and Smith \[1995\]](#), des constructions, des modèles, des méthodes et des instanciations :

- **des constructions** : représentant le langage des concepts qui caractérise un phénomène que nous avons présenté dans l'étape de conceptualisation à travers le processus d'assistance à la réutilisation et à la capitalisation d'un scénario d'apprentissage (cf. Chapitre 6) ;
- **des modèles** : décrivant les tâches, les situations et les artefacts qui sont dans notre cas les méta-modèles/modèles contextuels ;
- **des méthodes** : un ensemble de procédures (algorithmes et pratiques) utilisées pour effectuer des tâches et basées sur les constructions et les modèles. Nous proposons dans notre cas la méthode d'indexation et la méthode de sélection et de recommandation de scénarios d'apprentissage. Les modèles et méthodes ont été présentés dans les étapes d'opérationnalisation (cf. Chapitre 7) ;
- **des instanciations** : la réalisation d'un artefact dans un environnement implémentant les constructions, les modèles et les méthodes. Il s'agit dans notre cas de la plateforme d'assistance à la réutilisation et à la capitalisation de scénarios que nous avons présentées dans les étapes d'implémentation (cf. Chapitre 8).

Deuxième partie

CONTRIBUTIONS ET MISE À L'ÉPREUVE

Cette deuxième partie regroupe les contributions de la thèse et leur mise à l'épreuve. La première contribution, présentée dans le Chapitre 6, consiste en la proposition d'un cadre spécifiant les différents niveaux des moyens proposés à l'enseignant-concepteur pour une mise en place d'une assistance à la réutilisation et à la capitalisation de scénarios d'apprentissage. Le cadre proposé s'intègre dans un contexte global d'ingénierie et de réingénierie d'un scénario d'apprentissage. Ce même chapitre définit un processus ayant pour rôle de conceptualiser ce cadre d'assistance en spécifiant les phases, concepts, entités, pratiques et acteurs impliqués. La deuxième contribution, présentée dans le chapitre 7, est une approche pour l'opérationnalisation du processus d'assistance spécifié. Cette approche définit les modèles utilisés par le processus notamment les modèles contextuels, une méthode d'indexation contextuelle et une méthode de sélection et de recommandation de scénarios dans un cadre de conception par la réutilisation. Ainsi, cette approche prête une attention particulière aux phases de (1) structuration et évaluation du contexte et du déroulement du scénario, (2) indexation et capitalisation du scénario et (3) recommandation et réutilisation de scénarios. Nous enchaînons ensuite avec la troisième contribution, présentée dans le chapitre 8, qui implémente les éléments proposés pour valider la faisabilité technique de l'approche. Cette troisième contribution se présente sous la forme d'une plateforme d'assistance à la réutilisation et à la capitalisation de scénarios d'apprentissage (CAPtuRe-platform). Dans sa version actuelle, la plateforme intègre principalement les modèles et méthodes proposées. CAPtuRe-platform est une initiative qui tend vers la mise en place d'une plateforme d'assistance à la conception, la réutilisation, l'opérationnalisation, la mise en œuvre, l'indexation et la capitalisation des scénarios d'apprentissage en adoptant différents formats de modèles. Elle vise ainsi à supporter l'ensemble du processus d'ingénierie et de réingénierie, tout en se basant sur des standards de l'apprentissage.

Cette partie présente par la suite, dans le Chapitre 9, la mise à l'épreuve des contributions en détaillant les expérimentations et évaluations mises en place pour valider des aspects de la proposition.

SPÉCIFICATION D'UN CADRE GLOBAL DE RÉUTILISATION ET DE CAPITALISATION DE SCÉNARIOS D'APPRENTISSAGE

Comme nous l'avons montré dans le Chapitre 2, la réutilisation est une activité importante notamment pour le cas des scénarios d'apprentissage. Ces scénarios présentent une multiplicité de méthodes et stratégies d'apprentissage et des pratiques enseignantes et une grande richesse des contenus pédagogiques. Nous avons également montré dans le Chapitre 3 que l'aspect contextuel relatif à ces scénarios est très varié et riche ce qui pourrait influencer sur la pertinence de la réutilisation. L'objectif principal de cette thèse est d'optimiser la réutilisation de scénarios d'apprentissage en tenant compte du contexte. La solution proposée est d'assister d'abord cette réutilisation de scénarios en aidant le concepteur à trouver les scénarios les plus appropriés à sa situation d'apprentissage. Il s'agit aussi d'assister leur capitalisation en se basant sur des observations et des évaluations de leurs contextes effectifs.

La première section de ce chapitre est consacrée à la présentation du cadre global proposé pour l'assistance à la réutilisation et à la capitalisation de scénarios d'apprentissage en introduisant les différents éléments le composant et qui contribuent à la mise en place d'une telle assistance. La deuxième section de ce chapitre décrit le processus mis en place pour la conceptualisation de ce cadre qui va de la sélection et la recommandation de scénarios à réutiliser jusqu'à leur capitalisation dans une base de scénarios sous un format guidant leur réutilisation.

6.1 PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU CADRE DE RÉUTILISATION ET DE CAPITALISATION D'UN SCÉNARIO D'APPRENTISSAGE

Le *cadre global de réutilisation et de capitalisation de scénarios d'apprentissage* que nous proposons, formalisant l'approche CAPtuRe, a pour rôle de fournir les moyens à l'enseignant-concepteur (ou formateur-concepteur) pour l'assister à sélectionner les scénarios à réutiliser, observer et évaluer leurs scénarios, les indexer et les capitaliser. Ces moyens se présentent sous la forme de processus, modèles, méthodes et outils logiciels destinés à l'enseignant-concepteur qui contribuent à la mise en place de cette assistance. Nous rappelons que ces contributions s'accordent respectivement avec les quatre types d'output définis dans une recherche en science du design qui sont [March and Smith, 1995] : des *constructions*, des *modèles*, des *méthodes* et des *instanciations*. L'objectif final est d'optimiser la réutilisation des scénarios dans un cadre de conception et de réingénierie pédagogiques. La Figure 6.1 présente une vue globale de ce cadre d'assistance en illustrant les différents niveaux proposés allant de la conceptualisation (construction par des concepts abstraits) jusqu'à l'implémentation (instanciation par des composants concrets). Certains éléments de cette figure ont été délibérément sous-dimensionnés afin d'assurer une visibilité globale du cadre. Ces éléments font référence à d'autres figures plus détaillées dans la suite du document.

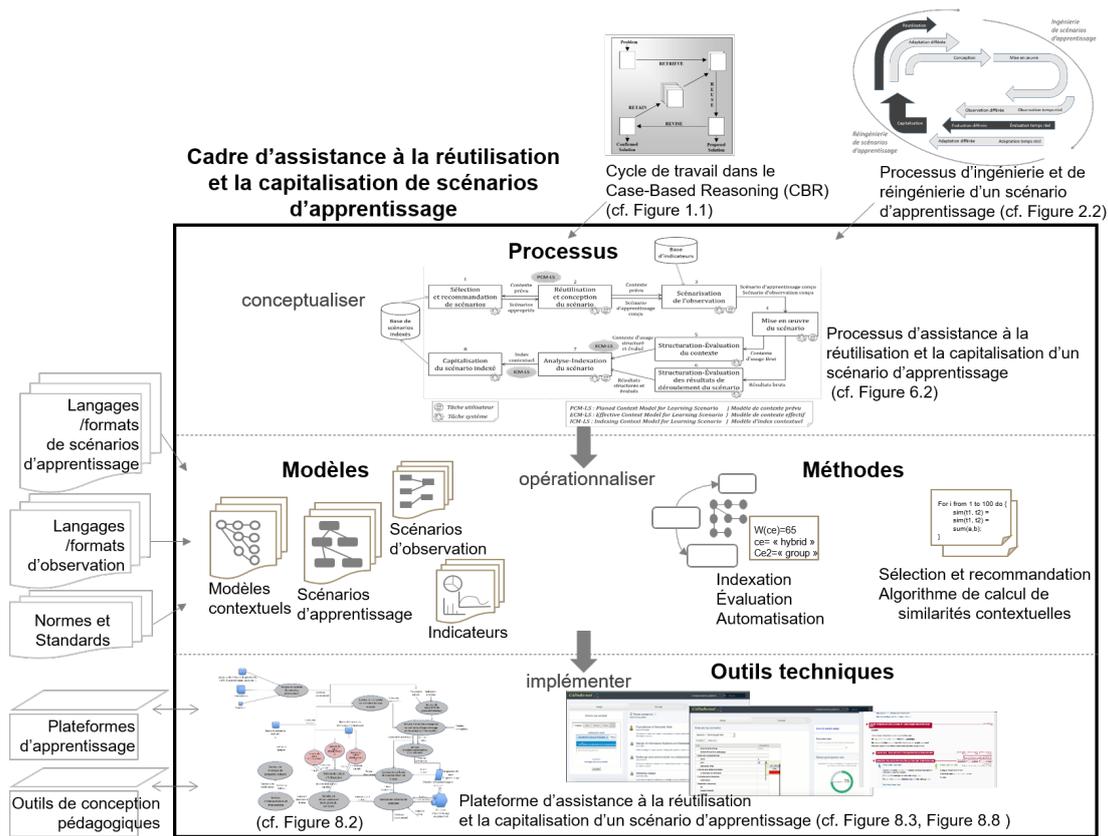


FIGURE 6.1. – Vue globale du cadre d'assistance à la réutilisation et à la capitalisation de scénarios d'apprentissage

Ce cadre d'assistance s'intègre dans un cadre plus général d'ingénierie et de réingénierie d'un scénario. Le *processus d'assistance à la réutilisation et à la capitalisation d'un scénario* (CAPtuRe-process) proposé s'aligne ainsi dans le *processus d'ingénierie et de réingénierie d'un scénario* que nous avons construit à partir de l'étude de la littérature et qui a été présenté précédemment dans le Chapitre 2 à la Figure 2.2. Le processus proposé spécifie les différentes phases supportant une telle assistance notamment la recommandation, la réutilisation, l'observation, l'évaluation, l'indexation et la capitalisation de scénarios. Le rôle du processus est la conceptualisation du cadre d'assistance. Les conceptualisations (ou les constructions) sont importantes dans une recherche de type science du design car elles définissent les termes utilisés en décrivant et en identifiant les tâches. Elles forment ainsi un langage spécialisé et des connaissances partagées d'un champ donné [March and Smith, 1995].

Le cadre d'assistance est guidé par un *raisonnement basé sur les cas* (ou Case-Based Reasoning – CBR en Anglais). Nous appliquons ainsi ce type de raisonnement à l'ingénierie des scénarios d'apprentissage. Nous rappelons le principe du CBR, déjà introduit dans le premier chapitre, qui consiste à apprendre à partir des expériences passées qui sont considérées comme des «cas» : le système utilise les anciennes situations similaires à la situation actuelle pour résoudre de nouveaux problèmes en s'adaptant au besoin.

Le cadre d'assistance propose (et utilise) des modèles et définit des méthodes pour opérationnaliser le processus identifié. Les modèles décrivent les artefacts¹ utilisés pour la formalisation et l'échange des connaissances. Le cadre gère des *modèles contextuels*, des *modèles de scénarios d'apprentissage*, des *modèles d'indicateurs* et des *modèles de scénarios d'observation* qui sont véhiculés dans le processus. Ces modèles se basent sur des *normes et standards* de l'apprentissage (e.g., LOM, MLR, IMS-LIP) et des *langages et formats* définis pour la *conception de scénarios* (e.g., EML, IMS-LD, Scenari BASAR) et pour l'*observation de scénarios* (e.g., UTL/DCL4UTL). Ces modèles sont exploités par une *méthode d'évaluation et d'indexation contextuelles des scénarios qui est partiellement automatisée* ainsi qu'une *méthode de sélection et de recommandation de scénarios*. Cette dernière est présentée sous la forme d'un algorithme de calcul de similarités contextuelles entre scénarios et qui prend en considération les résultats des expériences d'apprentissage passées. Les deux méthodes proposées définissent les procédures, les règles et les pratiques à suivre pour atteindre de tels objectifs d'indexation et de recommandation.

Afin de concrétiser les aspects identifiés et de valider leurs faisabilités techniques, le cadre offre des outils techniques présentés sous la forme d'une *plateforme logicielle d'assistance à la réutilisation et à la capitalisation de scénarios* implémentant le processus, les modèles et les méthodes définis. Cette plateforme communique et interagit avec des plateformes d'apprentissage (e.g., Moodle).

Maintenant que nous avons montré une vue globale du cadre d'assistance, nous procédons dans la section qui suit à la description du processus d'assistance à la réutilisation et à la capitalisation mis en place ainsi qu'à la spécification de ses différentes phases. Les modèles et méthodes pour opérationnaliser ce processus sont présentés dans le chapitre suivant (cf. Chapitre 7).

6.2 LE PROCESSUS D'ASSISTANCE À LA RÉUTILISATION ET À LA CAPITALISATION DE SCÉNARIOS D'APPRENTISSAGE : CAPTURE-PROCESS

La conceptualisation du cadre de réutilisation et de capitalisation du scénario est exprimée sous la forme d'un processus explicitant les différents acteurs, concepts, entités et pratiques impliqués dans un cadre d'ingénierie et de réingénierie de scénarios d'apprentissage (cf. Figure 2.2) et les relations entre eux et qui contribuent particulièrement à la mise en place de l'approche d'assistance à la réutilisation et la capitalisation de scénarios. Ce processus est basé sur l'observation et l'évaluation du contexte. Les connaissances principalement étudiées sont celles relatives au contexte du scénario qui sont structurées selon une approche de modélisation bien déterminée. Le processus permet de supporter le suivi, la transformation et la mise en œuvre des modèles contextuels tout au long du cycle de vie du scénario.

Tel que déjà mentionné, le processus d'assistance s'inspire du cycle de travail du CBR (cf. Figure 1.1). Selon ce dernier, le système utilise les anciennes situations similaires à la situation actuelle pour résoudre de nouveaux problèmes en s'adaptant au besoin. Ainsi, nous considérons la mise en œuvre d'un scénario dans une situation d'apprentissage réelle comme une histoire («story» au sens CBR) reflétant une expérience passée ou ce qu'on appelle un «cas». Dans ce type de raisonnement, « *les nouveaux problèmes sont résolus par la réutilisation, et si nécessaire l'adaptation, des solutions de problèmes proches ayant été*

1. Un artefact est un rendu qui est produit, modifié ou utilisé par une séquence de tâches qui ont une valeur pour un rôle [Méndez Fernández et al., 2010]

résolus auparavant » [De Mantaras et al., 2005]. L'approche que nous proposons consiste à bénéficier de ces histoires passées en les évaluant et les indexant sur la base de critères de réussite et de pertinence du scénario dans le but de résoudre des problèmes de conception de scénarios adaptés à un contexte d'usage donné. Pour cela, le système juge le degré de réutilisabilité d'un scénario dans un contexte cible donné en analysant ses mises en œuvre antérieures. Un cas ou une expérience d'apprentissage regroupe ainsi tous les éléments relatifs à cette expérience y compris le scénario suivi, son contexte et les résultats du déroulement du scénario dans ce contexte précis. De ce fait, un scénario est conçu dans une situation de conception par la réutilisation, mis en œuvre dans une situation d'apprentissage, observé, évalué, indexé et puis stocké pour enrichir une base de scénarios indexés considérée comme une base de «cas». Les systèmes basés sur le CBR traitent principalement les problématiques de recherche, de réutilisation, de révision et de maintien. Le CBR est basé sur l'heuristique principale que « *les problèmes similaires ont une forte probabilité d'avoir des solutions similaires* » [Ahmed et al., 2010]. Parmi les apports de l'utilisation du raisonnement par les cas pour la définition de notre approche nous pouvons citer :

- se baser sur un cadre conceptuel solide et cohérent pour la réutilisation,
- la possibilité de gérer des informations éparses, bruyantes ou manquantes en retrouvant les cas les plus proches si un matching complet n'est pas disponible dans la base de cas [Weis, 2015], ce qui est compatible avec l'information contextuelle que nous visons à modéliser qui peut varier considérablement d'une situation d'apprentissage à une autre et qui peut avoir des éléments manquants non exprimés ou non accessibles ;
- faciliter le problème d'acquisition de connaissances et d'apprentissage à partir des expériences sans obligation d'une formalisation détaillée et complète du domaine, ce qui est le cas de la modélisation du contexte qui ne peut être assez formelle et finie ;
- enrichir et alimenter au fil du temps la base de cas qui sont les scénarios déroulés dans des situations d'apprentissage effectives.

Nous illustrons dans la Figure 6.2 le processus d'assistance à la réutilisation et à la capitalisation de scénarios CAPtuRe-process. Les sections qui suivent présentent les différentes phases identifiées dans ce processus d'assistance en exposant les concepts, les symboles, les acteurs et les pratiques d'une manière abstraite sans aborder les détails des langages, formalismes et techniques à adopter pour leurs mises en œuvre. Ceci permet de définir une approche générique pouvant être opérationnalisée et instanciée de différentes manières. L'acteur principal est l'enseignant ou le formateur jouant le rôle d'un concepteur. Nous utilisons dans ce qui suit les termes enseignant ou concepteur (selon le rôle adopté) pour simplifier l'usage.

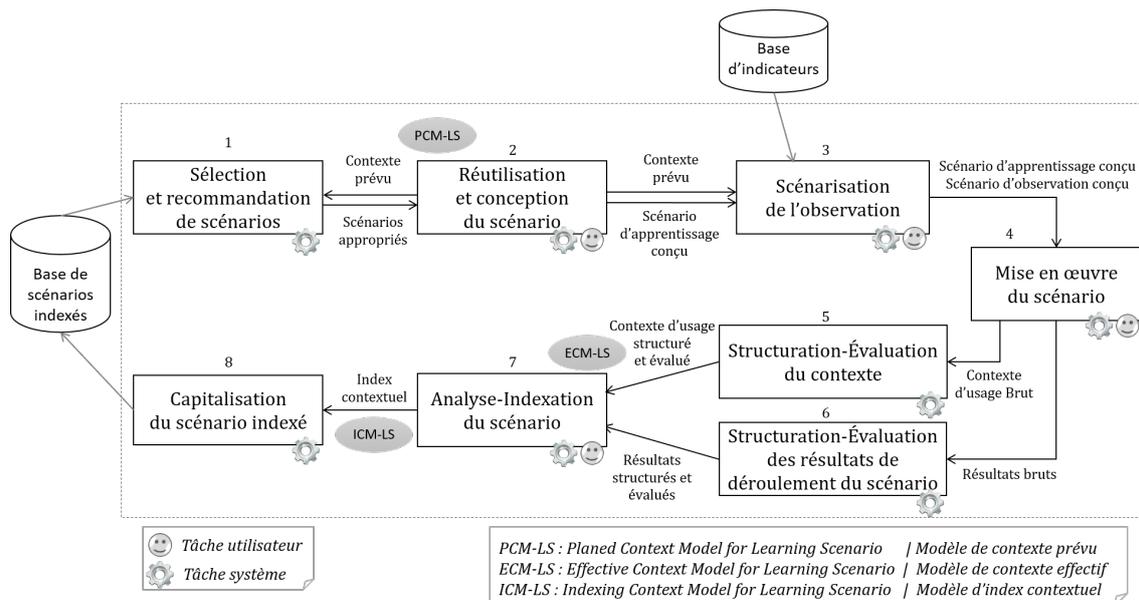


FIGURE 6.2. – Processus d'assistance à la réutilisation et à la capitalisation de scénarios d'apprentissage : CAPTuRe-process

6.2.1 La sélection, la recommandation, la réutilisation et la conception d'un scénario d'apprentissage

Cette section traite les étapes 1 et 2 du processus d'assistance de la Figure 6.2 qui sont la «*Sélection et recommandation de scénarios*» et la «*Réutilisation et conception du scénario*». Nous nous plaçons dans une situation de conception où un enseignant définit son scénario en réutilisant les scénarios indexés et capitalisés (une conception par la réutilisation). Il commence par renseigner, avec l'assistance du système, le «contexte prévu» qui est le contexte d'usage planifié pour la situation d'apprentissage générant un modèle contextuel identifié par le symbole PCM-LS (Planned Context Model for Learning Scenario). Ce contexte peut concerner différentes dimensions ou facettes tels que la pédagogie, les aspects techniques et technologiques, les aspects sociaux ou culturels ou autres. Il peut inclure par exemple les profils pédagogiques et sociaux des apprenants qui participeront effectivement à la situation d'apprentissage, les caractéristiques des ressources matérielles ou logicielles qui seront utilisées ou les modalités à adopter. Le système sélectionne les scénarios les plus appropriés susceptibles d'être les plus adaptés à ce contexte prévu dans la base de scénarios indexés et les recommande au concepteur. Ces scénarios recommandés relèvent de la capitalisation d'expériences d'apprentissage antérieures constituant des exécutions complètes de ce processus. Dans notre approche, un scénario «approprié» est un scénario ayant été «pertinent» et ayant «réussi» dans un contexte «proche» de celui de la situation d'apprentissage cible de réutilisation. Nous revenons sur ces notions d'appropriation, de pertinence et de réussite plus tard dans l'étape 6 de structuration et d'évaluation des résultats du déroulement du scénario.

L'enseignant procède à la conception de son scénario à l'aide d'un outil de conception en utilisant un langage de modélisation donné du scénario (e.g., IMS-LD, POEML, LDL, etc.), avec la possibilité de réutiliser les scénarios recommandés. Il peut réutiliser un scénario tel qu'il est (sans modifications), ou sinon il peut l'adapter selon son besoin

et/ou réutiliser seulement des activités ou des séquences d'activités et construire ainsi un nouveau scénario. Par conséquent, le scénario doit être formalisé de manière à ce qu'il soit adaptable. L'étape d'adaptation a été positionnée dans le processus d'ingénierie et de réingénierie de scénarios d'apprentissage (cf. Section 2.2). Ces notions d'adaptation et d'adaptabilité du scénario ne font pas parties des objectifs de la thèse.

6.2.2 La scénarisation de l'observation

Cette section traite l'étape 3 du processus d'assistance de la Figure 6.2 qui est la «*Scénarisation de l'observation*». En plus de la conception du scénario d'apprentissage, une scénarisation de l'observation est également effectuée avec l'assistance du système. À cette étape les besoins d'observation sont définis, préalablement à la mise en œuvre du scénario, et sont traduits par les besoins en termes d'indicateurs pédagogiques. La scénarisation de l'observation est l'activité générant un «scénario d'observation» qui se présente comme un enchaînement (ou une séquence) d'indicateurs à calculer à partir de traces d'usages, et reflétant le déroulement du scénario dans une situation d'apprentissage réelle. Cette étape représente une planification de l'observation, a priori, permettant au système de préparer les données utiles au calcul des indicateurs et, dans certains cas, de placer des sondes d'observation dans le système de traces. Ce dernier peut être intégré à une plateforme d'apprentissage ou à tout autre système informatisé générant des traces et utilisé durant la mise en œuvre du scénario (e.g., une application ou un outil web, une ressource hébergée dans un serveur). Nous notons ici la différence entre un «scénario d'apprentissage» qui est l'ensemble des activités d'apprentissage à réaliser et un «scénario d'observation» qui est l'ensemble des indicateurs pédagogiques à calculer accompagnés des entrées nécessaires à ce calcul.

Les définitions d'indicateurs ainsi que les formats et sources de traces en entrées sont stockés dans une base d'indicateurs. Cette base peut être décrite à l'aide de langages ou de formalismes pour l'observation tels que ceux que nous avons évoqué au Chapitre 4 qui sont les langages UTL/DCL₄UTL [Choquet et al., 2009; Pham Thi Ngoc, 2011], les patrons d'indicateurs réutilisables Diagne [2009] ou les formalismes des systèmes à base de traces Settouti et al. [2007]. Une méthode de mise en place d'une telle base d'indicateurs a été présentée dans des travaux précédents [Chaabouni and Laroussi, 2013].

Nous citons ici quelques exemples d'indicateurs et traces pouvant être stockés dans une base d'indicateurs :

- un indicateur sur *le taux de participation à une session de discussion synchrone* qui nécessite comme entrées les traces informant sur le nombre d'apprenants ayant participé à la session à observer durant une période donnée et le nombre total d'apprenants inscrits au cours ;
- un indicateur sur *l'implication d'un apprenant* ayant comme entrées les traces sur les interactions faites par cet apprenant au cours de la session d'apprentissage ;
- un indicateur sur *le taux de réussite d'un quiz* ayant comme entrées les traces informant sur les résultats des réponses au quiz ;
- un indicateur sur *le taux de consultation d'une ressource web* ayant comme entrées les traces du serveur web hébergeant la ressource.

Vu que cette base d'indicateurs peut être volumineuse et peut contenir des indicateurs de différents types et objectifs, il serait alors pertinent de sélectionner les indicateurs

les plus appropriés à une situation bien particulière et les suggérer à l'enseignant. À cette phase, le système repère les définitions d'indicateurs qui peuvent convenir le plus aux besoins en observation et les recommande à l'enseignant afin de l'assister dans la tâche de scénarisation de l'observation. L'enseignant choisit ensuite parmi ces indicateurs recommandés ceux qui lui conviennent et qu'il souhaite utiliser. Ceci produit une flexibilité de l'observation orientant ensuite la phase d'évaluation vers les objectifs effectifs de l'enseignant. Cette tâche de recommandation d'indicateurs se fait sur la base (1) des critères informant le contexte prévu, (2) des choix de conception du scénario d'apprentissage par l'enseignant, (3) des recommandations de scénarios d'apprentissage et des indicateurs liés à ces scénarios et (4) des contraintes techniques relatives au calcul d'indicateurs.

En plus de la sélection des indicateurs à calculer, l'enseignant a la possibilité de fixer des objectifs relatifs à certaines de ces observations à priori. En d'autres termes, il peut déterminer des valeurs des indicateurs à partir desquelles il considère que le scénario a réussi pour cet aspect précis. Par exemple, un enseignant considère que son quiz est réussi si l'indicateur sur *le taux de réussite de ce quiz* atteint la valeur «80%». Un enseignant concevant un scénario d'apprentissage dont l'objectif est d'améliorer la communication des apprenants, vise par exemple à avoir au moins «60%» des apprenants classés comme «communicatifs» au cours de la session d'apprentissage suite au calcul d'un indicateur sur *l'implication d'un apprenant*. Ces objectifs fixés par rapport aux valeurs des indicateurs sont utiles pour vérifier l'adéquation entre les objectifs planifiés par l'enseignant et les résultats effectifs lors de la session d'apprentissage ce qui aide à estimer la pertinence du scénario déployé dans le contexte précis de cette session. Cette pertinence est prise en considération lors de l'activité de sélection et de recommandation de scénarios d'apprentissage (cf. étape 1 du processus).

À l'issue de cette étape, des modèles de scénarios d'observation sont générés identifiant les différents indicateurs à calculer, les paramètres nécessaires à leur calcul, les activités du scénario liées et les objectifs fixés par l'enseignant sur ces indicateurs.

6.2.3 *Mise en œuvre du scénario dans une situation d'apprentissage réelle*

Cette partie traite l'étape 4 du processus d'assistance de la Figure 6.2 qui est la «*Mise en œuvre du scénario*». Une fois le scénario d'apprentissage et le scénario d'observation conçus, ils sont mis en œuvre dans une situation d'apprentissage réelle. Comme nous nous positionnons dans le cadre d'un apprentissage incluant obligatoirement l'aspect distant (apprentissage hybride ou FOAD), la mise en œuvre du scénario d'apprentissage se fait soit «en présentiel et à distance» soit «totalement à distance» à travers une plateforme d'apprentissage (LMS) tels que Moodle, Claroline ou autres. Par conséquent, cette mise en œuvre génère des traces d'usage et produit des résultats relatifs au déploiement des différentes activités du scénario dans le contexte préalablement identifié.

6.2.4 *Structuration et évaluation du contexte et des résultats de déroulement du scénario*

Cette partie traite les étapes 5 et 6 du processus d'assistance de la Figure 6.2 qui sont la «*Structuration-Évaluation du contexte*» et la «*Structuration-Évaluation des résultats de déroulement du scénario*». Suite à l'exécution du scénario, les informations relatives (1)

au contexte dans lequel s'est déroulé le scénario qui forment le «*contexte d'usage brut*» et (2) au déroulement des activités du scénario qui forment les «*résultats bruts*» sont collectées à partir de différentes sources comme par exemple les bases de données, les fichiers log, les formulaires d'information (e.g., formulaire de collecte du contexte prévu au début du processus), etc.

L'étape 5 de structuration et d'évaluation du contexte permet au système de construire, à partir du «*contexte d'usage brut*» collecté, le «*contexte d'usage structuré et évalué*» : structuré selon un format spécifié de modèles contextuels et puis évalué par des indicateurs sur le contexte (indicateurs contextuels) pour former le modèle de contexte effectif que nous nommons ECM-LS (Planned Context Model for Learning Scenario). Ces indicateurs contextuels reflètent des observations relatives aux éléments contextuels apportant des informations additionnelles sur ceux-ci. Nous distinguons ici deux types de connaissances : les éléments contextuels et les indicateurs contextuels. Les éléments contextuels représentent les aspects relatifs au contexte ayant une certaine stabilité au cours d'une même session d'apprentissage et qui peuvent être utiles pour guider des futures réutilisations comme par exemple les types et les configurations des ressources matérielles ou les spécialités des apprenants et de l'enseignant. Par contre, les indicateurs contextuels reflètent des connaissances relatives aux éléments contextuels qui sont perçus d'une manière dynamique et qui peuvent varier considérablement durant une session d'apprentissage. Les indicateurs sont calculés/générés à partir de traces d'usage et sont utiles pour analyser le contexte tels que *le niveau de concentration d'un apprenant* ou *l'évolution des états des dispositifs matériels* (e.g., *leurs connectivités et leurs taux d'activité/inactivité*) durant la session d'apprentissage.

À l'étape 6, le système structure et puis évalue les résultats du déroulement du scénario dans cette situation précise. Cette tâche est réalisée à travers la structuration des «*résultats bruts*» issus de la mise en œuvre du scénario et leurs évaluations à travers des indicateurs sur le déroulement effectif des activités du scénario. Pour ce type d'indicateurs, on peut citer par exemple les indicateurs sur *la division du travail* ou sur *le taux de réussite d'un quiz* qui vont permettre d'analyser la pertinence du scénario dans le contexte de la situation.

La phase d'observation s'inscrit ainsi dans ces deux étapes à travers la structuration des traces et le calcul d'indicateurs générant ainsi des modèles d'indicateurs guidant l'enseignant et le système dans les tâches d'analyse et d'indexation que nous détaillons dans la section suivante.

6.2.5 Analyse et indexation du scénario

Cette partie traite l'étape 7 du processus de la Figure 6.2 qui est l'«*Analyse-Indexation du scénario*». À ce niveau, l'enseignant a une vue globale et structurée sur le déroulement de son scénario en session et du contexte dans lequel il a été exécuté. Il dispose en effet :

1. du «*contexte d'usage structuré et évalué*» ou le ECM-LS enrichi par les indicateurs sur le contexte, formant ainsi le contexte effectif dans lequel le scénario s'est déroulé ;
2. des résultats structurés et évalués à travers les indicateurs calculés, reflétant le déroulement effectif de la situation d'apprentissage.

Le contexte effectif construit du scénario permet à l'enseignant de raisonner par rapport aux différents éléments contextuels et de mettre en valeur ceux utiles à la capitalisation. Par ailleurs, les indicateurs sur le déroulement de son scénario informent l'enseignant sur le degré de réussite du scénario dans ce contexte précis. Nous considérons que ce degré de réussite du scénario est estimé par le degré d'adéquation entre les objectifs fixés au préalable par l'enseignant-concepteur et les résultats effectifs perçus lors du déroulement du scénario dans une situation d'apprentissage réelle, comme par exemple le degré d'atteinte des objectifs pédagogiques, didactiques, sociaux du scénario ou bien l'atteinte des objectifs relatifs aux observations (cf. étape 3 de la scénarisation de l'observation). Ceci aide à analyser et estimer la pertinence du scénario dans ce contexte précis avec l'assistance du système.

Sur la base des connaissances générées et des analyses effectuées, un modèle de l'index contextuel nommé ICM-LS (Indexing Context Model for Learning Scenario) est construit. Il s'agit ici de la tâche d'indexation du scénario qui est réalisée par l'enseignant avec l'assistance du système, et qui consiste en d'autres termes à la détermination du périmètre de réutilisation de ce scénario.

Nous notons que, lors de la mise en œuvre du scénario dans une situation d'apprentissage réelle, l'enseignant peut apporter des changements par rapport au scénario préalablement prévu en adaptant par exemple certaines activités et/ou en modifiant leurs ordres d'exécution selon les besoins de la situation perçus en temps réel. De ce fait, le scénario prévu conçu au début du processus peut représenter certaines différences comparé au scénario effectif mis en œuvre. Le même raisonnement concerne également les éléments contextuels exprimés a priori du déploiement du scénario. Afin d'apporter plus de fidélité aux éléments à capitaliser (scénario et contexte), l'enseignant est amené à introduire des ajustements à la conception de son scénario et aux valeurs des éléments contextuels (produits à l'étape 2 de ce processus) pour qu'ils s'accordent plus avec la situation réelle.

6.2.6 Capitalisation du scénario indexé

Cette partie traite l'étape 8 du processus de la Figure 6.2 qui est la «*Capitalisation du scénario*». À cette étape, la base de scénarios indexés est enrichie par l'ajout d'un nouveau cas représentant une nouvelle expérience d'apprentissage à capitaliser. La partie droite de la Figure 6.3 montre le format de capitalisation d'un cas (inspiré de la logique CBR) composé de trois éléments : un problème, une solution et des résultats. Le **problème** dans ce cas consistait en la conception d'un scénario d'apprentissage adapté à un contexte. Ce dernier a subi le processus d'analyse pour former l'index contextuel (ICM-LS) à capitaliser. Dans ce contexte, un scénario d'apprentissage a été mis en œuvre et représente ainsi une **solution** qui a été associée à ce problème. Cette mise en œuvre du scénario (solution) dans ce contexte précis (problème) a produit des **résultats** qui sont perçus sous la forme de critères de réussite et d'efficacité du scénario dans ce contexte précis. Comme nous l'avons déjà présenté, ces résultats sont déterminés à l'aide des indicateurs calculés reflétant le déroulement du scénario.

Dans une future instanciation du processus d'assistance, l'enseignant exprimera à la phase de «réutilisation et conception du scénario» le contexte d'usage prévu PCM-LS qui constituera le nouveau problème à résoudre tel que le montre la partie gauche de la Figure 6.3. Le système sélectionnera et recommandera ainsi les scénarios capitalisés

associés aux problèmes les plus proches au problème actuel (avec un calcul de similarités contextuelles) et qui ont été les plus efficaces (c'est à dire qui ont produit les résultats les plus réussis). Ceci permettra de concevoir un nouveau scénario qui sera déployé et analysé pour représenter une nouvelle expérience d'apprentissage.

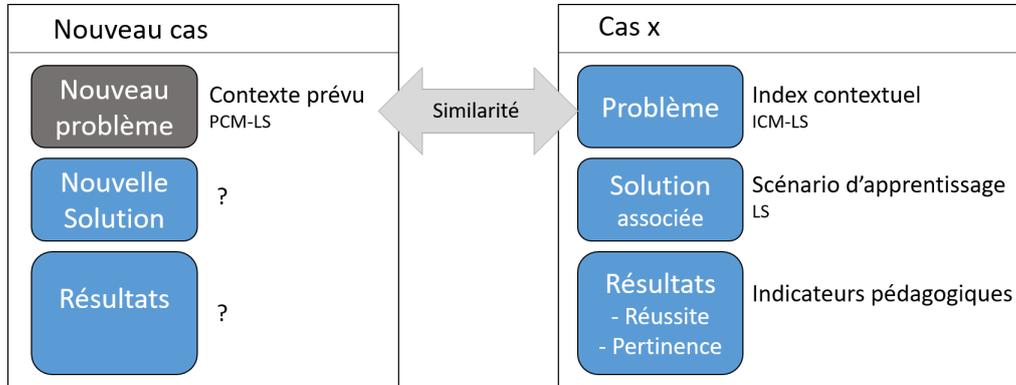


FIGURE 6.3. – Formalisation du problème en une approche CBR

Un scénario peut être associé à plusieurs index contextuels s'il a été réutilisé tel qu'il est (sans aucune modification) dans plusieurs situations d'apprentissage différentes. Cependant, chaque situation est stockée dans la base de cas comme une nouvelle expérience d'apprentissage puisque, même si le scénario conçu est le même, il représente un problème (le contexte) et des résultats différents.

PROPOSITION D'UNE APPROCHE POUR L'OPÉRATIONNALISATION DE L'ASSISTANCE À LA RÉUTILISATION ET À LA CAPITALISATION DES SCÉNARIOS D'APPRENTISSAGE

Dans ce chapitre, nous proposons une approche pour l'opérationnalisation du processus d'assistance à la réutilisation et à la capitalisation de scénarios d'apprentissage défini dans le chapitre précédent. Cette opérationnalisation consiste à spécifier des modèles et des méthodes pour la mise en place du processus. Pour cela, nous procédons comme suit :

1. la spécification des modèles manipulés par le processus d'assistance qui sera présentée dans la première Section (7.1) de ce présent chapitre :
 - a) la définition des formats de représentation *des modèles contextuels* qui sont les artefacts de base utilisés par le processus, et ce, à travers la proposition d'une approche de modélisation des connaissances contextuelles d'un scénario d'apprentissage ;
 - b) la proposition de choix de formalismes à adopter pour les autres modèles utilisés dans le processus notamment *les modèles de scénarios, les modèles d'indicateurs et les modèles de scénarios d'observation* et leurs relations/intégrations avec les modèles contextuels ;
2. la spécification de méthodes pour la mise en place de l'assistance à la réutilisation et la capitalisation de scénarios :
 - a) la spécification d'une méthode d'indexation contextuelle de scénarios à travers la définition des procédures et les règles à suivre ainsi que la manière de générer et exploiter les différents modèles. Cette méthode sera détaillée dans la deuxième Section (7.2) de ce présent chapitre ;
 - b) la spécification d'une méthode de sélection et de recommandation de scénarios appropriés à travers la définition d'un algorithme de calcul de similarités contextuelles se basant sur les modèles générés. Cette méthode sera détaillée dans la troisième Section (7.3) de ce présent chapitre.

7.1 PROPOSITION D'UNE APPROCHE DE MODÉLISATION DU CONTEXTE D'UN SCÉNARIO D'APPRENTISSAGE

Comme évoqué précédemment dans le Chapitre 3, de multiples interprétations du contexte ont été présentées dans la littérature variant selon les niveaux de spécification de ce dernier. Nous rappelons **notre définition du contexte d'un scénario d'apprentissage** qui a été établie suite à l'étude de la littérature d'une part et l'étude des corpus de scénarios dans des bases existantes d'autre part, qui est :

« L'ensemble des *caractéristiques* et des *contraintes* de l'environnement (incluant l'organisation, les acteurs, le système et l'activité) pouvant *influencer*, direc-

tement ou indirectement, le déroulement du scénario dans une situation d'apprentissage ».

Afin de pouvoir exploiter les connaissances contextuelles du scénario d'apprentissage, il est nécessaire de les organiser et de les modéliser. Notre première contribution consiste à proposer une approche de modélisation du contexte d'un scénario d'apprentissage enrichie par les indicateurs pédagogiques. Pour définir cette approche de modélisation, nous utilisons des pratiques de gestion des connaissances (knowledge management - KM) et de leur gestion organisationnelle. Ce champ de recherche KM a été adopté dans les EIAH pour la définition des tâches de création, d'acquisition, de capture, d'agrégation, de partage et d'utilisation des connaissances dans le but d'améliorer l'apprentissage.

Dans notre approche qui vise une capitalisation des scénarios, le contexte est vu d'une perspective globale couvrant le scénario d'apprentissage dans sa totalité, et non pas comme un contexte spécifique à une activité particulière du scénario. Nous rappelons les différentes problématiques qui ont été identifiées suite à l'étude des verrous scientifiques liés aux travaux de la littérature (cf. Chapitre 5) et que nous visons à résoudre à travers cette approche de modélisation du contexte :

- supporter la prise en compte de la multiplicité des facettes et dimensions contextuelles relatives au scénario d'apprentissage ;
- permettre d'organiser les connaissances contextuelles d'une manière «générique» et «ouverte». En effet, l'approche doit permettre d'exprimer le contexte sans restriction des propriétés et d'offrir la possibilité d'adapter et d'organiser les dimensions et éléments contextuels à considérer selon les besoins d'une communauté cible ;
- refléter au plus des expériences d'apprentissage réelles ayant déployé le scénario ;
- permettre d'exprimer le contexte indépendamment du format de représentation du scénario pour que l'approche soit interopérable avec différents formats et élargir ainsi son champ d'utilisation ;
- permettre au contexte d'évoluer et de s'ajuster en fonction des besoins et des objectifs de chacune des phases du processus d'assistance proposé ;
- exploiter les efforts de standardisation relatifs à l'ingénierie pédagogique.

Dans cette perspective, la modélisation du contexte d'un scénario d'apprentissage que nous proposons suit les principes suivants :

PRINCIPE1 : une modélisation multi-niveau du contexte d'un scénario d'apprentissage

PRINCIPE2 : une modélisation indépendante du langage de formalisation du scénario

PRINCIPE3 : une approche par méta-modélisation du contexte

PRINCIPE4 : une modélisation multi-facette du contexte enrichie par les indicateurs pédagogiques

Nous détaillons dans ce qui suit chacun de ces principes évoqués en justifiant les choix établis pour solutionner les différentes problématiques et répondre aux exigences identifiées. L'approche de modélisation proposée est expliquée au fur et à mesure de la présentation de ces principes.

7.1.1 Principe 1 : une modélisation multi-niveau du contexte d'un scénario d'apprentissage

Comme démontré par le processus d'assistance proposé, le scénario d'apprentissage passe par différentes phases durant son cycle de vie depuis sa conception par la réutilisation, en passant par sa mise en œuvre dans une situation d'apprentissage réelle, l'analyse de son contexte et de son déroulement dans son contexte d'usage et enfin son indexation et sa capitalisation. Durant ce cycle de vie du scénario, **la forme** et **l'objectif** de modélisation du contexte varient. En effet, la formalisation du contexte du scénario d'apprentissage, durant les différentes phases du processus, peut avoir différentes fins. On a besoin de représenter le contexte pour (1) décrire une nouvelle situation d'apprentissage dans laquelle l'enseignant prévoit de mettre en œuvre son scénario dans le but de sélectionner et réutiliser les scénarios appropriés, (2) décrire une situation d'apprentissage effective mettant en œuvre le scénario dans le but d'analyser cette situation et (3) indexer le scénario dans le but de le capitaliser de manière à favoriser des futures réutilisations.

Pour cela, nous distinguons les trois types (ou rendus) de modèles de contexte liés à un scénario (cf. Figure 7.1) reflétant les différents niveaux de perception du contexte déjà introduits lors de la description du processus :

- le modèle de contexte prévu (ou planifié) du scénario noté PCM-LS (Planned Context Model of Learning Scenario) : ce type de modèle est construit au cours de la phase de conception du scénario par la réutilisation pour décrire la situation d'apprentissage à planifier. Les connaissances contextuelles modélisées représentent une projection du contexte effectif englobant les différents éléments du contexte pouvant influencer, directement ou indirectement, le déroulement du scénario dans une situation d'apprentissage et les caractéristiques liées à ces éléments. Ces connaissances caractérisent en effet des entités issues du monde réel qui feront parties de l'environnement du scénario ;
- le modèle de contexte d'usage effectif du scénario noté ECM-LS (Effective Context Model of Learning Scenario) : les connaissances contextuelles modélisées à ce niveau sont perçues lors de la phase de mise en œuvre du scénario dans une situation d'apprentissage réelle. Elles englobent les connaissances du contexte prévu PCM-LS lors de la conception mais qui sont révisées et complétées par des connaissances perçues lors de l'exécution du scénario. Ceci revient au fait que certaines informations peuvent ne pas être exactement conformes à ce qui a été anticipé ou peuvent être non disponibles dès la phase de conception ;
- le modèle d'index contextuel du scénario noté ICM-LS (Indexed Context Model of Learning Scenario) : ce type de modèle contextuel est construit lors de la phase d'indexation du scénario. Comme ce modèle représente le format de capitalisation du contexte, il ne contient alors que les connaissances contextuelles utiles pour être exploitées dans des futures réutilisations. Les informations modélisées à ce niveau sont en plus analysées et interprétées (par l'enseignant et le système) pour servir d'appui à l'optimisation de ces futures réutilisations.

Ainsi, la distinction de ces types de modèles de contexte permet à la modélisation contextuelle *d'évoluer et de s'ajuster en fonction des besoins et des objectifs* des différentes phases du processus d'assistance proposé.

7.1.2 Principe 2 : une modélisation indépendante du langage de formalisation du scénario

Lors de la définition des formalismes de représentation des scénarios d'apprentissage étudiés dans la littérature, nous avons constaté que le contexte est parfois peu (ou non) abordé et est généralement spécifié comme l'un des éléments intégrés (ou figés) au scénario. Nous percevons ainsi le contexte comme une couche supérieure au scénario ce qui permet de modéliser les connaissances contextuelles indépendamment du langage de formalisation du scénario. Ceci facilite d'abord la gestion, la manipulation et l'exploitation de ces connaissances. Ceci permet également d'appliquer l'approche proposée avec plusieurs formalismes (langages ou modèles) de représentation de scénarios basés sur l'activité afin qu'elle soit la plus générique possible et élargir son champ d'utilisation. Cette vision de séparation du scénario d'apprentissage de son contexte est visible dans la Figure 7.1. Nous organisons les différents concepts évoqués en trois niveaux : le niveau L1 pour le scénario d'apprentissage, le niveau L2 pour son contexte et le niveau L3 supérieur pour les indicateurs pédagogiques permettant d'analyser le contexte (L2) et le scénario (L1).

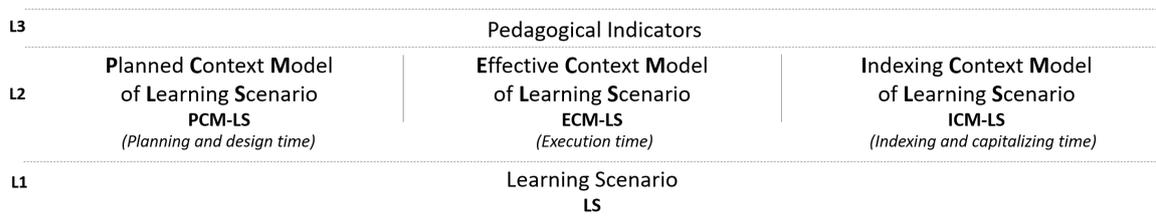


FIGURE 7.1. – Niveaux de contexte des scénarios d'apprentissage

Ainsi, notre approche n'impose pas un format de modélisation particulier du scénario et vise à être adaptable aux modèles de scénarios existants avec la condition qu'ils soient centrés sur l'«activité» comme unité de base (e.g., modèles IMS-LD, modèles LAMS, modèles POEML, Modèles TELOS, modèles SCENARI tels que OPALE ou BASAR). Dans la suite de la définition de notre approche d'opérationnalisation, nous utilisons le modèle BASAR de SCENARI (cf. Figure 3.6) pour la structuration des scénarios d'apprentissage (LS) de la couche L1. Ce choix a été fait parce que les études de cas et les expérimentations faites dans le cadre de nos travaux se basent sur des scénarios existants de la base BASAR s'inscrivant dans notre programme de recherche. De plus, les scénarios BASAR peuvent être générés sous forme de packages en IMS-CC¹ exploitables directement dans une plateforme d'apprentissage (tel que Moodle) ce qui nous est utile pour le calcul d'indicateurs. À la fin de ce chapitre (cf. Section 7.4), nous procéderons à une ébauche de généralisation de l'approche sur les modèles de scénarios décrits par des langages EML.

7.1.3 Principe 3 : une approche par méta-modélisation

Comme constaté dans la revue de la littérature du Chapitre 3, le contexte d'un scénario d'apprentissage est riche et ouvert. Il est impossible d'en obtenir une modélisation stable et finie qui soit adaptée à toutes les spécifications. Chacun des travaux de la littérature modélise la diversité du contexte dans leurs cadres spécifiques et leurs formats

1. Un format de packaging et d'échange de contenu d'apprentissage permettant l'interopérabilité entre ce contenu et les systèmes

de représentation particuliers. C'est pour ces raisons que nous adoptons une approche par méta-modélisation du contexte d'un scénario d'apprentissage. Proposer un méta-modèle permet de définir une approche générique de modélisation du contexte sans en figer les caractéristiques. Le méta-modèle peut être instancié selon les besoins du cas d'utilisation comme nous le ferons par la suite pour le cas des scénarios BASAR (cf. Section 7.6).

Nous proposons ainsi CAPtuRe-metamodel permettant d'instancier des modèles de contexte d'un scénario d'apprentissage selon les besoins de la communauté visée exploitant cette modélisation. Nous choisissons l'architecture à quatre couches spécifiant les différents niveaux conceptuels proposés par l'OMG [MDA, 2000] pour la définition de méta-méta-modèles, méta-modèles et modèles. Nous spécifions ces 4 couches, comme le montre la Figure 7.2, de la manière suivante :

- **M3** : représente le méta-méta-modèle EMOF [Gardner, 2003], utile à la description des méta-modèles, proposé dans le framework EMF (Eclipse Modeling Framework) ;
- **M2** : représente notre méta-modèle (Ecore) proposé pour décrire des modèles de contexte de scénarios d'apprentissage. Ce méta-modèle est détaillé plus tard dans CAPtuRe-metamodel de la Figure 7.3 ;
- **M1** : représente les modèles de contexte liés à un scénario. Les différents niveaux de représentation de contexte (ECM-LS, ICM-LS et PCM-LS) définis précédemment sont conformes au même méta-modèle du contexte du niveau M2. Une application de cette couche est établie pour le cas des scénarios de BASAR. La structure de ces modèles est illustrée plus tard dans CAPtuRe-model de la Figure 7.6 ;
- **M0** : représente le monde réel constitué ici des entités contextuelles présentes dans une situation d'apprentissage tels que les acteurs, le matériel d'apprentissage et l'organisation.

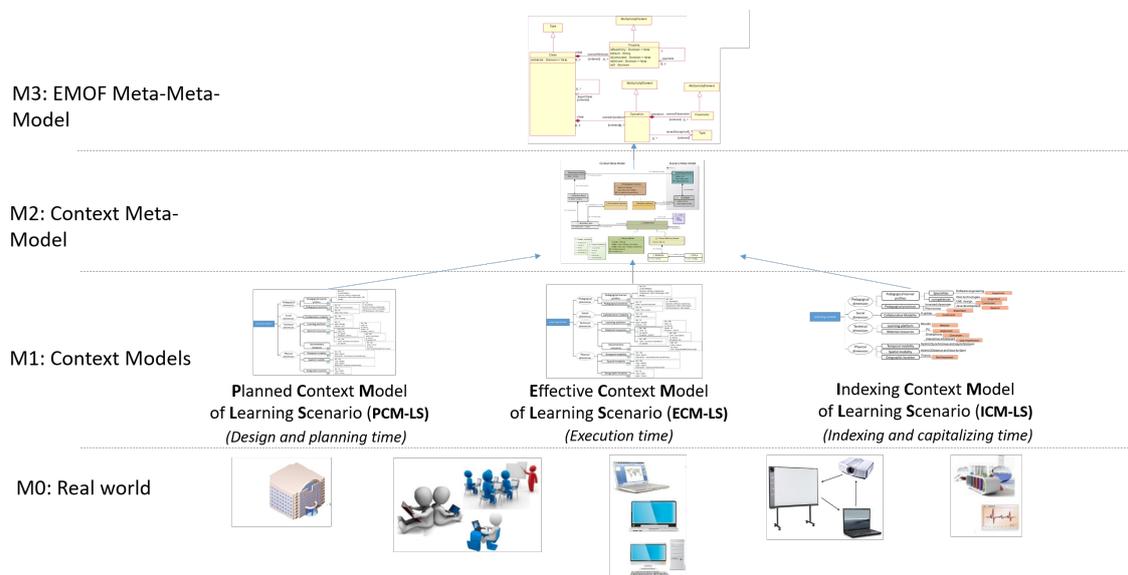


FIGURE 7.2. – Les couches de modélisation du contexte d'un scénario d'apprentissage

7.1.4 *Principe 4 : une modélisation multi-facette du contexte enrichie par les indicateurs pédagogiques*

Cette section nous permettra d'identifier la manière de structurer le contexte d'un scénario d'apprentissage selon ses différents niveaux de spécification. Cette structuration est exprimée par le méta-modèle du contexte CAPtuRe-metamodel que nous représentons dans la Figure 7.3. Ce méta-modèle est défini à l'aide du framework EMF (Eclipse Modeling Framework) et est conforme au méta-méta-modèle Ecore. L'analyse qui suit étudiera la spécification de ce méta-modèle. A ce niveau, nous présentons notre méta-modèle du contexte interagissant avec un méta-modèle de scénario basé-activité assez simplifié. En effet, nous limitons la modélisation du niveau L1 (cf. Figure 7.1) à un scénario («ELearning_Scenario») composé d'un ensemble d'activités («ELearning_Activity») et associé à un contexte d'apprentissage («ELearning_Context»).

La revue de la littérature ainsi que l'étude des corpus des scénarios dans des bases existantes (notamment la base BASAR) ont révélé une grande diversité des éléments contextuels identifiés selon différents points de vue. Ils peuvent être vus d'un côté didactique, pédagogique, social, affectif, technique ou autre. Dans le but de structurer et classifier ces éléments contextuels («EContext_Item») d'où faciliter l'accès, nous choisissons une modélisation multi-facettes du contexte d'un scénario d'apprentissage. Le méta-modèle du contexte d'un scénario d'apprentissage a comme élément racine principal la classe « ELearning_Context » englobant l'ensemble des facettes du contexte «EContext_Facet». Chaque élément contextuel (tels que profil pédagogique des apprenants, modalité collaborative, modalité spatiale, ressources documentaires ou autres) appartient à l'une des facettes identifiées (tels que les facettes didactique, pédagogique, sociale, affective, culturelle, technique, physique ou autre).

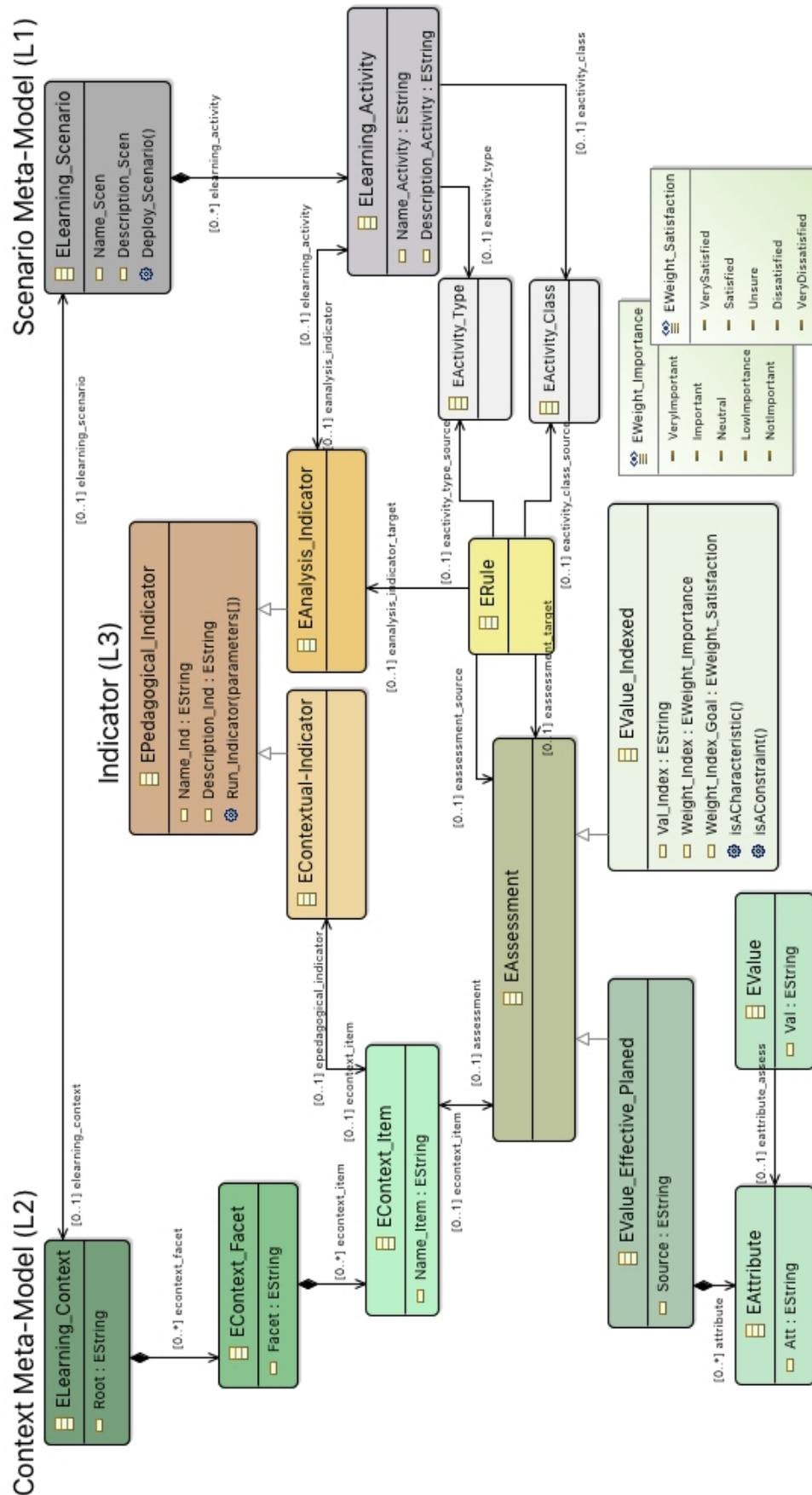


FIGURE 7.3. – Le méta-modèle du contexte et sa relation avec les indicateurs et le méta-modèle de scénario basé-activité

Afin d'évaluer un élément contextuel, on lui affecte une évaluation (« EAssessment »). Comme nous disposons de trois niveaux de perception du contexte qui doivent être supportés par cette modélisation qui sont PCM-LS, ECM-LS et ICM-LS (cf. Figure 7.1), nous distinguons deux types d'évaluations possibles :

- Évaluation affectée pour contexte planifié ou effectif (« EValue_Effective_Planned ») : Il s'agit d'une évaluation à associer à un élément contextuel dans un modèle de contexte de type ECM (Effective Context Model) ou de type PCM (Effective Context Model). Nous avons associé ces deux types de contexte à un même type d'évaluation vu que le contexte planifié est une projection/vue a priori du contexte effectif et qu'ils requièrent ainsi la même forme d'évaluation.
- Évaluation affectée pour index contextuel (« EValue_Indexed ») : Il s'agit d'une évaluation à associer à un élément contextuel dans un modèle de contexte de type ICM (Indexed Context Model).

La différence entre ces deux types d'évaluations est que dans **un contexte planifié ou effectif**, les évaluations représentent des instances d'objets réels comme par exemple l'ensemble des profils effectifs des apprenants participant à un scénario ou la liste de matériel à utiliser (ou utilisé) dans le scénario et leurs configurations (e.g., le modèle d'un ordinateur, sa capacité de mémoire et son système d'exploitation). Ainsi, si nous parlons d'une évaluation pour contexte planifié ou effectif («EValue_Effective_Planned») utilisée dans une situation de conception par la réutilisation, on a besoin de lui associer un ensemble d'attributs (« EAttribute ») et les valeurs associées («EValue ») et de la caractériser par une source (« ESource ») à partir de laquelle l'information relative à l'évaluation a été recueillie (par exemple à partir d'un formulaire d'informations, d'une base de données de l'institution, de traces, etc.). La Figure 7.4 montre des exemples d'évaluations pour contexte planifié ou effectif attribuées à un élément de contexte représentant le profil pédagogique des apprenants («Pedagogical learner profiles»). Comme le montre cette figure, une évaluation représente un profil d'apprenant identifié par un numéro unique (Id) et caractérisé par un ensemble de spécialités («Specialty»), de compétences («Competences») et l'identifiant d'une source des données («Source») de laquelle est issue l'évaluation. L'attribut («Ref») référence l'élément contextuel auquel est associée l'évaluation qui représente ici les profils pédagogiques des apprenants (Pedagogical learner profiles - PLP).

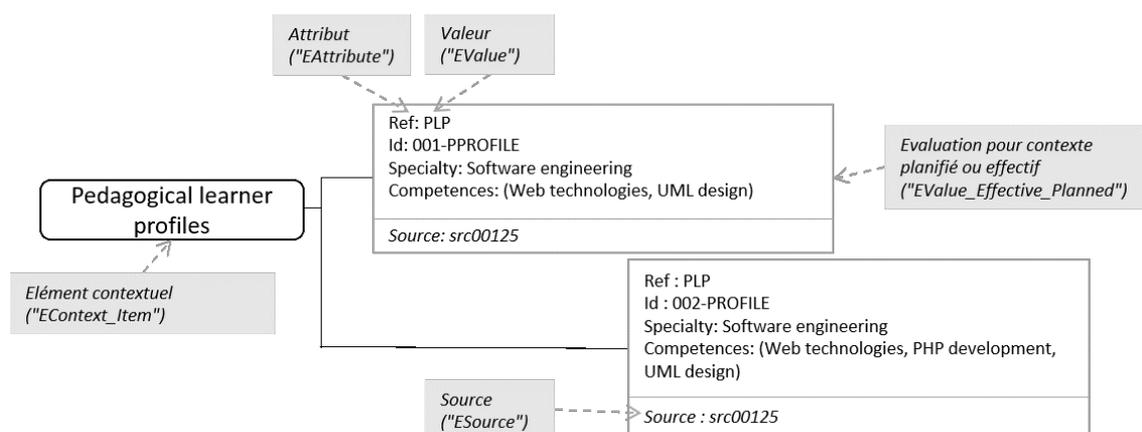


FIGURE 7.4. – Exemple d'évaluations associées à un élément contextuel dans un contexte planifié ou effectif

Par contre, pour le cas **d'index contextuel**, les évaluations représentent des informations traitées et interprétées à partir des instances réelles comme par exemple la liste des compétences de tous les apprenants ayant participé au scénario ou l'ensemble des systèmes d'exploitation installés dans les ordinateurs utilisés lors d'une session d'apprentissage. Ce format est plus adapté à la recherche et sélection de scénarios par leur index et facilite le traitement des données. Donc si nous parlons d'une évaluation pour index contextuel («EValue_Indexed» dans le méta-modèle), elle est associée à une entrée d'index («EVal_index»). Des pondérations peuvent être associées aux évaluations contextuelles («Weight_index») afin de souligner l'importance de la présence de l'évaluation en question lors de la réutilisation du scénario. Cette pondération peut prendre les valeurs suivantes selon l'échelle de Likert relative au degré d'importance («EWeight_Importance») : Non important (0); faible importance (0,25); neutre (0,5); important (0,75) ou très important (1). Certaines évaluations particulières relatives à des objectifs seront plutôt pondérées par des degrés de satisfaction «EWeight_Satisfaction».

La Figure 7.5 montre des évaluations pour index contextuel ICM-LS associées à un élément de contexte représentant le même exemple de profil pédagogique des apprenants. Cette figure montre le même élément contextuel évalué précédemment (cf. Figure 7.4) dans un modèle de contexte planifié ou effectif, mais cette fois pour un modèle d'index contextuel. Dans ce cas, un élément contextuel est associé à un ensemble d'entrées d'index caractérisées par des valeurs d'index pondérées.

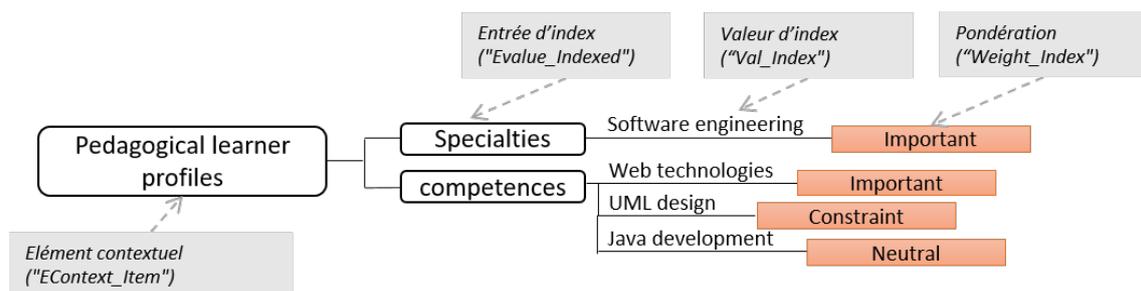


FIGURE 7.5. – Exemple d'évaluations pour index contextuel associées à un élément contextuel

Cet exemple d'index contextuel associé à un scénario de titre «Website design» exprime qu'il a été *important* que les apprenants aient comme spécialité «Software engineering» et qu'ils aient la compétence «Web technologies» pour la réussite du scénario. Par contre, la compétence «UML design» est une *contrainte* et sa présence est obligatoire lors d'une réutilisation du scénario. La compétence «Java development» dont dispose les apprenants est cependant *neutre* et n'a pas d'effet sur la réussite du scénario.

Certaines évaluations dans l'index peuvent être jugées très importantes et contraindre l'exécution du scénario, c'est à dire qu'elles doivent être satisfaites pour que le scénario soit réutilisable. On cite par exemple le cas d'une compétence de l'enseignant, un prérequis duquel doivent disposer obligatoirement les apprenants ou une ressource matérielle devant être disponible pour l'exécution du scénario. C'est ce qu'on appelle «contrainte contextuelle» du scénario exprimée par la fonction «isAConstraint()» de la classe «EValue_Indexed». D'autre part, certains éléments sont considérés comme éléments caractéristiques du contexte du scénario exprimés par la fonction «isACharacteristic()» de la classe «EValue_Indexed». Ce type d'éléments caractérise le contexte du scénario. On cite par exemple les objectifs pédagogiques ou sociaux ou une ressource documentaire.

Ces deux fonctions se basent sur la pondération associée à l'évaluation contextuelle : si la valeur « constraint » est affectée à l'attribut «EWeight_index» c'est qu'il s'agit d'une contrainte contextuelle d'utilisation du scénario sinon, pour les autres valeurs, il s'agit d'une caractéristique du contexte du scénario.

Dans le but de considérer la dimension de l'observation et d'enrichir le modèle du contexte, nous associons des indicateurs pédagogiques («EPedagogical_indicator») aux éléments contextuels. L'idée principale est d'enrichir les connaissances du contexte de chaque scénario par des indicateurs pédagogiques calculés. En effet, les indicateurs sont rattachés aux éléments de contexte pour fournir des informations complémentaires calculées sur le contexte du scénario (e.g., un indicateur sur l'état d'un dispositif matériel ou un indicateur sur la trajectoire d'un apprenant) ou aux activités d'apprentissage du scénario pour évaluer le déroulement du scénario (sa réussite et sa pertinence) dans ce contexte spécifique (e.g., un indicateur sur le taux de division du travail ou un indicateur sur les résultats d'une évaluation). Ainsi, les indicateurs sont placés au niveau supérieur interprétant le scénario et son contexte. Ceci a été illustré dans la Figure (7.1) complétant la logique multi-niveaux de modélisation du contexte, en ajoutant le niveau 3 (Level 3) constituant les indicateurs pédagogiques. Ces indicateurs sont associés à des fonctions qui prennent en entrée les traces d'usage du scénario (collectées à partir des bases de données LMS, les fichiers journaux, etc.) et/ou des données fournies par l'enseignant. Ce niveau 3 ajoute les données calculées reflétant le déroulement d'un scénario du niveau L1 dans un contexte donné du niveau L2, et utilisées pour caractériser l'expérience d'apprentissage effective d'un tel scénario.

Ainsi, proposer un méta-modèle nous a permis de définir une approche générique de modélisation du contexte sans restriction des propriétés. Face à un contexte de scénario d'apprentissage riche et ouvert, il est impossible d'obtenir une modélisation stable et complète. Les experts du domaine sont responsables de l'identification et la mise en place des différents éléments et facettes contextuels adaptés à la communauté cible et aussi à la spécification des indicateurs pédagogiques. La section suivante présente un exemple de modèle de contexte (CAPtuRe-model), conforme au méta-modèle présenté précédemment (cf. CAPtuRe-metamodel de la Figure 7.3), que nous mettons en place pour le cas des scénarios d'apprentissage hybrides de la base BASAR.

7.1.5 *Un modèle de contexte d'un scénario d'apprentissage hybride : CAPtuRe-model*

Afin d'illustrer l'approche de modélisation du contexte, nous avons étudié différents travaux de la littérature portant sur le contexte [Bradley and Dunlop, 2005; Schmidt, 2005; Malek et al., 2006; Tetchueng et al., 2008], des travaux portant sur les indicateurs pédagogiques [Santos et al., 2003; Dimitrakopoulou, 2004; Kepka et al., 2007; Settouti et al., 2007; Gendron, 2010], ainsi que des travaux issus des sciences de l'éducation [Altet, 2002]. Nous avons également étudié les scénarios d'apprentissage dans des bases existantes et notamment les scénarios hybrides de la base BASAR pour repérer et extraire les aspects contextuels exprimés (explicitement ou implicitement) dans les scénarios conçus et qui pourraient être utiles à l'indexation et la capitalisation des scénarios.

Suite à cette étude, nous avons procédé d'une part à l'identification des éléments/évaluations de contexte d'un scénario d'apprentissage hybride et à leurs classements en facettes. Ceci a été guidé par l'étude des corpus des scénarios de BASAR et une analyse contextuelle et du contenu de ces scénarios (voir les étapes d'évaluation E1 et E2 du

Chapitre 9). Nous avons également identifié et défini des indicateurs pédagogiques pouvant apporter, particulièrement, des informations additionnelles sur le contexte. D'autre part, nous avons établi des correspondances entre les différents aspects contextuels des scénarios d'apprentissage, les types d'activités d'apprentissage et les indicateurs pédagogiques. Le but est de modéliser l'information pouvant être utile à l'indexation et à la recommandation du scénario. Sur cette base, nous proposons un exemple de modèle de contexte, conforme au méta-modèle (cf. Figure 7.3) détaillé précédemment, pour le cas de la base de scénarios d'apprentissage BASAR ayant principalement le caractère « hybride » et inscrits dans le cadre de formations universitaires (mastère, licence ou doctorat). Le métamodèle d'un scénario BASAR (cf. Figure 3.6) s'accorde avec le méta-modèle du scénario simplifié basé sur l'activité et utilisé dans la Figure 7.3.

Cette approche par méta-modélisation permet d'instancier et construire des modèles de contexte adaptés en fonction du besoin décelé pour une communauté bien particulière (par exemple ici la communauté des concepteurs de BASAR). À noter que nous appelons ce modèle instancié CM-LS (Context Model for Learning Scenario) exprimant la structure des différents types de modèles de contexte adoptés par une communauté, un modèle qui représente les besoins en terme de contexte de scénarios. Ce modèle, une fois évalué, donne des modèles de types PCM-LS, ECM-LS et ICM-LS.

7.1.5.1 *Spécification et mise en place du modèle de contexte CAPtuRe-model pour un scénario d'apprentissage hybride*

Le méta-modèle défini a été conçu de manière à permettre la génération de modèles sous la forme de graphes contextuels pondérés de type « arbre », et ce afin de pouvoir exploiter les techniques liées aux graphes et bénéficier de leurs apports. La notion de graphes contextuels a été utilisée dans certains travaux tels que ceux de [Bazire and Brézillon \[2005\]](#) ou de [Benard et al. \[2006\]](#). En effet, les graphes sont des types de modèle utilisés pour décrire des structures complexes.

Nos motivations du choix d'adoption d'une telle représentation sont :

1. la représentation hiérarchique permettant la propagation ascendante des pondérations (attribution de pondérations aux éléments supérieurs de l'arbre à partir des pondérations des éléments inférieurs suivant un algorithme déterminé), utile pour notre méthode de sélection et de recommandation de scénarios ;
2. l'organisation et la structuration multidimensionnelle permettant la facilitation des tâches de raisonnement, d'analyse et de recherche dans ces modèles, ainsi que la possibilité de décomposition du problème en sous-graphes ou de restriction à des sous graphes particuliers ;
3. la visualisation avec un format graphique clair et compréhensible ;
4. l'extensibilité du modèle par l'ajout de chemins et sa maintenabilité ;
5. l'existence de métriques permettant le calcul de similarité entre des arbres de contexte ;
6. l'optimisation du temps de recherche.

La Figure 7.6 montre le modèle mis en place pour le cas des scénarios hybrides.

PROPOSITION D'UNE APPROCHE POUR L'OPÉRATIONNALISATION DE L'ASSISTANCE À LA RÉUTILISATION ET À LA CAPITALISATION DES SCÉNARIOS D'APPRENTISSAGE

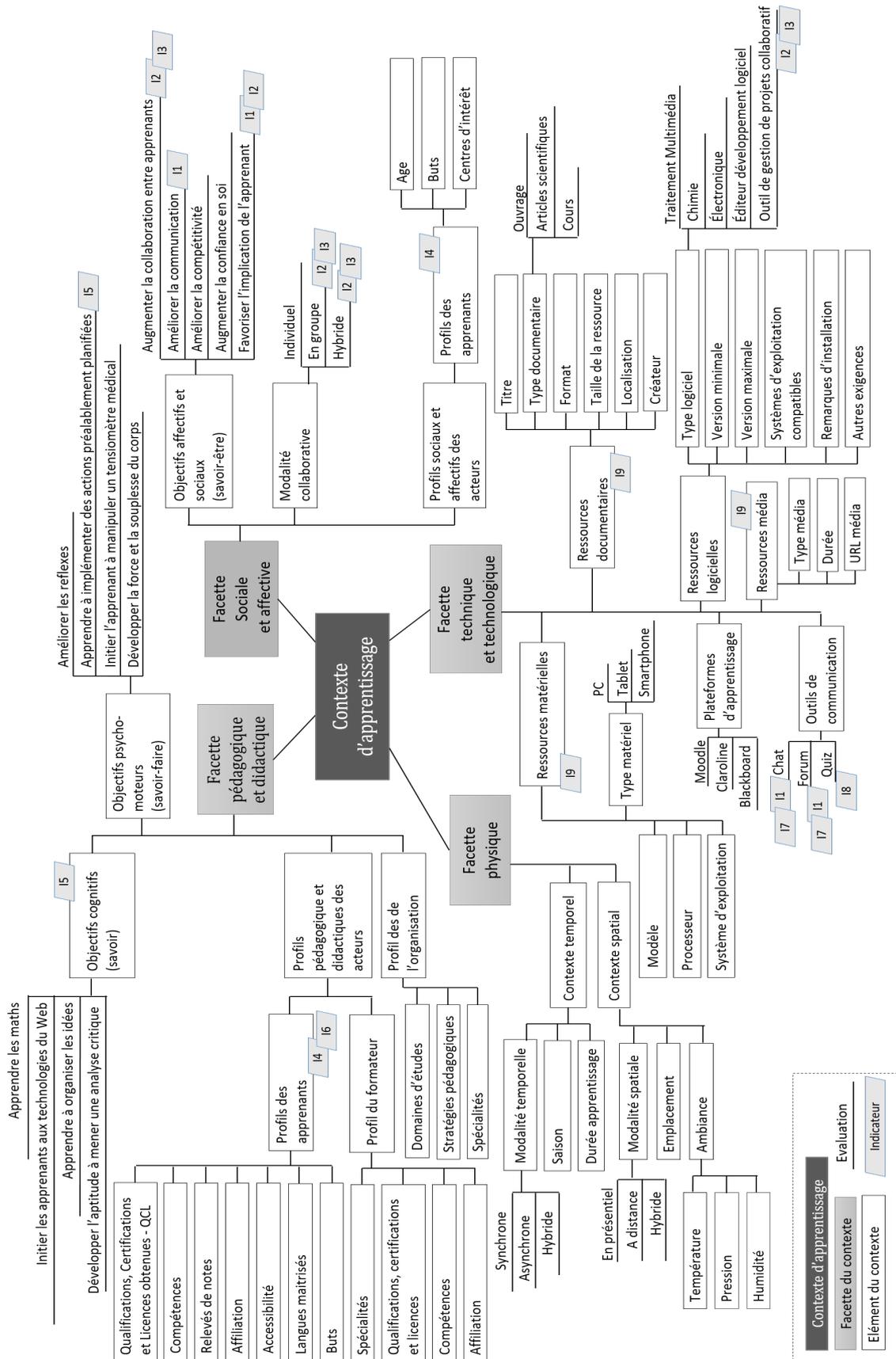


FIGURE 7.6. – Modèle de contexte CAPtuRe-model pour le cas des scénarios d'apprentissage hybrides

Comme spécifié dans le méta-modèle, le contexte d'apprentissage (élément racine) est décomposé en un ensemble de facettes. Pour ces scénarios d'apprentissage hybrides, nous identifions 4 facettes du contexte : facette pédagogique et didactique, facette sociale et affective, facette technique et technologique et facette physique. Une facette est composée d'un ensemble d'éléments contextuels eux-mêmes pouvant être détaillés en un ensemble de sous-éléments de contexte. Les éléments de contexte de niveau inférieur (n'ayant pas de sous-éléments de contexte) seront associés à des évaluations (« EAssessment ») lors de l'instanciation du modèle pour former les 3 types de rendus des modèles instanciés PCM-LS, ECM-LS et ICM-LS. Dans le modèle présenté dans la Figure 7.6, des alternatives possibles d'évaluations sont associées aux éléments contextuels.

L'identification des facettes, éléments et évaluations contextuels est établie en fonction des besoins repérés des scénarios de BASAR et représente une application de notre approche de méta-modélisation / modélisation du contexte. La liste est certes extensible et adaptable tout en restant conforme au meta-modèle du contexte proposé.

En partant de notre définition du contexte, tout élément :

- qui peut influencer le déroulement effectif du scénario ;
- et (qui caractérise l'environnement du scénario ou dont la présence est une contrainte d'utilisation du scénario) qu'il soit d'ordre technique, pédagogique, social, physique ou autre ;
- et qui peut varier en passant d'une situation d'apprentissage à une autre pour un même scénario réutilisé ;

peut être considéré comme un élément du contexte de ce scénario d'apprentissage. Comme le montre la Figure 7.7, afin de déterminer si un élément fait partie du scénario ou bien de son contexte, on commence par fixer un scénario et on le transfère d'un contexte à un autre (on l'intègre dans un nouveau contexte). En d'autres termes, on considère le cas où un concepteur sélectionne un scénario existant de la base et décide de le réutiliser tel qu'il est dans une nouvelle situation d'apprentissage avec un nouveau contexte : tout élément qui est fixe (non variable) d'une situation d'apprentissage à une autre est plutôt considéré comme un élément du scénario même. Tout élément pouvant varier d'une situation à une autre fait partie du contexte.

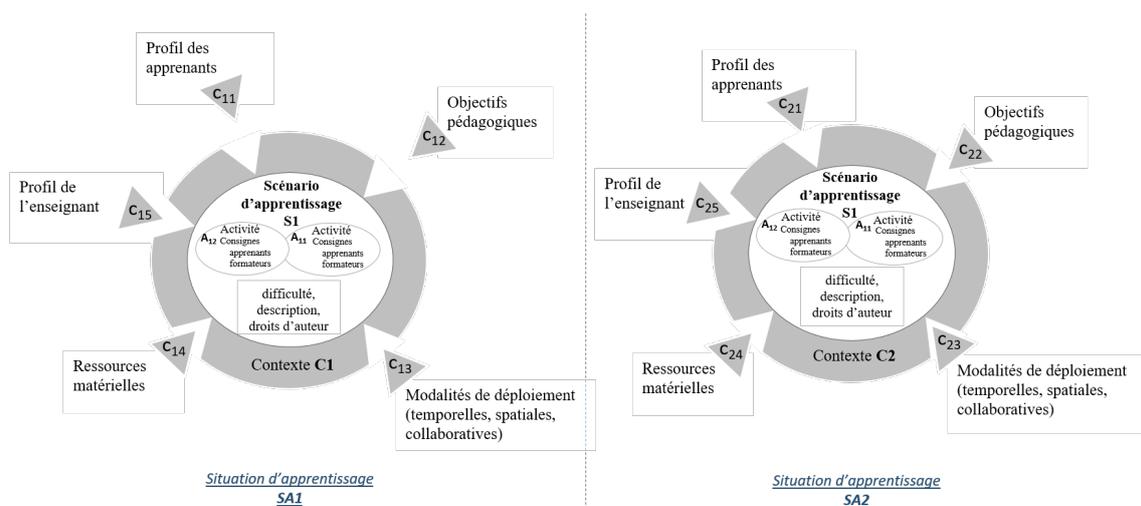


FIGURE 7.7. – Illustration de l'exécution d'un scénario d'apprentissage dans deux contextes d'apprentissage différents

Nous expliquons dans ce qui suit le schéma de la Figure 7.7 :

Soit un scénario d'apprentissage S_1 composé des deux activités A_{11} et A_{12} . Le scénario S_1 est exécuté dans deux situations d'apprentissage différentes SA_1 et SA_2 . Chacune de ces situations d'apprentissage est caractérisée par un contexte différent, respectivement C_1 et C_2 . Le contexte C_1 est l'ensemble d'éléments contextuels évalués dans la première situation (c_{11} , c_{12} , c_{13} , c_{14} et c_{15}) et le contexte C_2 est l'ensemble d'éléments contextuels évalués dans la deuxième situation (c_{21} , c_{22} , c_{23} , c_{24} et c_{25}).

D'une manière générale, un contexte d'un scénario d'apprentissage C_i est un ensemble d'éléments contextuels évalués tel que :

$C_i = \{c_{ij}, j \in (1..n)\}$, avec n le nombre d'éléments contextuels identifiés.

En considérant la définition du contexte établie ci-avant, les profils des apprenants ou celui de l'enseignant, les objectifs pédagogiques, les modalités d'apprentissage (temporelles, spatiales et collaboratives) et les ressources matérielles utilisées sont identifiés comme des éléments appartenant au contexte du scénario d'apprentissage. En effet, ils (1) peuvent varier d'une situation à une autre pour un même scénario, (2) peuvent influencer les résultats du déroulement effectif du scénario et (3) caractérisent l'environnement du scénario (ou dont la présence contraint l'utilisation du scénario).

Les activités (ou la structure) du scénario, sa difficulté (e.g., débutant, avancé), sa description ou les consignes apprenants et formateurs par exemple, caractérisent plutôt le scénario même et non pas son contexte. Ces éléments ne sont donc pas considérés comme contexte du scénario et ne figurent donc pas dans le modèle contextuel construit.

7.1.5.2 *Vers une mutualisation des standards/normes de l'apprentissage au service de la modélisation du contexte des scénarios d'apprentissage*

Notre approche de modélisation du contexte n'exclut pas les standards, normes et spécifications d'apprentissage qui sont apparus et dont chacun traite des aspects particuliers relatifs à l'apprentissage (cf. Section 2.4).

Ces aspects interviennent dans le processus de scénarisation et peuvent notamment être exploités pour appuyer et renforcer la modélisation des éléments contextuels relatifs aux scénarios. Les standards (ou normes ou spécifications) peuvent être utiles pour caractériser certains éléments contextuels. Notre démarche tend vers la définition d'une approche de mutualisation des standards de l'apprentissage comme support à la réutilisation des scénarios. Ceci permet d'exploiter ces différentes initiatives de standardisation existantes et d'utiliser un vocabulaire déjà utilisé et maîtrisé par la communauté de pratique. D'autant plus que, tel que nous l'avons discuté dans la revue de la littérature, ces standards peuvent jouer un rôle dans la favorisation de la réutilisation. De ces faits, lors de l'identification et la spécification des différent(e)s facettes/éléments contextuels pour le cas des scénarios d'apprentissages hybrides, nous nous sommes appuyés sur les standards LOM-FR [LOM, 2002], le MLR [ISO, 2011] et le IMS-LIP [IMS-LIP, 2008]. Cette liste est bien évidemment extensible et on peut envisager l'intégration d'autres standards. Nous nous focalisons essentiellement sur les données pouvant être utiles à l'indexation du scénario. Ci-après les listes des éléments de standards existants réutilisés dans notre modèle de contexte.

DES PROFILS D'APPRENANTS BASÉS SUR LE IMS-LIP

Les profils des acteurs (i.e. apprenants, enseignants) sont considérés comme des élé-

ments de contexte du scénario puisqu'ils caractérisent ces acteurs appartenant à l'environnement du scénario et pouvant varier d'une situation d'apprentissage à une autre. Vu que nous adoptons une approche multi-facettes du contexte, ces profils sont par conséquent vus à travers différentes facettes : profil pédagogique et didactique ou profil social et affectif. Pour identifier les sous-éléments des profils, nous nous sommes appuyés sur la spécification IMS-LIP conçue pour la modélisation des profils des apprenants. Nous exploitons également certains éléments pouvant être utiles pour caractériser le profil de l'enseignant. Le Tableau 7.1 montre les éléments utilisés du IMS-LIP, leur description et leur correspondance avec notre modèle de contexte.

Élément du IMS-LIP	Description donnée par IMS-LIP	Correspondance avec CAPtuRe-model
Qcl	«Une description des qualifications, certifications et licences obtenues»	Facette pédagogique et didactique > Profil des apprenants > Qcl Facette pédagogique et didactique > Profil des enseignants > Qcl
Interest	«Les centres d'intérêt de l'apprenant»	Facette sociale et affective > Profil des apprenants > Centres d'intérêt
Compétences	«Les compétences de l'apprenant»	Facette pédagogique et didactique > Profil des apprenants > compétences Facette pédagogique et didactique > Profil des enseignants > compétences
Transcript	«Un résumé sur les réussites académiques de l'apprenant»	Facette pédagogique et didactique > Profil des apprenants > Relevés de notes
Accessibility	«Les compétences linguistiques de l'apprenant, ses préférences cognitives, physiques et technologiques, ses éligibilités et ses invalidités»	Facette pédagogique et didactique > Profil des apprenants > Accessibilité

TABLE 7.1. – Liste des éléments sélectionnés du IMS LIP utilisés et leur correspondance avec CAPtuRe-model

DES MÉTADONNÉES POUR LES RESSOURCES/OBJETS D'APPRENTISSAGE BASÉES SUR LE LOM ET LE MLR

Certains éléments proposés dans le profil LOM-FR² du LOM qui est défini pour les métadonnées associées aux objets pédagogiques et dans le profil Normetic 2.0³ du MLR qui est défini pour les métadonnées associées aux ressources pédagogiques sont intéressants à prendre en considération dans la spécification de notre modèle de contexte.

2. Le profil français du LOM; <http://www.lom-fr.fr/>

3. Le profil québécois du MLR; <http://www.gtn-quebec.org/standard/normetic-2.0>

Les standards LOM et MLR sont conçus de manière à ce qu'ils soient interopérables. En nous appuyant sur ces deux profils, nous avons sélectionné certains éléments que nous avons jugé pertinents pour caractériser les aspects contextuels d'un scénario d'apprentissage et établis une correspondance de ces éléments avec notre modèle de contexte respectivement dans les Tableaux 7.2 et 7.3. Nous ne considérons pas les métadonnées pouvant caractériser le scénario même mais seulement ceux qui caractérisent le contexte du scénario.

Éléments du LOM-FR	Correspondance avec CAPtuRe-model
1.10. Langue	Facette technique et technologique > Ressources documentaires > Type documentaire
4.1. Format	Facette technique et technologique > Ressources documentaires > Format
4.2. Taille de la ressource	Facette technique et technologique > Ressources documentaires > Taille de la ressource
4.3. Localisation	Facette technique et technologique > Ressources documentaires > Localisation
4.4. Exigences techniques 4.4.1. OrComposite 4.4.1.1. Type 4.4.1.2. Nom 4.4.1.3. Version minimale 4.4.1.4. Version maximale	- - Facette technique et technologique > Ressources logicielles > Type Facette technique et technologique > Ressources logicielles > Nom Facette technique et technologique > Ressources logicielles > Version minimale Facette technique et technologique > Ressources logicielles > Version maximale
4.5. Remarques d'installation	Facette technique et technologique > Ressources logicielles > Remarques d'installation
4.6. Autres exigences	Facette technique et technologique > Ressources logicielles > Autres exigences
4.7. Durée de la ressource	Facette technique et technologique > Ressource média > Durée de la ressource
5.7. Âge de l'apprenant	Facette sociale et affective > Profil social et affectif de l'apprenant > Âge
9.1. Objectif pédagogique	Facette pédagogique et didactique > Objectifs pédagogiques et didactiques

TABLE 7.2. – Liste des éléments sélectionnés du LOM-FR et leur correspondance avec CAPtuRe-model

Éléments du profil Normetic 2.0 MLR	Correspondance avec CAPtuRe-model
----------------------------------------	-----------------------------------

ISO_IEC_19788 - 5 :2011 : :DES1000 Langue de l'utilisateur	Facette pédagogique et didactique > Profil des apprenants > langues maîtrisées Facette pédagogique et didactique > Profil des enseignants > langues maîtrisées
ISO_IEC_19788 - 2 :2011 : :DES0100 Titre	Facette technique et technologique > Ressources documentaires > Titre
ISO_IEC_19788 - 2 :2011 : :DES0200 Créateur	Facette technique et technologique > Ressources documentaires > Créateur

TABLE 7.3. – Liste des éléments sélectionnés du Normetic 2.0 et leur correspondance avec CAPtuRe-model

7.1.5.3 Étiquetage du modèle de contexte par les indicateurs d'apprentissage

Afin d'enrichir le modèle de contexte, nous lui associons des indicateurs qui reflètent les données observées d'une situation d'apprentissage réelle. Ceci a été explicité à travers le méta-modèle construit à la Figure 7.3. Les valeurs prises par ces indicateurs étiquetant les différents éléments et évaluations d'une instance du modèle de contexte évalué, représentent autant d'informations additionnelles sur les aspects associés. Les définitions de ces indicateurs étiquettent le modèle de contexte tel qu'il a été appliqué au modèle CM-LS de la Figure 7.6, depuis la phase de spécification du modèle afin de guider la scénarisation de l'observation.

Nous partageons la même approche que le langage UTL/DCL4UTL de modélisation des indicateurs en considérant ces derniers comme « *des variables signifiantes sur le plan pédagogique, calculées ou établies à l'aide de données observées, et témoignant de la qualité de l'interaction, de l'activité et de l'apprentissage dans un EIAH* » [Choquet and Iksal, 2007a]. À partir de cette définition, un indicateur est toute information calculée à partir de données observées (par exemple des traces) et donc résulte d'une observation du scénario lors d'une situation d'apprentissage réelle.

Le Tableau 7.4 liste un ensemble d'indicateurs et leur description, qui sont référencés dans le modèle de la Figure 7.6 avec leurs définitions. Certains de ces indicateurs sont récupérés à partir de travaux existants de la littérature (I1, I2, I3, I4, I5 et I6) et d'autres sont spécifiés dans le cadre de ce travail (I7, I8, I9 et I10).

Réf	Indicateur	Description
I1	Indicateur du niveau de communication (Communication level indicator) [Gendron, 2010]	Permet au tuteur d'observer les activités de communication à travers le chat de chaque apprenant.
I2	Indicateur du niveau de collaboration (Collaboration level indicator) [Gendron, 2010]	Offre une vue globale sur la collaboration entre les membres des groupes de projet.
I3	Indicateur de division de travail (Division of labor indicator) [Dimitrakopoulou, 2004]	Reflète la division du travail adoptée par deux personnes agissant sur un ensemble de ressources.

I4	Indicateur d'implication de l'apprenant (Learner involvement indicator) [Santos et al., 2003]	Mesure le degré d'implication de chaque apprenant dans la formation. Un apprenant est classé participatif, perspicace, utile, non-collaboratif, avec initiative et/ou communicatif.
I5	Indicateur d'équilibre entre conversation et action [Dimitrakopoulou, 2004]	Cet indicateur mesure l'écart entre la planification d'une action et son implémentation.
I6	Indicateur de trajet (Trajectory indicator) [Kepka et al., 2007]	Fournit le trajet effectué par l'apprenant (e.g., ses bilans, taux de participation aux activités, réussites, échecs).
I7	Indicateur sur le taux de participation à une séance synchrone ou asynchrone	Fournit le taux de participation global ou par apprenant à une séance synchrone (e.g., séance de chat) ou asynchrone (e.g., forum de discussion).
I8	Indicateur sur le degré de réussite d'un test ou d'un quiz	Fournit des statistiques sur les résultats d'un test ou d'un quiz dans le scénario : notes obtenues, taux de réussite, moyenne d'un groupe d'apprenants.
I9	Indicateur sur l'état d'un dispositif matériel	Fournit l'état et l'évolution de l'état d'un dispositif matériel au cours d'une session d'apprentissage (e.g., débit de connexion, durée d'exploitation, durée d'inactivité).
I10	Indicateur sur le nombre et la durée de consultation d'un document ou d'une ressource média	Fournit le nombre de fois où un document ou une ressource média a été consulté durant la session d'apprentissage (ou pour une durée bien déterminée) et la durée de cette consultation par apprenant.

TABLE 7.4. – Liste des indicateurs utilisés et leurs descriptions

Dans le cadre de nos études, nous nous intéressons aux indicateurs pédagogiques pouvant fournir deux types d'informations :

- (Type1) les informations additionnelles sur le contexte effectif dans lequel le scénario s'est déroulé fournies par des indicateurs contextuels («EContextual_Indicator»);
- (Type2) les informations reflétant le déroulement des activités du scénario dans un contexte donné fournies par des indicateurs d'analyse des activités («EAnalysis_Indicator»).

EXEMPLE. « L'indicateur sur l'état d'un dispositif » (I9) du Tableau 7.4 associé à l'élément de contexte « Ressources matérielles » de la Figure 7.6 apporte une information additionnelle sur les ressources matérielles utilisées lors de l'exécution du scénario. Il peut par exemple fournir des informations sur le débit/durée de connexion d'un téléphone mobile, la durée de manipulation d'un ordinateur ou les types d'interactions faites avec une tablette. Ceci informera l'enseignant davantage

sur les ressources matérielles utilisées lors du déploiement du scénario qui pourra analyser davantage le contexte et juger l'importance de l'élément contextuel en question pour guider des futures réutilisations du scénario.

Cet étiquetage par les indicateurs s'applique aux différents rendus de modèles de contexte (CM-LS, PCM-LS, ECM-LS et ICM-LS). La perception des indicateurs varie en revanche selon le type du modèle de contexte auquel ils sont associés. Ils sont vus comme :

1. **des définitions d'indicateurs** : au niveau CM-LS (identification des éléments contextuels), les indicateurs ont pour rôle de guider la scénarisation de l'observation à travers la suggestion des besoins en observation (cf. phase « Scénarisation de l'observation » du processus défini au chapitre précédent). Par exemple, il serait pertinent de calculer les indicateurs (I_2 : *Indicateur du niveau de collaboration*) et (I_3 : *Indicateur de division de travail*) dans le cas où les évaluations « *En groupe* » comme modalité collaborative et « *Augmenter la collaboration entre apprenants* » comme objectif affectif et social sont exprimées. D'où l'étiquetage des éléments/évaluations contextuels par les indicateurs pédagogiques. Cette association est montrée dans le méta-modèle CAPtuRe-metamodel (cf. Figure 7.3);
2. **des indicateurs paramétrés mais non calculés** : au niveau PCM-LS (contexte planifié), les indicateurs composent les scénarios d'observation planifiés;
3. **des indicateurs calculés** : au niveau ECM-LS (contexte effectif), les indicateurs composent les scénarios d'observation exécutés;
4. **des indicateurs visualisés et interprétés** : au niveau ICM-LS (index contextuel), les indicateurs représentent des supports soutenant l'évaluation des éléments contextuels à indexer et la pondération de ceux-ci.

7.2 DÉFINITION DE LA MÉTHODE D'INDEXATION CONTEXTUELLE DE SCÉNARIOS D'APPRENTISSAGE GUIDÉE PAR L'OBSERVATION

Nous procédons maintenant à la définition de la méthode d'indexation proposée pour opérationnaliser le processus d'assistance à la réutilisation et la capitalisation de scénarios et qui se base sur les modèles précédemment décrits. Cette indexation sera la base de la méthode de sélection et de recommandation de scénarios que nous représenterons dans la Section (7.3) qui suit.

L'indexation, dans le CBR, « *inclut l'assignation d'indices au cas à indexer pour faciliter leur recherche* » [Watson and Marir, 1994]. Cette approche propose plusieurs lignes de conduite (guidelines) pour l'indexation. Ainsi les caractéristiques des index construits, selon Watson and Marir [1994], doivent :

- prédire la pertinence des cas (prédictifs);
- pouvoir comprendre pourquoi ils sont utilisés (reconnaissables);
- être assez abstraits afin de permettre les futures réutilisations;
- être assez concrets (discriminatifs) afin de faciliter la recherche efficace et précise.

Dans un but d'optimisation de la réutilisation de scénarios d'apprentissage, notre méthode d'indexation de ces scénarios se base sur l'observation d'instances de contexte et du déroulement de ces scénarios dans ces instances. Afin d'exposer cette méthode d'indexation, nous reprenons dans ce qui suit les phases du processus (décrit dans le Chapitre (6) précédent) qui sont en relation avec la mise en place de cette indexation,

mais en insistant cette fois sur les détails des langages utilisés et des modèles construits, transformés et exploités. Nous verrons comment les modèles contextuels évoluent et s'enrichissent progressivement au cours de ces phases du processus pour aboutir à la construction d'un index contextuel ICM-LS représentant un périmètre de réutilisation du scénario. On se base sur le modèle CAPtuRe-model, déjà spécifié (cf. Figure 7.6) pour les scénarios d'apprentissage hybrides de la base BASAR, pour la structure des modèles contextuels utilisés. Pour la représentation des scénarios d'apprentissage, on se base sur la structure des modèles BASAR.

7.2.1 La réutilisation et la conception d'un scénario d'apprentissage

Cette section traite l'étape 2 du processus d'assistance de la Figure 6.2 qui est la «Réutilisation et conception du scénario». La mise en place de mécanismes d'indexation commence dès cette phase du processus. Les données collectées du contexte prévu, utiles à ce niveau pour la sélection et la recommandation de scénarios appropriés, seront également exploitées comme entrées pour l'indexation du scénario conçu.

La Figure 7.8 montre un modèle de contexte prévu PCM-LS construit pour le scénario illustré à la Figure 7.10. Nous avons associé pour chaque élément de contexte un code («CEi») pour pouvoir le référencer dans la suite.

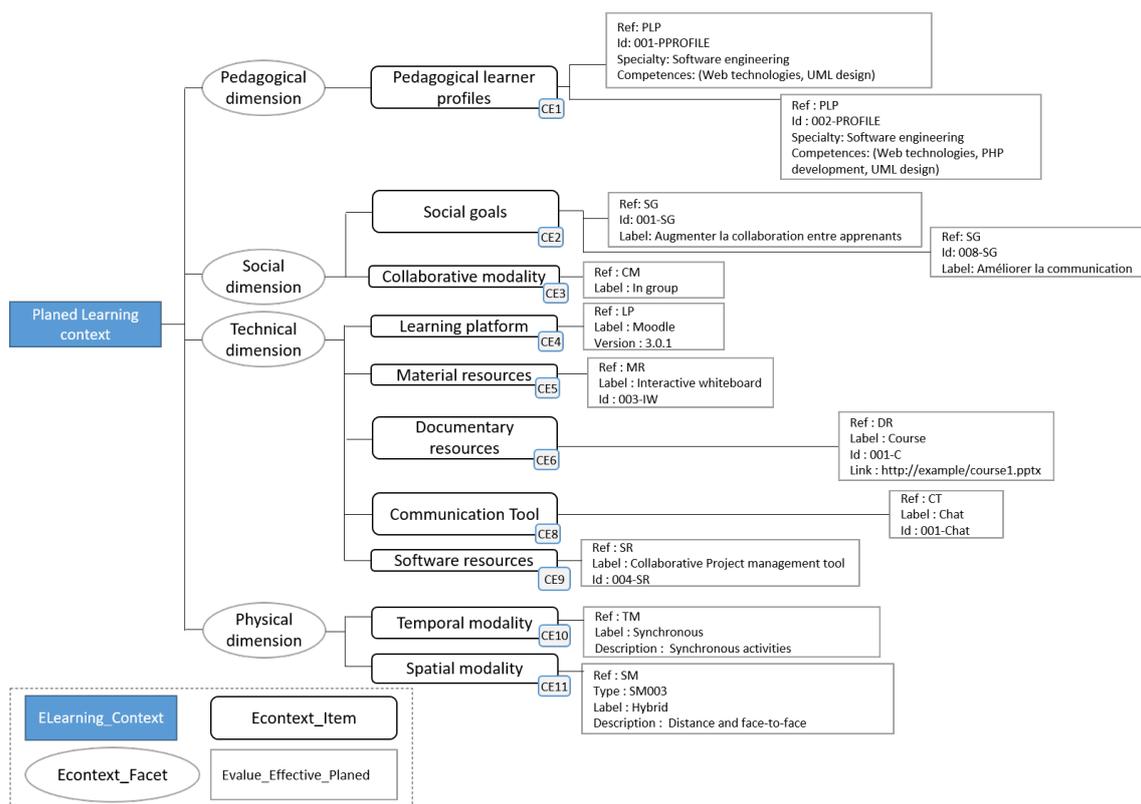


FIGURE 7.8. – Exemple d'un contexte prévu PCM-LS d'un scénario d'apprentissage

On voit dans ce PCM présenté que le concepteur a informé certains éléments du contexte de la situation d'apprentissage en leur associant des évaluations de type «Eva-

lue_Assessment». Ces dernières représentent des entités réelles que le concepteur prévoit dans la situation d'apprentissage cible.

Par ailleurs, il existe des relations entre les différentes évaluations possibles du modèle. Ainsi, comme montré dans le méta-modèle du contexte, des règles («ERules») sont définies entre les évaluations contextuelles pour un modèle. Ces règles se présentent sous la forme de contraintes sur les évaluations des éléments contextuels. Ces règles servent d'une part à assurer l'intégrité du modèle et éviter les incohérences et d'autre part à déduire et compléter les champs non informés par le concepteur, l'assister dans la tâche d'expression du contexte et créer ainsi une interactivité entre le système et le concepteur. La figure 7.9 montre quelques règles définies pour CAPtuRe-model. Les règles R1, R3, R4 et R5 sont applicables au modèle PCM présenté et elles sont bien vérifiées.

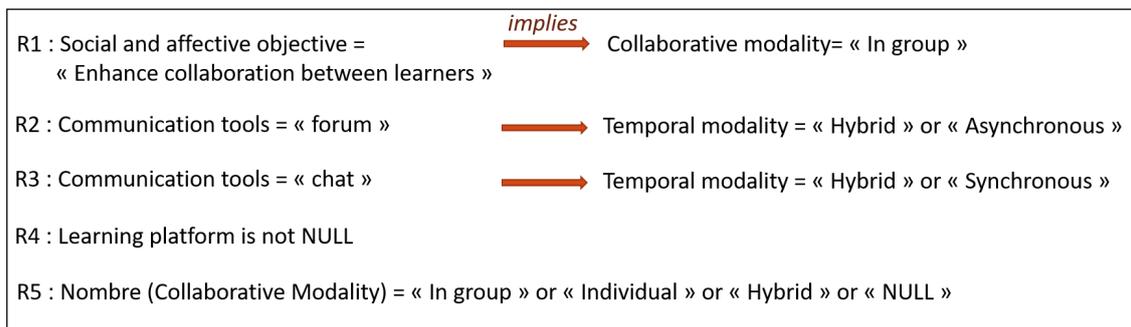


FIGURE 7.9. – Quelques règles associées aux évaluations du modèle de contexte

La Figure 7.10 montre un exemple d'un scénario d'apprentissage hybride conçu qui a été extrait de la base BASAR, que nous avons délibérément simplifié. Dans ce modèle de scénario, nous avons modélisé l'ensemble des activités structurées d'une manière hiérarchique en ajoutant des détails qui décrivent certaines activités. Nous avons associé pour chaque activité un code («Act_i») afin de pouvoir la référencer dans la suite.

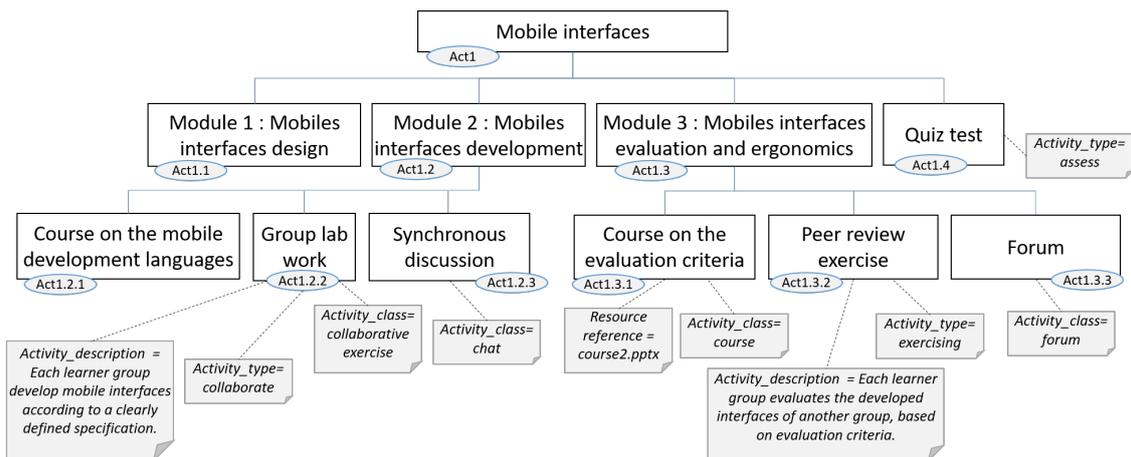


FIGURE 7.10. – Exemple d'un scénario d'apprentissage

En plus de l'expression du contexte prévu et de la conception du scénario, l'enseignant procède à la scénarisation de l'observation.

7.2.2 La scénarisation de l'observation

Cette section traite l'étape de «Scénarisation de l'observation» du processus. Nous rappelons que cette étape consiste à identifier les indicateurs à calculer lors de la mise en œuvre du scénario, les orchestrer et les paramétrer. Cette étape génère un modèle de «Scénario d'observation». Cette tâche de scénarisation est assistée par le système qui suggère/recommande au concepteur les indicateurs qui pourraient s'adapter au plus aux spécifications exprimées par ce concepteur.

Afin de réaliser cette tâche de recommandation d'indicateurs, le système se base sur quatre aspects : (1) les observations liées aux scénarios d'apprentissage recommandés, (2) les contraintes de calcul d'indicateur, (3) les types d'activités choisies et (4) l'étiquetage du modèle de contexte (Cf. Figure 7.11).

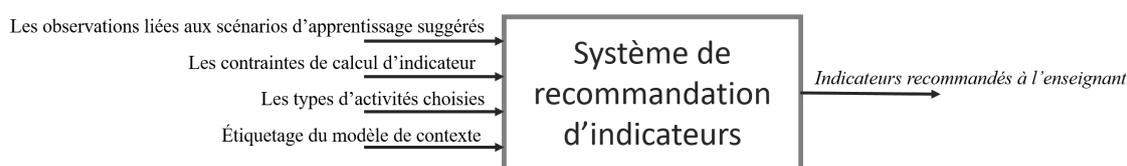


FIGURE 7.11. – Les entrées et sorties du système de recommandation d'indicateurs

1. Les observations liées aux scénarios d'apprentissage recommandés :

Les scénarios d'apprentissage recommandés à la phase précédente peuvent être associés auparavant à des scénarios d'observation. Les indicateurs figurant dans ces scénarios sont également susceptibles d'être adaptés à la nouvelle situation d'apprentissage et peuvent donc être réutilisés. En d'autres termes, les indicateurs ayant été calculés auparavant avec les scénarios appropriés à la réutilisation seront recommandés à l'enseignant-concepteur.

2. Les contraintes de calcul d'indicateur :

Le système filtre les indicateurs selon la faisabilité de leur calcul dans le contexte planifié construit comme par exemple la disponibilité des données d'entrée ou traces des indicateurs ou la plateforme d'apprentissage utilisée. Par exemple, un indicateur est défini seulement pour la plateforme Moodle : par conséquent cet indicateur n'est recommandé au concepteur que lorsqu'il exprime qu'il utilise une plateforme Moodle pour l'opérationnalisation de son scénario.

3. Les types d'activités choisies :

Le système propose également des indicateurs en fonction des types d'activités choisies par l'enseignant dans la conception de son scénario d'apprentissage. Par exemple, en ajoutant l'activité «Act1.2.3» (cf. Figure 7.10) proposant une activité de type séance de discussion, le système recommande l'indicateur de taux de participation à une séance synchrone (cf. indicateur « I7» du Tableau 7.4). Ces indicateurs ne seront pas proposés pour l'activité de quiz «Act1.4», mais c'est plutôt l'indicateur sur le degré de réussite d'un quiz ou d'un test (cf. indicateur «I8») qui sera proposé. Par ailleurs, si le concepteur définit une activité en groupe telle que l'activité «Act1.2.2», le système recommande des indicateurs relatifs au travail en groupe comme par exemple l'indicateur du niveau de collaboration (cf. indicateur «I2») ou l'indicateur sur la division de travail (cf. indicateur «I3»). Pour implémenter ce mécanisme, des classes «activity_class» (e.g., cours, chat, exercice, activité en

groupe, test, quiz) et des types LOM-fr «activity_type» (e.g., s'exercer, collaborer, échanger, créer, communiquer) sont associés aux activités du scénario. Ces types d'activités sont reliés aux indicateurs lors de la définition de ces derniers par les experts de domaine. Ceci est également exprimé à travers un ensemble de règles tel que le montre la Figure 7.12. Ce type de règles doit être identifié et enrichi par des experts du domaine.

4. Étiquetage du modèle de contexte :

L'étiquetage du modèle de contexte par les indicateurs (cf. Figure 7.6 illustrant le modèle CM-LS proposé) est exploité à ce niveau pour proposer des indicateurs à l'enseignant. En insistant sur certains éléments contextuels bien particuliers lors de la saisie du contexte, le système repère les aspects auxquels s'intéresse le plus l'enseignant et lui recommande les indicateurs qui étiquètent ces éléments. Par exemple, le concepteur exprime un nombre important d'évaluations faisant références à l'aspect collaboratif dans la facette sociale et affective. Par exemple, il sélectionne comme objectifs affectifs et sociaux les évaluations «Augmenter la collaboration entre apprenants» et «Améliorer la communication», comme modalité collaborative l'évaluation «en groupe», comme ressource logicielle «un outil de gestion de projet collaboratif» et comme outil de communication les évaluations «Chat» et «Forum». De ces faits, le système recommande les indicateurs étiquétant ces éléments/évaluations dans le modèle de contexte qui sont dans notre cas les indicateurs I1, I2 et I3.

R1 : activity_class = « chat » OR activity_class = « forum » OR activity_type = « communiquer » OR activity_type = « échanger »	<i>suggests</i> →	« Indicateur du niveau de communication »
R2 : activity_class = « exercice collaboratif » OR activity_type = « collaborer » OR activity_type = « coopérer »	<i>suggests</i> →	« Indicateur du niveau de collaboration » « Indicateur de division du travail »
R3 : activity_class = « chat » OR activity_class = « forum »	<i>suggests</i> →	« Indicateur sur le taux de participation à une séance synchrone ou asynchrone »
R4 : activity_class = « quiz » OR activity_class = « test » OR activity_type = « s'évaluer »	<i>suggests</i> →	« Indicateur sur le degré de réussite d'un test ou d'un quiz »
R5 : activity_type = « lire » OR activity_type = « s'auto-former »	<i>suggests</i> →	« Indicateur sur le nombre et la durée de consultation d'un document »

FIGURE 7.12. – Quelques règles associées aux évaluations du modèle de contexte

Le processus de scénarisation de l'observation est donc assisté par le système : les indicateurs qui correspondent aux besoins du concepteur sont identifiés automatiquement par le système. Cependant, le concepteur a toujours le choix de sélectionner les indicateurs à calculer par le système. Il doit également paramétrer des entrées de chaque indicateur en l'associant aux activités concernées par l'observation ainsi que d'autres informations utiles au calcul (e.g., la période d'observation, le (ou les) groupe(s) d'apprenants à observer).

Le scénario d'observation généré et paramétré sera exécuté à la suite de la mise en œuvre du scénario dans une situation d'apprentissage réelle. Les indicateurs calculés seront utilisés pour guider l'évaluation du contexte et des résultats de déroulement du scénario dans ce qui suit.

7.2.3 *Structuration et évaluation du contexte et des résultats de déroulement du scénario*

Le scénario d'apprentissage et le scénario d'observation sont déployés dans une situation d'apprentissage réelle à l'aide d'une plateforme d'apprentissage. Une fois la session passée et les indicateurs planifiés calculés à partir des traces d'usage, on passe à l'étape de structuration et d'évaluation (1) du contexte effectif et (2) des résultats de déroulement du scénario dans ce contexte.

(1) STRUCTURATION ET ÉVALUATION DU CONTEXTE EFFECTIF DU SCÉNARIO

Le modèle de contexte effectif ECM est construit sur la base du modèle de contexte prévu PCM exprimé lors de la phase de conception mais s'accorde plus avec le contexte réel dans lequel s'est déroulé le scénario. Nous illustrons dans la Figure 7.13 le modèle de contexte effectif ECM construit. Les différences par rapport au PCM sont montrées en couleur grise pour mieux les repérer. En effet, le PCM peut avoir des connaissances contextuelles manquantes qui n'étaient pas disponibles dès la phase de conception ou que l'enseignant n'a pas prévu au préalable tels que des ressources matérielles utilisées, une ressource média sous forme de vidéo, un outil de communication «forum» et l'emplacement (ou les emplacements) géographique(s) des apprenants. Certaines évaluations contextuelles peuvent également changer par rapport à ce qui a été prévu au préalable comme le cas de la modalité spatiale qui est modifiée à la valeur «Hybride».

PROPOSITION D'UNE APPROCHE POUR L'OPÉRATIONNALISATION DE L'ASSISTANCE À LA RÉUTILISATION ET À LA CAPITALISATION DES SCÉNARIOS D'APPRENTISSAGE

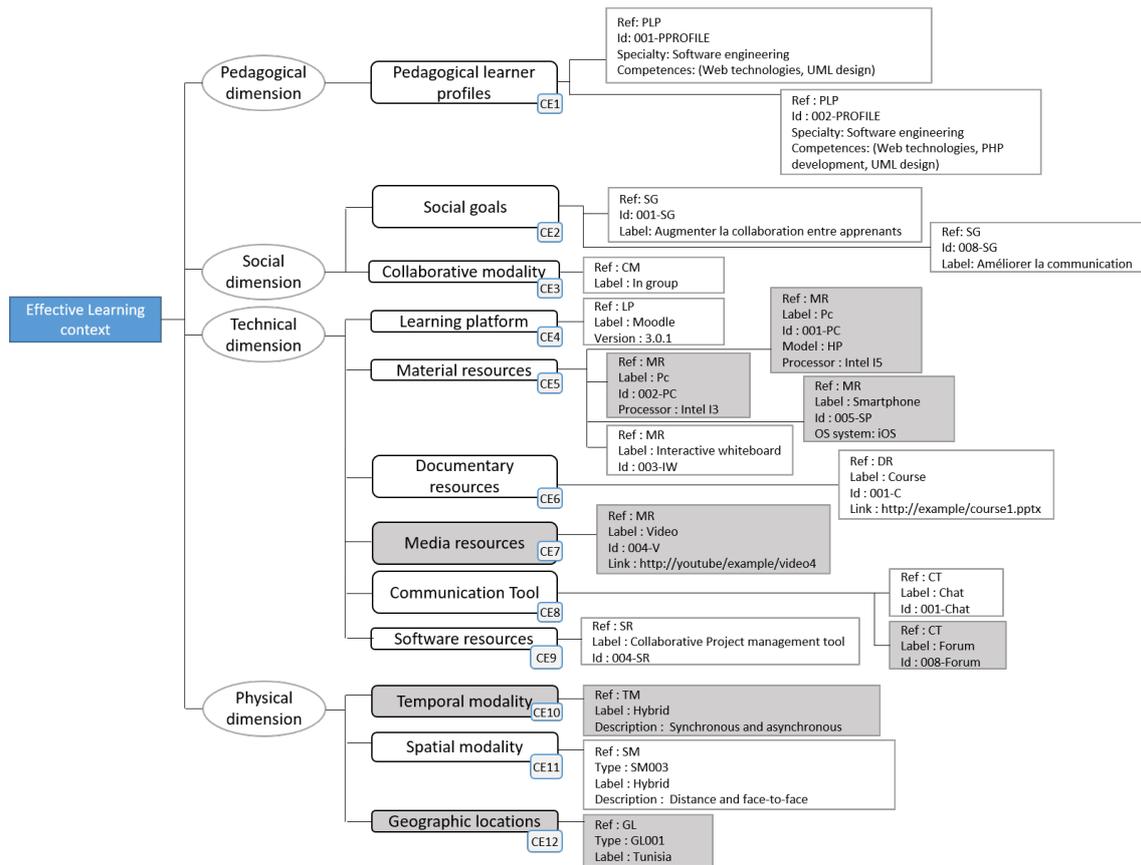


FIGURE 7.13. – Exemple d'un contexte effectif ECM-LS d'un scénario

En plus des ajustements faits dans le modèle de contexte, ce dernier est enrichi par les évaluations d'indicateurs contextuels. Ce type d'indicateurs apporte des informations additionnelles aux éléments contextuels (cf. associations «EContextual_Indicator» avec «EContext_Item» ou «EAssessment» du méta-modèle de la Figure 7.3). Par exemple, l'indicateur de trajet «I6» fournissant le trajet effectué par l'apprenant, ajoute des informations perçues au profil pédagogique des apprenants (cf. «CE1» de la Figure 7.13). On peut citer aussi l'indicateur sur l'état d'un dispositif matériel «I9» qui informe sur la connectivité et le temps de manipulation des ressources matérielles y compris les PC et les Smartphones utilisés (cf. «CE5» de la Figure 7.13).

(2) STRUCTURATION ET ÉVALUATION DES RÉSULTATS DE DÉROULEMENT DU SCÉNARIO

Cette étape constitue la phase pour le calcul des indicateurs relatifs au déroulement des activités d'apprentissage du scénario dans le contexte déjà structuré et évalué dans le modèle ECM. Il s'agit de la collecte des informations nécessaires pour ce calcul et d'exécuter le scénario d'observation comprenant la liste des indicateurs sélectionnés et paramétrés depuis la phase de scénarisation de l'observation. Le paramétrage constitue entre autres l'association de chacun des indicateurs aux activités d'apprentissage concernées par l'observation. Pour notre exemple d'usage, le système peut calculer l'indicateur du niveau de collaboration «I2» et l'indicateur de division du travail «I3» pour l'activité de travaux pratiques collaboratives (cf. «Act1.2.2» de la Figure 7.10). Il peut également calculer l'indicateur sur le degré de réussite d'un test ou d'un quiz «I8» pour l'activité

de quiz «Act1.4», ou l'indicateur sur le taux de participation à une séance synchrone «I7» pour l'activité de séance de discussion «Act1.2.3».

7.2.4 *Analyse et indexation du scénario*

Sur la base des évaluations des étapes précédentes de structuration et évaluation du contexte et des résultats de déroulement du scénario, l'enseignant procède à l'analyse et l'indexation du scénario avec une assistance du système. En effet, nous rappelons qu'il dispose à ce niveau (1) des éléments contextuels structurés et évalués et (2) d'une vue sur les résultats du déroulement du scénario dans ce contexte qui sont visualisés sous la forme d'indicateurs pédagogiques.

L'enseignant repère et met en évidence les propriétés du contexte qu'il juge utiles à l'indexation du scénario. Ces propriétés seront prises en considération dans l'étape de sélection de scénarios appropriés dans de nouvelles situations de conception par la réutilisation. Cette mise en évidence de propriétés du contexte indexant le scénario est réalisée à l'aide d'un système de pondération marquant l'importance de chacun des éléments de contexte considérés par rapport à la réutilisation du scénario. Il procède à l'analyse de l'impact d'une décontextualisation du scénario de cet élément. Ce système de pondération a été précédemment expliqué dans la Section 7.1.4.

Il s'agit ainsi d'analyser l'impact du relâchement des contraintes et caractéristiques sur les différentes facettes du contexte. L'enseignant précisera les propriétés du contexte qui sont considérées comme :

- **des contraintes** de réutilisation du scénario, sans lesquelles le scénario ne peut pas être réutilisé, et dans ce cas il leur associe la pondération «très important (1)»;
- ou **des caractéristiques** du contexte, pouvant influencer les résultats du scénario sans contraindre sa réutilisation.

La Figure 7.14 montre un exemple d'index contextuel ICM construit. On peut dire que le ICM est une sous-configuration du ECM qui a été interprétée et qui se limite aux connaissances contextuelles utiles à l'indexation et la capitalisation du scénario.

PROPOSITION D'UNE APPROCHE POUR L'OPÉRATIONNALISATION DE L'ASSISTANCE À LA RÉUTILISATION ET À LA CAPITALISATION DES SCÉNARIOS D'APPRENTISSAGE

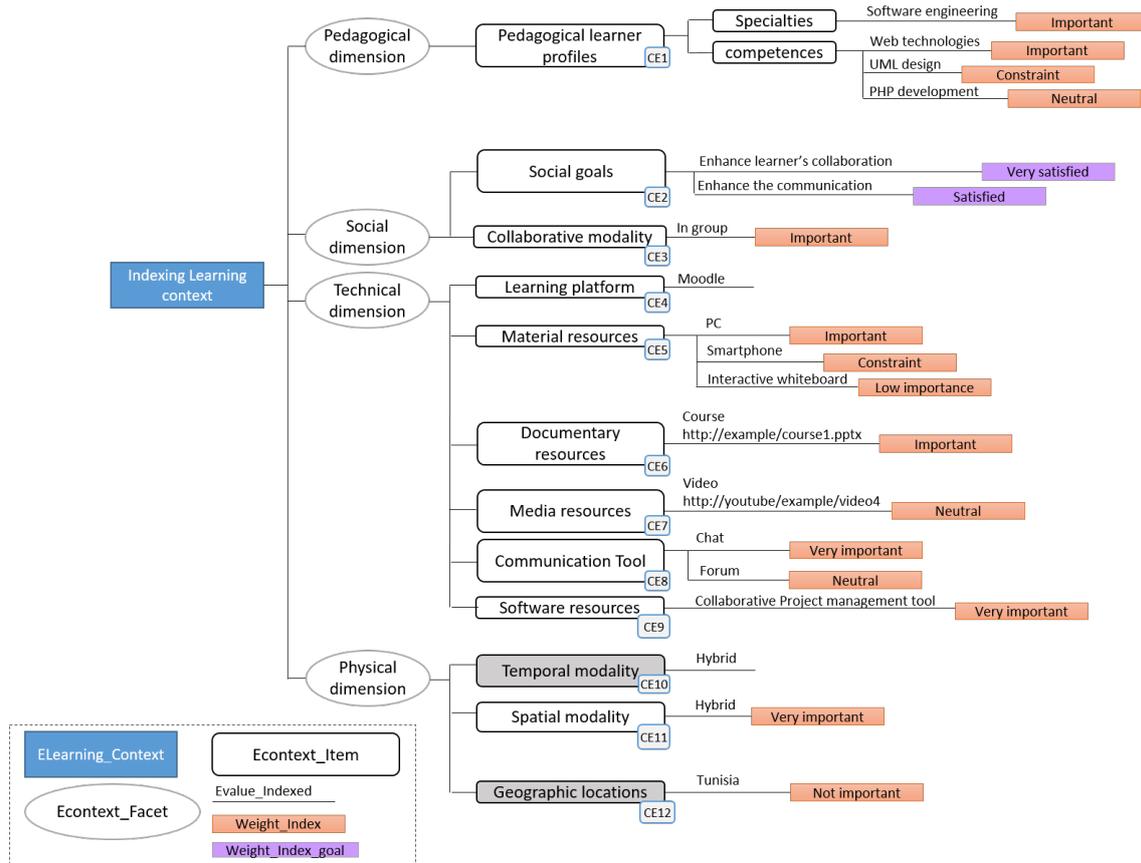


FIGURE 7.14. – Exemple d'un index contextuel ICM-LS d'un scénario

La différence entre ces deux types de contexte est que le ECM-LS structure tous les éléments contextuels disponibles. Par contre, le ICM-LS ne garde que les éléments jugés pertinents à l'indexation. On voit par exemple dans cette illustration de l'ICM-LS que l'enseignant considère que l'emplacement géographique n'est pas utile à l'indexation et n'influence pas la réutilisation du scénario, et il juge alors de ne pas le garder dans l'index. L'index contextuel ajoute les pondérations utiles pour accentuer (ou au contraire minimiser) l'importance de certains éléments contextuels par rapport à d'autres. Le modèle de contexte ICM est ainsi vu comme un **périmètre de réutilisation** du scénario définissant d'une part les contraintes contextuelles pour sa réutilisation et l'importance des caractéristiques contextuelles.

Par ailleurs, ces indicateurs guident l'enseignant (et le système) pour déterminer le degré de réussite du scénario dans ce contexte précis. Ainsi, l'indexation est faite aussi sur la base de critères de réussite et d'efficacité de cette instance du scénario. Après avoir structuré, modélisé et évalué le contexte, il serait judicieux de voir de plus près les résultats du déroulement des activités d'apprentissage afin d'analyser la pertinence du scénario dans ce contexte précis et de guider et d'optimiser ainsi ses futures réutilisations.

Si nous revenons sur les approches proposées dans la littérature visant à juger la qualité et de la pertinence d'un scénario dans un contexte précis : **Pernin and Lejeune [2004a]** se basent sur le degré d'adaptation du scénario initial par rapport au déroulement effectif de la situation d'apprentissage : un scénario est pertinent dans un contexte

si les adaptations faites sont minimales, alors qu'il l'est moins dans le cas d'adaptations importantes ou de non correspondance entre le scénario initial et son déroulement effectif. El-Kechai [2008] montrent par ailleurs que la réutilisation d'un scénario passe par un processus de décontextualisation / recontextualisation et que si le contexte cible est trop éloigné du contexte source, les efforts d'adaptation demandés rendent la réutilisation non productive. Pour notre cas, nous exploitons l'observation du déroulement du scénario en session par les indicateurs analysant les activités d'apprentissage pour déterminer si le scénario a été pertinent dans un contexte donné. En effet, on ne peut pas juger de la pertinence du scénario indépendamment de son contexte : un scénario peut être pertinent dans un contexte alors qu'il ne l'est pas dans un autre. Par exemple, un scénario en développement logiciel adapté avec des étudiants en spécialité Informatique peut ne pas l'être avec des étudiants en spécialité Chimie. Un autre scénario peut être pertinent dans un contexte collaboratif utilisant des outils partagés mais ne l'est pas dans un contexte où les apprenants travaillent d'une manière individuelle.

Nous considérons que le degré de réussite du scénario est estimé par l'évaluation de l'adéquation des objectifs fixés au préalable par l'enseignant-concepteur aux résultats effectifs perçus lors du déroulement du scénario dans une situation d'apprentissage réelle. Ce degré de réussite informera sur la pertinence du scénario dans ce contexte. Nous distinguons deux **dimensions d'objectifs** à évaluer : (1) les objectifs relatifs aux scénarios d'apprentissage et (2) les objectifs relatifs aux observations par les indicateurs :

1. Les **objectifs sur scénarios d'apprentissage** qui ont été fixés à l'étape 2 de conception de scénarios. Ces objectifs sont d'ordres pédagogiques, didactiques, sociaux ou autres et figurent dans le modèle de contexte :

Disposant des indicateurs pédagogiques calculés et visualisés par le système, et en ayant une perception directe sur le déroulement réel de l'apprentissage (si le scénario comporte une partie réalisée en présentiel), l'enseignant analyse la situation d'apprentissage et estime les degrés d'atteinte des objectifs qui étaient fixés au préalable lors de la phase de conception du scénario (cf. Section 7.2.1). Ces objectifs sont ainsi évalués et indexés avec le même système de pondération que les autres éléments contextuels sur une échelle de 5 points, mais en adoptant plutôt une échelle de Likert relative au degré de satisfaction qui est plus significatif pour l'évaluation d'atteinte d'objectifs. Ainsi, dans un scénario à capitaliser, les objectifs sur scénario (figurant dans son modèle de contexte) sont associés à des **degrés de satisfaction** qui peuvent prendre les valeurs suivantes : Pas du tout satisfait (0); Non satisfait (0.25); Incertain (0.5); Satisfait (0.75) et Très satisfait (1).

Par exemple, un enseignant souhaite concevoir un scénario qui a pour objectif, entre autres, de «Repérer les leaders de la classe» qu'il exprime dans le PCM lors de la conception du scénario. Suite à la mise en œuvre du scénario et l'analyse de la situation d'apprentissage guidée par les indicateurs notamment l'indicateur de l'implication de l'apprenant (cf. «I4» du Tableau 7.4) et l'indicateur de réussite à un test (cf. «I8» du Tableau 7.4), l'enseignant attribue alors la valeur «Non Satisfait» à cet objectif. Ceci signifie que l'enseignant estime que le scénario n'a pas été assez adapté pour repérer les leaders de la classe et qu'il n'est pas satisfait des résultats par rapport à cet objectif.

2. Les **objectifs sur indicateurs** qui ont été fixés à l'étape 3 de la scénarisation de l'observation (cf. Section 7.2.2) avant la mise en œuvre du scénario :

En plus du paramétrage des indicateurs lors de la scénarisation de l'observation, le concepteur peut associer des objectifs à ces indicateurs qu'il souhaite atteindre avec son scénario. Un objectif peut être associé à un seul indicateur ou à plusieurs. Un degré d'adéquation entre les objectifs visés et les résultats effectifs des indicateurs dans une session d'apprentissage est alors calculé afin de guider l'enseignant dans ses analyses. Par exemple, un enseignant exprime que, si le taux de réussite d'un test prévu à la fin de son scénario atteint 80% et le taux de consultation d'une ressource atteint 70% (ses objectifs sur indicateurs), il estime que son scénario a réussi.

Guidé par les éléments contextuels structurés et évalués, par les indicateurs calculés et visualisés et par les degrés d'adéquation des objectifs sur indicateurs avec les résultats effectifs, l'enseignant est amené à déterminer le **degré de réussite global** du scénario. Ce degré de réussite représentera la pertinence du scénario dans ce contexte précis et sera pris en considération lors de la sélection et recommandation de scénarios dans le cadre de futures réutilisations.

INTÉGRATION DE MÉCANISMES D'AUTOMATISATION DE L'INDEXATION

Dans le cadre de la deuxième version de notre méthode d'indexation, nous visons principalement l'intégration de mécanismes d'automatisation de l'indexation (cf. Itération 3 de la Figure 5.2). Dans cette perspective, nous définissons des mécanismes pour l'estimation automatique des «**degrés de satisfaction**» des objectifs sur scénario et du «**degré de réussite global**» d'un scénario par le système. Pour cela, on explicite des liens entre les éléments du triplet (Indicateur - Objectifs sur scénarios - Objectifs sur indicateurs) tel que le montre la Figure 7.15. Nous rappelons qu'un objectif sur scénario est caractérisé par un degré de satisfaction et un objectif sur indicateur est caractérisé par un degré d'adéquation.

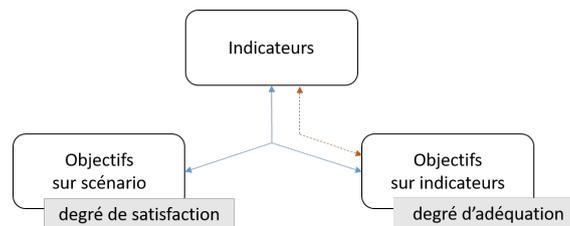


FIGURE 7.15. – Triplet (Indicateurs - Objectifs sur scénario - Objectifs sur indicateurs)

Ci-après trois cas d'usage illustrés dans la Figure 7.16, qui expliquent ces mécanismes :

CAS1. À la phase de scénarisation de l'observation, un enseignant opte (1) pour l'observation du niveau de collaboration des apprenants qu'il estime réussi s'il atteint 50% (objectif sur indicateur) et (2) pour l'observation du taux de participation global à un chat qu'il estime réussi s'il atteint 70% (objectif sur indicateur). Suite à la mise en œuvre effective du scénario, on constate à travers la Figure 7.16 une adéquation totale entre les objectifs visés et les résultats effectifs des indicateurs. D'où un degré d'adéquation de 100%. Dans cet exemple, l'enseignant définit seulement des liens entre les indicateurs et les objectifs sur indicateurs ;

CAS2. À la phase de scénarisation de l'observation, un enseignant souhaitant à travers son scénario «promouvoir la collaboration des apprenants». Il exprime que le

PROPOSITION D'UNE APPROCHE POUR L'OPÉRATIONNALISATION DE L'ASSISTANCE À LA RÉUTILISATION ET À LA CAPITALISATION DES SCÉNARIOS D'APPRENTISSAGE

scénario est pertinent dans son contexte si : (1) au moins 3 apprenants sont classés comme «participatifs» (2) le taux de collaboration atteint 70% et (3) l'indicateur de division de travail atteint 80%. Dans ce cas, un objectif sur trois a été atteint. Par conséquent, le système attribut automatiquement un **degré de satisfaction** de 33% à l'objectif sur scénario associé ;

CAS3. À la phase de scénarisation de l'observation, un enseignant souhaitant repérer les leaders de sa classe, exprime qu'il estime que son scénario est réussi dans son contexte s'il repère au moins deux apprenants qui (1) sont classés comme «perspicaces», (2) ont réussi à un test planifié dans le scénario avec, au moins 95/100 comme score et (3) a un taux de participation à un chat au moins de 15%. On constate ici à travers la Figure 7.16 une adéquation entre les objectifs visés et les résultats effectifs des indicateurs et donc un **degré de satisfaction** de 100% est attribué automatiquement à l'objectif sur scénario. Ceci signifie que l'objectif a été très bien satisfait.

Dans les deux derniers cas d'usage (2 et 3), l'enseignant définit des liens entre les indicateurs, les objectifs sur indicateurs et les objectifs sur scénario. La détermination des critères de réussite du scénario dans le contexte précis de la situation est laissée au jugement de l'enseignant. Ceci est dû au fait que ces critères de réussite dépendent de la situation d'apprentissage ou de l'enseignant et il est difficile de généraliser.

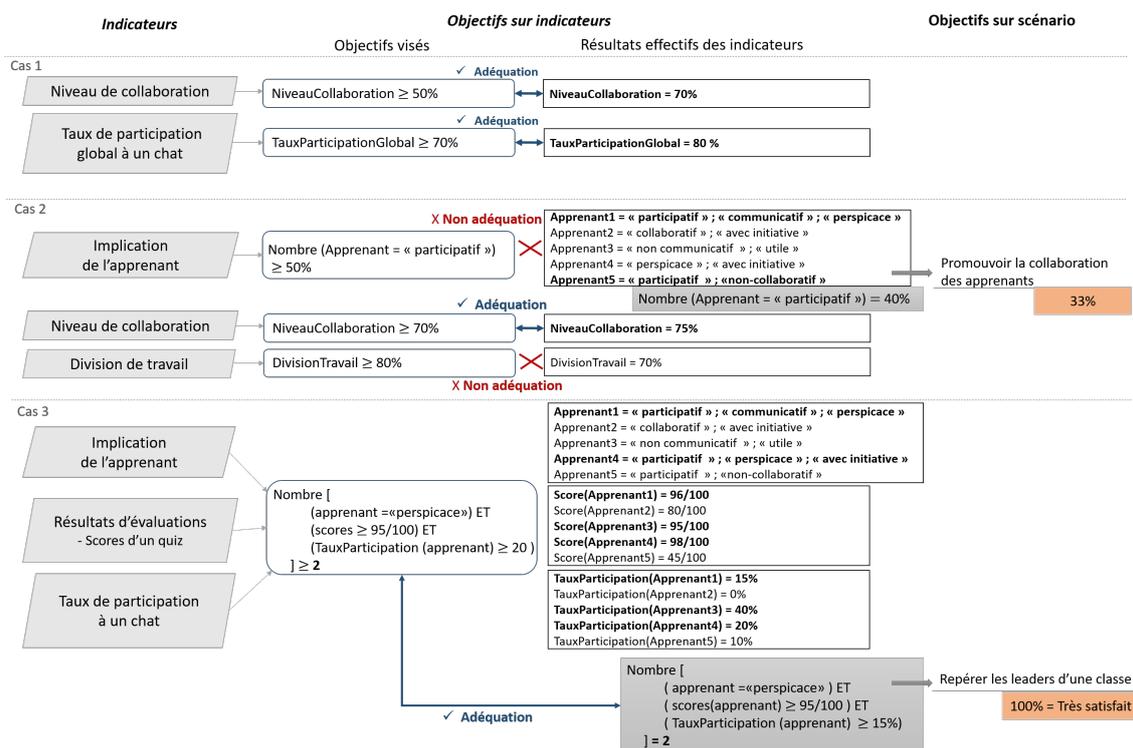


FIGURE 7.16. – Illustration des exemples d'objectifs relatifs aux indicateurs

Le «**degré de réussite**» global d'une instance du scénario dans un contexte donné est une valeur (donnée sous forme de pourcentage) déduite à partir des évaluations des objectifs relatifs aux scénarios à travers leurs **taux de satisfaction** (déterminés par le système et/ou par l'enseignant) et des **résultats d'adéquation** des objectifs relatifs aux

indicateurs. L'appréciation globale de l'enseignant est également prise en compte. Cette valeur est exploitée pour renforcer l'algorithme de calcul de similarités contextuelles appliqué lors de la phase de sélection et la recommandation de scénarios dans des futures réutilisations. Si deux scénarios ont une même similarité par rapport au contexte cible de réutilisation, le scénario le plus réussi (ayant été le plus pertinent dans son contexte source) sera favorisé. Ceci permettra de maximiser l'efficacité de la réutilisation et ainsi de l'optimiser. Dans la section qui suit, nous détaillons cette méthode de sélection et de recommandation de scénarios présentée sous la forme d'un algorithme de calcul de similarités contextuelles exploitant les modèles définis. Cet algorithme se base sur la méthode d'indexation en exploitant les modèles définis.

7.3 PROPOSITION D'UN ALGORITHME DE CALCUL DE SIMILARITÉS CONTEXTUELLES DE SCÉNARIOS D'APPRENTISSAGE : CAPTURE-ALGORITHM

Cet algorithme s'inscrit dans la phase de « Sélection et recommandation de scénarios » de CAPtuRe-process proposé. En se référant au schéma déjà présenté dans la Figure 6.3, une expérience capitalisée dans notre approche est formée d'un **problème** qui est la conception d'un scénario d'apprentissage et ses observations pour un contexte cible, de sa **solution associée** qui est le scénario d'apprentissage conçu et les **résultats** obtenus de la mise en œuvre du scénario dans ce contexte précis qui se basent sur de critères de réussite et d'efficacité du scénario. Chaque expérience capitalisée décrit une solution particulière pour un problème donné. Dans une situation de conception par la réutilisation, l'enjeu est de modéliser un nouveau problème à résoudre et de sélectionner les expériences les plus appropriées à réutiliser.

Nous définissons dans ce cadre un algorithme, nommé CAPtuRe-algorithm, de calcul de similarités entre le contexte modélisé d'une nouvelle situation d'apprentissage et celui des expériences passées tout en considérant les résultats associés à ces expériences. Cet algorithme, de type pattern-matching, utilise les champs renseignés par l'enseignant pour la définition du contexte prévu et s'appuie sur des métriques permettant le calcul de similarité entre deux graphes contextuels. Ceci permet de filtrer les scénarios indexés par un contexte proche du contexte prévu. La problématique qui s'est posée est que le contexte prévu ne peut pas correspondre exactement aux contextes de réutilisation (ou index contextuels) capitalisés associés aux scénarios : une valeur ou plusieurs valeurs des éléments de contexte peuvent être éloignés. Un diagnostic de matching peut être donné pour évaluer si le contexte prévu est éloigné ou proche des contextes de réutilisation.

Compte tenu des modèles de contexte définis précédemment, le principe consiste à calculer la distance entre un modèle de contexte de type PCM-LS et un ensemble de modèles de type ICM-LS qui ont été définis comme des périmètres de réutilisation du scénario. La métrique utilisée est la similarité DICE qui mesure la similarité entre des vecteurs pondérés. La similarité DICE entre deux vecteurs P et Q est définie comme suit [Cha, 2007] :

$$S_{Dice} = \frac{2 \sum_{i=1}^d P_i Q_i}{\sum_{i=1}^d P_i^2 + \sum_{i=1}^d Q_i^2} \quad (7.1)$$

La distance est définie comme suit :

$$d_{Dice} = 1 - s_{Dice} = \frac{\sum_{i=1}^d (P_i - Q_i)^2}{\sum_{i=1}^d P_i^2 + \sum_{i=1}^d Q_i^2} \quad (7.2)$$

Le principe est d'utiliser cette similarité en l'appuyant par le degré de réussite d'un scénario. Le système renvoi alors au concepteur les scénarios indexés par les contextes les plus similaires au contexte prévu et qui sont les plus appropriés à la réutilisation. En d'autres termes, le système renvoi les scénarios ayant été exécutés dans des contextes les plus proches au contexte prévu et ayant été les plus pertinents dans leurs contextes sources.

Nous commençons d'abord par détailler la représentation des données et les symboles utilisés et ensuite nous présentons l'algorithme de calcul de similarités contextuelles mis en place.

7.3.1 Représentation des données

Soit un ensemble de scénarios d'apprentissage $LS = \{LS_i / i = (1..N)\}$. Chaque scénario LS_i est associé à un ou plusieurs index contextuels $ICM = \{ICM_j / j = (1..M)\}$ représentant les contextes dans lesquels des instances de ce scénario ont été mises en œuvre et indexées. Dans un index ICM_j , chaque élément contextuel (i.e., les compétences dans le profil pédagogique de l'apprenant et la modalité temporelle) est associé à une évaluation représentée comme un vecteur pondéré \vec{IC} .

Ainsi, considérons qu'un index contextuel ICM_j est un ensemble de vecteurs pondérés \vec{IC} représentant les différentes évaluations des éléments contextuels, soit $ICM_j = \{\vec{IC}_k / k = (1..n)\}$. \vec{IC}_k prend comme valeurs les pondérations (ou poids) attribuées lors de la phase d'indexation du scénario notées w_r . Les poids compris dans l'intervalle [0.1] sont acceptables, bien que les valeurs sémantiquement significatives de ces poids sont (0; 0.25; 0.5; 0.75; 1) correspondant aux degrés d'importance ou aux degrés de satisfaction définis auparavant.

En outre, chaque paire (ICM_j, LS_i) est associée un «degré de réussite» noté SR_j (Success Rate) reflétant l'estimation de la pertinence du scénario concerné LS_i dans ce contexte indexé ICM_j . Nous rappelons que ce degré de réussite est déterminé par l'enseignant et/ou par le système sur la base de l'observation du scénario par les indicateurs pédagogiques.

Le contexte prévu PCM-LS est une projection a priori du contexte effectif d'exécution ECM-LS du scénario. Ce contexte prévu est présenté par le vecteur PCM qui est un ensemble de vecteurs pondérés \vec{PC} représentant les évaluations des éléments contextuels : $PCM = \{\vec{PC}_l / l = (1..m)\}$. Si nous optons pour une approche où le contexte cible PCM exprimé par le concepteur est également appuyé par des pondérations reflétant le degré d'importance des éléments du contexte prévu, le \vec{PC}_l est formé par ces poids attribués notés v_r . Sinon, le \vec{PC}_l comprendra des poids binaires : «1» pour indiquer la présence d'une valeur contextuelle et «0» pour indiquer son absence.

Par ailleurs, un seuil de voisinage par rapport au contexte cible peut être défini représentant la valeur de la similarité minimale (ou la distance maximale) requise pour que la réutilisation serait pertinente. Ce seuil, noté $MinTh$, peut être fixé par le concepteur ou bien automatisé.

7.3.2 L'algorithme « CAPtuRE-Algorithm »

La Figure 7.17 illustre graphiquement les symboles précédemment identifiés et un aperçu graphique du déroulement de CAPtuRE-Algorithm.

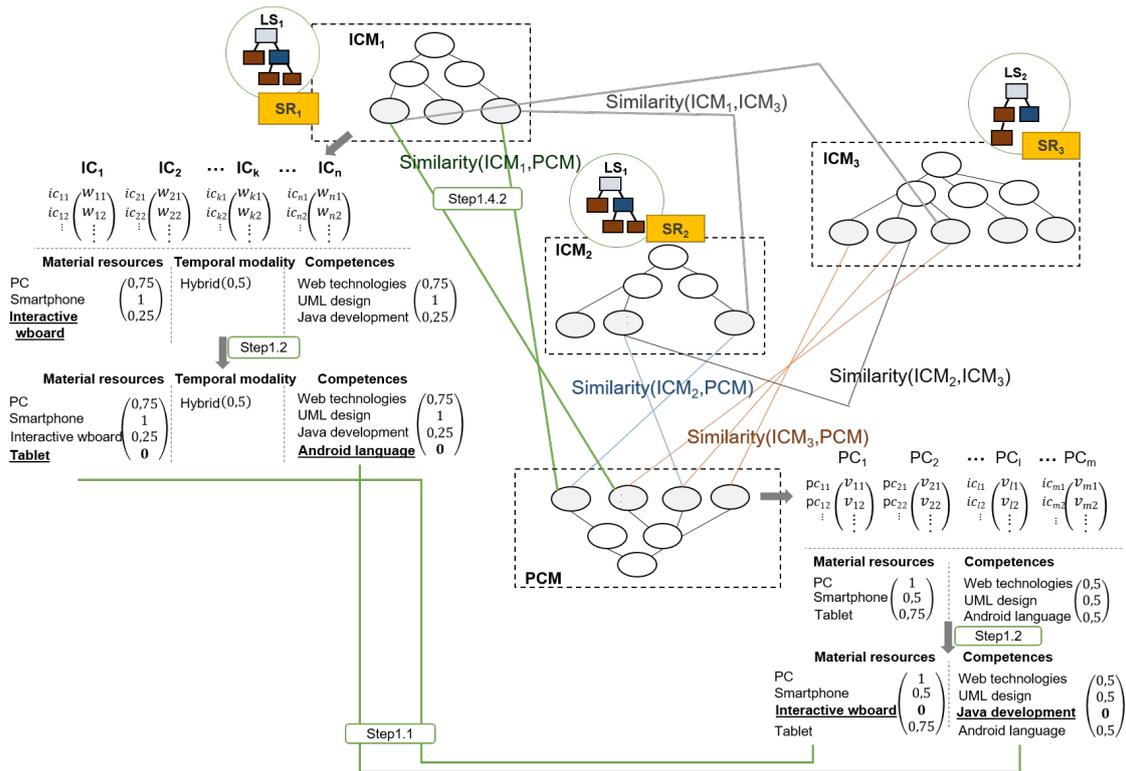


FIGURE 7.17. – Une illustration graphique de l'algorithme de calcul de similarités contextuelles de scénarios

L'algorithme calcule la similarité entre le modèle de contexte prévu (PCM) et chacun des index contextuels (ICM_j) associés aux différents scénarios d'apprentissage capitalisés (LS_i). Cette similarité est appuyée par le taux de réussite du scénario SR_j dans ce contexte. Tel qu'évoqué précédemment, l'algorithme est basé sur la similarité pondérée DICE, une métrique pour le calcul de la similarité entre deux vecteurs pondérés. Cet algorithme s'intègre dans la classe d'algorithmes de plus proches voisins (ou Nearest Neighbour en anglais).

Algorithme 7.1 CAPtuRe-algorithm : un algorithme de calcul de similarités contextuelles entre scénarios d'apprentissage

INPUT

- A set of N learning scenarios: LS
- A set of M index instances and associated Success Rates: ICM, SR
- Correspondence structure between ICM and LS (connecting each scenario to its contextual indexes)
- A Planned Context: PCM
- Min similarity Threshold: $MinTh$

OUTPUT

- A list L of the most appropriate scenarios corresponding to the planned context PCM , and insuring a minimum similarity threshold $MinTh$

PROCEDURE

1. For each ICM_j
 - a) Match correspondent elements and establish links between IC_k vectors and PC_l vectors valuations
 - b) Add each non-common valuation with the weight "0" to IC_k vectors and PC_l vectors
 - c) In the PC_l vectors, verify the presence of all index constraints (elements with the $w = 1$ in IC_k vectors)
 - d) If all index constraints are satisfied
 - i. For each matched IC_k vectors and PC_l vectors
 - A. Apply Dice similarity formula :

$$DiceSimilarity(IC_k, PC_l) = \frac{2\sum_t w_t v_t}{\sum_t w_t^2 + \sum_t v_t^2}$$
 - ii. Calculation of similarities Average in the tree (through a bottom-up approach) to retrieve global similarity value: $DiceSimilarity(ICM_j, PCM)$
 - iii. Determine Relevance of LS_i associated to ICM_j in PCM : add reinforcing parameters similarity by the success rate SR_j associated to the given index

$$Relevancy(LS_i, PCM) = SR_j \times DiceSimilarity(ICM_j, PCM)$$
 - e) If $Relevancy(LS_i, PCM) \geq MinTh$
Add LS_i corresponding to ICM_j to the L list
2. Return L List

END OF ALGORITHM

Cet algorithme est utilisé dans le cadre de la conception par la réutilisation. Pour concevoir son scénario, comme le montre l'illustration de la Figure 7.18, l'enseignant peut réutiliser des scénarios existants qui sont sélectionnés et recommandés par cet algorithme. L'activité de conception consiste en un ordonnancement de granules de scénarios existantes et en une création de nouvelles activités.

PROPOSITION D'UNE APPROCHE POUR L'OPÉRATIONNALISATION DE L'ASSISTANCE À LA RÉUTILISATION ET À LA CAPITALISATION DES SCÉNARIOS D'APPRENTISSAGE

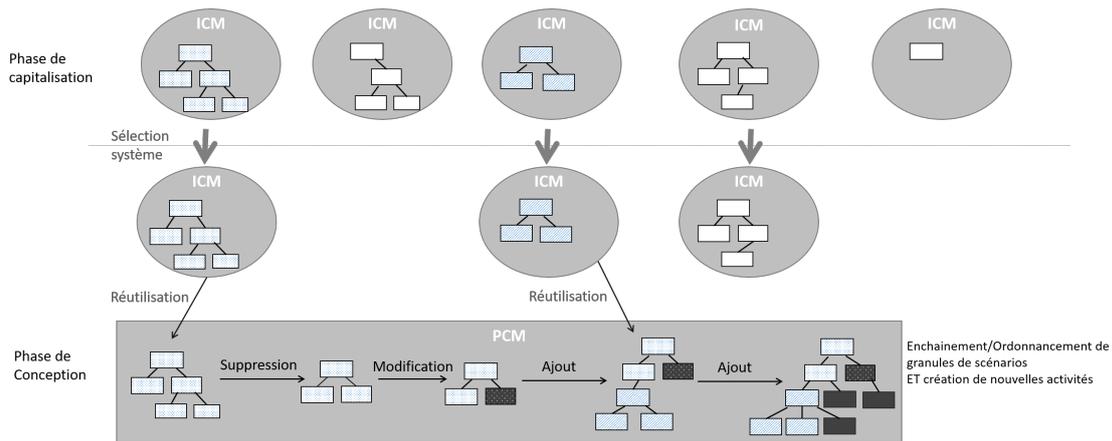


FIGURE 7.18. – Méthode de conception par la réutilisation

7.3.3 Optimisation de l'algorithme de calcul de similarités contextuelles entre scénarios d'apprentissage

A ce niveau, des propositions ont été intégrées (ou prévu d'être intégrées) pour l'optimisation de l'algorithme de calcul de similarités contextuelles entre scénarios présenté dans la Section précédente. Ces améliorations s'intègrent dans la deuxième version de l'algorithme mise en place durant la troisième itération de nos travaux (cf. Figure 5.2).

En plus du taux de réussite déjà introduit, nous avons définis d'autres paramètres qui sont pris en compte dans l'algorithme afin d'optimiser les résultats de recommandation des scénarios appropriés à un contexte donné, qui sont :

- **l'expérience de l'enseignant** (noté *EXp*) :

Le paramètre d'expérience de l'enseignant (inspiré du concept de «réputation de l'enseignant») est associé à chaque enseignant-concepteur reflétant ses expériences avec le système proposé. Ce paramètre accroit à chaque fois que l'enseignant exécute «efficacement» une instance du processus complet y compris la conception de scénario, sa mise en œuvre et son évaluation. Plus ce paramètre est élevé plus il ajoute un certain degré de confiance aux scénarios conçus par cet enseignant ce qui favorise leur recommandation par l'algorithme.

- **un seuil limitant le périmètre de réutilisation d'un scénario lors de son indexation** (noté *MinSim*) :

Ce seuil est une valeur fixée représentant la similarité minimale à partir de laquelle la réutilisation serait pertinente pour un scénario donné. Ce diagnostic de réutilisation est automatisé ou laissé à l'appréciation de l'enseignant concepteur.

Des optimisations peuvent également être faites sur le temps de la recherche de scénarios appropriés. L'une des limites des algorithmes basés sur le CBR est que le temps de recherche augmente linéairement avec le nombre de cas [Watson and Marir, 1994]. Ainsi, nous pouvons optimiser ce temps de recherche en intégrant des méthodes de classification des scénarios orientant la recherche de scénarios ce qui limite l'espace de recherche à une classe pertinente de la base de cas. Ceci est notamment utile lorsque le nombre de cas dans la base (de scénarios d'apprentissage) devient important. Ainsi, des méthodes peuvent être appliquées pour optimiser notre algorithme telle que l'intégration de l'algorithme génétique au CBR (Genetic Algorithm based on Case-Based

Reasoning : GA-CBR) conçu pour améliorer les performances des systèmes CBR [Guo et al., 2011].

Par ailleurs, le choix de la formule de la similarité DICE peut être confronté à d'autres types de similarités possibles tels que les similarités COSINE ou JACCARD [Cha, 2007] pour voir ceux qui aboutissent à des résultats de recommandation optimisés pour notre cas. Ceci n'a pas été traité dans le cadre de ces travaux de thèse.

7.4 APPLICATION DE L'APPROCHE SUR LES EML

Nous proposons ici des ébauches de généralisation de notre proposition sur les EML. Tel que présenté précédemment dans la Figure 7.3, le méta-modèle proposé illustrant notre approche, interagit avec un métamodèle du scénario. Il a été considéré qu'un scénario est composé d'un ensemble d'activités et est associé à un contexte d'apprentissage.

Sur la base de la vue simplifiée du métamodèle des EML illustré dans la Figure 3.2 lors de la revue de la littérature, nous rappelons qu'une unité d'étude au sens EML est composée de rôles, activités et environnements. Un rôle, occupé par des acteurs, effectue une activité qui est réalisée dans un environnement, lui-même composé d'objets. Nous visons à adapter ce modèle EML en ajoutant des éléments pour pouvoir l'intégrer dans notre approche. Comme le montre la Figure 7.19, nous procédons au positionnement du méta-modèle des EML dans les différents niveaux identifiés de notre approche de la Figure 7.1

Selon notre vision du contexte, l'environnement composé d'objets et les acteurs font partie du contexte du scénario. Tel que montré dans la Figure 7.19, nous plaçons ainsi ces entités au niveau L2 représentant le contexte. Les unités d'étude, les activités et les rôles associés sont positionnés au niveau L1 représentant le scénario d'apprentissage.

Par ailleurs, dans les EML, l'environnement est associé à une activité bien particulière du scénario. Cependant, dans notre approche, le contexte est vu d'une perspective globale couvrant le scénario d'apprentissage dans sa totalité, et non pas comme un contexte spécifique à une activité particulière de scénario. Nous ajoutons alors un élément englobant l'ensemble des éléments contextuels, que nous appelons «contexte agrégateur», qui intègre l'ensemble des environnements liés aux différentes activités et les objets les composant ainsi que les acteurs ayant participé à ces activités. Nous ajoutons également au niveau L3 les indicateurs qui analysent les éléments contextuels et les activités d'apprentissage.

PROPOSITION D'UNE APPROCHE POUR L'OPÉRATIONNALISATION DE L'ASSISTANCE À LA RÉUTILISATION ET À LA CAPITALISATION DES SCÉNARIOS D'APPRENTISSAGE

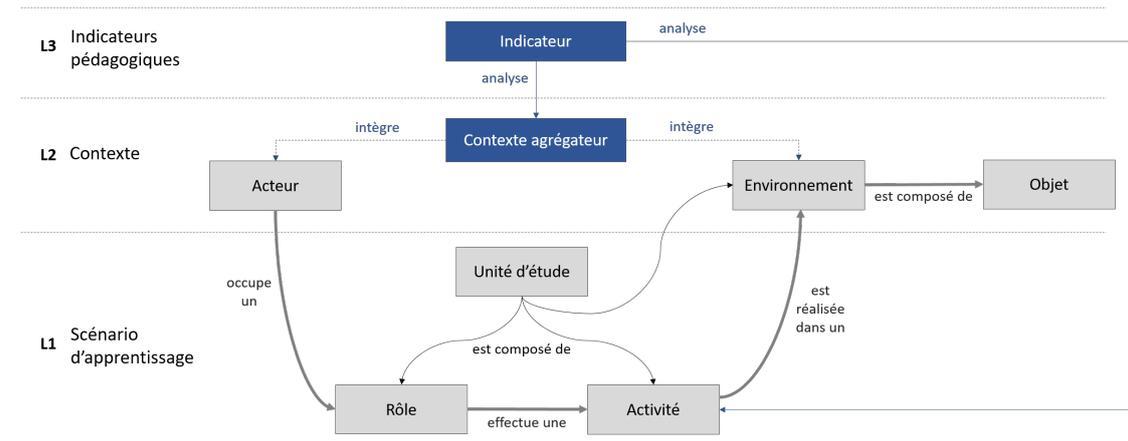


FIGURE 7.19. – Intégration du méta-modèle des EML aux différents niveaux proposés dans notre approche

Afin d'illustrer cette approche nous sélectionnons deux exemples de scénarios d'apprentissage tirés de la littérature. Nous prenons une première étude de cas modélisée en IMS-LD et une deuxième modélisée en LDL. Ces deux derniers formalismes sont des EML que nous avons déjà présenté dans le Chapitre 3. Nous explicitons à partir de chacun des cas un exemple de modèle contextuel, selon notre approche, formalisant le «contexte agrégateur» et une proposition d'indicateurs pouvant y être associés.

La première étude de cas [Bote-Lorenzo et al., 2004] modélise en IMS-LD un scénario conçu par des enseignants pour être déployé dans un cours d'architecture d'ordinateurs. Ce scénario se base partiellement sur un CLFP jigsaw⁴.

Nous reprenons ici quelques activités énoncées de ce scénario :

- *Students study customers need and the educator plays the role of the client ;*
- *students model the computational load of the customer ;*
- *students distribute four groups of different real machines among them ;*
- ...
- *each group generates a technical report presenting and arguing for the best solution for their customers.*

Nous appliquons notre approche de modélisation du contexte sur ce scénario IMS-LD. La Figure 7.20 montre l'index contextuel sous forme de ICM que nous avons construit suite à l'étude de ce cas d'usage. Les pondérations sont laissées aux valeurs par défaut.

4. un patron de collaboration appliqué à la technique jigsaw qui propose une solution pour des problèmes de résolution complexes exigeant une collecte et/ou une manipulation d'informations [Bote-Lorenzo et al., 2004]

PROPOSITION D'UNE APPROCHE POUR L'OPÉRATIONNALISATION DE L'ASSISTANCE À LA RÉUTILISATION ET À LA CAPITALISATION DES SCÉNARIOS D'APPRENTISSAGE

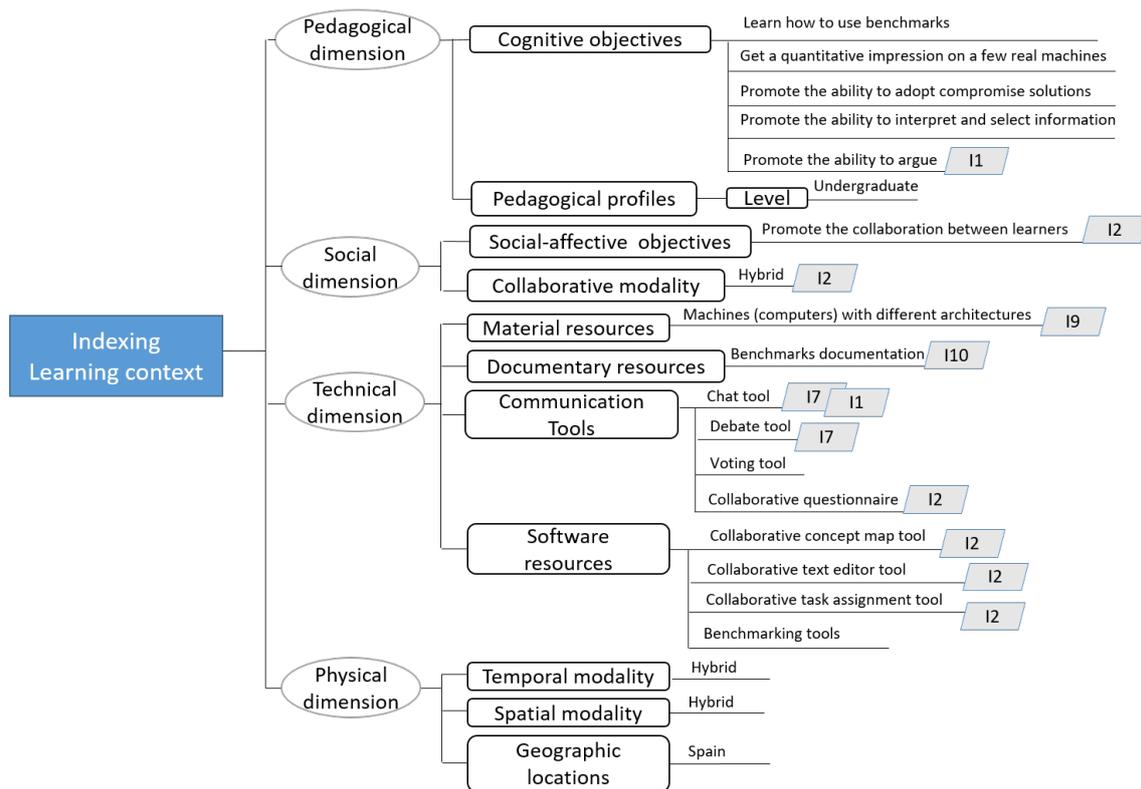


FIGURE 7.20. – ICM construit pour le scénario modélisé en IMS-LD de Bote-Lorenzo et al. [2004]

Pour ce scénario, on peut prévoir par exemple le calcul de l'indicateur sur le niveau de communication (I1), l'indicateur sur le niveau de collaboration (I2), l'indicateur sur la participation à une séance synchrone (I7), l'indicateur sur l'état d'un dispositif matériel (I9) et l'indicateur sur le nombre et degrés de consultations d'une ressource (I10). Ces indicateurs cités étiquètent le ICM présenté dans la Figure 7.20. On peut également prévoir d'observer, tel qu'il a été d'ailleurs énoncé dans cette étude de cas, les échanges entre les équipes et les échanges dans chacune de ces équipes.

La deuxième étude de cas [Ferraris et al., 2008] modélise en LDL un scénario nommé «Planet game». L'objectif de cette étude est d'acquérir des connaissances concernant l'organisation du système solaire. Les auteurs de cette étude (Ferraris et al. [2008]) énoncent néanmoins que ce scénario Planet game n'est pas limité au domaine de l'astronomie mais peut être réutilisé par exemple dans le contexte d'un apprentissage de règles de trafic.

Nous reprenons ici quelques activités identifiées de ce scénario :

- *Learner reads the statement ;*
- *learner plays the interlude ;*
- *learner chooses a group (A or B) ;*
- *teacher creates the learning activity for group A ;*
- ...
- *teacher adds a test ;*
- *learner discusses with the team members ...*

De la même manière, nous appliquons notre approche de modélisation du contexte sur ce scénario IMS-LD. La Figure 7.21 montre l'index contextuel sous forme de ICM

que nous avons construit suite à l'étude de ce scénario. Les pondérations sont laissées aux valeurs par défaut.

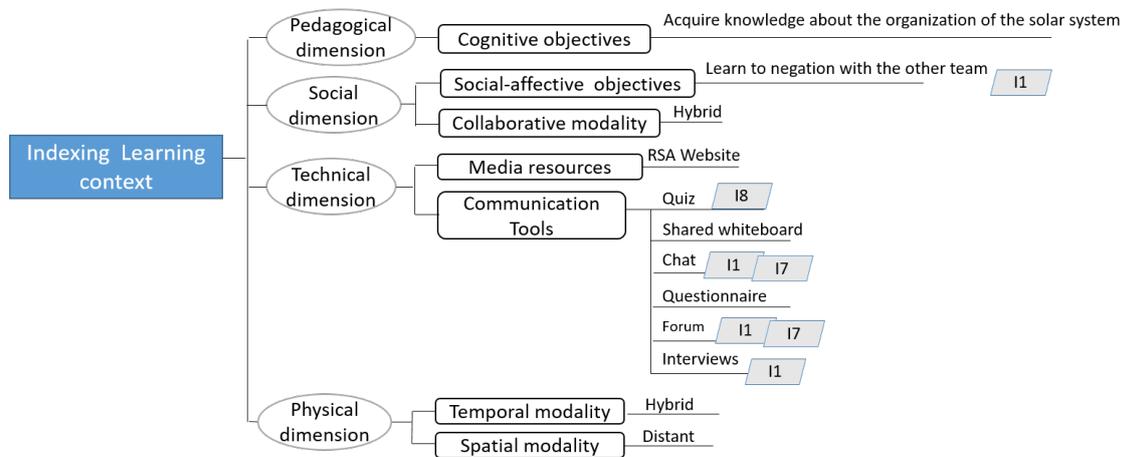


FIGURE 7.21. – ICM construit pour le scénario modélisé en LDL de Ferraris et al. [2008]

Pour ce scénario, on peut prévoir par exemple le calcul de l'indicateur sur le niveau de communication (I1), l'indicateur sur la participation à une séance synchrone ou asynchrone (I7) et l'indicateur sur le taux de réussite à un test ou quiz (I8), étiquetant le ICM présenté dans la Figure 7.21.

Nous avons ainsi pu construire des modèles contextuels pour ces deux scénarios modélisés avec des EML différents, ce qui montre la faisabilité de l'utilisation de tels modèles de scénarios dans notre processus d'assistance à la réutilisation et à la capitalisation de scénarios et l'application des méthodes d'indexation et de recommandation proposées dans notre approche.

7.5 SYNTHÈSE DU CHAPITRE

Nous avons proposé dans ce chapitre une approche d'opérationnalisation du processus d'assistance à la réutilisation et à la capitalisation de scénarios d'apprentissage basée sur l'observation et l'évaluation des contextes d'usage des scénarios. Cette approche a concerné la définition des modèles manipulés par le processus en se focalisant particulièrement sur les modèles contextuels qui constituent le principal objet de notre recherche. Nous avons ainsi proposé une approche de modélisation multi-niveau du contexte des scénarios d'apprentissage qui est indépendante du langage de formalisation du scénario. Pour cela, nous avons opté pour une approche de modélisation multi-facettes du contexte qui est enrichie par les indicateurs.

En se basant sur ces modèles définis, nous avons par la suite proposé les méthodes pour opérationnaliser le processus notamment une méthode d'indexation contextuelle de scénarios et une méthode de sélection et de recommandation de scénarios. Nous avons d'abord présenté l'approche en se basant sur un modèle simplifié de scénarios basé-activités que nous avons ensuite appliquée sur les EML.

Les contributions présentées jusque-là ont permis de :

- présenter une vision globale sur les connaissances contextuelles pouvant être liées au scénario d'apprentissage tout en se basant sur des travaux de littérature et sur des standards de l'apprentissage (apport théorique);
- fournir des méthodes et moyens pour collecter, évaluer et capitaliser ces connaissances contextuelles et les utiliser dans un cadre d'assistance pour optimiser la réutilisation de scénarios et la rendre plus efficace (apport méthodologique et conceptuel);
- intégrer et mettre en place un processus instrumenté au sein du projet BASAR assistant la réutilisation et la capitalisation de ses scénarios (apport pratique);
- appliquer le formalisme de graphes contextuels et les techniques associées pour les scénarios d'apprentissage et l'exploiter par des méthodes et des algorithmes (apport technique).

L'implémentation des modèles et méthodes proposés et leur intégration en une plateforme logicielle d'assistance à la réutilisation et à la capitalisation de scénarios d'apprentissage va permettre de valider la faisabilité technique et technologique de ces contributions ce qui fera l'objet du Chapitre 8 suivant.

IMPLÉMENTATION D'UNE PLATEFORME D'ASSISTANCE À LA RÉUTILISATION ET À LA CAPITALISATION DE SCÉNARIOS D'APPRENTISSAGE : CAPTURE-PLATFORM

Afin de concrétiser le processus d'assistance à la réutilisation et à la capitalisation d'un scénario d'apprentissage et les modèles et méthodes proposés pour son opérationnalisation, nous avons conçu et développé le prototype d'un système logiciel CAPtuRe-platform. Il s'agit d'une plateforme qui vise à aider l'enseignant-concepteur à mieux réutiliser les scénarios d'apprentissage existants dans une base/référentiel en offrant des mécanismes et outils logiciels pour le suivi, l'analyse, l'indexation et la recommandation des scénarios. Principalement, la plateforme a pour but d'implémenter notre processus d'assistance spécifié en assurant les fonctionnalités suivantes :

- supporter la modélisation contextuelle et ses principes précédemment définis et l'instanciation/la construction des différents types de rendus des modèles contextuels utilisés par le processus ;
- la recommandation des scénarios les plus appropriés pour une situation d'apprentissage cible afin d'assister et optimiser la réutilisation dans un contexte de conception pédagogique ;
- la recommandation des indicateurs pédagogiques à calculer selon les besoins en observation et leurs paramétrages ;
- la collecte des traces et la gestion des indicateurs pédagogiques, notamment à travers l'intégration de la modélisation des traces et indicateurs à l'aide des langages UTL et DCL4UTL ainsi que leur visualisation ;
- l'assistance et le guidage de l'enseignant dans l'indexation contextuelle des scénarios d'apprentissage en automatisant (partiellement) cette tâche ;
- le stockage et la capitalisation des expériences d'apprentissage indexées.

Nous procédons dans ce qui suit à la présentation des étapes de spécification et de mise en place de l'architecture de cette plateforme (cf. Section 8.1). Nous exposons ensuite les étapes de développement et d'intégration de la plateforme en simulant le processus d'assistance sur un cas d'usage réel (cf. Section 8.2).

8.1 SPÉCIFICATION ET CONCEPTION DE LA PLATEFORME D'ASSISTANCE

8.1.1 *L'adoption d'une architecture orientée service pour une ingénierie et réingénierie de scénarios d'apprentissage*

Nous commençons par proposer une architecture logique globale pour la mise en place d'applications dans le cadre d'une ingénierie et réingénierie de scénarios d'apprentissage suivant une architecture SOA. La Figure 8.1 illustre cette architecture proposée s'inspirant de l'approche SOA-RA¹.

1. Fournit une Architecture de Référence SOA pour un écosystème d'une entreprise ou d'une application et repose sur l'établissement des éléments constitutifs de la SOA : services, composants et flux qui sup-

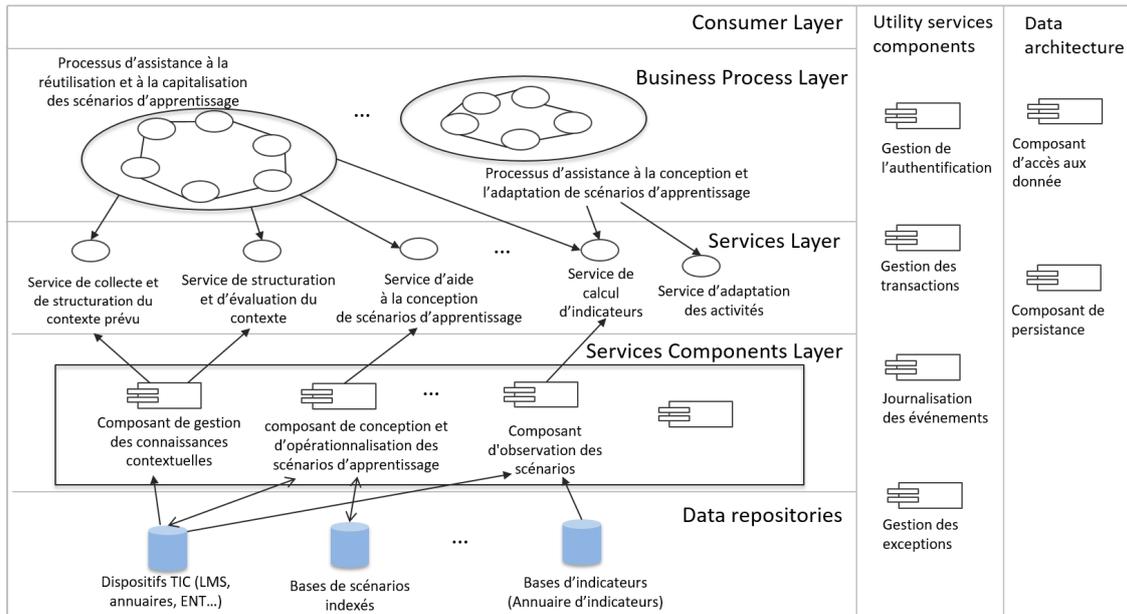


FIGURE 8.1. – Architecture logique d'une application en ingénierie et réingénierie d'un scénario d'apprentissage conforme à l'architecture de référence SOA-RA

Comme le montre cette architecture, l'application est décomposée en un ensemble de services («Services Layer») qui sont les briques de base d'une SOA. Ces services sont classés en composants de services («Services Components Layer») assurant une réutilisabilité de plus gros grains et utilisant différentes sources de données («Data Repositories»). Les services sont enchaînés pour former des processus métiers («Business Process Layer»). Dans le cadre de nos travaux, nous traitons le processus d'assistance à la réutilisation et à la capitalisation de scénarios. Nous pouvons envisager la composition d'autres processus avec des objectifs différents comme par exemple un processus d'assistance à la conception et à l'adaptation de scénarios d'apprentissage.

Un ensemble de composants de services utilitaires et techniques, regroupant les fonctionnalités non-métiers, se positionne d'une manière transversale aux autres couches («Utility Services Components» et «Data Architecture»). L'adoption d'une telle architecture permet une flexibilité, extensibilité et scalabilité de l'application à travers l'ajout de nouveaux services, l'adaptation et la mise à jour des services et les processus les composant. Elle assure également une neutralité technologique vu l'indépendance entre les interfaces et les implémentations des services. Ceci permet l'intégration et la réutilisation de formalismes et mécanismes existants et l'utilisation de différentes sources de données hétérogènes.

8.1.2 L'architecture fonctionnelle de CAPtuRe-platform

Le principe dans une application SOA est que chaque service lui est attribué une (des) tâche(s) qu'il effectue indépendamment des autres services. En effet, parmi les principes de conception d'un service en SOA on peut citer son autonomie, sa réutilisabilité et son faible couplage avec les autres services. Les services sont composés, sous forme de pro-

portent collectivement les processus et objectifs métier. <https://www.ibm.com/developerworks/library/ar-archtemp/>

cessus, pour atteindre un objectif global commun qui est dans notre cas l'optimisation de la réutilisation de scénarios d'apprentissage. Selon ce principe, et en tenant compte des spécifications des différentes phases de notre processus, nous commençons par identifier les services candidats (placés dans la couche «Service Layer») que nous classons dans des composants de services (placés dans la couche «Services Components Layer») :

1. composant de conception et d'opérationnalisation des scénarios d'apprentissage :
 - a) service de sélection et de recommandation de scénarios d'apprentissage ;
 - b) service d'aide à la conception de scénarios d'apprentissage ;
 - c) service d'opérationnalisation de scénarios d'apprentissage ;
2. composant d'observation des scénarios d'apprentissage :
 - a) service de recommandation d'indicateurs pédagogiques ;
 - b) service d'aide à la conception de scénarios d'observation ;
 - c) service de collecte et de structuration de traces d'usage ;
 - d) service de gestion des indicateurs pédagogiques (décomposé en un ensemble de sous-services pour le calcul de chaque indicateur) ;
 - e) service de structuration et d'évaluation des résultats ;
3. composant de gestion des connaissances contextuelles :
 - a) service de collecte et de structuration du contexte prévu ;
 - b) service de collecte du contexte effectif ;
 - c) service de structuration et d'évaluation du contexte effectif ;
4. composant de capitalisation des scénarios :
 - a) service d'analyse et d'indexation du scénario ;
 - b) service de stockage de scénarios indexés.

Ces services sont considérés comme des services métiers («Task services» au sens SOA). Des composants de services d'ordre technique («Utility services» au sens SOA) peuvent également être ajoutés d'une manière transversale aux autres services métiers tels que des composants pour services d'authentification, de connexion aux plateformes et dispositifs, de gestion des exceptions, de journalisation des événements, de persistance etc.

La Figure 8.2 montre le processus métier d'assistance à la réutilisation et à la capitalisation de scénarios d'apprentissage explicitant l'enchaînement et l'interaction entre les différents services identifiés, implémentant ainsi CAPtuRe-process.

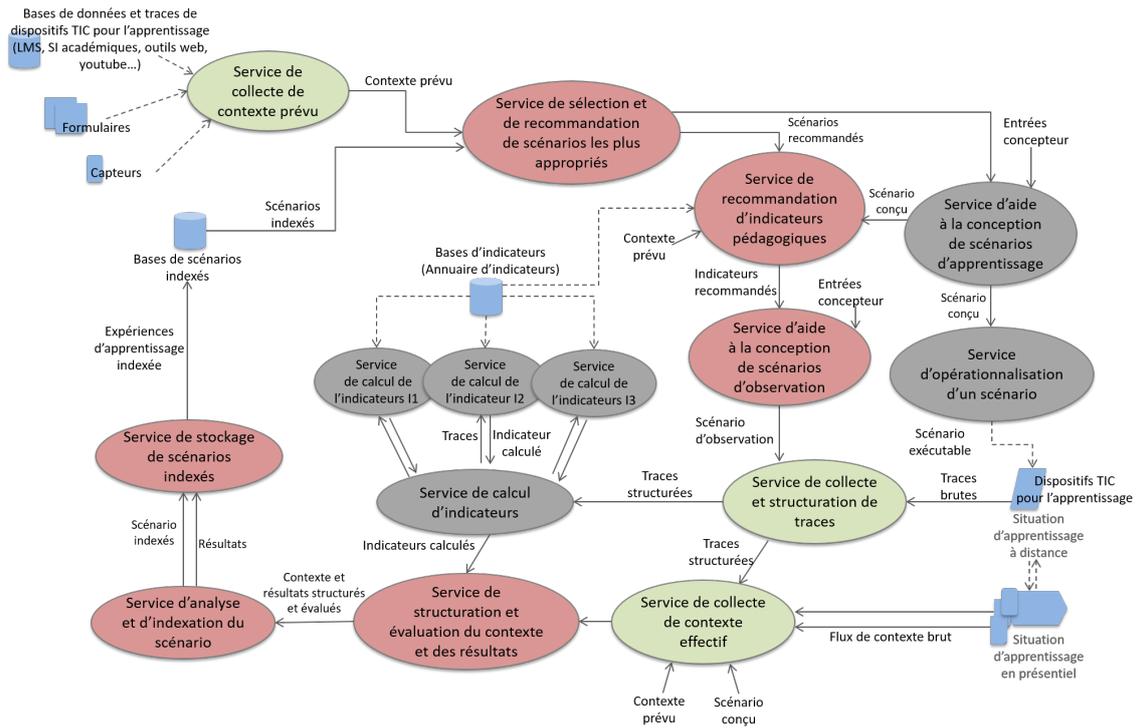


FIGURE 8.2. – Architecture fonctionnelle de CAPtuRe-platform : Implémentation du processus d'assistance en termes de services

Nous présentons les détails des différents services lors de la simulation du processus avec CAPtuRe-platform à la Section 8.2.3. Nous présentons avant l'environnement logiciel du développement de la plateforme.

8.2 DÉVELOPPEMENT ET INTÉGRATION DE LA PLATEFORME D'ASSISTANCE

8.2.1 Environnements et outils logiciels de développement

Afin de lui assurer un accès facile et léger, la plateforme a été implémentée sous la forme d'une application web en HTML5, CSS3 et JavaScript reposant sur les services web. Pour le développement de la plateforme, nous avons utilisé les frameworks, bibliothèques et outils largement utilisés actuellement qui sont :

- le framework «**Spring Boot**»² pour le développement et la mise en place de la partie back-office de l'application. L'outil «Spring Tool Suite»³ basé sur «Eclipse» a été utilisé comme IDE. Il s'agit d'un cadre robuste pour le développement d'applications web en Java qui assure la gestion des transactions avec les bases de données et la persistance, supporte l'intégration de services web et offre des mécanismes de configuration et de déploiement des applications ;

2. Projet Spring Boot, <https://projects.spring.io/spring-boot/> ;
Spring Boot Reference Guide, <https://docs.spring.io/spring-boot/docs/current-SNAPSHOT/reference/htmlsingle/>

3. <https://spring.io/>

- le framework «**Jersey**»⁴ pour le développement et la mise en place des services web de type RESTful suivant les spécifications de JAX-RS (JSR 311 et JSR 339) ;
- la bibliothèque «**Bootstrap**»⁵ pour le développement et la mise en place de la partie front-office de l'application. Elle a été choisie parce qu'elle offre une panoplie de composants graphiques (formulaires, grilles, graphes, etc.) permettant de développer une interface conviviale, facile à utiliser et flexible à l'enseignant-concepteur qui peut être un non informaticien ;
- la bibliothèque «**AngularJS**»⁶ pour la déclaration et l'intégration de vues dynamiques dans l'application et permettant de créer des RICH Internet Application (RIA). Elle se présente comme une extension à la syntaxe de HTML pour exprimer les composants de l'application clairement et succinctement et adopte une architecture MVC (Model-View-Controller) ;
- le format «**JSON**» (JavaScript Object Notation) pour la représentation des modèles contextuels. Il s'agit en effet d'un format léger d'échange et de représentation de données. Ce choix de notation est justifié par les possibilités du JSON à exprimer des données en arborescence, par l'existence de bibliothèques pour leurs manipulations et par sa compatibilité avec les formats du web notamment les services web.

8.2.2 Intégration de la plateforme avec des outils/environnements existants

CAPtuRe-platform communique et interagit avec des environnements et outils existants qui sont les suivants :

- l'**outil Scenari BASAR** pour la conception et l'exportation des scénarios d'apprentissage sous un format opérationnalisable sur une plateforme d'apprentissage LMS ;
- la **base BASAR** comme référentiel de scénarios d'apprentissage à indexer et à réutiliser ;
- la **plateforme d'apprentissage Moodle** comme LMS pour l'opérationnalisation des scénarios d'apprentissage ;
- **autres dispositifs TIC** tels que les annuaires, les environnements numériques de travail (ENT) des établissements éducatifs, les outils web pour l'apprentissage. Ces dispositifs sont utilisés comme des sources d'informations caractérisant et enrichissant les connaissances contextuelles.

La communication avec ces environnements est assurée à travers des services web de type REST. En effet, beaucoup de plateformes/outils exposent actuellement leurs fonctionnalités sous la forme de bibliothèques (API) de services web permettant ainsi l'interaction et la communication avec eux à travers le web (le protocole HTTP). Pour la plateforme Moodle, on trouve par exemple la fonction «core_enrol_get_enrolled_users» qui permet d'obtenir les utilisateurs inscrits par id de cours ou la fonction «tool_lp_search_users» qui permet de rechercher des utilisateurs. Ces fonctions sont exposées par un «Web service API»⁷. Des requêtes peuvent également être lancées directement vers la base Moodle dans le serveur. De même pour

4. RESTful Web Services in Java, <https://jersey.java.net/>

5. <http://getbootstrap.com/>

6. <https://angularjs.org/>

7. Les fonctions sont disponibles sur https://docs.moodle.org/dev/Web_service_API_functions

certaines ENT qui offrent les fonctionnalités et contenu proposés à travers des services web⁸. Pour l'interopérabilité avec l'outil Scenari BASAR, des services web sont actuellement en cours de développement (par une équipe de développeurs) ce qui facilitera la communication avec cet outil.

8.2.3 Simulation du processus d'assistance avec CAPtuRe-platform : Étude de cas

Afin de décrire les fonctionnalités et outils proposés par CAPtuRe-platform, nous repreneons les étapes du processus CAPtuRe-process (cf. Section 6.2 et Section 7.2), en les présentant maintenant d'un point de vue pratique. Il s'agit d'un enchaînement d'appel des services identifiés dans l'architecture de la plateforme. Cet enchaînement est établi par un service orchestrateur qui gère les appels des services et le flux d'informations entre eux. Nous simulons ce processus à travers le déroulement d'un cas d'usage, représentant une situation d'apprentissage réelle, dans CAPtuRe-platform :

Cas d'usage - La conception d'un scénario d'apprentissage pour un module de « Technologies du web » dans le cadre de la formation d'étudiants en deuxième année d'études d'ingénieur spécialité « Génie Logiciel ». Ce module est hybride c'est à dire qu'il inclut des activités à distance et d'autres en présentiel. Pour la partie à distance, la plateforme d'apprentissage Moodle 2.1 est utilisée.

Dans cette simulation, nous nous focalisons essentiellement sur les IHM et les composants logiciels développés. Nous insistons ainsi sur les détails techniques puisque les procédures et les savoirs théoriques ont été déjà présentés dans les deux chapitres précédents. Nous avons distingué les différents états de développement des services et de leur intégration dans la version actuelle de CAPtuRe-platform, dans la Figure 8.2, comme suit : couleur rouge pour désigner **les services développés dans le cadre de cette thèse et intégrés dans CAPtuRe-platform** ; couleur verte pour désigner **les services partiellement développés et intégrés dans CAPtuRe-platform** et couleur grise pour désigner **les services déjà existants en cours d'intégration dans CAPtuRe-platform**.

La plateforme se présente sous la forme d'un tableau de bord pour l'enseignant exposant l'ensemble des fonctionnalités proposées. Elle divise le processus en deux grandes phases accessibles par l'enseignant que nous pouvons distinguer dans le menu du tableau de bord (cf. Zone (A) de la Figure 8.3) qui sont : Concevoir (Design) et Evaluer (Evaluate). L'utilisateur peut à tout moment alterner entre les deux phases afin de réctifier ou compléter des informations.

8.2.3.1 Simulation des étapes de recommandation, de réutilisation et de conception d'un scénario d'apprentissage

L'enseignant souhaite concevoir un scénario d'apprentissage. Il dispose de la base BASAR comportant des scénarios hybrides déjà conçus et capitalisés par d'autres enseignants/formateurs. Il s'agit d'abord d'informer le contexte prévu pour la situation d'apprentissage qui est à la charge du concepteur assisté par le «Service de collecte du contexte prévu». Cette tâche est assurée par l'enseignant assisté par le système à travers des formulaires de saisie du contexte et d'autres sources pouvant apporter des données caractérisant le contexte. Parmi ces sources nous pouvons citer :

8. Par exemple l'ENT de l'Université de Nantes http://www.univ-nantes.fr/02147456/0/fiche___pageLibre/

- les bases de données des LMS contenant des détails sur les apprenants et l'enseignant ou sur les outils de communication à utiliser ;
- les annuaires des ENT pouvant fournir des informations sur les apprenants, sur les ressources matérielles, logicielles ou documentaires disponibles ou sur l'établissement ;
- éventuellement des informations collectées par des capteurs pour certains éléments spécifiques à des domaines particuliers tels que la localisation par GPS ou par IP, les capteurs de température, de pression, etc.

Le fait que la plateforme est basée sur les services web la rend plus interopérable et extensible. La récupération des données à partir de sources hétérogènes devient alors plus facile d'autant plus que la plupart des environnements exposent actuellement leurs données via des services web facilement intégrables. La Figure 8.3 illustre les formulaires de saisie du contexte prévu qui sont enrichis par des informations collectées par le système. Dans l'interface montrée, l'enseignant informe par exemple les objectifs pédagogiques et sélectionne les apprenants qui participeront à la situation d'apprentissage en ayant automatiquement des informations sur leurs compétences, spécialités et niveaux d'études.

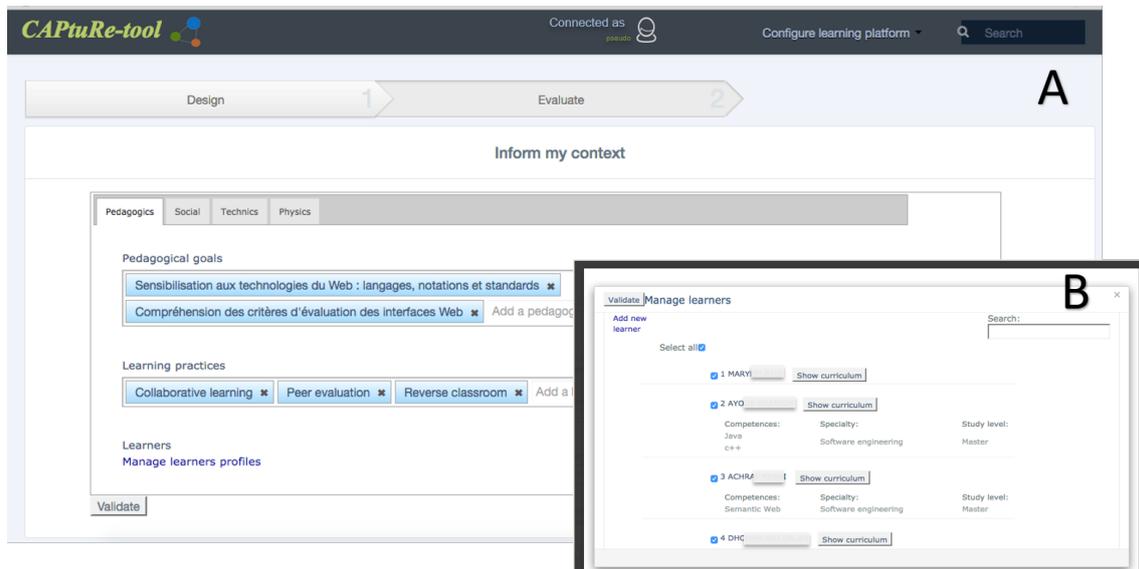


FIGURE 8.3. – Interfaces de collecte du contexte prévu

L'enseignant peut néanmoins ajouter manuellement des informations non disponibles dans le système comme par exemple ajouter des ressources matérielles et leurs métadonnées tel que illustré dans la Figure 8.4. Cette interface d'ajout d'une nouvelle ressource est accessible à partir de l'onglet «Technics» du formulaire d'information du contexte (cf. Zone (A) de la Figure 8.3) .

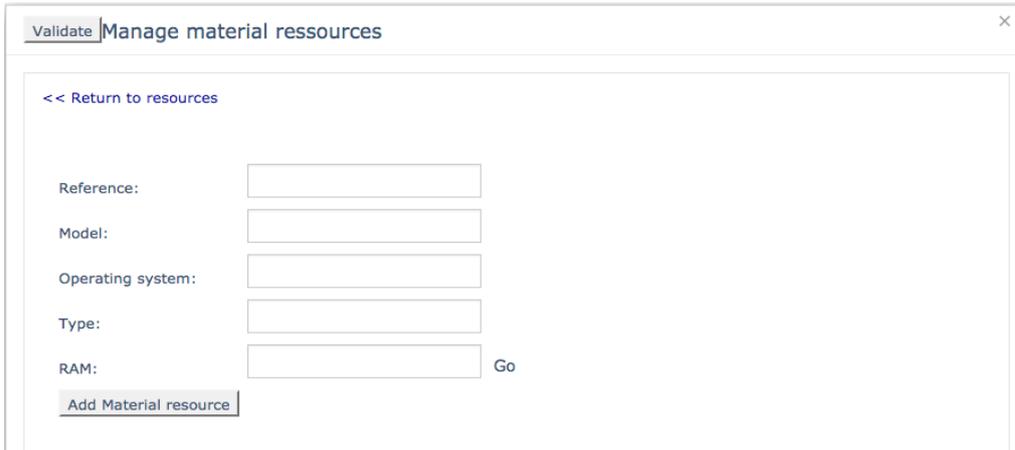


FIGURE 8.4. – Interface d'ajout de ressources matérielles à utiliser

L'information à compléter dans les champs contextuels est également facilitée à travers l'utilisation des composants IHM adaptés telles que les fonctionnalités d'auto-complétude de certains champs (cf. Zones (C) et (E) de la Figure 8.5) pour *diminuer la charge* du concepteur, les fonctionnalités de filtrage (cf. «Search» à la Zone (D) de la Figure 8.5) et de masquage automatique ou «auto-hide» (cf. Zone (B) Figure 8.3 et Zone (F) de la Figure 8.7) pour gérer *la densité informationnelle* des interfaces proposées. Les critères d'évaluation des IHM sont discutés plus en détail dans le chapitre suivant.

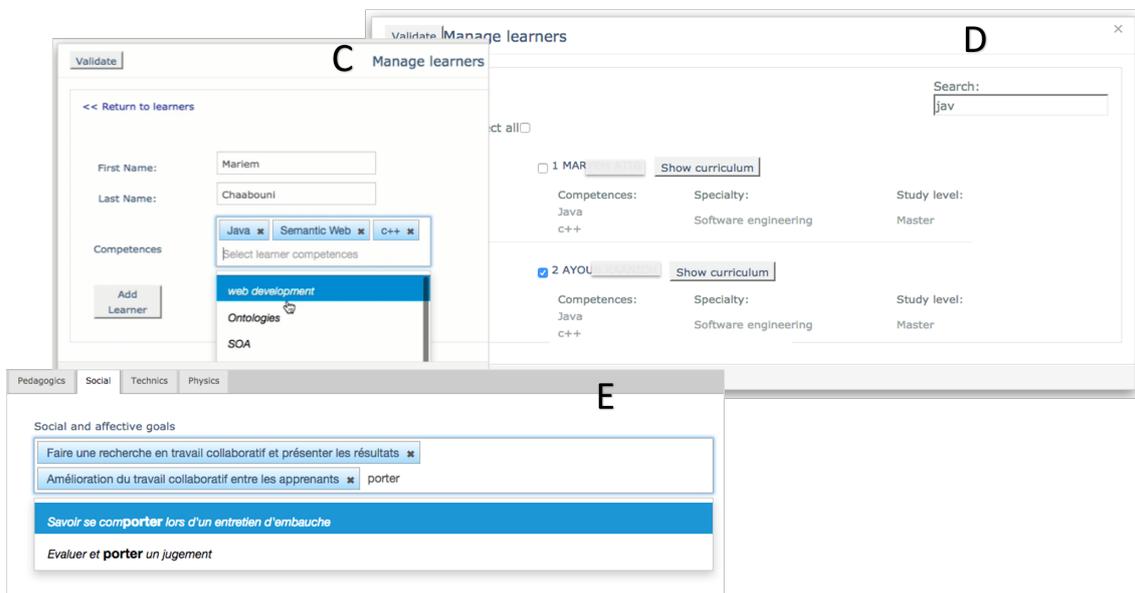


FIGURE 8.5. – Exemple de saisie des objectifs sociaux et affectifs

L'un des éléments contextuels (qu'on trouve dans le modèle contextuel) est la plateforme d'apprentissage LMS dans laquelle est opérationnalisé le scénario d'apprentissage. CAPtuRe-platform offre ainsi une fonctionnalité de connexion à un LMS accessible depuis le lien «Configure learning platform» dans le menu haut de l'interface de la Figure 8.3. Cette fonctionnalité de connexion est illustrée dans la Figure 8.6 où l'enseignant spécifie le LMS à utiliser et sa version, le lien vers le serveur et les coordonnées d'accès.

Notons que les deux premiers champs peuvent être repérés automatiquement par le système.

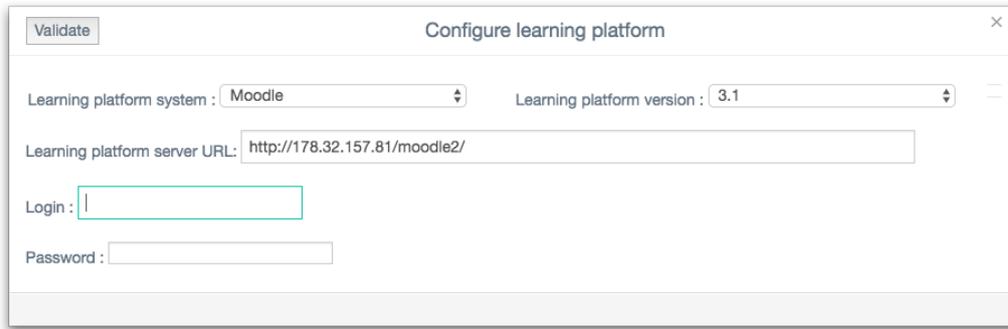


FIGURE 8.6. – Interface de connexion à la plateforme d'apprentissage

D'autre part, les règles associées aux évaluations du modèle de contexte, telles que celles spécifiées précédemment dans la Figure 7.9, sont appliquées au niveau de l'interface en termes de contraintes sur les composants graphiques. Par exemple, pour la règle R4 (« Learning platform is not NULL »), la spécification de la plateforme d'apprentissage à utiliser à travers l'interface de la Figure 8.6 est obligatoire dans le processus de saisie du contexte. Pour la règle R5, qui exprime que la modalité collaborative ne peut avoir qu'une seule valeur parmi les trois spécifiées (« In group », « Individual » ou « Hybrid »), elle est traduite sous la forme d'une liste déroulante. Par ailleurs, pour la règle R3 par exemple, si une activité de chat est exprimée parmi les outils de communication, la liste déroulante de la modalité temporelle se limite aux deux valeurs « Hybrid » ou « Synchronous ».

Des mécanismes de *guidage* du concepteur sont également mis en place afin de lui montrer que cette tâche complémentaire de saisie du contexte lui est également bénéfique. En effet, cette tâche d'expression du contexte lors de la planification d'une situation d'apprentissage est utile à l'enseignant pour :

1. lui recommander le(s) bon(s) scénario(s) à réutiliser,
2. avoir un feedback sur le déroulement de ces scénarios d'apprentissage et analyser les causes de réussites ou d'échecs de ce scénario,
3. garder traces et capitaliser les expériences d'apprentissage y compris les scénarios mis en œuvre, leurs contextes d'usage et leurs résultats,
4. servir de base d'indexation du scénario pour des futures réutilisations soit par l'enseignant lui-même ou par d'autres enseignants.

En partant de ces informations collectées, le service construit le contexte prévu sous la forme d'un modèle contextuel PCM tel que le montre les Zones (H) et (G) de la Figure 8.7.

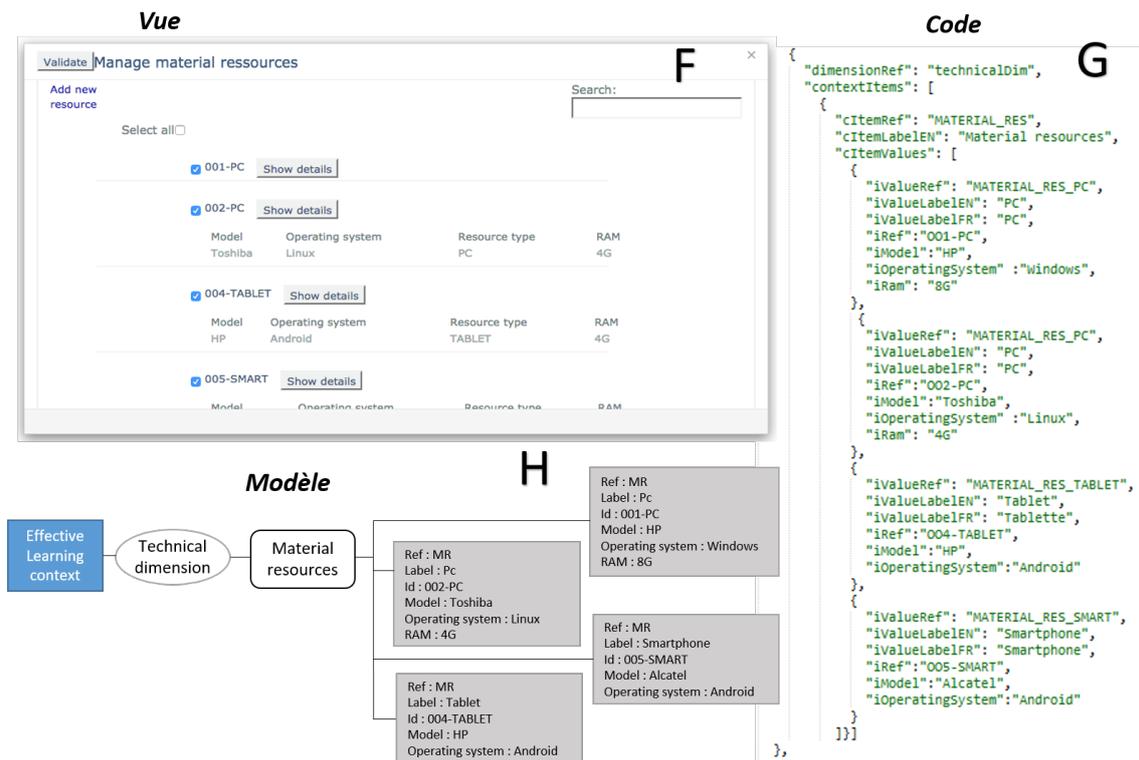


FIGURE 8.7. – Extrait d'un modèle, vue et code représentant les ressources matérielles dans un PCM

Ce modèle PCM construit constitue l'entrée de l'algorithme de calcul de similarité contextuelle qui renvoie la liste des scénarios indexés par les contextes les plus proches à ce contexte prévu. Il constitue l'arbre de requête sur la base de scénarios indexés qui est utilisé par le «Service de sélection et de recommandation de scénarios d'apprentissage». Ce service dispose ainsi en entrée du PCM formé et de la base de scénarios indexés. Son rôle est de générer et afficher la liste des scénarios les plus appropriés ainsi que les informations associées à ces scénarios.

A ce niveau le concepteur conçoit son scénario, à l'aide du service d'aide à la conception de scénarios d'apprentissage, tout en réutilisant l'existant. Nous utilisons dans la version actuelle de la plateforme l'outil de conception pédagogique «Scenari BASAR». Le scénario conçu par cet outil est transmis à un «service d'opérationnalisation du scénario» dans une plateforme d'apprentissage. Ce service existe dans l'outil Scenari BASAR et permet l'exportation vers le format IMS-CC⁹ intégrable dans un LMS (e.g. Moodle et Blackboard). La Figure 8.8 montre l'interface de conception et d'opérationnalisation de scénario (cf. respectivement Zones (I) et Zone K de cette interface) et de la liste des scénarios sélectionnés (de la base BASAR) et recommandés par le système (cf. Section «Reuse scenarios»).

Nous notons que l'éditeur de conception pédagogique, actuellement en cours d'intégration dans la plateforme, est l'outil Scenari BASAR. L'intégration est assurée à travers une nouvelle version en services web de l'outil de conception. Comme notre approche

9. Common cartridge is an initiative led by the IMS Global Learning Consortium. The initiative supports course packages you can use across learning management systems (LMS) [https://en-us.help.blackboard.com/Learn/Instructor/Course_Content/Reuse_Content/Export_and_Archive_Courses]

est conçue de manière à être interopérable avec des formalismes de scénarios différents, il est envisageable d'intégrer d'autres outils de conception de scénarios. Ceci est faisable à travers la mise en place de services web exposant les fonctionnalités et agissant comme interfaces de communication entre cet outil et CAPtuRe-platform. Nous dégageons ici certains intérêts d'adopter une architecture en services qui sont *l'interopérabilité* et la *neutralité technologique* où l'utilisation d'un service n'est pas contrainte ni par sa technologie d'implémentation ni par sa localisation. Ainsi, l'intégration de services hétérogènes développés avec plusieurs langages est potentiellement possible.

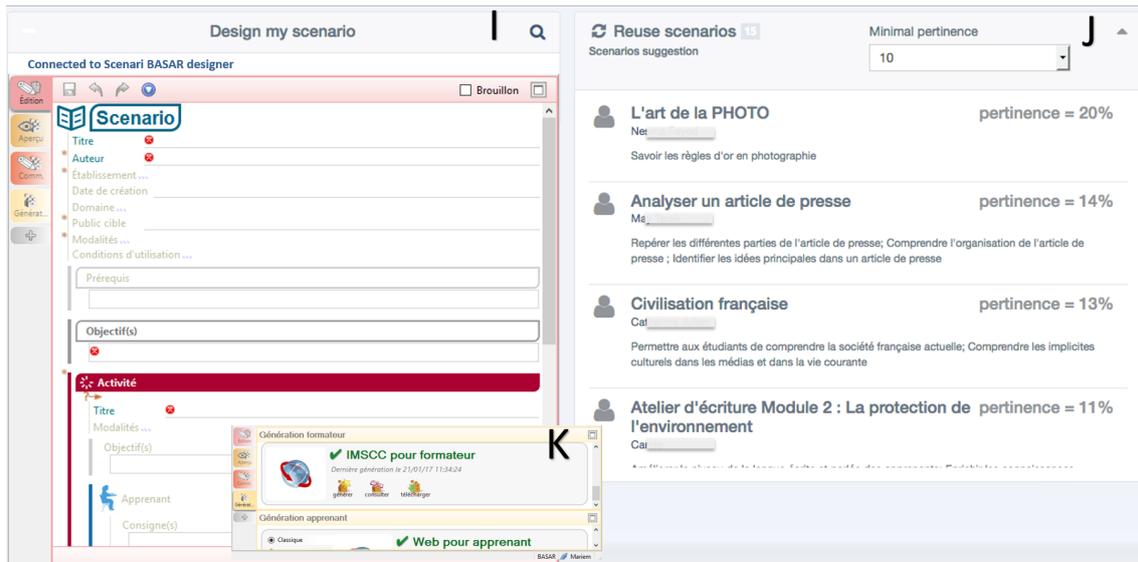


FIGURE 8.8. – Interface de recommandation, de réutilisation et de conception d'un scénario d'apprentissage

Chaque scénario est accompagné de sa pertinence de réutilisation estimée dans le contexte prévu exprimé. Cette pertinence représente la similarité calculée entre le PCM et l'index contextuel ICM du scénario proposé renforcé par des critères de réussite et d'efficacité de celui-ci. L'enseignant peut choisir le minimum de pertinence (Min similarity Threshold : MinTh) des résultats proposés en réglant le seuil de pertinence montré dans la partie «Reuse Scenarios » dans la Zone (J) de la Figure 8.8. Le concepteur peut toujours revenir sur les différentes tâches de saisie du contexte pour affiner ses besoins au fur et à mesure de la conception

Comme spécifié précédemment, l'algorithme tient compte des différentes facettes contextuelles pour calculer la similarité entre les scénarios. De ce fait, en examinant la liste des scénarios recommandés, nous remarquons que leurs disciplines sont parfois éloignées étant donné que l'algorithme effectue une recherche multifacette des éléments contextuels.

L'enseignant peut consulter les scénarios proposés à la réutilisation et afficher les versions web des artefacts conçus avec l'éditeur « scénario BASAR ». Des fonctionnalités de « drag and drop » pour une réutilisation directe des activités sont prévues dans des versions ultérieures de la plateforme. La Figure 8.9 montre des extraits de scénarios pouvant être réutilisés de la base BASAR.

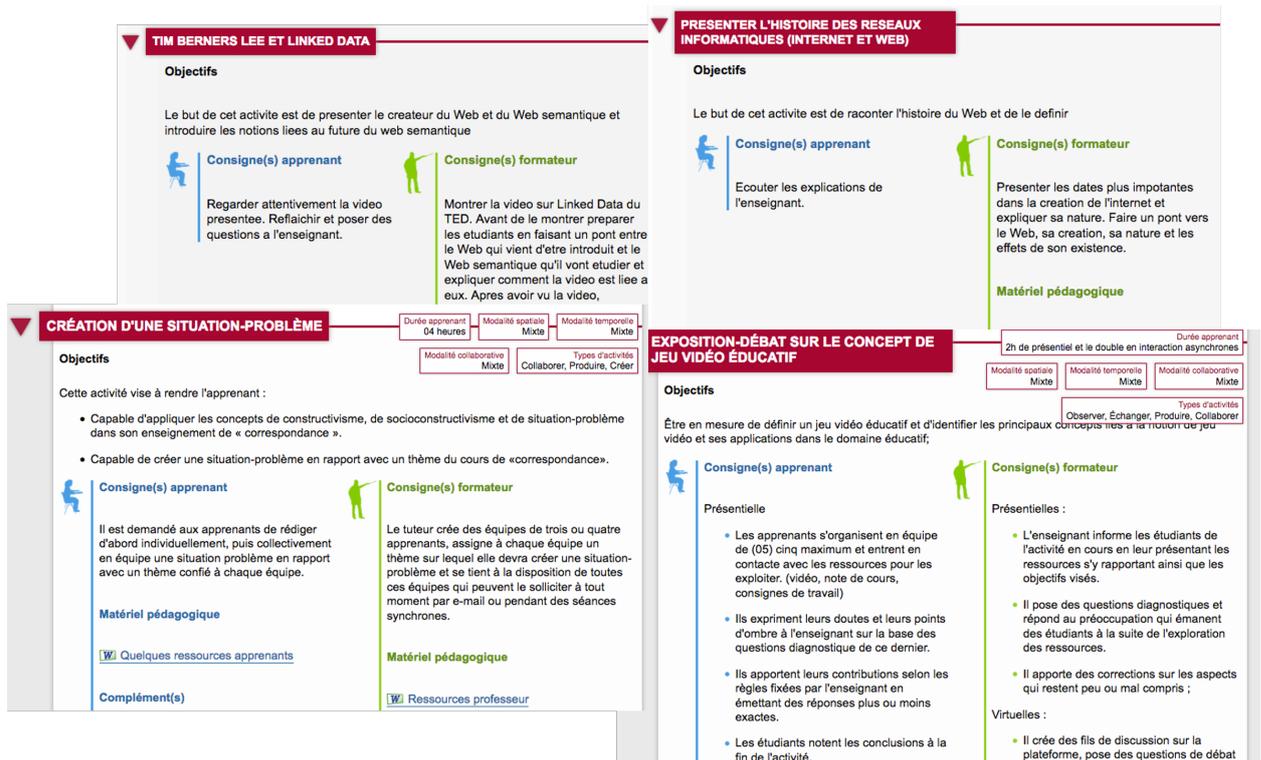


FIGURE 8.9. – Exemples d'extraits de scénarios à réutiliser de la base BASAR

8.2.3.2 Simulation de l'étape de scénarisation de l'observation

En disposant du modèle de contexte prévu PCM, des scénarios recommandés et de la base d'indicateurs, le «service de recommandation d'indicateurs pédagogiques» suggère les indicateurs pouvant intéresser le concepteur. En se référant au système de recommandation des indicateurs illustrés dans le chapitre précédent dans la Figure 7.11, le service se base sur les entrées suivantes : (1) les observations ayant été liées auparavant aux scénarios d'apprentissage recommandés, (2) les contraintes de calcul des indicateurs en fonction du contexte prévu et des informations relatives au calcul qui sont disponibles dans la base d'indicateurs (3) les types d'activités choisies dans le scénario d'apprentissage conçu et (4) l'étiquetage des éléments contextuels figurant dans le modèle de contexte prévu PCM.

Pour les contraintes de calcul des indicateurs (cf. deuxième entrée citée ci-avant), le service a pour rôle de vérifier si un indicateur peut être calculé dans la situation planifiée. En d'autres termes, il vérifie si les contraintes de calcul de l'indicateur sont satisfaites comme par exemple :

- si l'indicateur a été configuré pour la plateforme d'apprentissage (LMS) précisée,
- si la plateforme d'apprentissage offre les traces nécessaires au calcul de l'indicateur,
- si ces traces en question sont accessibles par le système.

Le service de recommandation d'indicateurs pédagogiques exploite ces données d'entrée afin de suggérer les indicateurs appropriés. Le «service d'aide à la conception de scénarios d'observation» a par contre la charge de la visualisation des indicateurs recommandés et donne la possibilité à l'enseignant de sélectionner les indicateurs à planifier tel que le montre la section «Observe my scenario» de la Figure 8.10.

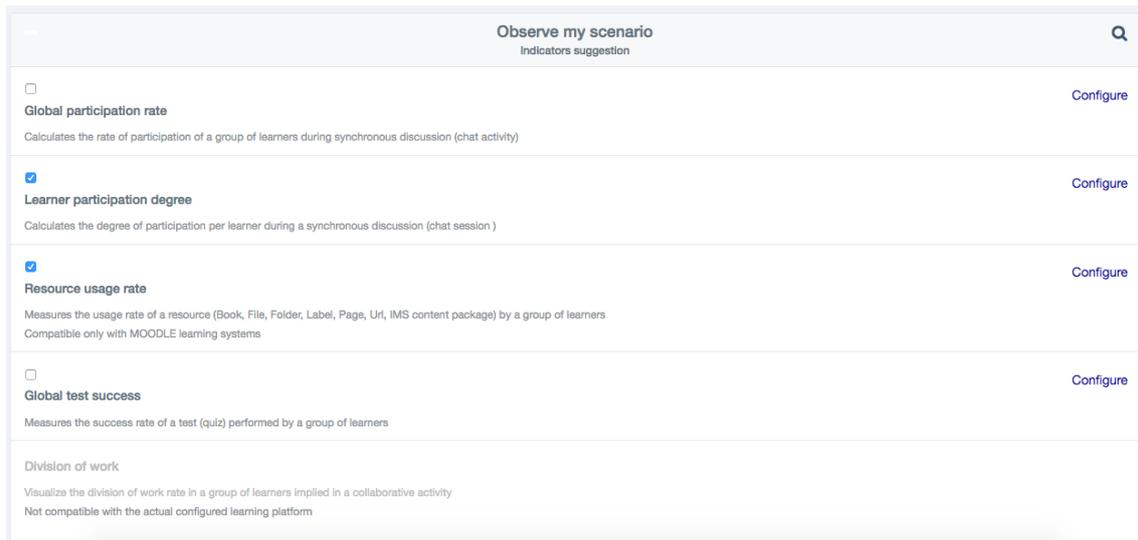


FIGURE 8.10. – Interface de scénarisation de l’observation de CAPtuRe-platform

L’enseignant est amené également à paramétrer le calcul des indicateurs sélectionnés. La Figure 8.11 montre un exemple de paramétrage de l’indicateur sur le taux d’utilisation d’une ressource «Resource usage rate» nécessitant la spécification du cours concerné dans lequel la ressource à observer est intégrée, la période d’observation et le nom de cette ressource. Les entrées et sorties de ces différents indicateurs sont détaillées dans la section qui suit.

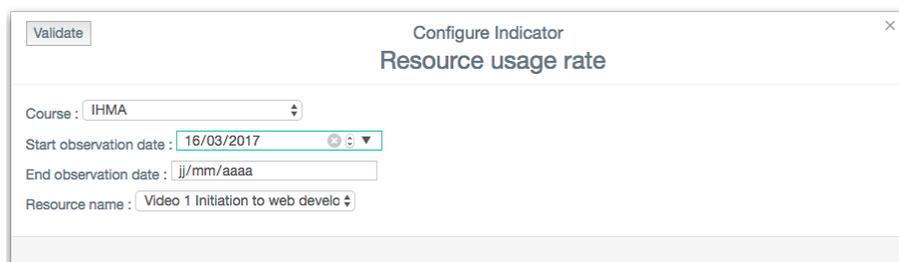


FIGURE 8.11. – Interface de paramétrage de l’indicateur « Resource usage rate »

8.2.3.3 Simulation des étapes de mise en œuvre et d’observation du scénario

Le scénario est mis en œuvre dans une situation d’apprentissage réelle. Comme nous nous positionnons dans le contexte de l’apprentissage hybride, ceci implique une situation d’apprentissage à distance et une situation d’apprentissage en présentiel tel qu’illustré dans la Figure 8.2 de l’architecture fonctionnelle de CAPtuRe. Le «service de collecte et de structuration de traces d’usage» est responsable de la réalisation des deux tâches suivantes :

- la collecte des traces d’usage générées lors de la situation d’apprentissage à distance. Ces traces peuvent être présentes dans les fichiers logs ou les bases de données des dispositifs TIC utilisés lors de la mise en œuvre du scénario (e.g., des LMS, les ENT, des outils ou vidéos sur le web). Seules les traces nécessaires au calcul des indicateurs figurant dans le scénario d’observation sont collectées.

- la structuration des traces d'usage collectées selon un format bien défini. Dans la version actuelle de CAPtuRe-Platform, ces traces brutes sont structurées selon le format «Raw Datum» du langage UTL.

En partant des traces collectées et structurées générées par ce service de collecte et de structuration de traces d'usage et de la base contenant les définitions des indicateurs (annuaire d'indicateurs), un «service de gestion des indicateurs pédagogiques» est responsable de l'exécution des fonctions indicateurs reflétant le contexte de la situation d'apprentissage passée et le déroulement du scénario d'apprentissage dans ce contexte. Un sous-service élémentaire est associé à chacun des indicateurs définis dans la base. Le service de gestion des indicateurs pédagogiques gère l'activité d'observation et exécute le scénario d'observation préalablement planifié par l'enseignant-concepteur à travers la délégation des tâches à ces sous-services. En effet, pour chaque indicateur j du scénario d'observation, il procède à l'appel du sous-service responsable (service de calcul de l'indicateur I_j), lui envoie les traces nécessaires à son calcul qui ont été déjà collectées et structurées puis réceptionne les valeurs de l'indicateur calculé.

La tâche de modélisation et de calcul d'indicateurs est assurée par les langages UTL/DCL4UTL. Une version en web services du moteur d'exécution en DCL4UTL est actuellement en cours de développement et sera intégrée dans les prochaines itérations dans CAPtuRe-platform afin de supporter le calcul d'indicateurs.

D'autre part, un «service de collecte du contexte effectif» a comme tâche de collecter les évaluations sur les éléments contextuels à partir des situations d'apprentissage à distance et en présentiel. Il utilise aussi comme entrée le contexte prévu précédemment construit qui comporte des informations sur le contexte. Ces données contextuelles collectées et les indicateurs pédagogiques calculés (par le service de gestion des indicateurs pédagogiques) sont structurés selon le modèle de contexte CM-LS prédéfini. Ceci est réalisé par le service de collecte et de structuration du contexte d'usage effectif qui génère comme résultat le modèle de contexte effectif structuré et évalué ECM-LS. Les indicateurs calculés constituent aussi des entrées du «Service de structuration et évaluation des résultats» qui se préoccupe plutôt de la gestion des résultats relatifs au déroulement des activités du scénario.

Nous avons spécifié et modélisé (à l'aide de UTL/DCL4UTL) cinq indicateurs dans notre plateforme. Nous présentons dans ce qui suit ces indicateurs et quelques exemples d'applications avec le cas d'usage.

INDICATEUR1 : TAUX DE CONSULTATION D'UNE RESSOURCE (RESOURCE USAGE RATE)

Cet indicateur, nommé «I_ViewResourceRate» calcule le taux de consultation d'une ressource. La Figure 8.12 illustre le schéma de données pour le calcul de cet indicateur.

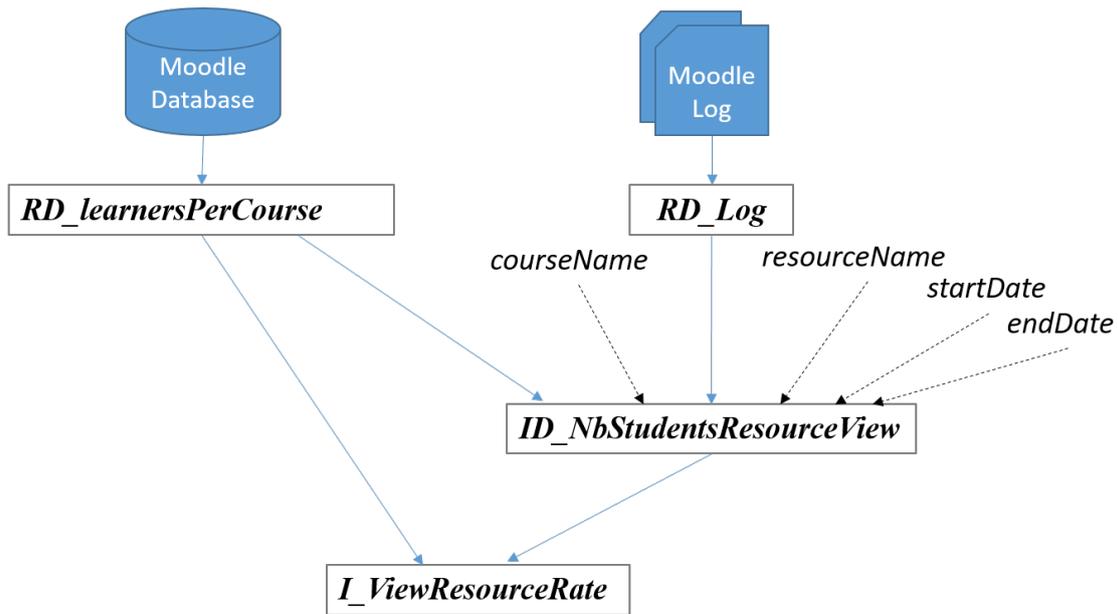


FIGURE 8.12. – Schéma de données de l'indicateur « I_ViewResourceRate »

Le Tableau 8.8 décrit l'indicateur «I_ViewResourceRate ».

Indicateur pédagogique :
Taux de consultation d'une ressource : I_ViewResourceRate
Formule de calcul de l'indicateur :
Nombre d'étudiants ayant consulté au moins une fois une ressource / Nombre total d'étudiants inscrits dans le cours
Sources de données :
Base de données Moodle et fichiers log Moodle
Paramètres externes (à saisir par l'enseignant) :
- (P1) courseId : l'id du cours contenant la ressource - (P2) startDate : Date de début souhaitée de l'observation - (P3) endDate : Date de fin souhaitée de l'observation - (P4) resourceName : Le nom de la ressource à observer

TABLE 8.1. – Tableau descriptif de l'indicateur I_ViewResourceRate »

Comme montré dans la Figure 8.12, certaines données sont récupérées de la base de données de Moodle et d'autres des fichiers log. Comme évoqué précédemment, des données saisies par l'enseignant sont également nécessaires (paramètres externes) qui ont pour but de paramétrer le calcul de l'indicateur tels que le nom du cours «courseName» et de la ressource à observer «resourceName» ou les dates de début «startDate» et de fin «endDate» de l'observation souhaitée. La Figure 8.13 et la Figure 8.14 montrent respectivement des aperçus de logs récupérés de la plateforme Moodle suite à l'exécution du scénario et de la base de données MySql relatifs au cas d'usage.

IMPLÉMENTATION D'UNE PLATEFORME D'ASSISTANCE À LA RÉUTILISATION ET À LA CAPITALISATION DE SCÉNARIOS D'APPRENTISSAGE : CAPTURE-PLATFORM

ID	Cours	Date, Heure	Adresse IP	Nom Complet	Action	Information
60	IRM A	20 janvier 2016, 21:59	197.0.6.36	Ar	folder view	(http://178.32.157.81/moodle2/mod/folder/view.php?id=3209) Supports TPI
61	IRM A	20 janvier 2016, 21:59	197.0.6.36	Ar	course view	(http://178.32.157.81/moodle2/course/view.php?id=168) IHM Avancé
62	IRM A	20 janvier 2016, 21:58	197.0.6.36	Ar	folder view	(http://178.32.157.81/moodle2/mod/folder/view.php?id=3210) Sujets proposés
63	IRM A	20 janvier 2016, 21:58	197.0.6.36	Ar	course view	(http://178.32.157.81/moodle2/course/view.php?id=168) IHM Avancé
64	IRM A	5 janvier 2016, 22:28	197.3.242.103	M	ati course view	(http://178.32.157.81/moodle2/course/view.php?id=168) IHM Avancé
65	IRM A	5 janvier 2016, 21:39	66.85.139.243	A	ree view	(https://178.32.157.81/moodle2/course/view.php?id=168) IHM Avancé
66	IRM A	5 janvier 2016, 20:52	197.3.242.103	M	ati course view	(http://178.32.157.81/moodle2/course/view.php?id=168) IHM Avancé
67	IRM A	5 janvier 2016, 20:52	197.3.242.103	M	ati forum view forum	(http://178.32.157.81/moodle2/mod/forum/view.php?id=3212) discussion support de formation
68	IRM A	5 janvier 2016, 20:51	197.3.242.103	M	ati course view	(http://178.32.157.81/moodle2/course/view.php?id=168) IHM Avancé
69	IRM A	5 janvier 2016, 20:42	66.85.139.243	Als	ed course view	(http://178.32.157.81/moodle2/course/view.php?id=168) IHM Avancé
70	IRM A	5 janvier 2016, 20:02	41.225.132.147	Sei	achi course view	(http://178.32.157.81/moodle2/course/view.php?id=168) IHM Avancé
71	IRM A	5 janvier 2016, 19:39	41.225.132.147	Sei	achi course view	(http://178.32.157.81/moodle2/course/view.php?id=168) IHM Avancé
72	IRM A	5 janvier 2016, 19:26	197.2.169.16	Ar	l folder view	(http://178.32.157.81/moodle2/mod/folder/view.php?id=3209) Supports TPI
73	IRM A	5 janvier 2016, 19:25	197.2.169.16	Ar	l url view	(http://178.32.157.81/moodle2/mod/url/view.php?id=3214) http://www.info.univ-tours.fr/~antoine/documents_enselan
74	IRM A	5 janvier 2016, 19:25	197.2.169.16	Ar	l forum view forum	(http://178.32.157.81/moodle2/mod/forum/view.php?id=3212) discussion support de formation
75	IRM A	5 janvier 2016, 19:25	197.2.169.16	Ar	l resource view	(http://178.32.157.81/moodle2/mod/resource/view.php?id=3458) UML
76	IRM A	5 janvier 2016, 19:24	197.2.169.16	Ar	l resource view	(http://178.32.157.81/moodle2/mod/resource/view.php?id=3457) Evaluation des interfaces mobiles
77	IRM A	5 janvier 2016, 19:24	197.2.169.16	Ar	l resource view	(http://178.32.157.81/moodle2/mod/resource/view.php?id=3456) Interfaces mobiles
78	IRM A	5 janvier 2016, 19:23	197.2.169.16	Ar	l resource view	(http://178.32.157.81/moodle2/mod/resource/view.php?id=3455) IHM multimodales
79	IRM A	5 janvier 2016, 19:23	197.2.169.16	Ar	l course view	(http://178.32.157.81/moodle2/course/view.php?id=168) IHM Avancé
80	IRM A	5 janvier 2016, 19:04	197.0.114.60	Dho	url view	(http://178.32.157.81/moodle2/mod/url/view.php?id=3214) http://www.info.univ-tours.fr/~antoine/documents_
81	IRM A	5 janvier 2016, 19:04	197.0.114.60	Dho	course view	(http://178.32.157.81/moodle2/course/view.php?id=168) IHM Avancé
82	IRM A	5 janvier 2016, 19:02	197.0.114.60	Dho	resource view	(http://178.32.157.81/moodle2/mod/resource/view.php?id=3456) Interfaces mobiles
83	IRM A	5 janvier 2016, 19:02	197.0.114.60	Dho	url view	(http://178.32.157.81/moodle2/mod/url/view.php?id=3214) http://www.info.univ-tours.fr/~antoine/documents_
84	IRM A	5 janvier 2016, 19:01	197.0.114.60	Dho	course view	(http://178.32.157.81/moodle2/course/view.php?id=168) IHM Avancé
85	IRM A	5 janvier 2016, 19:01	197.0.114.60	Dho	resource view	(http://178.32.157.81/moodle2/mod/resource/view.php?id=3458) UML
86	IRM A	5 janvier 2016, 19:01	197.0.114.60	Dho	course view	(http://178.32.157.81/moodle2/course/view.php?id=168) IHM Avancé
87	IRM A	5 janvier 2016, 19:01	197.0.114.60	Dho	resource view	(http://178.32.157.81/moodle2/mod/resource/view.php?id=3457) Evaluation des interfaces mobiles

FIGURE 8.13. – Aperçu du log à partir des fichiers log de la plateforme Moodle

Dans le fichier log, les traces sont représentées sous la forme suivante : <Cours> <Date, Heure> <Adresse IP> <Nom Complet> <Action> <Information (lien vers la ressource, nom de la ressource)>

	id	enrol	status	courseid	sortorder	name	enrolperiod	enrolstartdate	enrolenddate	expirynotify	expirythreshold
<input type="checkbox"/>	1	manual	0	2	0	NULL	0	0	0	0	86400
<input type="checkbox"/>	2	guest	0	2	1	NULL	0	0	0	0	0
<input type="checkbox"/>	3	self	1	2	2	NULL	0	0	0	0	86400
<input type="checkbox"/>	4	manual	0	3	0	NULL	0	0	0	0	86400
<input type="checkbox"/>	5	guest	0	3	1	NULL	0	0	0	0	0

FIGURE 8.14. – Aperçu de la table de la base de données MySQL de Moodle

Nous avons représenté cet indicateur, les données intermédiaires et les traces associées en UTL comme montré dans les tableaux (8.2 ; 8.3 ; 8.4 ; 8.5).

Nom de la donnée	RD_Log
Type de donnée	Donnée brute (Raw Datum - RD)
Entrée	Log de Moodle (cf. Figure 8.13)
Description	Cette donnée structure les traces du log selon le format UTL
Forme du rendu (balise <using>)	<pre> <using> <data /> <format> <rawDatum type="RD_Log"> <Log> <CourseName>String</CourseName> <DateAndTime>DateTime</DateAndTime> <IP>String</IP> <UserName>String</UserName> <Action>String</Action> <Information>String</Information> </Log> </rawDatum> </format> </usedBy /> </using> </pre>

TABLE 8.2. – Tableau détaillant la donnée brute « RD_Log »

Nom de la donnée	ID_LearnersPerCourse
Type de donnée	Donnée Intermédiaire (Intermediate Data - ID)
Entrées	Base de données Moodle (cf. Figure 8.14)
Description	Cette donnée calcule le nombre d'apprenants inscrits à un cours.
Forme du rendu (balise using)	<pre> <using> <data/> <format> <intermediateDatum type="ID_LearnersPerCourse"> <course id="String" name="String" nbLearners="integer"> <learner id="" name="String"> </learner> </course> </intermediateDatum> </format> <usedBy/> </using> </pre>

TABLE 8.3. – Tableau détaillant la donnée intermédiaire « ID_nbStudentsGlobal »

Nom de la donnée	ID_nbStudentsResourceView
Type de donnée	Donnée Intermédiaire (Intermediate Data - ID)
Entrées	RD_Log, ID_LearnersPerCourse et paramètres externes (courseName, resourceName, startDate et endDate)
Description	Cette donnée calcule le nombre d'étudiants ayant consulté la ressource au moins une fois

TABLE 8.4. – Tableau détaillant la donnée intermédiaire « ID_nbStudentsView »

Donnée à calculer	I_ViewResourceRate
Type de donnée	Indicateur (Indicator - I)
Entrées	ID_LearnersPerCourse ID_NbStudentsResourceView
Description	Cet indicateur calcule le taux de consultation de la ressource observée

TABLE 8.5. – Tableau détaillant l'indicateur « I_ViewResourceRate »

Le résultat de l'indicateur est affiché à l'enseignant sous une forme graphique dans CAPtuRe-platform tel qu'illustré dans la partie de la zone (N) de la Figure 8.16.

INDICATEUR2 : TAUX DE PARTICIPATION GLOBAL À UNE SÉANCE SYNCHRONE (GLOBAL PARTICIPATION RATE)

Cet indicateur «I_ParticipationGlobal» calcule le taux de participation global à une séance synchrone de type chat. Le Tableau 8.6 détaille cet indicateur et la Figure 8.16 montre la visualisation de cet indicateur dans le tableau de bord de la plateforme.

Indicateur pédagogique :
Taux de participation global à une séance synchrone (Global participation rate) : I_ParticipationGlobal
Formule de calcul de l'indicateur :
Nombre d'étudiants ayant envoyé au moins un message dans des discussions synchrones de chat / Nombre total d'étudiants inscrits dans le cours
Sources de données :
Base de données Moodle et fichiers log Moodle
Paramètres externes (à saisir par l'enseignant) :
- (P1) courseId : l'id du cours contenant l'activité de chat - (P2) startDate : Date de début souhaitée de l'observation - (P3) endDate : Date de fin souhaitée de l'observation - (P4) chatName : Le nom du chat à observer

TABLE 8.6. – Tableau descriptif de l'indicateur « I_successRateQuiz »

La Figure 8.15 montre un exemple d'aperçu de log récupéré de la plateforme Moodle et relatif à une activité de chat.

Cours	Heure	Adresse IP	Nom complet	Action	Information
ESI 8 décembre 2015, 21:18	41.108.13.20	La [redacted]		chat report	(http://178.32.157.81/moodle2/mod/chat/report.php?id=3098) Discussions synchrones
ESI 8 décembre 2015, 21:17	41.108.13.20	La [redacted]		chat report	(http://178.32.157.81/moodle2/mod/chat/report.php?id=3098) Discussions synchrones
ESI 8 décembre 2015, 21:16	41.108.13.20	La [redacted]		chat talk	(http://178.32.157.81/moodle2/mod/chat/view.php?id=3098) Discussions synchrones
ESI 8 décembre 2015, 21:16	41.108.13.20	La [redacted]		chat view	(http://178.32.157.81/moodle2/mod/chat/view.php?id=3098) Discussions synchrones
ESI 8 décembre 2015, 21:07	41.108.13.20	La [redacted]		chat report	(http://178.32.157.81/moodle2/mod/chat/report.php?id=3098) Discussions synchrones
ESI 8 décembre 2015, 21:07	41.108.13.20	La [redacted]		chat report	(http://178.32.157.81/moodle2/mod/chat/report.php?id=3098) Discussions synchrones
ESI 8 décembre 2015, 21:06	41.108.13.20	La [redacted]		chat view	(http://178.32.157.81/moodle2/mod/chat/view.php?id=3098) Discussions synchrones
ESI 8 décembre 2015, 20:39	169.239.73.104	Fa [redacted]		chat talk	(http://178.32.157.81/moodle2/mod/chat/view.php?id=3098) Discussions synchrones
ESI 8 décembre 2015, 20:34	154.72.166.47	Jules [redacted]	NTE	chat talk	(http://178.32.157.81/moodle2/mod/chat/view.php?id=3098) Discussions synchrones
ESI 8 décembre 2015, 20:33	41.230.39.155	Mar [redacted]		chat talk	(http://178.32.157.81/moodle2/mod/chat/view.php?id=3098) Discussions synchrones
ESI 8 décembre 2015, 20:33	41.243.11.11	BO [redacted]	TIE	chat talk	(http://178.32.157.81/moodle2/mod/chat/view.php?id=3098) Discussions synchrones
ESI 8 décembre 2015, 20:33	196.180.179.249	Ko [redacted]	AKOU	chat talk	(http://178.32.157.81/moodle2/mod/chat/view.php?id=3098) Discussions synchrones
ESI 8 décembre 2015, 20:32	41.230.39.155	Mar [redacted]		chat talk	(http://178.32.157.81/moodle2/mod/chat/view.php?id=3098) Discussions synchrones
ESI 8 décembre 2015, 20:32	41.230.39.155	Mar [redacted]		chat talk	(http://178.32.157.81/moodle2/mod/chat/view.php?id=3098) Discussions synchrones

FIGURE 8.15. – Aperçu du log à partir des fichiers log de la plateforme Moodle

Dans le fichier log, les traces sont représentées dans la forme suivante : <Cours> <Date, Heure> <Adresse IP> <Nom Complet> <Action> <Information (lien vers l'activité, type de l'activité)>

INDICATEUR3 : MOYENNE GLOBALE D'UN QUIZ (GLOBAL TEST AVERAGE)

Cet indicateur «I_avgQuiz» calcule la moyenne globale d'un quiz représentant une activité du scénario d'apprentissage. Le Tableau 8.7 détaille cet indicateur.

Indicateur pédagogique :
Moyenne globale d'un test (quiz) : I_avgQuiz
Formule de calcul de l'indicateur :
Somme des résultats des quiz réalisés / Nombre d'apprenants réalisant le quiz
Sources de données :
Base de données Moodle
Paramètres externes (à saisir par l'enseignant) :
- (P1) quizId : l'id du cours contenant l'activité du quiz à observer - (P2) quizName : Le nom du quiz à observer

TABLE 8.7. – Tableau descriptif de l'indicateur « I_avgQuiz »

INDICATEUR4 : TAUX DE RÉUSSITE D'UN QUIZ (GLOBAL TEST SUCCESS)

Cet indicateur «I_successRateQuiz» calcule le taux de réussite d'un quiz réalisé comme activité du scénario d'apprentissage. Le Tableau 8.8 détaille cet indicateur et la Zone (N) de la Figure 8.16 illustre la visualisation de cet indicateur dans la plateforme.

Indicateur pédagogique :
Taux de réussite d'un test (quiz) : I_successRateQuiz
Formule de calcul de l'indicateur :
Nombre d'apprenants ayant atteint la note de réussite du quiz minSuccessRate / Nombre d'apprenants réalisant le quiz
Sources de données :
Base de données Moodle
Paramètres externes (à saisir par l'enseignant) :
- (P1) quizId : l'id du cours contenant l'activité du quiz à observer - (P2) quizName : le nom du quiz à observer - (P3) minSuccessGrade : note à partir de laquelle le quiz est considéré comme réussi

TABLE 8.8. – Tableau descriptif de l'indicateur « I_successRateQuiz »

8.2.4 Simulation des étapes d'indexation et de capitalisation du scénario

L'enseignant dispose à ce niveau d'une vue sur le contexte du scénario sous une forme bien structurée (contexte d'usage structuré et évalué - ECM) et le déroulement de ce scénario dans ce contexte (résultats structurés et évalués) à travers des indicateurs pédagogiques calculés et visualisés (cf. Zone (N) de la Figure 8.16).

À partir de ces données, l'enseignant a pour tâche d'analyser cette expérience d'apprentissage passée avec l'assistance du système. Ceci est assuré par le service d'analyse

et d'indexation du scénario. La partie «Evaluate my scenario» de la Zone (L) de la Figure 8.16 montre l'interface d'évaluation des éléments contextuels. A travers cette interface, l'enseignant attribue des degrés d'importance (ou de satisfaction pour les objectifs) afin de pondérer et indexer les éléments contextuels. Dans la version présentée de la plateforme, les trois valeurs (not relevant ; 50% ; constraint) peuvent être sélectionnées par des boutons ou une valeur manuelle peut être saisie. Ainsi, un modèle d'index contextuel est construit comme l'exemple suivant (version textuelle en JSON de l'ICM) :

```

{ "learningContext" : [ {
  "dimensionRef" : "pedagogicalDidacticDim",
  "contextItems" : [ {
    "cltemRef" : "PED_GOALS",
    "cltemLabelEN" : "Pedagogical and Didactic Goals",
    "cltemValues" : [ {
      "iValueRef" : "PED_GOAL_8",
      "iValueLabelFR" : "Sensibilisation aux technologies du Web : langages, notations et
standards",
      "iWeight" : 0.75
    }, {
      "iValueRef" : "PED_GOAL_9",
      "iValueLabelFR" : "Compréhension des critères d'évaluation des interfaces web",
      "iWeight" : 0.5
    } ... ]
  }, {
    "cltemRef" : "LEARNERS_COMPETENCES",
    "cltemLabelEN" : "Learners competences ",
    "cltemValues" : [ {
      "iValueRef" : "COMPETENCE_7",
      "iValueLabelFR" : "Java",
      "iWeight" : 0.25
    }, {
      "iValueRef" : "COMPETENCE_15",
      "iValueLabelFR" : "C++",
      "iWeight" : 0
    }, {
      "iValueRef" : "COMPETENCE_14",
      "iValueLabelFR" : "Semantic web",
      "iWeight" : 0.75
    }, ... ]
  }, {
    "cltemRef" : "LEARNERS_SPECIALTIES",
    ... } ] }, {
  "dimensionRef" : "socialAffectiveDim",
  "contextItems" : [ {
    "cltemRef" : "COLL_MODALITY",
    "cltemLabelEN" : "Collaborative Modality",
    "cltemValues" : [ {
      "iValueRef" : "COLL_MODALITY_HYBRID",
      "iValueLabelEN" : "hybrid",
      "iValueLabelFR" : "hybride",
      "iWeight" : 1
    } ]
  } ] }, {
  "dimensionRef" : "technicalDim",
  "contextItems" : [ {
    "cltemRef" : "MATERIAL_RES",
    "cltemLabelEN" : "Material resources",
    "cltemValues" : [ {
      "iValueRef" : "MATERIAL_RES_PC",
      "iValueLabelEN" : "PC",
      "iValueLabelFR" : "PC",
      "iWeight" : 1
    } ]
  } ] } ] }

```

```

    }, {
      "iValueRef" : "MATERIAL_RES_TABLET",
      "iValueLabelEN" : "Tablet",
      "iValueLabelFR" : "Tablette",
      "iWeight" : 0.5
    }, ... ]
  } ] }, {
    "dimensionRef" : "physicalDim",
    "contextItems" : [ ... ] }
  ] }

```

De plus, le système détermine la pertinence du scénario dans ce contexte précis et attribue un taux de réussite du scénario (cf. partie « Success rate » de la Zone (M) de la Figure 8.16) selon la méthode que nous avons déjà détaillée dans le Chapitre précédent. Ce taux est utilisé, comme évoqué précédemment, dans l'algorithme de calcul de similarités contextuelles.

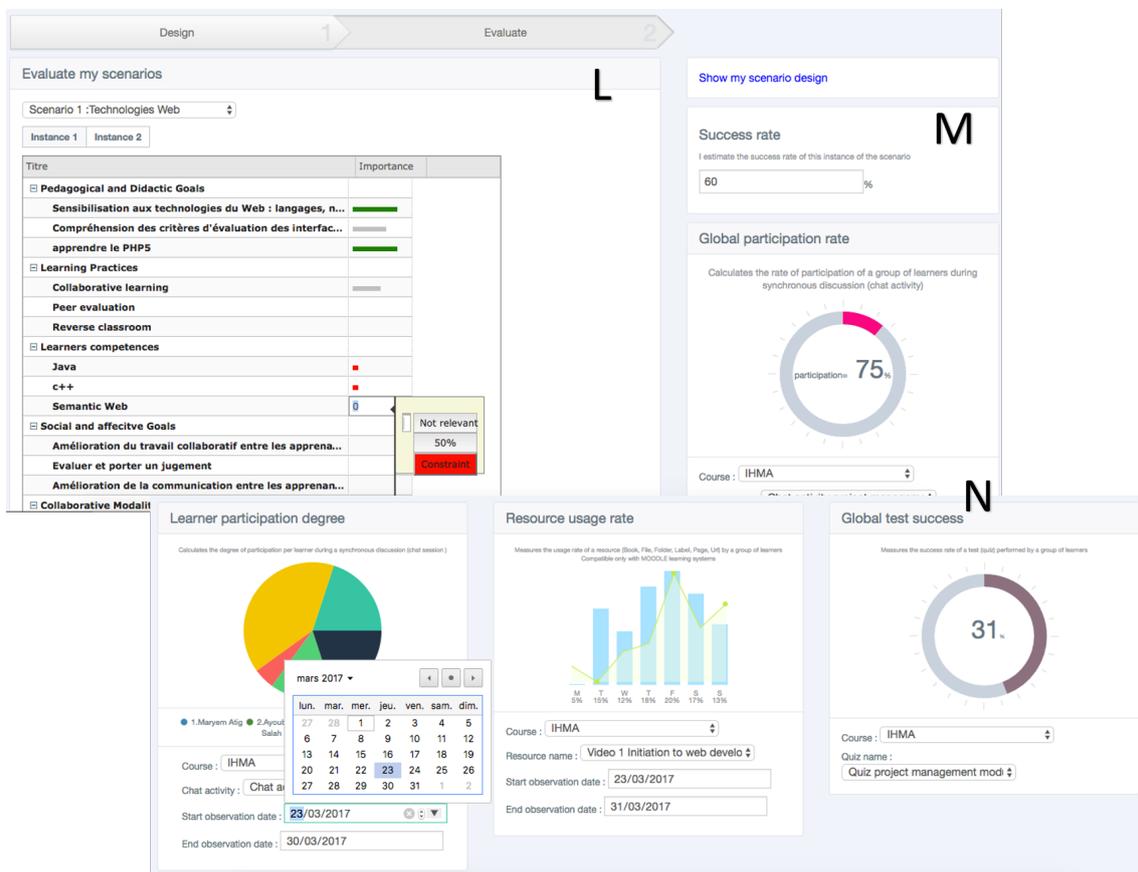


FIGURE 8.16. – Interface d'analyse, d'évaluation et d'indexation du scénario

Une fois les tâches d'analyse et d'indexation finalisées, un «service de stockage de scénarios indexés» est invoqué pour stocker cette nouvelle expérience d'apprentissage indexée y compris le scénario effectivement passé, l'index contextuel ICM construit et les résultats perçus (i.e., degré de pertinence). Cette expérience est ajoutée à la base de cas des scénarios indexés afin qu'elle soit accessible pour des futures réutilisations dans de nouvelles instances du processus.

8.3 SYNTHÈSE DU CHAPITRE

Dans ce chapitre, nous avons spécifié et présenté la plateforme d'aide à la réutilisation et la capitalisation des scénarios d'apprentissage CAPtuRe-platform. Cette plateforme implémente les contributions théoriques proposées notamment le processus d'assistance, l'approche de modélisation du contexte d'un scénario d'apprentissage et les méthodes d'indexation et de recommandation des scénarios. Ceci nous a permis de valider leurs faisabilités techniques.

Nous avons commencé par la proposition d'une architecture orientée services SOA pour le cadre d'ingénierie et de réingénierie de scénarios d'apprentissage et ses apports. Nous avons enchaîné avec la proposition de l'architecture fonctionnelle de CAPtuRe-platform implémentant ainsi notre processus. Par la suite, et après avoir décrit l'environnement de développement, nous avons détaillé les différentes fonctionnalités et interfaces graphiques proposées par CAPtuRe-platform à travers la simulation des différentes phases identifiées pour l'assistance à la réutilisation et la capitalisation de scénarios. Nous évaluons dans le chapitre suivant cette plateforme afin de valider l'utilité et l'utilisabilité des propositions.

Ce chapitre est consacré à la mise à l'épreuve et l'évaluation des contributions scientifiques et techniques proposées. Nous présentons des résultats d'évaluations faites sur la base d'études exploratoires et d'expérimentations menées au fur et à mesure du déroulement de la recherche.

Après avoir présenté les éléments de validation technique vérifiant la faisabilité de notre approche à travers l'implémentation de CAPtuRe-platform, nous présentons dans ce chapitre les premiers éléments de validation expérimentale sous formes d'évaluations effectuées dans le cadre du projet BASAR. Deux principales phases A et B sont effectuées dans le cadre de ces travaux : la phase A concerne essentiellement une analyse des usages, des pratiques et de données de scénarios conçus «sans» un outil d'assistance à la réutilisation alors que la phase B concerne des évaluations «avec» l'outil d'assistance que nous avons proposé dans le cadre de cette thèse. Comme nous nous positionnons dans une Recherche Design en Éducation, ces phases s'inscrivent dans les étapes d'évaluation des itérations précédemment identifiées dans notre méthodologie de recherche (cf. Figure 5.2). Dans ce chapitre, nous détaillons pour chacune de ces phases le protocole expérimental adopté, le déroulement des étapes d'évaluation et une analyse des résultats.

A travers ces évaluations, nous visons notamment la vérification de nos hypothèses proposées au début de ce mémoire, qui sont (H1) «la réutilisation améliore la tâche de conception de scénarios», et (H2) «si le contexte est bien explicité, modélisé et évalué, il aide à identifier les scénarios pertinents à une situation donnée et à améliorer ainsi la réutilisation».

Dans la suite, les champs utilisés dans les protocoles expérimentaux sont guidés par les travaux sur la recherche en éducation de [Cohen et al. \[2013\]](#), de [Nieveen and Folmer \[2013\]](#) et de [Tricot et al. \[2003\]](#).

9.1 LA PHASE A DES ÉVALUATIONS

La phase A concerne des évaluations **sans** l'utilisation d'un outil d'assistance à la réutilisation de scénarios. Cette phase, décomposée en deux étapes d'évaluation E1 et E2, s'est déroulée au cours de l'itération 1 de nos travaux (cf. Figure 5.2) dont l'un des objectifs principaux est la mise en place de l'approche de modélisation contextuelle et donc la spécification de *CAPtuRe-metamodel* et *CAPtuRe-model* et la mise en place du premier prototype de *CAPtuRe-platform*. Comme déjà mentionné, dans une recherche de type RDE, un prototype logiciel est mis en place dès les premières itérations.

9.1.1 *Protocole expérimental de la phase A d'évaluation*

Le Tableau 9.1 montre le protocole expérimental adopté lors de la phase A regroupant deux étapes d'évaluation E1 et E2. Pour chaque étape d'évaluation, des critères sont

sélectionnés pour être validés en utilisant des méthodes et instruments d'évaluation adaptés.

	E1	E2
--	-----------	-----------

Objectifs de l'évaluation	<ul style="list-style-type: none"> - recueillir et analyser les éléments contextuels des scénarios existants de la base BASAR; - valider que les contextes sont multiples; - repérer les taux de réutilisation effectifs des scénarios de BASAR sans l'utilisation d'un outil d'assistance à la réutilisation et les freins à la réutilisation de scénarios; - spécifier CAPtuRe-metamodel et CAPtuRe-model; - construire des index contextuels des scénarios existants. 	<ul style="list-style-type: none"> - recueillir et analyser les contextes de nouveaux scénarios conçus et enrichir la base BASAR; - valider que les contextes sont multiples; - évaluer la pertinence des facettes/éléments contextuels identifiés; - repérer les taux de réutilisation effectifs sans l'utilisation d'un outil d'assistance à la réutilisation et les freins à la réutilisation de scénarios; - réviser et améliorer CAPtuRe-metamodel et CAPtuRe-model; - construire des index contextuels des scénarios conçus.
Critère qualité à valider	<ul style="list-style-type: none"> - multiplicité du contexte 	<ul style="list-style-type: none"> - multiplicité du contexte - validité du contenu : pertinence des facettes/éléments contextuels identifiés
Méthode de l'évaluation	<ul style="list-style-type: none"> - enquête 	<ul style="list-style-type: none"> - tests utilisateurs
Instruments d'évaluation/ techniques de collecte de données	<ul style="list-style-type: none"> - artefacts des scénarios d'apprentissage existants (conçus avec l'outil Scénari BASAR); - questionnaire exploratoire (cf. Annexe B.3). 	<ul style="list-style-type: none"> - artefacts de nouveaux scénarios d'apprentissage (conçus avec l'outil Scénari BASAR); - questionnaire exploratoire (cf. Annexe B.3); - observations et entretiens informels.
Méthode d'analyse de données	<ul style="list-style-type: none"> - analyse qualitative et quantitative de contenu; - analyse contextuelle. 	
Ce qu'on souhaite connaître	<ul style="list-style-type: none"> - un vocabulaire métier; - des usages et des pratiques. 	
Indicateurs à produire	<ul style="list-style-type: none"> - statistiques sur les éléments contextuels des scénarios; - taux de réutilisation de scénarios sans un outil d'aide à la réutilisation; - freins à la réutilisation de scénarios. 	
Type et nombre de participants	<ul style="list-style-type: none"> - 95 enseignants et formateurs concepteurs de BASAR dont 24 ayant répondu au questionnaire 	<ul style="list-style-type: none"> - 10 enseignants et formateurs (non anciens concepteurs de BASAR)

La population à laquelle on souhaite généraliser le résultat	- enseignants et formateurs ayant les rôles de concepteurs pédagogiques
Stade de développement du prototype	- conception globale (ou «global design», en anglais) : première élaboration du produit (V1 de CAPtuRe-platform [Chaabouni et al., 2015a,b])

TABLE 9.1. – Protocole expérimental de la phase A de l'évaluation

9.1.2 Déroutement de l'évaluation de l'activité de conception des scénarios existants de BASAR - Évaluation E1

Nous commençons par explorer les différents scénarios d'apprentissage existants de BASAR (102 scénarios à cette étape) en analysant leurs contenus et en explicitant les différents éléments contextuels. Certains éléments sont directement repérables dans ces scénarios comme par exemple les modalités collaboratives, spatiales ou temporelles montrées comme des métadonnées globales du scénario. D'autres sont implicites et/ou figés dans le texte et sont repérés suite à une analyse du contenu.

Voici quelques exemples d'extraction de contenu contextuel des scénarios BASAR :

1. à partir de l'extrait «Être inscrits en cycle Licence des filières scientifiques (Chimie, Informatique, Mathématiques, Physique); Avoir suivi les modules de Mécanique Classique, Thermodynamique, Optique et d'Électricité; Avoir suivi le module d'Algèbre linéaire.» perçu dans la section «prérequis» d'un scénario, on peut dégager les éléments suivants :
 - profils pédagogiques des apprenants -> compétences : *mécanique Classique, thermodynamique, optique, électricité, algèbre linéaire*
 - profils pédagogiques des apprenants -> niveau d'études : *licence*
2. à partir de l'extrait «Caméra ou téléphone intelligent, ordinateur muni de logiciel de son et d'image approprié, connexion internet» perçu dans la section «matériel pédagogique» d'un scénario, on peut repérer les éléments contextuels suivants :
 - contexte technique -> ressources matérielles : caméra, téléphone intelligent (ou smartphone) et ordinateur ;
 - contexte technique -> ressources logicielles : logiciel de son et d'image ;
 - contexte physique -> réseau : connexion internet.
3. à partir de l'extrait «Étape 1 : Faciliter les échanges et discussions dans les forums ; Étape 2 : Distribuer les projets individuels pour l'évaluation par les pairs.» on peut dégager les éléments suivants :
 - contexte technique -> outils de communication : forums de discussion
 - modalité temporelle : asynchrone
 - modalité collaborative : mixte
 - pratiques pédagogiques : évaluation par les pairs

Il s'agit en effet de décontextualiser le scénario en explicitant des caractéristiques et des contraintes contextuelles. La collecte a également été faite à partir d'autres sources

d'information pouvant contribuer à l'enrichissement de ce contexte. Par exemple, nous avons pu récupérer, à partir de l'exploration des bases de données de projets annexes (e.g., plateforme Initiative) et du web, des profils pédagogiques des enseignants/formateurs ayant conçu les scénarios ou les profils des institutions tels que leurs spécialités ou niveaux d'études.

À partir de ces informations, nous avons procédé à la construction des modèles d'index contextuels (ICM-LS) de ces scénarios et leur intégration dans la base afin d'expliquer et ajouter la couche contextuelle des scénarios. Le but est d'enrichir la base de scénarios indexés et pouvoir effectuer les tests.

Nous avons également mis en place un questionnaire (que nous présentons plus en détails dans la Section 9.1.4), diffusé auprès des enseignants ou formateurs ayant participé au moins une fois dans la conception d'un scénario dans BASAR (95 enseignants). Ce questionnaire nous a permis d'une part de collecter des informations contextuelles additionnelles sur leurs scénarios conçus, ce qui a été utile pour enrichir davantage les modèles de contexte associés à ces scénarios, et d'autre part de relever certains besoins et usages lors de la conception. Nous avons obtenu au total 24 réponses au questionnaire, fournies par des concepteurs différents.

Cette évaluation E1 s'intègre dans la première itération de la spécification du méta-modèle du contexte (CAPtuRe-metamodel) et la construction d'une instance pour le cas des scénarios de BASAR (CAPtuRe-model).

9.1.3 Déroulement de l'évaluation de la conception de nouveaux scénarios - Évaluation E2

Dans cette étape d'évaluation que nous mettons en place sous la forme de tests utilisateurs, 10 enseignants-formateurs ont participé à ces tests en se mettant en situations de conception de scénarios pour des sessions d'apprentissage réelles. Nous avons choisi des enseignants n'ayant pas auparavant utilisé l'outil de conception «Scénari BASAR».

Après avoir suivi des démonstrations d'environ 15 minutes sur cet outil pour s'initier à son utilisation et sur la base BASAR, les participants conçoivent chacun un scénario d'apprentissage. Les participants ont été incités comme suit «*Vous êtes amenés à concevoir un scénario en vous fixant au préalable un contexte cible d'une situation d'apprentissage réelle tels que les profils des apprenants, les modalités collaboratives ou spatiales ou les ressources matérielles ou logicielles. Le scénario peut représenter un cours, un module ou même une seule séance. Vous disposez des scénarios existants de BASAR dont vous pouvez vous inspirer ou réutiliser des activités*». À ce niveau d'évaluation, les participants n'ont pas à leur disposition un outil d'assistance à la réutilisation. Nous avons suivi les activités de conception en interagissant avec les concepteurs à travers des entretiens ouverts afin de mieux comprendre les besoins et adapter nos contributions selon ces besoins. À l'issue de la conception, les enseignants répondent au même questionnaire 1 (cf. Annexe B.3 pour les questions et Section 9.1.4 pour l'analyse) utilisé dans l'évaluation précédente.

Quelques critères spécifiant les profils des participants à cette évaluation et certains éléments contextuels caractérisant les situations d'apprentissage scénarisées sont listés dans l'Annexe B.1.

Les scénarios issus de ces tests ont été également intégrés à la base avec les index contextuels associés afin de l'enrichir. Considérée comme complémentaire à l'évaluation E1, cette évaluation E2 a pour but de valider que les contextes sont multiples et d'analyser certains besoins et usages des concepteurs. Nous avons ajouté cette étape

d'évaluation pour initier certains participants à l'utilisation d'un outil de conception de scénarios, pour que ces mêmes personnes (ou une partie) testent plus tard la plateforme CAPtuRe d'assistance à la réutilisation de scénarios (cf. Évaluation E5 à la Section 9.2.4) et pouvoir comparer ainsi les usages (avec et sans assistance).

Cette évaluation E2 s'intègre dans la première itération de spécification du méta-modèle du contexte (CAPtuRe-metamodel) et la construction d'une instance pour le cas des scénarios de BASAR (CAPtuRe-model). Sur la base des résultats de cette évaluation, nous avons révisé les facettes et éléments contextuels ainsi que la relation entre les différents aspects intervenants dans le méta-modèle défini (indicateurs, éléments contextuels, facettes, évaluations et pondérations). Ceci nous a permis ainsi de réitérer sur ces modèles en les améliorant et en les adaptant aux besoins effectifs des utilisateurs. Les versions de ce modèle et méta-modèle issues de cette itération ont été présentées dans [Chaabouni et al., 2015b,a].

9.1.4 *Le premier questionnaire*

Le questionnaire 1, dont les questions sont détaillées dans l'Annexe B.3, a visé deux principaux objectifs qui sont :

1. collecter des réponses relatives aux usages qui sont le taux de réutilisation des scénarios sans utiliser un outil d'assistance à la réutilisation, les freins à la réutilisation de scénarios et le besoin de réutilisation.
2. collecter des informations additionnelles sur les contextes effectifs dans lesquels se sont déroulés les scénarios, permettant d'enrichir notre base d'index contextuels.

Chaque réponse au questionnaire constitue une "Fiche scénario BASAR" qui est reliée à un scénario bien particulier. Un concepteur peut ainsi soumettre plusieurs réponses (une réponse pour chaque scénario conçu).

- les questions [1 et 2] du questionnaire concernent la réutilisation de scénarios dans une situation de conception. Le résultat est de produire l'indicateur « taux de réutilisation de scénarios » ;
- la question [3] est utile pour relever les principaux freins à la réutilisation ;
- les questions [4 et 5] sont utiles pour repérer le besoin de réutilisation chez les concepteurs de leurs propres scénarios et des scénarios des autres ;
- les questions [allant de 6 à 20] concernent la collecte des informations contextuelles du scénario. Ces questions servent d'abord à enrichir les index contextuels des scénarios existants pour constituer des données d'entrées plus complètes lors de la simulation de l'algorithme :
 - les questions [allant de 6 à 12] et la question [15] traitent les aspects techniques et physiques du contexte dans lequel se déroule le scénario ;
 - les questions [13 et 14] concernent le profil pédagogique de l'enseignant/formateur considéré comme l'un des éléments de contexte du scénario ;
 - les questions [allant de 16 à 20] traitent le profil pédagogique et le contexte spatial des apprenants participant au scénario.

9.1.5 Analyse

Dans cette étape d'évaluation, nous analysons trois types de données : des données de scénarios d'apprentissage conçus, des réponses au questionnaire et des usages, pratiques et besoins issus d'observations et d'entretiens ouverts avec les concepteurs. Nous présentons dans les sections qui suivent une analyse de ces données recueillies et ensuite une synthèse des résultats de l'évaluation.

9.1.5.1 Analyse qualitative et quantitative des scénarios d'apprentissage

À travers cette phase d'évaluation, nous tentons d'abord de valider que les contextes sont effectivement multiples et variés. Les graphes illustrés dans les Figures 9.1 et 9.2 sont construits suite à l'analyse des scénarios BASAR et représentent des statistiques sur certains éléments contextuels explicités. Les scénarios analysés intègrent aussi les scénarios conçus lors des tests de l'évaluation E2. Les réponses au premier questionnaire (questions allant de 6 à 20) ont été également prises en considération pour repérer des éléments contextuels. Ces graphes sont calculés sur la base de 118 scénarios. Bien que ce nombre ne soit pas assez élevé et ne peut être jugé comme significatif statistiquement pour généraliser le résultat, nous le considérons comme un échantillon d'étude pour des premières validations. Le graphe de la Figure 9.1 montre les modalités spatiales, collaboratives et temporelles spécifiées dans les scénarios analysés.

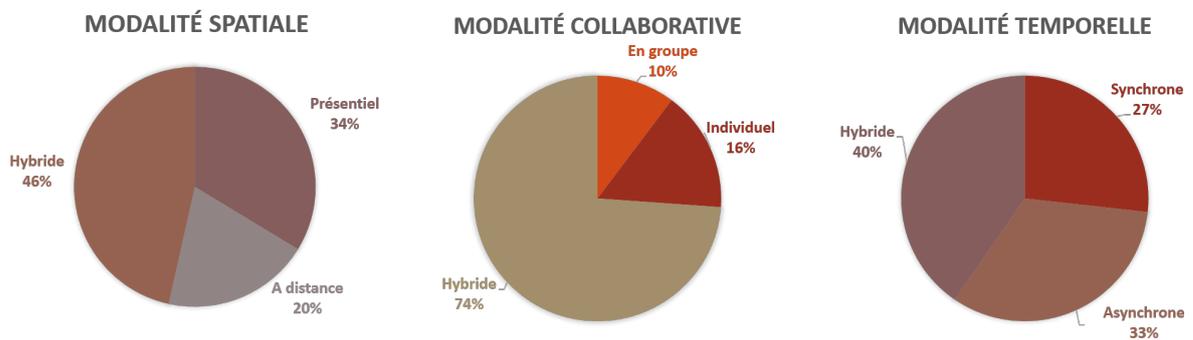


FIGURE 9.1. – Statistiques sur les modalités utilisées dans les scénarios BASAR

La Figure 9.2 explicite les ressources matérielles et logicielles identifiées et leurs pourcentages d'apparition dans les scénarios.

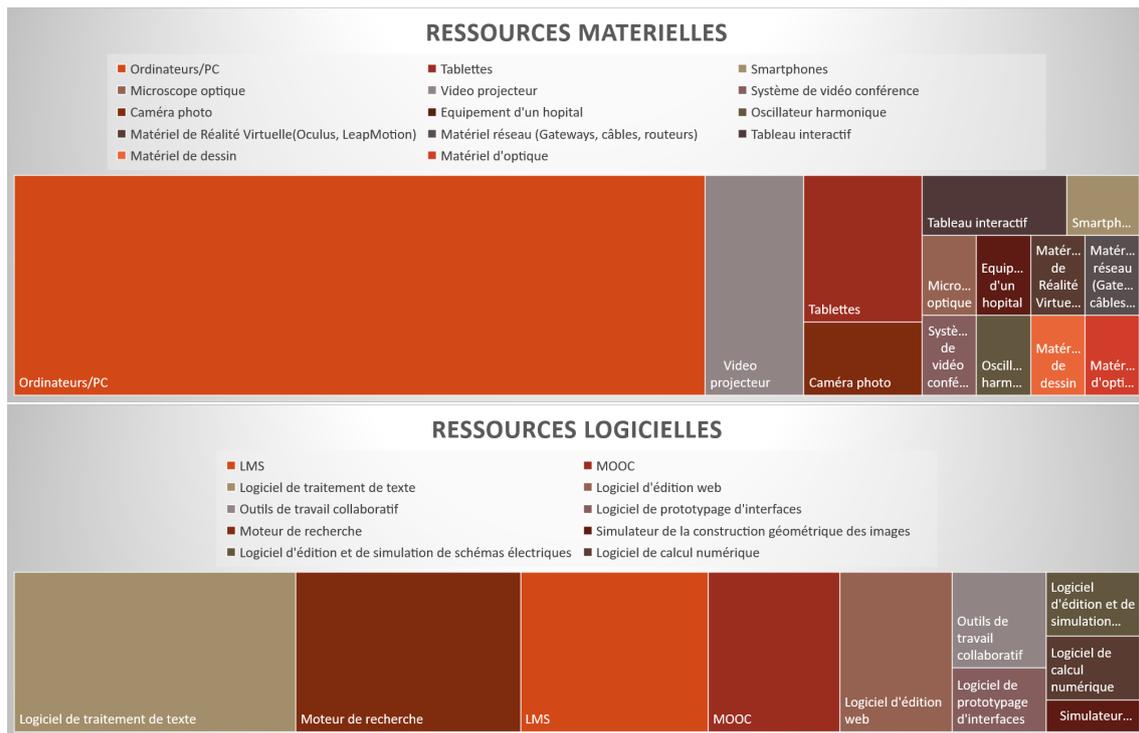


FIGURE 9.2. – Statistiques sur les ressources matérielles et logicielles utilisées dans les scénarios BASAR

Nous constatons à travers cette analyse que les scénarios expriment des contextes variés et multiples. Nous remarquons d'autre part que des évaluations contextuelles se répètent d'un scénario à un autre : les scénarios partagent des dimensions contextuelles similaires. Ceci révèle l'importance et la légitimité de modéliser cette information contextuelle relative aux situations d'apprentissage et de l'exploiter pour améliorer la réutilisation, ce qui valide le bien fondé de notre approche.

9.1.5.2 Analyse des données recueillies du premier questionnaire

Nous commençons par analyser les réponses au questionnaire (34 réponses issues des évaluations E1 et E2) et particulièrement les questions allant de 1 à 5. Les résultats démontrent que, sans un outil d'assistance à la réutilisation, 62% des concepteurs n'ont pas réutilisé de scénarios (ou de séquences d'activités) existant(e)s d'un référentiel (autres que BASAR) et 76% n'ont pas réutilisé de scénarios particulièrement de la base BASAR.

La principale raison de la non-réutilisation est, selon 35.3% des répondants, « après la recherche, je n'ai pas trouvé de scénarios adaptés à mon cas d'usage ». En revanche, 14.7% énoncent que l'outil de recherche intégré n'est pas assez pertinent pour retrouver les bons scénarios adaptés. Par ailleurs, 23.5% des enseignants expriment ne pas avoir ressenti un besoin de réutilisation. D'autres raisons de non-réutilisation ont également été exprimées qui sont : « Je ne savais pas qu'il y'avait une base », « Je n'ai pas vu la base » et « Mon scénario m'a semblé trop atypique ».

Quant aux motivations de conception de scénarios, 79.4% pensent que l'une des motivations de conception est d'organiser leurs pratiques d'enseignement, 50% de stocker les scénarios pour des futures réutilisations et 47.1% sont motivés à partager leurs scénarios avec d'autres concepteurs.

9.1.5.3 *Analyse des données recueillies par observations et entretiens ouverts*

Des observations des usages et des entretiens ouverts ont été menés avec certains participants au cours des tests de l'évaluation E2 menée sans un outil d'assistance à la réutilisation. Ceci nous a permis de comprendre les pratiques, les usages et les besoins d'utilisateurs réels afin de nous guider dans la proposition d'une solution utile qui s'adapte aux pratiques des concepteurs. Les participants abordent d'abord des réflexions par rapport à leurs pratiques habituelles de réutilisation lors de la planification d'un cours ou d'une formation. Un enseignant exprime que, lors de la mise en place de son cours, il part d'un support existant puis l'adapte à ses besoins tout en réutilisant d'autres contenus de diverses sources. Un autre enseignant part de la création d'un nouveau support et puis réutilise du contenu existant. Sept participants affirment ne pas avoir utilisé auparavant un outil de conception de scénarios d'apprentissage.

D'autre part, ce qu'on a constaté par rapport à l'activité de réutilisation, généralement lorsque nous informons le concepteur qu'il dispose d'une base de scénarios existante, ce dernier commence par parcourir les scénarios et consulter certains qui lui semblent les plus proches de sa situation. La plupart du temps, il ne réutilise pas une activité telle qu'elle, mais s'inspire plutôt du contenu métier, des méthodes et pratiques pédagogiques, de la manière de structurer le scénario pour ensuite les utiliser dans la conception de son scénario.

Suite à la réalisation des tests, tous les sujets confirment, à l'unanimité, l'utilité et l'importance de l'activité de conception et également de réutilisation. Un des participants énonce qu'il trouve très utile de planifier son cours et surtout de disposer d'un outil l'aidant à structurer ses idées d'une manière cohérente et à faire connaître dès le départ les objectifs du cours aux apprenants et le résultat final auquel il souhaite aboutir et ce afin de leurs montrer l'importance et l'utilité du cours. Ce même participant énonce également que la réutilisation est intégrée constamment dans ses habitudes pour produire des artefacts de meilleure qualité, et qu'appliquée à la scénarisation pédagogique, elle pourrait être avantageuse si le contenu existant est pertinent et surtout bien accessible.

9.2 LA PHASE B DES ÉVALUATIONS

Cette phase concerne des évaluations en ayant à disposition un outil assistant la réutilisation, l'indexation et la capitalisation de scénarios avec les fonctionnalités intégrées. Des comparaisons entre les indicateurs issus de cette phase (phase B) et des indicateurs issus de la première phase A (cf. Section 9.1), où les enseignants ont conçu leurs scénarios « sans » un outil d'aide à la réutilisation, sont montrées à la fin de cette section.

Cette phase B d'évaluation comporte trois étapes d'évaluation E3, E4 et E5 que nous détaillons dans ce qui suit. Elle s'intègre dans la deuxième itération des travaux de thèse.

9.2.1 *Protocole expérimental de la phase B d'évaluation*

	Étape E3	Étape E4	Étape E5
--	----------	----------	----------

<p>Objectifs de l'évaluation</p>	<ul style="list-style-type: none"> - tester et évaluer l'algorithme de similarité contextuelle CAPtuRe-algorithm 	<ul style="list-style-type: none"> - effectuer une évaluation par inspection de CAPtuRe-platform - évaluer la pertinence des facettes/éléments contextuels utilisés - réviser et améliorer les contributions 	<ul style="list-style-type: none"> - effectuer une évaluation empirique de CAPtuRe-platform - évaluer la pertinence des facettes/éléments contextuels utilisés - repérer les taux de réutilisation effectifs avec l'utilisation d'un outil d'assistance à la réutilisation et les freins à la réutilisation de scénarios - réviser et améliorer les contributions
<p>Critère qualité à valider</p>	<ul style="list-style-type: none"> - le bienfondé de l'algorithme - faisabilité et consistance des calculs de similarités contextuelles - faisabilité et pertinence de la recommandation 	<ul style="list-style-type: none"> - utilisabilité de CAPtuRe-platform 	<ul style="list-style-type: none"> - utilité et utilisabilité de CAPtuRe-platform - pertinence des données
<p>Méthode de l'évaluation</p>	<ul style="list-style-type: none"> - simulations 	<ul style="list-style-type: none"> - jugement d'experts 	<ul style="list-style-type: none"> - tests utilisateurs - observations
<p>Instruments d'évaluation/ techniques de collecte de données</p>	<p>artefacts des scénarios d'apprentissage conçus de BASAR et index contextuels construits</p>	<ul style="list-style-type: none"> - grilles d'évaluation des IHM avec les critères de Bastien et Scapin [Scapin and Bastien, 1997] - entretiens ouverts 	<ul style="list-style-type: none"> - questionnaire 2 (voir Annexe B.4) - entretiens ouverts
<p>Ce qu'on souhaite connaître</p>	<ul style="list-style-type: none"> - des résultats de calcul - des corrélations entre données 	<ul style="list-style-type: none"> - des usages - des avis - des propositions d'amélioration 	<ul style="list-style-type: none"> - des pratiques - des comportements et des usages - des attentes - des avis - des propositions d'amélioration

Indicateurs à produire	- graphes de similarités contextuelles entre scénarios de BASAR - graphes de similarités contextuelles entre les facettes pédagogiques des scénarios de BASAR - graphe de similarités contextuelles entre un PCM-LS et les scénarios de BASAR	- notes d'évaluations des interfaces de CAPtuRe-platform selon les critères de Bastien et Scapin	- taux de réutilisation de scénarios avec un outil d'aide à la réutilisation - freins à la réutilisation de scénarios
Type et nombre de participants	NA	2 experts en IHM	5 enseignants-concepteurs et 1 formateur-concepteur ayant préalablement participé à l'évaluation E2
La population/les entités à laquelle/auxquelles on souhaite généraliser le résultat	Les scénarios d'apprentissage de différents référentiels (autres que BASAR)	NA	enseignants et formateurs ayant les rôles de concepteurs pédagogiques
Stade de développement du prototype	produit partiellement détaillé (ou «partly detailed product», en anglais) : la version du prototype illustrée dans ce présent mémoire dans le Chapitre 8.		

TABLE 9.2. – Protocole expérimental de la phase B de l'évaluation

9.2.2 Déroulement et analyse de l'évaluation de CAPtuRe-algorithm (Évaluation E3)

Le but de cette étape d'évaluation est d'effectuer les premières simulations et évaluations de l'algorithme de calcul de similarités contextuelles CAPtuRe-algorithm que nous avons implémenté. A ce niveau, les tests sont effectués sur les données des scénarios BASAR (100 scénarios sélectionnés à partir des scénarios existants de BASAR et des scénarios conçus lors des tests des évaluations de l'étape E2). Des tests d'un plus grand volume de données, recueillis d'autres référentiels de scénarios, pourraient être envisagés comme continuités de ces travaux afin de valider des critères plus avancés de l'algorithme.

Nous commençons d'abord la simulation de l'algorithme par le calcul des similarités entre les différents scénarios en nous basons sur leurs index contextuels construits lors

de la première phase des évaluations (Phase A). Le graphe de la Figure 9.3 montre la distribution des scénarios de BASAR selon les similarités contextuelles globales entre scénarios. Ce graphe est construit par un programme (écrit en Java et JavaScript) calculant la similarité contextuelle globale entre chaque paire de scénarios. Nous avons également calculé les similarités par rapport à une seule facette tel que le montre la Figure 9.4 visualisant les similarités du point de vue pédagogique de ces mêmes scénarios, que nous appelons graphe des similarités contextuelles entre les facettes pédagogiques des scénarios de BASAR. Pour ce dernier, le contenu des index contextuels utilisés est limité aux entrées de la facette pédagogique.

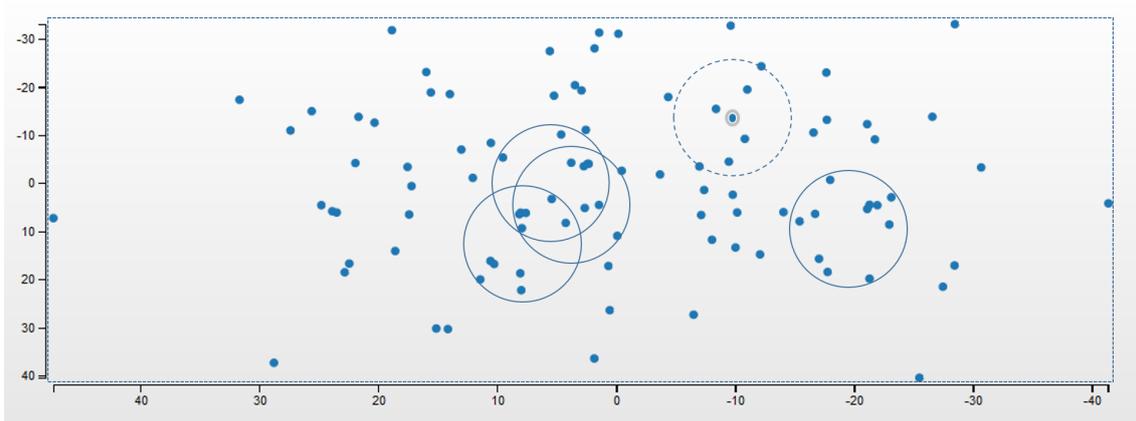


FIGURE 9.3. – Graphe des similarités contextuelles globales entre scénarios de BASAR

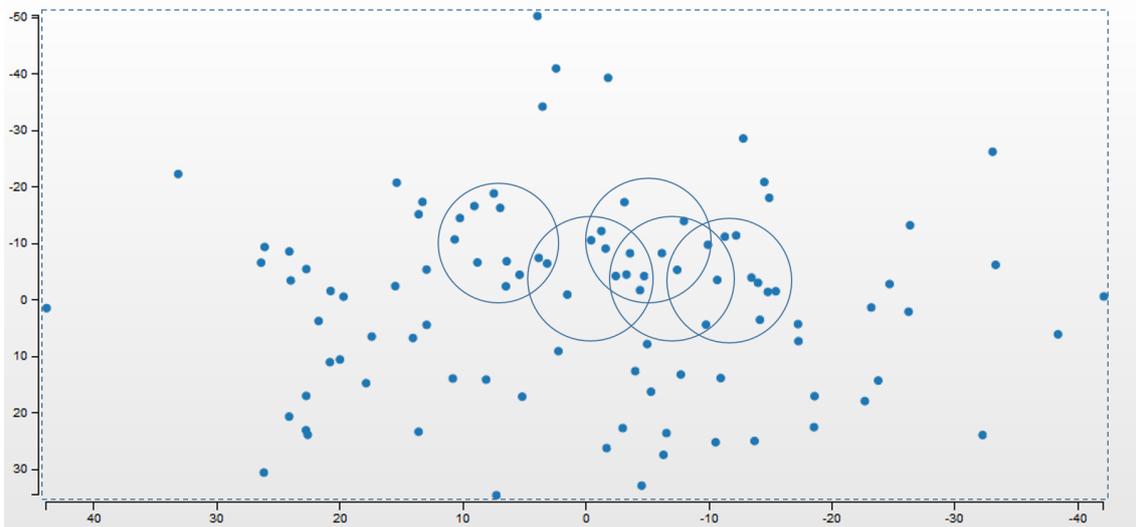


FIGURE 9.4. – Graphe des similarités contextuelles entre les facettes pédagogiques des scénarios de BASAR

Chaque point du graphe de la Figure 9.3 représente un modèle d'index contextuel (ICM_i) associé à un scénario (LS_i). De même pour la Figure 9.4, sauf qu'on ne garde que le sous-arbre relatif à la facette pédagogique de l'index contextuel (ICM_i). Plus la distance entre deux points est petite, plus les index sont similaires. Nous rappelons que $distance = 1 - similarité$. À partir de ces deux graphes, nous remarquons que la

distribution des scénarios est bornée : les scénarios s’inscrivent dans un cadre limité (représenté en pointillés dans les deux graphes). Les similarités entre scénarios sont alors mesurables ce qui valide **la faisabilité des calculs**.

Afin d’identifier des scénarios proches contextuellement, nous utilisons ici une méthode de clustering basée sur la densité¹. Pour cela, nous passons des fenêtres sous forme de cercles de 10 unités de diamètre pour repérer les regroupements (ou clusters) de contextes de scénarios jugés proches contenant, au minimum, 11 index contextuels (cf. cercles en traits pleins dans les deux graphes). Le choix de la forme en cercle, du diamètre et du nombre minimum de points dans un cluster sont fixés arbitrairement. La valeur du diamètre fixée à 10 représente le diamètre maximal de voisinage appelé EPS selon cette méthode de clustering. «MinPts» fixé à «11» est le nombre minimal de points dans le voisinage défini par EPS.

Pour le deuxième graphe des similarités contextuelles entre les facettes pédagogiques, un cluster regroupe les contextes proches d’un point de vue pédagogique. Les scénarios délimités par une même fenêtre sont jugés proches contextuellement ce qui valide **la faisabilité de la recommandation**. Nous avons appliqué ici manuellement une méthode simple de clustering. Le clustering des scénarios peut représenter tout un axe de recherche à explorer comme continuités de nos travaux en appliquant des algorithmes de clustering plus avancés pour les scénarios d’apprentissage et qui devient intéressant pour des volumes de données plus importants.

En examinant de plus près ces clusters de scénarios, nous remarquons que parfois les scénarios similaires contextuellement ont été effectivement conçus dans des contextes proches par exemple lors d’un barcamp ou d’un atelier de formation organisé dans le cadre du projet BASAR.

Nous dégageons quelques indicateurs à partir du graphe des similarités contextuelles globales (de la Figure 9.3) :

- la similarité la plus élevée (les scénarios les plus proches) = 0.75 (75%);
- la similarité la moins élevée (les scénarios les plus distants) = 0.03 (3%).

Nous dégageons également quelques indicateurs à partir du graphe des similarités contextuelles (de la Figure 9.4) :

- la similarité la plus élevée (les scénarios les plus proches) = 0.62 (62%);
- la similarité la moins élevée (les scénarios les plus distants) = 0.08 (8%).

D’autre part, nous passons des fenêtres de même diamètre (10 unités), tel qu’illustré avec le cercle en pointillé de la figure 9.3, en centrant un point ICM à l’origine du cercle. Ce point représente un «scénario source (S)» et le cercle représente ce que nous avons désigné par «périmètre de réutilisation» du scénario. Les points appartenant au même cercle sont considérés comme des scénarios faisant parties du voisinage de S et qui sont inclus dans son périmètre de réutilisation. Nous notons que la valeur du diamètre est, comme précisé précédemment, adaptée selon le besoin. Par conséquent, un contexte planifié (PCM) fait partie du voisinage d’un index contextuel (ICM) s’il est inscrit dans son périmètre de réutilisation.

Par la suite, et afin de tester les fonctionnalités de recommandation, nous construisons des modèles *PCM-LS* en nous projetant dans des situations d’apprentissage réelles, tout en variant à chaque fois les différentes évaluations et paramètres. Nous testons ensuite l’algorithme à travers l’interface CAPtuRe-platform manipulant les entrées et sorties de l’algorithme. Le graphe de la Figure 9.5 montre un exemple des résultats de calcul des

1. https://www-lmgm.biotoul.fr/enseignements/M2Pro_Bioinfo/Clustering.pdf

similarités contextuelles entre un des contextes planifiés construits (*PCM*) et les index des scénarios de BASAR (ICM_i) par la version actuelle d'implémentation de CAPtuRe-algorithm.

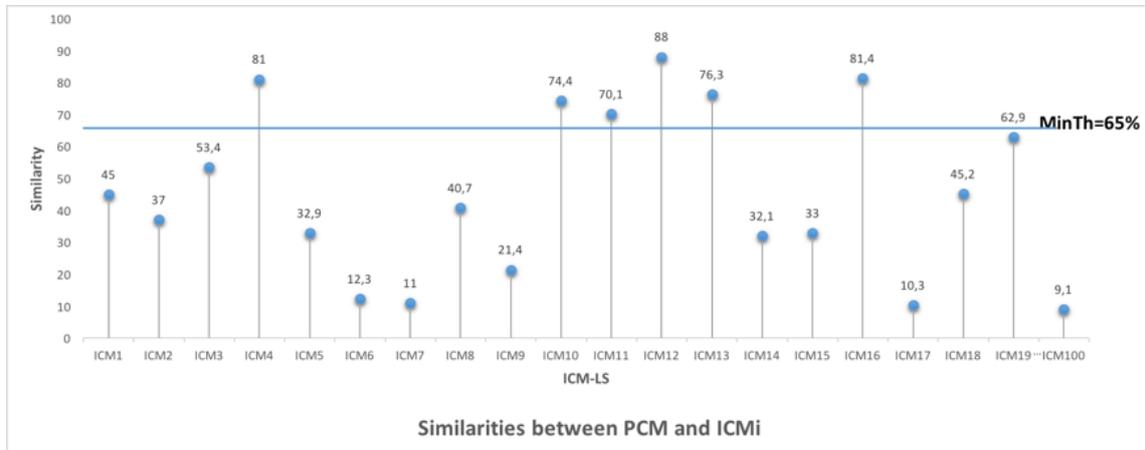


FIGURE 9.5. – Extrait du graphique de similarités contextuelles entre un PCM-LS et les scénarios de BASAR

Chaque barre de l'histogramme de la Figure 9.5 représente la valeur de similarité entre le modèle *PCM* et le modèle ICM_i : par exemple, *PCM* est similaire à ICM_5 de 32.9% tenant compte des différent(e)s facettes/éléments contextuels et des pondérations fixées. L'axe horizontal nommé *MinTh* représente le seuil de similarité minimale à spécifier par le concepteur. Lors de la recommandation, le système retourne les scénarios ayant des similarités contextuelles supérieures ou égales à la valeur de *MinTh*.

Afin de repérer les incohérences et de tester si les résultats de similarités expérimentaux sont intuitifs et raisonnables, nous examinons de plus près certains résultats. Ceci nous permettra de vérifier la **consistance des calculs** et ainsi la **pertinence de la recommandation**. Nous illustrons dans la Figure 9.6 trois index contextuels de scénarios extraits de la base. Ces modèles ont été délibérément simplifiés pour faciliter leurs analyses.

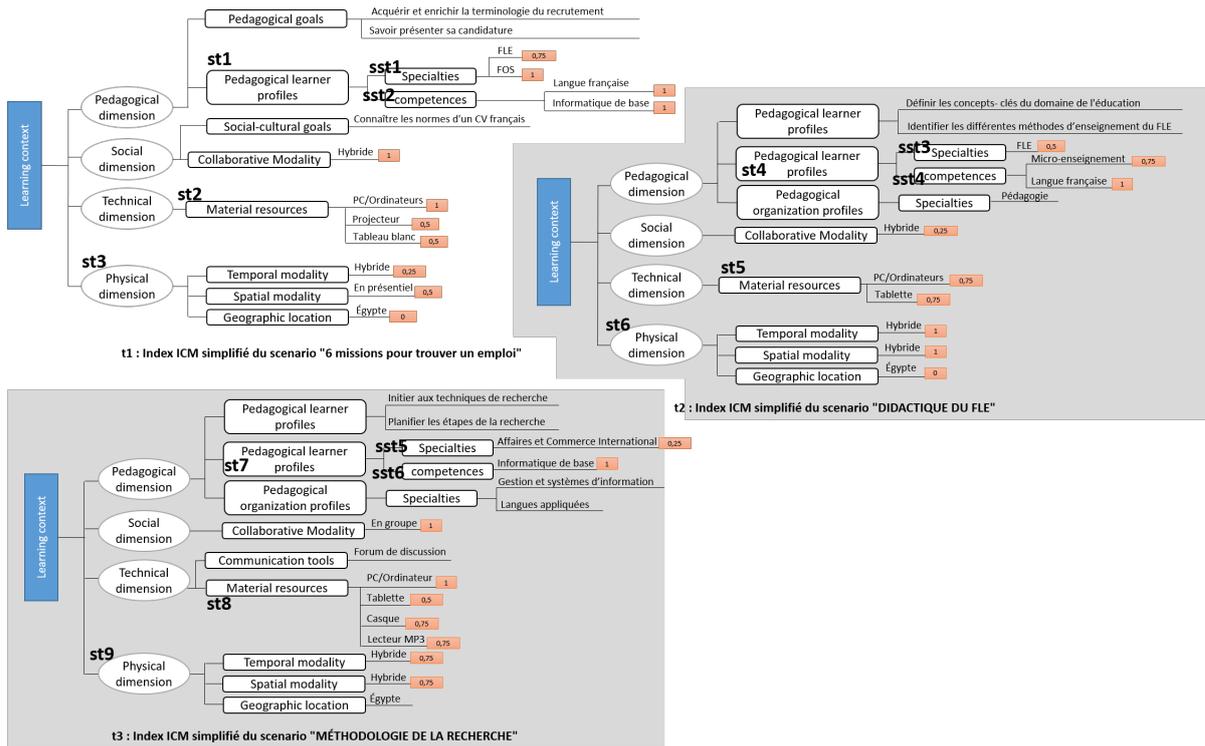


FIGURE 9.6. – Trois index contextuels de scénarios de BASAR

Comme les scénarios extraits existaient déjà avant la mise en place de notre approche, leurs déroulements effectifs n'ont pas été évalués et donc non pondérés par les enseignants-concepteurs. Nous avons donc associé des pondérations arbitraires à certains éléments contextuels pour des fins de tests. Lors de la simulation de l'algorithme, les éléments que nous n'avons pas pondérés prennent la valeur «0.5» correspondant à l'évaluation «neutre» donnée par défaut.

Nous commençons par exécuter l'algorithme en fournissant en entrées chaque paire de sous-arbres (st) de racines semblables, identifiés dans la Figure 9.6, et qui feront l'objet de discussion de notre étude. Nous obtenons les résultats expérimentaux montrés dans le Tableau 9.3, comportant les similarités entre chaque deux sous-arbres et les similarités entre chaque deux arbres de contexte complets (t1, t2 et t3).

Racine	Premier sous-arbre	Deuxième sous-arbre	Similarités (version 1)	Similarités (version 2)
Profils pédagogiques des apprenants (Pedagogical learner profiles)	st1	st4	0.4875	0.5733
	st1	st7	0.3333	0.4713
	st4	st7	0	0
Spécialités (Specialties)	sst1	sst3	0.4137	0.4137
	sst1	sst5	0	0
	sst3	sst5	0	0
Compétences (Competences)	sst2	sst4	0.5614	0.5614
	sst2	sst6	0.6666	0.6666

	sst4	sst6	0	0
Ressources matérielles (Material resources)	st2	st5	0.5714	0.5714
	st2	st8	0.5161	0.5161
	st5	st8	0.6428	0.6428
Facette physique (Physical dimension)	st3	st6	0.1568	0.2716
	st3	st9	0.2	0.3464
	st6	st9	0.64	0.7838
Contexte d'apprentissage (Learning context)	t1	t2	0.2408	0.3683
	t1	t3	0.1311	0.2757
	t2	t3	0.1832	0.3831

TABLE 9.3. – Résultats expérimentaux des similarités entre sous-arbres identifiés

Dans ce qui suit, nous étudions d'abord les résultats expérimentaux de la version 1 implémentée de l'algorithme (quatrième colonne du Tableau 9.3). La version 2 est la version révisée implémentée pour pallier les lacunes repérées de la première version.

Pour les sous-arbres de racines «Profils pédagogiques des apprenants», nous obtenons $sim(st1, st4) > sim(st1, st7)$. Ceci paraît raisonnable puisque il y'a plus d'éléments en commun entre $st1$ et $st4$ («FLE» avec des pondérations «0.75»/«0.5» et «Langue française» avec la même pondération «1») que entre $st1$ et $st7$ (Informatique de base avec la même pondération «1»). Les deux sous-arbres $sst4$ et $sst7$ sont totalement différents ce qui est bien visible avec une similarité «0».

Si nous examinons les sous-arbres des «compétences», bien qu'il peut nous paraître que $sst4$ est plus proche de $sst1$ que $sst7$, les valeurs expérimentales retournent $sim(sst1, sst4) < sim(sst1, sst7)$. Ceci est expliqué par le fait que, entre $ss1$ et $ss4$, il y'a plus d'éléments différents.

De même pour les sous-arbres de «Ressources matérielles», bien que $st2$ et $st8$ ont un seul élément en commun «PC» avec la même pondération «1» face à $st2$ et $st5$ ayant également un seul élément en commun «PC» mais avec des pondérations différentes «1» et «0.75», la $sim(st2, st5)$ est légèrement plus élevée que $sim(st2, st8)$ ce qui est dû au nombre et aux pondérations des éléments différents. Ceci montre que l'algorithme prend bien en considération, en plus des similitudes, les différences entre les évaluations en termes de présence de l'élément contextuel et en termes de pondérations. Cette caractéristique est utile pour le calcul de similarités avec des scénarios dont le contexte est faiblement exprimé.

Pour monter les similarités des feuilles² des arbres jusqu'au nœud racine, que nous appelons propagation ascendante des similarités, nous avons opté, dans la version 1 testée de l'algorithme, pour le calcul récursif des simples **moyennes arithmétiques**³ des similarités des nœuds de niveaux inférieurs. Par exemple, pour calculer les similarités entre $st1$ et $st4$, l'algorithme construit le vecteur de similarités (0.4137, 0.5614), dont les deux valeurs correspondant respectivement à $sim(sst1, sst3)$ et $sim(sst2, sst4)$, et calcule la moyenne arithmétique qui donne $sim(st1, st4) = 0.4875$. Ceci semble consistant et correspond aux résultats expérimentaux. Cependant, en étudiant maintenant le cas de

2. les noeuds du niveau le plus bas de l'arbre, n'ayant pas de fils

3. $A(x_1, x_2, \dots, x_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$

la similarité entre le nœud de la facette pédagogique de l'arbre t_1 et celui de l'arbre t_2 , nous repérons une incohérence dans certains cas spéciaux au niveau des champs non informés comme par exemple le champ «profil pédagogique de l'organisation». Pour mieux expliquer cette incohérence, nous illustrons le cas spécial simplifié de la Figure 9.7 où on veut calculer la similarité entre les nœuds de dimensions pédagogiques à partir des similarités des nœuds inférieurs (déjà calculés).

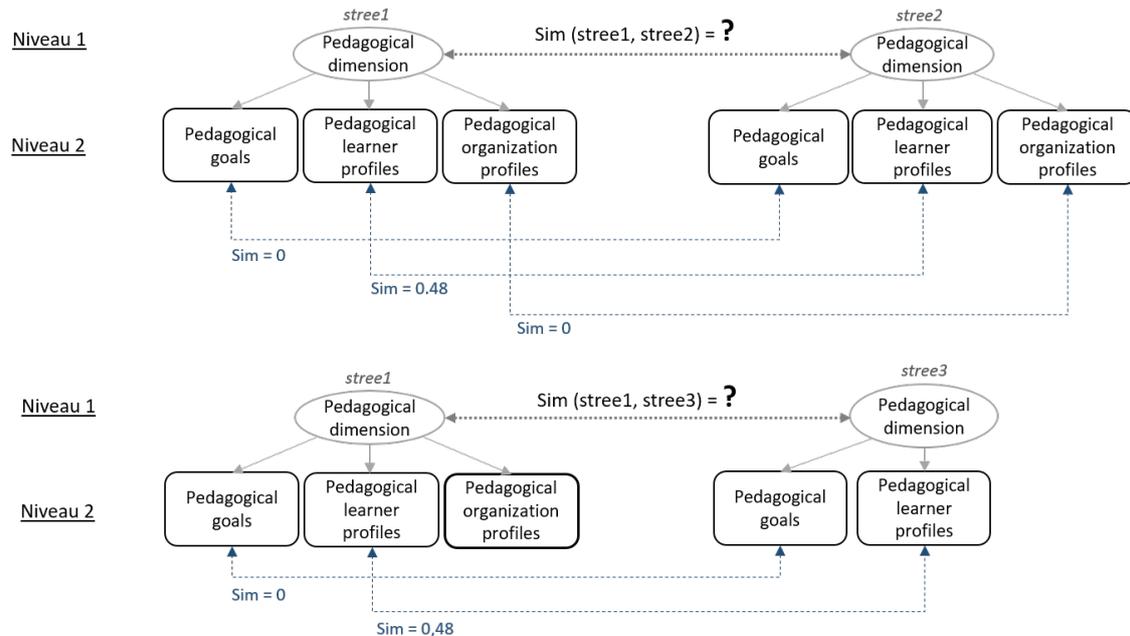


FIGURE 9.7. – Cas spécial de la propagation ascendante des similarités

Supposons que $stree1$ est le contexte prévisionnel (arbre requête) et que les arbres $stree2$ et $stree3$ sont les index contextuels de scénarios existants, et que les similarités des nœuds au niveau 2 sont déjà calculées par l'algorithme. Nous souhaitons trouver la similarité entre les nœuds de niveau 1. Pour le premier cas de figure, les profils pédagogiques de l'organisation de $stree1$ et celui de $stree2$ sont différents. L'algorithme construit alors le vecteur de similarités $(0, 0.4875, 0)$ pour $sim(stree1, stree2) = A(0, 0.4875, 0) = (0 + 0.4875 + 0)/3 = 0.1625$.

Dans la logique de l'algorithme, lorsqu'un nœud apparaît dans un arbre (ou sous-arbre) alors qu'il n'apparaît pas dans un autre, tel l'exemple du nœud «profils pédagogiques de l'organisation» du deuxième cas de figure, la similarité est mise à 0. Pour ce cas, l'algorithme construit le même vecteur de similarité $(0, 0.4875, 0)$ que le premier cas et calcule $sim(stree1, stree3) = A(0, 0.4875, 0) = (0 + 0.4875 + 0)/3 = 0.1625$.

Nous pensons que $sim(stree1, stree2)$ et $sim(stree1, stree3)$ ne doivent pas être égales mais plutôt $stree1$ doit être plus proche de $stree3$ que de $stree2$. En d'autres termes, il semble non cohérent de considérer que (1) le cas où le concepteur définit un champ différent de celui à comparer et (2) le cas où le concepteur n'informe pas le champs (l'élément contextuel est inconnu), comme des cas équivalents. En effet, pour le premier cas, on est sûr que les valeurs sont différentes alors que dans le deuxième, il y'a une probabilité qu'il y'ait une similitude. De ces faits, nous proposons la solution d'ajouter un facteur k aux éléments non informés que nous appelons «*non-valued node factor*». Pour ce cas

expérimental, nous fixons $k=0.1$ (valeur choisie arbitrairement). Ceci nous amène à favoriser les éléments non informés par rapport aux éléments différents et à améliorer ainsi la probabilité de recommander des scénarios adaptés aux besoins contextuels.

D'autre part, en observant les similarités calculées dans le Tableau 9.3, nous constatons que les valeurs de similarités baissent considérablement lors de la propagation ascendante des similarités. Ceci est dû à l'application de la formule de moyenne arithmétique. L'utilisation de la moyenne quadratique⁴ améliore par contre les résultats et permet d'atténuer cette baisse. Une moyenne quadratique donne toujours des résultats supérieurs ou égaux à la moyenne arithmétique.

Nous appliquons pour le même cas de similarité entre *tree1* et *tree2*, l'application de la formule de moyenne quadratique donne :

$$\text{sim}(\text{tree1}, \text{tree2}) = Q(0, 0.4875, 0) = \sqrt{(0^2 + 0.4875^2 + 0^2)/3} = 0.2814$$

Les résultats de l'application de cette nouvelle formule sont montrés dans la cinquième colonne des similarités (Vesrion 2) du Tableau 9.3.

9.2.3 Déroutement et analyse de l'évaluation par inspection de CAPtuRe-platform (Évaluation E4)

Cette étape d'évaluation s'inscrit dans l'itération 2 de nos travaux. Comme nous nous inscrivons dans une démarche itérative, la version du prototype de la plateforme développée à cette itération est évaluée dans le but de l'améliorer et de commencer la validation de l'utilisabilité de la plateforme à un stade précoce du développement. À ce niveau, le prototype est considéré comme un produit partiellement détaillé (partly detailed product en anglais) c'est à dire que, suivant une évaluation formative de l'approche RDE, des parties du produit sont spécifiées et peuvent être utilisées par le groupe cible.

Dans le cadre de cette évaluation dont le but est d'évaluer l'utilisabilité de prototype de CAPtuRe-platform, nous avons adopté la méthode d'évaluation formative « jugement d'experts » (ou « expert appraisal » en anglais). Pour cela, nous avons fait appel à deux experts en IHM (Interfaces Homme Machine) qui sont deux enseignants-chercheurs spécialistes dans le domaine de la conception et l'évaluation des IHM. Une petite démonstration sur les fonctionnalités globales du prototype est d'abord faite à chacun de ces experts (dans des sessions de travail différentes). Nous laissons ensuite l'expert manipuler la plateforme à sa guise. Les données d'évaluation ont été récoltées à travers des grilles d'évaluation utilisant les critères de Bastien et Scapin [Scapin and Bastien, 1997] et à travers des entretiens ouverts où les évaluateurs fournissent leurs réflexions et remarques.

9.2.3.1 Les grilles d'évaluation par les experts

Au cours de cette évaluation, nous tentons essentiellement de vérifier l'utilisabilité du prototype de CAPtuRe-platform et de recueillir des usages, des avis et des propositions d'amélioration. L'utilisabilité, selon Tricot et al. [2003], désigne la possibilité d'utiliser l'EIAH au niveau de son interface, sa navigation et sa cohérence avec l'objectif et le scénario didactique. D'après ces mêmes auteurs, l'utilisabilité peut être évaluée par

4. $Q(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2}$

inspection ou d'une manière empirique (que nous appliquons plus tard dans l'étape d'évaluation E5). L'évaluation par inspection fait l'objet de cette section pour évaluer l'utilisabilité. Les participants à cette évaluation sont deux experts en IHM. Nous avons fourni à chacun des experts une grille d'évaluation avec les critères d'évaluation de Bastien et Scapin [Scapin and Bastien, 1997]. Le schéma de la Figure 9.8 montre les notes d'évaluation attribuées où chaque critère est noté sur une échelle de 1 à 5.

Les critères ergonomiques de Bastien et Scapin		Notes expert 1	Notes expert 2
Guidage	Incitation	○ ● ○ ○ ○	○ ○ ○ ● ○
	Le groupement, la distinction, entre items		
	La distinction par la localisation	○ ○ ○ ● ○	○ ○ ○ ○ ●
	La distinction par le format	○ ○ ○ ● ○	○ ○ ○ ● ○
	Feedback immédiat	○ ○ ● ○ ○	○ ● ○ ○ ○
	Lisibilité	○ ○ ● ○ ○	○ ○ ○ ● ○
Charge de travail	Brièveté		
	Concision des entrées	○ ○ ○ ● ○	○ ○ ● ○ ○
	Charge minimale	○ ● ○ ○ ○	○ ○ ○ ● ○
	Densité informationnelle	○ ● ○ ○ ○	○ ○ ● ○ ○
Contrôle explicite	Actions explicites	NA	○ ○ ● ○ ○
	Contrôle utilisateur	NA	○ ○ ● ○ ○
Adaptabilité	Flexibilité	○ ○ ● ○ ○	○ ○ ○ ● ○
	Prise en compte de l'expérience de l'utilisateur	○ ○ ● ○ ○	○ ○ ● ○ ○
Gestion des erreurs	La protection contre les erreurs	○ ○ ● ○ ○	○ ○ ○ ● ○
	Qualité des messages d'erreurs	NA	NA
	Correction des erreurs	NA	NA
Homogénéité et cohérence		○ ○ ○ ● ○	○ ○ ○ ● ○
Signifiante des codes et dénominations		○ ○ ● ○ ○	○ ● ○ ○ ○
Compatibilité		○ ● ○ ○ ○	○ ○ ● ○ ○

○	○	○	○	○
Très faible	Faible	Moyen	Bien	Très bien

FIGURE 9.8. – Grilles d'évaluation de CAPtuRe-platform par des experts IHM

9.2.3.2 Les entretiens ouverts

Nous avons mené des entretiens ouverts avec les deux experts dans le but de recueillir plus de détails sur leurs appréciations et leurs critiques à prendre en considération pour l'amélioration de la conception des interfaces de notre prototype. Nous avons également profité du fait que ces deux experts sont des enseignants pour recueillir leurs réflexions par rapport aux différentes fonctionnalités proposées et leurs utilités.

Selon ces experts, les avantages de CAPtuRe du point de vue IHM sont essentiellement liés à la présentation de l'interface sous forme de tableau de bord favorisant une

organisation visuelle (par localisation, format ou couleur) qui assure un **groupement entre items** de même contexte **et distinction entre items** différents. Ils approuvent également **la lisibilité** du contenu se conformant aux caractéristiques de présentation (couleur, contraste, dimension et espacement de texte). L'interface a aussi été bien évaluée en termes d'**adaptabilité** du contenu par exemple ne pas imposer un ordre strict de saisie d'information ou les transactions guidées et également en termes d'**homogénéité et cohérence des interfaces** les rendant plus prédictibles (cohérence des présentations et du comportement et homogénéité des composants graphiques, des titres, etc.).

Cependant des critiques ont été relevées. Certaines de ces critiques ont été prises en considération lors de l'intégration de la nouvelle version du prototype de l'itération 3 suivante et d'autres sont prévues comme des perspectives d'améliorations. Dans ce qui suit, nous citons les principales réflexions faites par les experts par rapport aux insuffisances repérées dans cette version V2 du prototype qui a été présentée au cours de cette étape d'évaluation.

- en saisissant les données contextuelles, l'utilisateur pense qu'il réalise une recherche de scénarios «classique» ou un filtrage des scénarios plutôt qu'il informe son propre contexte, bien que le titre de section «Inform my context» guide cette tâche. De ce fait, l'utilisateur s'attend à ce que les scénarios recommandés aient exactement les mêmes métadonnées saisies. Il y'a donc un problème d'**incitation** et également de **compatibilité**. Ceci est dû d'une part au fait que la section de saisie du contexte et celle des résultats de scénarios sont toutes les deux affichées sur la même ligne dès que l'outil est lancé (cf. [Chaabouni et al., 2016b]), et d'autre part du manque d'une indication visuelle ou textuelle plus explicite guidant cette tâche. L'activité qui représente l'objectif principal de la première interface est la conception du scénario, elle devait alors être mise en évidence ;
- pour la section d'affichage des scénarios recommandés, il serait bien de mettre un récapitulatif rappelant les éléments contextuels du concepteur pour pouvoir faire le lien avec ceux des scénarios recommandés. Ceci peut améliorer le critère d'évaluation **feedback immédiat** ;
- il y'a un problème de **charge minimale** pour la saisie des éléments contextuels étant donné qu'il y'a beaucoup de boutons d'aller-retour entre panels ;
- boutons «show curriculum» et «show details» un peu encombrants dans les interfaces de sélection d'apprenants et de ressources matérielles, ce qui a causé une **densité informationnelle** élevée ;
- les boutons «valider» ne sont pas toujours à l'endroit où on les attend (habituellement à droite après la tâche) ce qui cause un problème de **compatibilité** ;
- le composant instance-contexte de l'interface 2 d'évaluation, reliant un scénario avec les instances de contexte associées, n'est pas assez expressif ce qui cause un problème de **signifiante des codes et dénominations** ;
- pour la fonctionnalité de scénarisation de l'observation, il serait préférable que la configuration de tous les indicateurs soit faite sur la même interface, d'abord pour assurer une meilleure visibilité et puis pour minimiser les allers-retours entre les panels.

9.2.4 Déroutement et analyse de l'évaluation empirique de CAPtuRe-platform (Évaluation E5)

Cette étape d'évaluation est faite à l'itération 2 (cf. Figure 5.2). À ce niveau, le prototype est considéré également comme un produit partiellement détaillé où, comme énoncé précédemment, des parties du produit sont spécifiées et peuvent être utilisées par le groupe cible. Les parties totalement fonctionnelles du prototype ont été distinguées au début du chapitre 8 d'implémentation de la plateforme.

Dans ce cadre, et comme nous nous inscrivons dans une démarche itérative impliquant les usagers, nous mettons en place des tests utilisateurs dans des situations d'apprentissage réelles. L'objectif est de vérifier l'utilité et l'utilisabilité de CAPtuRe-platform, de déceler ces atouts et ses limites et de l'améliorer. Nous avons sélectionné des participants ayant déjà contribué dans l'évaluation E2 présentée précédemment. Nous avons fait ce choix pour que, d'une part, les participants soient déjà initiés à l'utilisation de l'outil de conception Scénari BASAR et d'autre part pour pouvoir comparer les usages «sans» et «avec» l'utilisation d'un outil d'assistance à la réutilisation et permettre ainsi de mieux évaluer l'utilité de l'approche CAPtuRe. Nous nous sommes limités, dans le cadre de cette étape, à une évaluation à petite-échelle impliquant un échantillon de 6 évaluateurs sous forme de tests (ou «try-out», en Anglais) à cause de contraintes de temps. Ceci nous a permis néanmoins d'explorer chacun des cas de tests d'une manière approfondie, tout en nous aidant d'entretiens ouverts avec les participants afin de mieux comprendre leurs besoins.

L'évaluation consiste à faire une démonstration générale de 10 minutes environ des fonctionnalités de l'outil CAPtuRe et puis de demander aux participants de concevoir un nouveau scénario à l'aide de CAPtuRe et scénari BASAR. Ce nouveau scénario devrait être différent de celui conçu à l'étape d'évaluation E2. Ce choix a été fait parce que, si on avait opté pour la re-conception du même scénario, l'enseignant aura déjà en esprit un scénario conçu complet et il est peu probable qu'il ait recours à la réutilisation d'autres scénarios existants, ce qui est le principal but de CAPtuRe. Le concepteur est ensuite amené à manipuler la plateforme à sa guise afin de tester les fonctionnalités de recommandation, de scénarisation de l'observation, d'évaluation et d'indexation, tout en l'assistant en cas de besoin. Nous avons observé ses usages et son comportement tels que la manière d'utilisation des composants graphiques ou l'ordre d'enchaînement des activités.

Parmi les participants sélectionnés, cinq sont des informaticiens alors qu'un seul ne l'est pas mais dispose d'un bon niveau en Informatique. Le Tableau B.2 illustré à l'Annexe B.1, montre des informations sur les nouveaux scénarios conçus à cette étape d'évaluation et des éléments contextuels caractérisant les situations d'apprentissage associées.

Le recueil des résultats de cette évaluation est fait à travers un deuxième questionnaire dont les questions sont énoncées à l'Annexe B.4. Nous accompagnons les processus de réponses aux questionnaires afin de recueillir des feedbacks et des impressions directes des concepteurs. Les retours que nous souhaitons collecter à travers ces tests d'évaluation sont principalement des pratiques, des comportements et des usages, des attentes, des avis et des propositions d'améliorations.

9.2.4.1 *Le deuxième questionnaire*

Le deuxième questionnaire (cf. Annexe B.4), lancé dans le cadre de cette évaluation de type empirique a pour but de valider l'utilité, l'utilisabilité et la pertinence de certains aspects de CAPtuRe-platform. Le questionnaire comporte 18 questions (de Q1 au Q18). Nous associons chacune aux critères d'évaluation à vérifier comme suit :

- c1 Utilité de l'outil [Q6 ; Q16 ; Q17 ; Q18], particulièrement de :
 - c1.1 la réutilisation de scénarios [Q2 ; Q3 ; Q4]
 - c1.2 l'assistance à la réutilisation de scénarios par la recommandation [Q2 ; Q3 ; Q5]
 - c1.3 l'assistance à l'indexation par l'observation [Q15]
- c2 Utilisabilité de l'outil [Q7 ; Q16 ; Q17 ; Q18], particulièrement de :
 - c2.1 la collecte de l'information contextuelle [Q8 ; Q10]
 - c2.2 la recommandation de scénarios [Q11]
 - c2.3 la scénarisation de l'observation [Q12]
 - c2.4 la visualisation des indicateurs [Q13]
 - c2.5 l'indexation de scénarios [Q14]
- c3 Pertinence des :
 - c3.1 données contextuelles [Q9]

9.2.4.2 *Analyse des données recueillies du deuxième questionnaire et des discussions ouvertes associées*

Nous analysons dans ce qui suit les résultats recueillis des réponses aux questionnaires et des entretiens ouverts que nous avons mené avec les évaluateurs. Étant donné que le nombre de participants est limité et qu'on ne pourrait pas dégager des valeurs statistiques significatives sur cette base, nous présentons les résultats obtenus sous forme d'études de cas en analysant les atouts et les insuffisances relevées.

Pour la question sur le nombre de scénarios réutilisés de la base BASAR (Q2 : *En concevant votre scénario sur BASAR, et en disposant de l'outil CAPtuRe, combien avez-vous réutilisé de scénarios existants (activité ou séquence d'activités d'un scénario) ?*), et en comparant avec la question 4 similaire de la première phase A d'évaluation, deux concepteurs sont passés de «0» scénarios réutilisés dans la phase A d'évaluation à «entre 3 et 4» scénarios dans la phase B. D'autre part, deux participants sont passés de «entre 1 et 2» à «entre 3 et 4» scénarios réutilisés. Un concepteur a exprimé la même valeur «entre 1 et 2» scénarios dans les deux phases, qui lui déclare que «Après recherche, je n'ai pas trouvé de scénarios adaptés à mon cas d'usage». Par ailleurs, un participant passe de «0» à «entre 1 et 2» scénarios réutilisés. On passe ainsi d'une moyenne de «4.5» scénarios réutilisés à la phase A sans l'utilisation d'un outil d'assistance à la réutilisation à une moyenne de «17» scénarios en cette deuxième phase avec CAPtuRe. On constate qu'il y'a eu effectivement une évolution du taux de réutilisation (évolution de 12.5 scénarios), bien que le nombre de scénarios (ou activités) réutilisé(e)s n'est pas assez important pour pouvoir généraliser.

Après analyse des réponses et des discussions avec les participants, nous identifions certaines raisons. D'abord, le temps relativement limité des tests ne permet pas de

s'investir dans l'exploration des scénarios proposés. De plus, la base ne contient pas beaucoup de scénarios ce qui diminue la probabilité de trouver un scénario adapté aux besoins des concepteurs. Une autre raison a été exprimée est que, parmi les scénarios recommandés par le système, peu relevaient de la discipline du scénario à concevoir. En effet, ceci est dû au fait que, comme nous utilisons une approche multidimensionnelle de modélisation du contexte, la recommandation se base sur les éléments contextuels exprimés dans le contexte prévu cible de manière équitable qu'ils soient d'ordre pédagogique, technique, physique ou autre. C'est ce qui nous amène à prévoir l'intégration d'un mécanisme de pondération des éléments du PCM pour donner la possibilité au concepteur de privilégier des éléments par rapport à d'autres. Il peut par exemple affecter des pondérations élevées aux objectifs pédagogiques et disciplinaires et sur les profils des apprenants s'il désire mettre l'accent sur ces aspects ou même les caractériser comme des contraintes à la recommandation (en leur associant des pondérations de «100%»). Par contre, si l'enseignant cherche plutôt à réutiliser des stratégies d'apprentissage ou des méthodes pédagogiques, il pourrait dans ce cas diminuer les poids relatifs aux objectifs et profils disciplinaires. Ceci est pris en compte lors du calcul de similarités avec les index contextuel en rajoutant un poids renforçant les éléments concernés au PCM.

Tous les participants ont répondu par l'affirmative à la question Q4 («À votre avis, la réutilisation améliore-t-elle l'activité de conception?»). De même pour la question Q5 («Pensez-vous qu'il est utile d'assister la tâche de réutilisation par la recommandation de scénarios adaptés à votre situation d'apprentissage?»). C'est ce qui vérifie respectivement l'utilité de la réutilisation de scénario et l'utilité de l'assistance à la réutilisation par la recommandation.

Pour la question 6, tous les participants étaient d'accord que «l'outil CAPtuRe rend l'activité de conception de scénarios plus intéressante». À ce niveau, un des participants a noté que ceci est dû au fait que l'outil donne une vue globale sur toutes les tâches connexes à la conception dans une même interface et une gestion centralisée de celle-ci sous la forme d'un tableau de bord telle que la définition du déroulement des activités, des ressources, des scénarios existants dans une base ou des indicateurs pour observer plus tard les activités définies. Certains des participants ont affirmé que le fait de leur recommander des scénarios parallèlement à la tâche de conception incite plus à réutiliser. En comparaison avec la phase A, l'un d'eux exprime que, bien qu'il y'ait des tâches supplémentaires à effectuer, la conception des scénarios devient plus efficace avec l'ajout d'un tel outil d'assistance à la réutilisation parce qu'il dispose de pratiques pédagogiques définies par d'autres concepteurs l'inspirant et surtout qui sont proposées selon ses besoins, qu'il peut rectifier au fur et à mesure de la conception. Ce même participant constate cependant qu'il serait beaucoup mieux de pouvoir réutiliser directement des activités existantes en les glissant dans l'outil d'édition de scénarios par des fonctionnalités de «drag and drop» par exemple.

Cependant, nous avons constaté quelques difficultés liées à la compréhension de la partie de scénarisation de l'observation. En effet, trois concepteurs ont demandé plus de détails sur le paramétrage des indicateurs et la manière de les intégrer et de les relier à une plateforme d'apprentissage. Bien que les participants étaient amenés au début des expérimentations à se connecter à une plateforme (dans la partie «configurer learning platform» de CAPtuRe), ceci reste non suffisant et le lien n'est pas effectivement très clair. Ceci est peut-être dû au fait que ces trois concepteurs n'avaient pas utilisé aupa-

ravant une plateforme d'apprentissage (LMS) dans leurs enseignements. Nous pouvons noter alors que des formations et des usages de plateformes d'apprentissage LMS sont préférables pour pouvoir s'approprier l'outil plus facilement.

Quant à l'utilité de l'assistance à l'indexation de scénarios par l'observation, elle a été validée par cinq participants avec la question Q13 «*Pensez-vous que les indicateurs pédagogiques visualisés vous ont aidés/guidés dans la tâche d'indexation du scénario ?*». Le participant restant, qui est un non informaticien, a eu du mal au début à assimiler le principe de cette indexation en se basant sur les indicateurs visualisés et nous avons été amené à éclaircir davantage la tâche.

Par ailleurs, deux concepteurs n'avaient pas eu du mal à comprendre l'enchaînement des activités proposées par l'outil (question Q7). L'un d'eux affirme que «*les sections ont des titres significatifs qui guident la navigation et sont affichées dans l'ordre logique de leur exécution*». Cependant, un concepteur a eu du mal à comprendre cet enchaînement et estime qu'il y'avait beaucoup de tâches proposées à la fois et qu'il «*se sent un peu perdu au début*». Ceci est également dû notamment au positionnement du bouton «évaluer» en haut de l'interface : après avoir terminé les tâches de la première interface et que l'utilisateur se positionne en bas de page, l'utilisateur devrait se rappeler de revenir en haut de la page pour passer à l'évaluation. Nous avons eu également une critique quant à la disposition des indicateurs visualisés (de la deuxième interface) qui auraient pu être placés avant la tâche d'indexation ce qui montrera plus leurs rôles à guider cette tâche d'indexation : par ordre logique, l'enseignant commence par analyser le déroulement du scénario et de son contexte et ensuite il évalue et indexe le scénario.

Le Tableau 9.4 donne les moyennes de niveaux (ou degrés) d'aspects abordés dans certaines questions qui sont affectés par les six participants.

Question posée	Niveau/degré moyen attribué
Q8 : Quel niveau de difficulté affectez-vous à la tâche de saisi et de paramétrage des données contextuelles ?	1.8 (sur 5 points) 36%
Q9 : À quel degré estimez-vous la pertinence et l'expressivité des données contextuelles saisies ?	3.8 (sur 5 points) 76%
Q11 : Pensez-vous que l' affichage des scénarios recommandés est bien adapté ?	2 (sur 2 points) 100%
Q12 : Quel niveau de difficulté affectez-vous à la tâche de paramétrage des indicateurs pédagogiques ?	2.3 (sur 5 points) 46%
Q13 : Pensez-vous que les indicateurs pédagogiques visualisés sont clairs et compréhensibles ?	2.8 (sur 3 points) 93.3%
Q14 : Quel niveau de difficulté affectez-vous à la tâche d'indexation de scénario ?	2.5 (sur 5 points) 50%
Q15 : Comment trouvez-vous l'outil CAPtuRe ? Facile à prendre en main	3 (sur 5 points) 60%

Agréable	4 (sur 5 points) 80%
Motivant	4 (sur 5 points) 80%
Intéressant	4 (sur 5 points) 80%
Intuitif	2 (sur 5 points)%

TABLE 9.4. – Résumés de réponses sur quelques questions

D'autre part, pour la question Q₁₀ «*L'information de votre contexte vous a-t-elle parue comme une charge supplémentaire alourdissant votre tâche de conception ?*» : l'un des concepteurs, répondant positivement à cette question, évoque qu'en ayant conscience de l'utilité de ce contexte informé, que ce soit de la recommandation ou pour l'évaluation du déroulement du scénario, il ne considère plus que c'est une charge qui alourdit le processus mais plutôt qui l'enrichi. Un autre participant décrit la tâche d'information du contexte comme intéressante parce qu'elle l'aide à garder une trace des différentes instances de sessions d'apprentissage passées et de leurs évaluations contextuelles et qu'il pourrait sur cette base analyser ce qui s'est passé et améliorer les futures mises en œuvre du scénario.

Ceci a été confirmé par les retours positifs faits par les concepteurs sur le niveau de difficulté de la tâche de saisi et de paramétrage des données contextuelles (cf. Q8 du Tableau 9.4). Ils ont exprimé que les composants graphiques utilisés par l'interface ont diminué la charge de travail, tels que les fonctionnalités d'auto-complétion, leur permettant de sélectionner et de réutiliser des objectifs déjà existants et leur donnant également des idées de formulation et de filtrage des apprenants selon leurs compétences ou spécialités. Ils ont également mentionné le fait de pouvoir disposer automatiquement des caractéristiques des ressources matérielles existantes sans avoir à les saisir. À ce niveau, un concepteur a suggéré d'organiser les apprenants par groupes/niveaux et de classer les ressources matérielles par type/par salle par exemple ce qui facilitera la sélection.

Par rapport à la conception de scénarios de la première phase, un concepteur a exprimé que le fait de disposer du formulaire de saisi d'éléments contextuels l'a incité à creuser plus dans ce volet et de tenir compte des différentes contraintes contextuelles du scénario tels que les compétences qui doivent être vérifiées pour chaque apprenant ou une caractéristique matérielle requise. Cela permet alors d'effectuer d'une certaine manière une analyse de ces éléments contextuels disponibles afin de fournir un scénario qui soit le plus adapté à ce contexte.

Quant à la tâche d'indexation de scénarios, nous avons eu un retour moyen (50%), révélé dans la question Q₁₄. D'abord, les concepteurs ont révélé certains atouts dont on peut citer :

1. on a une vue englobante, structurée et simplifiée des différents éléments contextuels auparavant saisis ;
2. pour l'évaluation, on a le choix entre sélectionner des valeurs prédéfinies ou de saisir précisément un pourcentage.

Par ailleurs, quelques problèmes ont été exprimés à ce niveau dont on peut citer :

1. évaluer un élément à «not relevant» (correspondant à la valeur «0») laisse la barre d'évaluation vide, ce qui donne l'impression que l'interaction n'a pas eu d'effet (problème de feedback immédiat);
2. il manque un texte explicatif sur la signification exacte des évaluations par exemple « pour pouvoir réutiliser ce scénario, il est **très important** que les apprenants aient comme compétence le **langage Java** »;
3. la valeur 50% n'est pas très expressive.

Ces deux derniers points nous confirment le changement de l'ensemble des évaluations proposées (*not relevant*; *50%*; *constraint*) en un ensemble de valeurs plus explicites (*Not Important*; *Low importance*; *Neutral*; *Important*; *Constraint*) ou les évaluations (*Very dissatisfied*; *Dissatisfied*; *Unsure*; *Satisfied*; *Very satisfied*) spécialement pour les objectifs, correspondant aux échelles de Likert précédemment identifiées dans notre proposition.

Finalement, les deux dernières questions discutent l'utilité et l'utilisabilité en général de l'outil. Pour la question Q17 énoncée comme suit «*Pensez-vous que l'outil CAPtuRe peut être un bon outil pour l'assistance à la réutilisation de scénarios par la recommandation, à l'indexation et à la capitalisation?*», les six participants ont répondu par l'affirmative. Quant à la question Q18 «*Dans des conditions réelles de préparation de vos cours, pensez-vous que vous utiliseriez l'outil CAPtuRe (quand il sera totalement fonctionnel) et qu'il pourrait être intégré à vos pratiques habituelles?*», deux participants énoncent qu'ils utiliseront «systématiquement» CAPtuRe, trois confirment qu'ils l'utiliseront «souvent» alors que le dernier affirme qu'il sera tenté «parfois» d'utiliser l'outil, surtout quand il serait amené à assurer des sessions de formation à distance.

9.2.5 Synthèse

Les résultats de cette deuxième phase d'évaluation ont révélé d'abord la consistance et la faisabilité des calculs de similarités contextuelles et donc de la recommandation en utilisant CAPtuRe-algorithm. La validation de ces critères a été faite particulièrement sur les données de la base BASAR et pourrait être généralisée pour les bases de scénarios d'apprentissage hybrides. L'analyse des résultats a révélé globalement un feedback positif et constructif sur l'utilisabilité, l'utilité et la pertinence de certains aspects de CAPtuRe-platform. Ces résultats ont été conclus sur la base d'évaluations par inspection (avec 2 experts en IHM) afin de valider l'utilisabilité de l'outil et ensuite empiriques (avec 6 enseignants et formateurs ayant participé à l'évaluation E2) afin de valider son utilisabilité et utilité.

Il est important de noter que ces résultats ne sont pas «statistiquement» significatifs et qu'on ne peut pas tirer des déductions générales puisqu'ils étaient établis avec un nombre restreint d'utilisateurs et une base de scénarios moyennement volumineuse. D'autres évaluations plus larges avec des utilisateurs de contextes plus variés, peuvent alors étendre ce travail afin d'avoir des résultats plus révélateurs. Avec un prototype plus élaboré, des évaluations avancées pourraient également viser la validation du processus complet d'ingénierie et de réutilisation de scénarios qui est représenté par CAPtuRe-process. Bien que l'ensemble des phases du processus ont été présentées aux concepteurs participants à travers la plateforme CAPtuRe, nous sommes bien conscients qu'un usage durable à long terme du processus proposé pourra prouver son bienfondé et sa validité. D'ailleurs, il est prévu d'intégrer progressivement les fonctionnalités de CAPtuRe

dans la version cliente collaborative de «Scenari BASAR» ce qui permettra de valider l'approche par des usages effectifs et des expérimentations à plus grande échelle.

CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES

Ce chapitre présente un bilan des travaux réalisés dans le cadre de cette thèse. Il commence par une synthèse des différents résultats en explicitant les apports de l'approche proposée. Il identifie ensuite des limites de ces travaux, une vue sur leurs perspectives d'évolution et des ouvertures à de nouvelles problématiques de recherche.

10.1 SYNTHÈSE ET APPORTS DE LA THÈSE

En étudiant la littérature, nous avons relevé que la réutilisation de scénarios d'apprentissage est devenue une problématique de recherche depuis que les formalismes de conception et les banques de scénarios ont émergé. L'indexation de ces scénarios est l'une des techniques favorisant la réutilisation. Le besoin de réutilisation et d'indexation est réel dans le projet BASAR, dès lors que son objectif est de mettre à la disposition des enseignants et formateurs une banque de scénarios d'apprentissage hybrides et réutilisables. En effet, la base BASAR contient dès à présent un nombre assez important de scénarios, conçus par des enseignants et formateurs, pour décrire des situations d'apprentissage avec des contextes d'apprentissage très différents. Ceci a été également constaté dans d'autres bases de scénarios étudiées dans le cadre de ces travaux. Afin de faciliter la conception de ces scénarios par la réutilisation, nous avons montré que l'indexation de ces scénarios par leurs contextes effectifs interprétés pourrait être une solution efficace.

Le but principal de l'approche proposée dans cette thèse est d'optimiser la réutilisation des scénarios d'apprentissage dans la conception pédagogique de situations d'apprentissage hybrides ou dans des formations de types FOAD. L'atout de cette approche est le fait de baser l'indexation de scénarios sur des expériences d'apprentissage effectives tout en se basant sur des critères de réussite et d'efficacité du scénario dans un contexte donné. Ceci s'inscrit dans une logique de raisonnement basé sur les cas, qui a fait ses preuves dans la résolution de diverses problématiques de recherche dans plusieurs domaines.

Au cours de ces travaux de thèse, nous avons proposé un cadre de réutilisation et de capitalisation de scénarios d'apprentissage fournissant à l'enseignant-concepteur (ou formateur-concepteur) les moyens pour l'aider en l'assistant à sélectionner les scénarios pertinents à réutiliser, observer et évaluer leurs scénarios, les indexer et les capitaliser. Ce cadre, formalisant l'approche CAPtuRe (a Context-based APproach to assist educational scenarios Reuse), est intégré dans un contexte plus général d'ingénierie et de réingénierie de scénarios d'apprentissage. Cette approche a été proposée suite à une analyse approfondie des travaux de la littérature et une étude de certaines banques de scénarios existantes notamment l'étude de la base BASAR qui s'inscrit dans notre programme de recherche. Dans ce cadre, nous avons commencé par présenter un processus itératif d'assistance à la réutilisation et à la capitalisation de scénarios d'apprentissage (CAPtuRe-process) se basant sur l'évaluation du contexte d'usage qui explicite les dif-

férents acteurs, concepts, entités, interactions et pratiques impliqués pour assurer une telle assistance.

Afin d'opérationnaliser ce processus, nous avons proposé des formalismes pour la représentation des modèles à utiliser notamment les modèles contextuels qui constituent l'objet central étudié. L'approche proposée se basant sur les méta-modèles a permis de définir une approche générique de modélisation du contexte (CAPtuRe-metamodel) sans en figer les caractéristiques et permettre ainsi une instanciation selon les besoins du cas d'utilisation. Un exemple d'instanciation pour le cas des scénarios hybrides de la base BASAR (CAPtuRe-model) a été ensuite mis en place. Cette approche de modélisation a comme spécificité de couvrir les différents niveaux de contexte : le contexte prévisionnel (PCM-LS) construit lors de la phase de conception du scénario, le contexte d'usage effectif (ECM-LS) représentant le contexte réel dans lequel le scénario est mis en œuvre et l'index contextuel (ICM-LS) à capitaliser avec le scénario pour refléter son périmètre de réutilisation. Ce dernier est utile à la recommandation de scénarios appropriés. Une autre spécificité de l'approche de modélisation contextuelle est le fait qu'elle est formalisée indépendamment du scénario d'apprentissage et non pas comme un élément intégré à celui-ci. Avoir une couche indépendante gérant l'information contextuelle la rend interopérable avec différents formalismes et langages de scénarios tout en facilitant l'exploitation de cette information. Par ailleurs, la multitude des facettes contextuelles impliquées dans une situation d'apprentissage hybride (mixant l'apprentissage présentiel et à distance) ou entièrement à distance (telles que les facettes pédagogiques, sociales, culturelles, techniques ou physiques) nous a également amené à intégrer le critère « multifacettes » à notre approche de modélisation contextuelle.

Nous avons aussi défini une méthode d'indexation contextuelle du scénario basée sur l'observation du déroulement du scénario et de son contexte par les indicateurs dans des situations d'apprentissage effectives. Cette méthode se base sur des critères d'efficacité et de réussite du scénario dans des instances différentes du contexte. Les modèles proposés et la méthode d'indexation sont utilisés par un algorithme de calcul de similarités contextuelles (CAPtuRe-algorithm) dont le but est de sélectionner et de recommander les scénarios appropriés à un contexte préalablement identifié d'une situation d'apprentissage, et ce, dans un cadre de conception par la réutilisation.

Ces contributions théoriques ont permis d'abord d'explorer de près les connaissances contextuelles pouvant être liées aux scénarios d'apprentissage tout en se basant sur la littérature et sur des standards de l'apprentissage. Elles ont également permis de montrer comment on peut exploiter ces connaissances contextuelles d'une part et l'observation par les indicateurs pédagogiques d'autre part pour des fins d'indexation et d'optimisation de la réutilisation de scénarios d'apprentissage.

Afin de prouver leurs faisabilités techniques, les contributions théoriques ont été concrétisées à travers le développement d'une plateforme d'aide à la réutilisation et à la capitalisation de scénarios d'apprentissage (CAPtuRe-platform). L'atout de cette plateforme est qu'elle offre une solution à l'enseignant-concepteur lui permettant, dans une même application présentée sous la forme d'un tableau de bord, de (1) retrouver des scénarios adaptés à la situation d'apprentissage à scénariser, (2) réutiliser des scénarios existants, (3) exprimer son propre scénario d'apprentissage ainsi que les différents niveaux de son contexte d'usage, (4) observer et analyser le déroulement du scénario par des indicateurs pédagogiques et des estimations sur la réussite du scénario qui sont calculées par le système, (5) indexer les expériences d'apprentissage sur la base de données

contextuelles effectives pouvant être recueillies automatiquement à partir de différentes sources et (6) les capitaliser dans la base de scénarios pour des futures réutilisations (par l'enseignant lui-même ou par la communauté de pratique).

Les contributions ont été évaluées et mises à l'épreuve au fur et à mesure de leurs spécifications afin de s'approcher au plus des besoins réels des utilisateurs cibles. Ces évaluations ont été effectuées sous la forme d'analyse de données qualitatives et quantitatives extraites de la base BASAR, de simulations, de jugements d'experts, des enquêtes par des questionnaires et des tests utilisateurs. Ces derniers ont été mis en place dans le cadre d'une expérimentation grandeur-réelle réalisée auprès d'enseignants-concepteurs.

Durant ces travaux, nous avons suivi une méthodologie de Recherche Design en Éducation (RDE) qui est une méthodologie adoptée dans des travaux de résolution de problèmes complexes de pratiques éducatives, notamment ceux qui visent à générer des connaissances utilisables à travers des modèles, à apporter une contribution scientifique et à étudier, concevoir, développer et évaluer une intervention pratique tels que les programmes et les systèmes. Ceci correspondait bien à nos besoins en termes de méthodologies. Dans ce sens, nous avons suivi une démarche itérative en faisant évoluer nos contributions à chaque cycle de design de type analyse-développement-évaluation-révision. Les évaluations nous ont permis de valider jusque-là certains aspects de la proposition, de renforcer à chaque cycle le prototype de la plateforme (mis en place depuis la première itération) et de vérifier les conditions d'utilisabilité et d'utilité de celui-ci.

D'autres apports s'ajoutent à nos travaux que nous énonçons dans ce qui suit.

— **Apports d'ordre méthodologique et conceptuel :**

Nous avons montré comment on peut définir un cadre conceptuel (cf. cadre de réutilisation et de capitalisation de scénarios d'apprentissage présenté dans la Section 6.1) proposant différents niveaux de spécification allant de la conceptualisation (construction par des concepts abstraits) jusqu'à l'implémentation (instanciation par des composants concrets). Ces niveaux s'accordent avec les quatre types d'output définis dans une recherche en science du design qui sont [March and Smith, 1995] : des constructions, des modèles, des méthodes et des instanciations. Nous avons également essayé d'appliquer une approche itérative de recherche évaluant à chaque itération des aspects bien particuliers afin d'améliorer progressivement les contributions théoriques et pratiques et se basant sur des données et des besoins réels de l'utilisateur.

— **Apports d'ordre pratique :**

Les scénarios de la base BASAR ont été analysés et interprétés en explicitant des pratiques d'usages et des connaissances contextuelles liées à des situations d'apprentissage réelles conçues par des utilisateurs potentiels de notre système. Des premières versions d'index contextuels ont été construites pour ces scénarios, notamment enrichies par les réponses au questionnaire exploratoire (cf. Section 9.1.4). De plus, un processus instrumenté a été intégré et mis en place au sein du projet BASAR assistant la réutilisation et la capitalisation de ses scénarios.

— **Apports d'ordre technique :**

Nous avons vu comment on peut appliquer le formalisme des graphes contextuels et les techniques associées pour la modélisation des contextes de scénarios d'apprentissage. Nous avons également vu comment exploiter ce type de graphes par des méthodes et des algorithmes en utilisant des métriques existantes de calcul

de similarités vectorielles, appliquées au cas des graphes contextuels de scénarios d'apprentissage. Par ailleurs, nous avons proposé une manière d'appliquer la logique et les techniques du raisonnement basé sur les cas (CBR) dans le domaine de la scénarisation pédagogique en considérant les expériences d'apprentissage scénarisées comme des "cas" qui sont analysés, indexés et capitalisés pour des futures réutilisations.

— **Apports d'ordre architectural et technologique :**

Nous avons proposé un cadre architectural générique suivant l'architecture de référence SOA-RA qui permettrait de mettre en place des applications flexibles, évolutives et réutilisables dans un contexte d'ingénierie et réingénierie de scénarios d'apprentissage. Ce cadre a été ensuite appliqué et implémenté particulièrement, dans le cadre de nos travaux, pour le cas d'une assistance à la réutilisation et à la capitalisation de scénarios d'apprentissage. D'autres instanciations de cette architecture peuvent être envisagées comme par exemple une assistance à la conception de scénarios ou une assistance à l'adaptation et la personnalisation de scénarios. Des choix technologiques ont été également proposés et mis en œuvre pour l'implémentation de ce type d'architecture.

10.2 PERSPECTIVES ET DIRECTIONS DE RECHERCHE

Dans cette section, nous exposons des perspectives d'amélioration et d'évolution de nos propositions qui conduisent à de nouvelles directions de recherche. Certaines de ces perspectives ont été déjà évoquées au cours de la spécification des contributions dans ce présent mémoire.

10.2.1 Amélioration et évolution de CAPtuRe-platform

Des perspectives au niveau de la contribution pratique peuvent être envisagées. Il s'agit d'abord de compléter le développement et l'intégration des éléments restants de la proposition qui n'ont pas été encore finalisés au cours de la thèse à cause de contraintes de temps. Il s'agit aussi de la possibilité d'apporter des améliorations et des évolutions à CAPtuRe-platform. Nous citons quelques unes dans ce qui suit.

1. l'intégration du moteur DCL₄UTL pour le calcul d'indicateurs avec une version en services web (cf. "service de calcul de l'indicateur I_j " de l'architecture fonctionnelle de la plateforme) et la spécification d'indicateurs plus avancés et les traces associées pour alimenter la base d'indicateurs. Le "service de gestion des indicateurs" (déjà développé), qui agit comme un service orchestrateur, a pour fonction de gérer les appels aux sous-services de calcul suivant le scénario d'observation. En effet, il procède comme suit :
 - il reçoit en entrées des données de traces sous la forme de traces brutes en UTL ("Raw-datum") qui lui sont envoyées par le "service de collecte et de structuration de traces" ;
 - il structure les paramètres des indicateurs saisis par le concepteur sous la forme de données additionnelles en UTL ("Additionnal-datum") à partir du scénario d'observation ;

— il diffuse, à chacun des sous-services concernés par le calcul des indicateurs du scénario d’observation, les données brutes et additionnelles structurées dont il a besoin pour effectuer le calcul.

Chacun des sous-services invoqués (“ service de calcul de l’indicateur I_j ”), disposant des données brutes et additionnelles nécessaires, aura la charge de calculer l’indicateur et de le visualiser sous la forme adéquate (texte, tableau, graphe, etc.).

2. lier la plateforme à un référentiel de compétences recensant des compétences relatives à diverses disciplines. Ce type de référentiel est déjà mis en place¹ par l’Agence Universitaire de la Francophonie en liaison avec le projet BASAR.
3. enrichir la base de modèles d’index contextuels dans la base BASAR. Ces modèles seraient plus développés et pertinents à travers des réalisations effectives de CAPtuRe-process (dans le cadre d’expérimentations), et ce afin d’ajouter l’interprétation des concepteurs réels des scénarios ;
4. la connexion de CAPtuRe-platform avec un LMS a été prévue uniquement avec la plateforme Moodle. D’autres alternatives pourraient également être intégrées (e.g., Claroline ou Blackboard) à travers la mise en place de nouveaux services agissant comme des interfaces de communication avec ces plateformes ;
5. les améliorations (non encore intégrées) au niveau de l’IHM de la plateforme ayant été dégagées lors de l’évaluation de son utilisabilité (cf. étape d’évaluation E4 de la Section 9.2.3 et étape d’évaluation E5 de la Section 9.2.4). On peut citer par exemple les améliorations du format d’affichage des scénarios d’observation, des fonctionnalités de drag&drop pour une réutilisation directe des activités de scénarios recommandés ou l’affichage des récapitulatifs des contextes liés aux scénarios recommandés ;
6. la plateforme développée n’offre pas encore un accès spécifique à des experts pédagogiques et à des développeurs pour gérer les modèles de contexte et les facettes/éléments contextuels associés adaptés à la communauté d’usage cible. Elle n’offre pas aussi un accès pour spécifier, développer et intégrer de nouveaux indicateurs pédagogiques. Ceci peut être assuré à travers une interface graphique. Des premières réflexions sur cette fonctionnalité ont été mises en place à travers le prototype de la Figure 10.1. L’implémentation de cette fonctionnalité semble faisable pour notre cas étant donné que nous avons défini le méta-modèle de contexte d’un scénario d’apprentissage avec EMF, à partir duquel on peut générer un éditeur graphique pour la modélisation avec l’outil GMF (Graphical Modeling Framework) ;
7. intégrer des interactions automatiques avec d’autres sources de données pour la collecte du contexte d’usage des scénarios. Par exemple pour la communauté BASAR, des informations sur les profils des enseignants et formateurs qui ont participé à la conception de scénarios dans BASAR sont disponibles sur la plateforme “Initiatives”² ;
8. la plateforme pourrait être intégrée avec d’autres outils de conception pédagogique utilisant d’autres formalismes de modélisation des scénarios, étant donné qu’il a été montré que l’approche proposée n’est pas spécifique à un formalisme particulier.

1. disponible sur le lien <http://ific-auf.org/transfer/explorer-le-referentiel>

2. disponible sur le lien <http://initiatives.refer.org/>

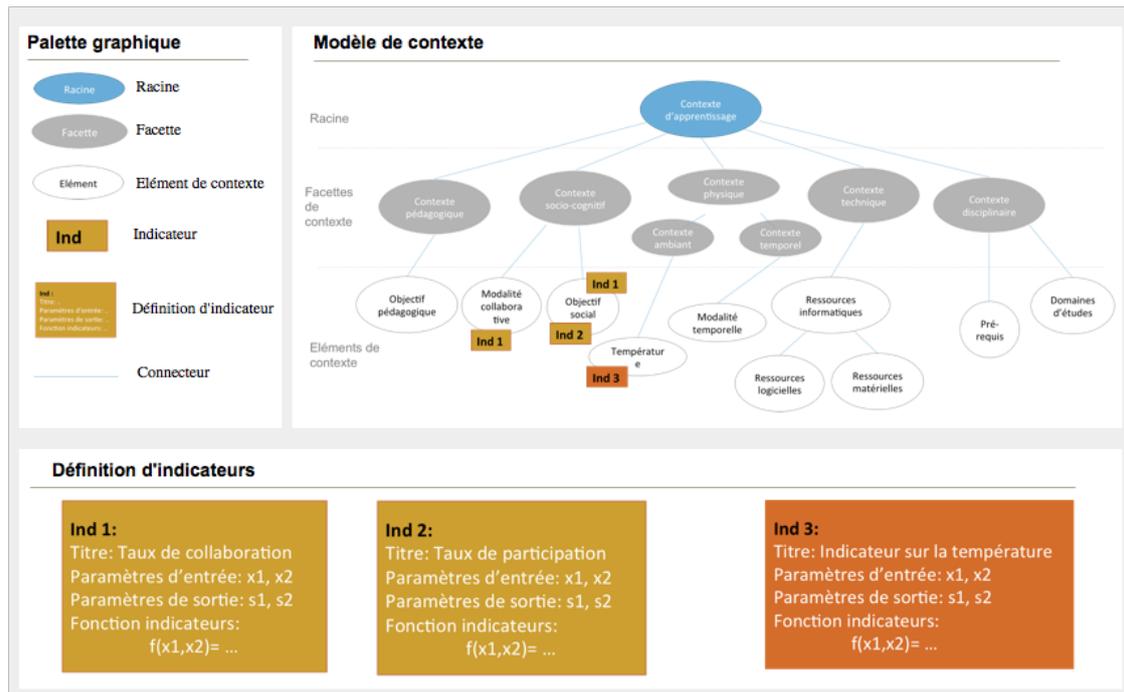


FIGURE 10.1. – Interface administrateur de gestion des modèles de contextes de scénarios d'apprentissage du prototype CAPtuRe-platform

L'adoption d'une architecture orientée services de la plateforme CAPtuRe permet de faciliter l'intégration de ces fonctionnalités identifiées ci-avant à travers l'ajout de nouveaux services web (e.g., service de connexion à un référentiel de compétences, service de calcul d'un indicateur) ou à travers la mise en place de nouvelles versions de services web existants (e.g., service de connexion au LMS Claroline, service de collecte du contexte à partir d'autres sources de données) et ensuite la gestion des appels à ces services par "le service orchestrateur" de CAPtuRe-platform.

10.2.2 Optimisation de l'algorithme de recommandation de scénarios

L'algorithme de recommandation CAPtuRe-algorithm, se basant sur le calcul de similarités contextuelles entre scénarios, pourrait encore être optimisé par l'intégration de nouveaux facteurs (en plus des facteurs déjà spécifiés qui sont le taux de réussite du scénario, l'expérience du concepteur et le seuil minimal de réutilisation des scénarios capitalisés) afin d'améliorer les résultats de recommandation des scénarios les plus appropriés à une situation d'apprentissage donnée. On pourrait par exemple intégrer un mécanisme de notation de scénarios par d'autres enseignants-concepteurs afin de favoriser les scénarios de meilleure qualité ou encore prioriser les scénarios qui sont fréquemment réutilisés.

Par ailleurs, la version actuelle de CAPtuRe-algorithm applique uniquement la formule de calcul de distances vectorielles « DICE similarity » pour le calcul de similarités contextuelles des scénarios. D'autres métriques peuvent être intégrées et évaluées, telles que les similarités COSINE ou JACCARD [Cha, 2007], afin d'être comparées et confrontées avec les résultats de recommandation utilisant la similarité DICE.

10.2.3 *Evolution de la base d'indicateurs pédagogiques*

Des études sur les indicateurs, constituant le principal moyen de guidage de l'analyse des situations d'apprentissage dans l'approche proposée, pourraient être poursuivies et améliorées. On pourrait envisager la définition, l'intégration et le test de nouveaux indicateurs et étudier leurs relations avec les différents éléments et facettes contextuelles et ce, dans le cadre d'une évolution de la base d'indicateurs et des règles associées. De nouvelles classes d'indicateurs peuvent également être étudiées tels que des indicateurs liés aux émotions, des indicateurs sur les aspects culturels, etc. D'autres part, en passant à la pratique, certains indicateurs identifiés peuvent représenter des limites. Par exemples, certains sont coûteux à évaluer tel que le degré d'implication de l'apprenant ou le trajet de l'apprenant. D'autres indicateurs sont coûteux à développer et intégrer surtout si on veut les déployer sur différentes plateformes d'apprentissage. Des mécanismes d'optimisation du calcul et des ressources doivent donc être explorés.

10.2.4 *Mise en place de nouvelles itérations d'évaluation*

Les tests de CAPtuRe-platform pour la validation de son utilité et utilisabilité ont été faits avec un nombre restreint d'utilisateurs qui est statistiquement non significatif. Ces tests ne nous ont pas permis de tirer des déductions générales par rapport aux critères évalués. Notamment avec une base de scénarios moyennement volumineuse, nous n'avons pas pu par exemple généraliser par rapport à l'évolution des taux de réutilisation de scénarios sans et avec l'utilisation de CAPtuRe, ou par rapport à la satisfaction des utilisateurs par les résultats de recommandation. On envisage ainsi de mettre en place des tests de plus grande envergure et à plus large échelle impliquant des enseignants ou formateurs concepteurs opérant dans des contextes plus diversifiés et utilisant des bases de scénarios plus grandes. Ceci permettra d'une part d'améliorer les méthodes proposées et les fonctionnalités de la plateforme et de s'approcher plus des besoins de ces utilisateurs. Ceci permettra d'autres part de valider plus certains résultats tels que la pertinence des scénarios recommandés et la satisfaction des utilisateurs par les résultats ou la mesure de similarité adoptée.

De nouvelles itérations peuvent également revenir sur l'approche de modélisation du contexte des scénarios de BASAR afin de vérifier la complétude des facettes/éléments contextuels figurant dans CAPtuRe-model. Dans les travaux actuels, le modèle a été mis en place en étudiant les corpus des scénarios de BASAR et en effectuant une analyse contextuelle et du contenu de ces scénarios (analyse ascendante). A travers ces nouvelles itérations, ce modèle peut être révisé davantage face à des évaluations et validations par des experts du domaine. Par ailleurs, d'autres modèles de contexte peuvent être construits pour d'autres bases de scénarios dédiées à des communautés d'usage différentes, et ce, en instanciant le même méta-modèle défini.

Avec un prototype plus élaboré, des évaluations avancées pourraient également viser la validation du processus complet d'ingénierie et de réutilisation de scénarios CAPtuRe-process. Bien que l'ensemble des phases du processus ont été présentées aux concepteurs participant aux évaluations à travers CAPtuRe-plaform, seul un usage durable à long terme du processus proposé pourra prouver son bienfondé et sa validité.

D'autre part, nous envisageons d'intégrer les fonctionnalités de CAPtuRe dans une version client web collaborative de « Scenari BASAR » ce qui permettra de valider l'ap-

proche par des usages effectifs et des expérimentations à plus grande échelle. Une version de l'outil BASAR est déjà mise en pratique (cf. Figure 10.2). Ce point nous ouvre des perspectives sur l'exploration de la conception collaborative et sa prise en compte dans notre approche, comme la problématique de l'indexation de scénarios conçus d'une manière collaborative par plusieurs concepteurs. Il serait aussi pertinent de tester l'algorithme avec un plus grand volume de données afin d'évaluer ses performances, et également envisager des tests avec des scénarios d'autres bases.

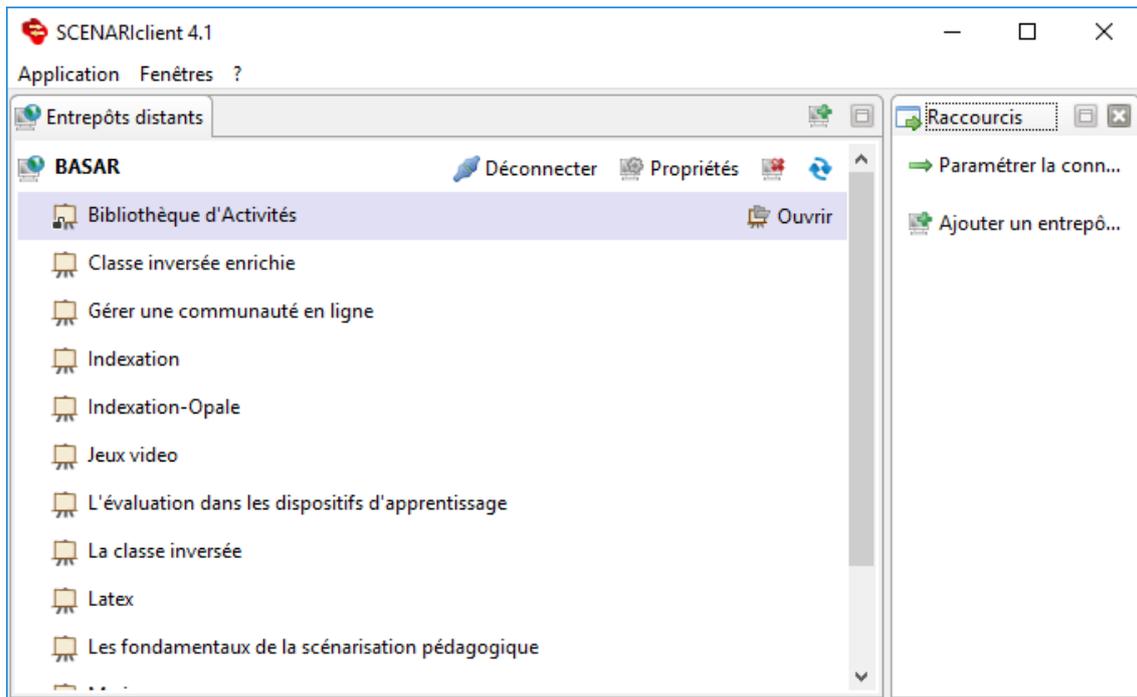


FIGURE 10.2. – Outil de conception pédagogique collaboratif de Scenari BASAR

Nous envisageons d'intégrer ces améliorations et évolutions progressivement en mettant en place de nouvelles itérations de type analyse-développement-évaluation-révision comme continuité de ces travaux. Une nouvelle itération est déjà lancée et est prévue dans les prochains mois.

10.2.5 Intégration de l'axe adaptation à travers une ingénierie ontologique

L'utilisation des modèles et méta-modèles pour formaliser le contexte peut représenter des limites par rapport à l'expression des aspects sémantiques notamment si on cherche à lier les éléments contextuels entre eux. Ainsi, envisager la combinaison de cette approche par méta-modélisation avec une ingénierie ontologique mériterait d'être explorée. Il serait alors judicieux d'étudier les possibilités de l'expression des liaisons sémantiques à travers des ontologies et d'étudier l'utilité d'une telle approche.

Une première réflexion de définition d'une ontologie, pouvant être associée à un modèle contextuel effectif (ECM), a été mise en place dans la Figure 10.3 pour illustrer cette perspective. En se référant au modèle de contexte ECM modélisé précédemment dans la Figure 7.13, cette ontologie du contexte permet d'explicitier en plus les liens entre les

éléments contextuels. En effet, par rapport à l'ECM, l'ontologie ajoute des liens entre les évaluations contextuelles tel que le montre les flèches dans la Figure 10.3.

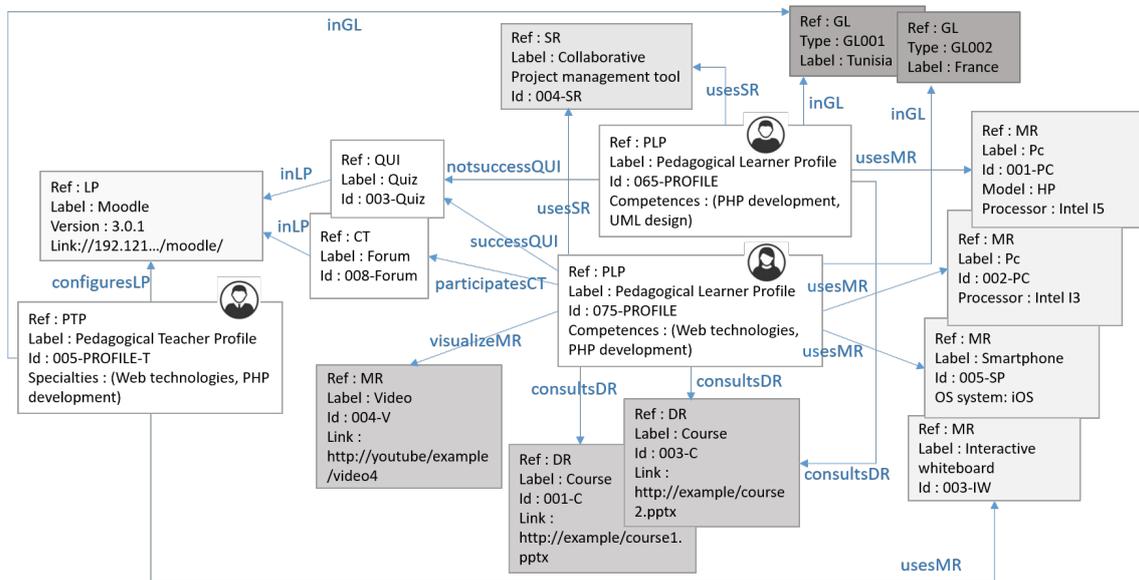


FIGURE 10.3. – Exemple d'une ontologie du contexte effectif d'un scénario d'apprentissage

Les relations ajoutées entre les évaluations contextuelles expriment les interactions faites au cours de la session d'apprentissage au niveau du contexte du scénario. Bien que cette ontologie peut s'avérer utile à l'enseignant pour raisonner par rapport à la réussite de son scénario, ces interactions ne semblent pas pertinentes à être stockées et capitalisées pour des fins de réutilisation du scénario. C'est ce qui rend cette initiative un peu éloignée du cadre de notre problématique de recherche d'assistance à la réutilisation et à la capitalisation des scénarios d'apprentissage. Cependant, l'ontologie contextuelle nous ouvre une nouvelle direction de recherche qui est l'assistance à **l'adaptation de scénarios**. Cet axe a été déjà discuté dans la revue de la littérature (cf. Section 2.2.2.1) que nous avons désigné par «l'Axe-1» des approches centrées sur l'adaptation des entités pédagogiques. Dans cette perspective, et en se référant au processus d'ingénierie et de réingénierie de scénarios que nous avons construit dans la Figure 2.2 positionnant cette phase d'adaptation, on pourrait envisager la définition de méthodes et mécanismes d'adaptation en temps réel des activités et du contexte du scénario selon, par exemple, les interactions contextuelles perçues lors du déroulement de la situation d'apprentissage. Ces adaptations peuvent être :

(1) déduites par l'enseignant : par exemple, dans l'ontologie de la Figure 10.3, l'enseignant constate que les apprenants qui n'ont pas utilisé de smartphones pour tester des applications (tel est le cas de l'apprenant (065-PROFILE)) n'ont pas réussi le quiz (003-Quiz). Il décide alors d'ajouter une activité de tests d'applications sur des émulateurs mobiles.

(2) automatisées et suggérées par le système : par exemple le système détecte que la vidéo (004-V) n'a pas été visualisée par beaucoup d'apprenants, il propose alors à l'enseignant d'ajouter une nouvelle vidéo plus adaptée aux profils de ces apprenants.

D'un point de vue technique, une telle ontologie peut être construite en utilisant l'API TIN-CAN (ou xAPI) qui permet de tracer et collecter l'historique des activités d'appren-

tissage et leurs contextes. Contrairement au SCORM qui nécessite une plateforme LMS centralisant l'ensemble des contenus de formations, xAPI étend la notion d'apprentissage à n'importe quel contenu, où qu'il se trouve et quel que soit sa nature : une vidéo sur youtube, un entretien avec un collègue, la réalisation d'une tâche, etc. [ExpérienceAPI, 2010]. Comme le cas des modèles contextuels que nous avons proposés dans notre approche, l'ontologie peut aussi être enrichie par des indicateurs calculés à partir de traces d'usage tels que l'indicateur de taux de consultation d'une ressource, taux de réussite à un quiz, etc.

D'autres perspectives peuvent également concerner des méthodes agissant au niveau de l'adaptation de scénarios en différée lors d'une nouvelle «conception pour/par la réutilisation» : après avoir sélectionné les scénarios appropriés à la réutilisation (notre approche actuelle), des stratégies/propositions d'adaptation des scénarios selon les besoins de la situation d'apprentissage prévue peuvent être mises en place pour adapter encore plus ces scénarios au contexte d'usage.

10.2.6 Vers une classification des scénarios d'apprentissage

L'approche proposée dans le cadre de la thèse se préoccupe principalement de la capitalisation des aspects contextuels des scénarios. Elle offre des mécanismes pour une indexation contextuelle des scénarios enrichie par les résultats perçus dans des instances de contexte précises. L'approche peut être enrichie par des méthodes d'indexations sémantiques, de contenu ou de structure des scénarios. Dans ce cas, et notamment pour des bases de scénarios riches et volumineuses, des mécanismes et des algorithmes de classification et de techniques de fouille de données des scénarios d'apprentissage peuvent être appliqués, et ce, selon les différentes dimensions contextuelles, sémantiques, structurelles ou autres des scénarios. Il s'agit d'un axe de recherche très développé qui est appliqué dans différents domaines où la gestion des connaissances est importante. Une méthode de clustering simple a été déjà appliquée dans la phase d'évaluation de ce présent mémoire (cf. Evaluation E3 de la Section 9.2.2). La Figure 10.4 montre des illustrations possibles de ces méthodes de classifications multifacettes et multidimensionnelles.

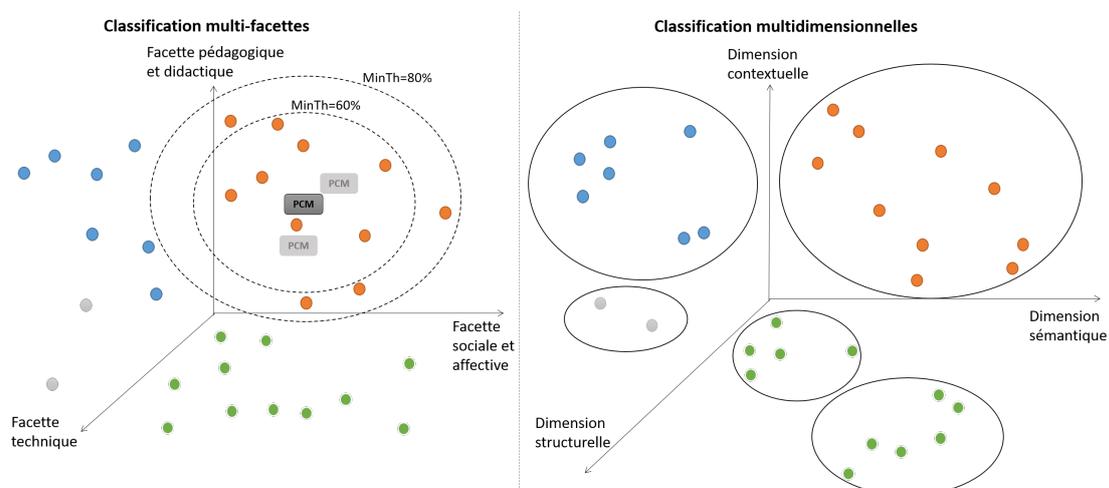


FIGURE 10.4. – Classifications multi-facettes ou multi-dimensionnelles de scénarios d'apprentissage

En se positionnant dans le même cadre d'un raisonnement basé sur les cas, nous pouvons envisager par exemple l'utilisation de l'algorithme génétique appliqué au raisonnement basé sur les cas (Genetic Algorithm based CBR : GA-CBR) pour le cas des scénarios d'apprentissage. Il s'agit d'une méthode qui a été jugée parmi les plus réussies et approuvées pour conduire une sélection de "cas" en adoptant la démarche de l'algorithme génétique [Guo et al., 2011].

Ceci devient de plus en plus utile avec l'évolution des bases et référentiels comprenant un nombre important de scénarios d'apprentissage. Ainsi, comme le cas des ressources et objets d'apprentissage qui ont attiré l'attention de plusieurs travaux de recherche et de standards pour leurs indexations, nous pensons que plus d'efforts devraient être fournis pour l'indexation et la capitalisation des scénarios d'apprentissage qui, en plus du contenu d'apprentissage, intègrent des pratiques enseignantes, des méthodes pédagogiques et des stratégies d'apprentissage innovantes pertinentes à être réutilisées.

10.2.7 *Vers une approche de réutilisation et de capitalisation de scénarios adaptée aux environnements sociaux collaboratifs, des MOOCs et des Learning games*

L'une des tendances de la capitalisation des connaissances est actuellement la diffusion des savoirs à travers les réseaux sociaux d'entreprise. En effet, les communautés de pratique (ici les enseignants d'un domaine) peuvent partager des informations, mais surtout les faire vivre à travers des annotations, des échanges de points de vue et des retours d'expérience sur l'utilisation d'un scénario existant dans un contexte particulier. Le travail de modélisation de contexte proposé dans nos travaux pourrait ainsi offrir un cadre au partage tout en prenant en compte d'autres facteurs humains, tels que la valorisation sociale des membres de la communauté de pratique. Les enseignants proposant de nouveaux scénarios auraient en effet des retours (des feedbacks) sur ce qu'ils ont proposé dans des contextes différents et l'approche de mise en contact permettrait de s'orienter vers un design collaboratif de nouveaux scénarios. Ceci introduira plus d'interactivité et mettra en valeur les expériences effectives ayant fait leurs preuves.

Nos propositions pourraient être également généralisées et adaptées aux MOOCs (Massive open online courses), notamment l'indexation contextuelle sur la base de critères de réussite et d'efficacité par rapport à des contextes d'usages effectifs de ces cours. Ceci peut s'avérer important surtout que les MOOCs représentent généralement une plus grande diversité contextuelle vu leur caractère "ouvert". Le contexte joue également un rôle important dans les environnements pervasifs spécialement dans l'apprentissage par les jeux relevant actuellement plusieurs défis d'adaptation et d'adaptativité dans l'apprentissage. Nous pouvons ainsi envisager l'application des principes de l'indexation contextuelle et de réutilisation pour des scénarios déployés dans des environnements de Learning Games (rf. Scénario SA7 de l'évaluation B.2.3) en analysant les contextes d'apprentissage effectifs avec la prise en compte des défis spécifiques à ces environnements. Dans ce type d'environnements, le contexte est important surtout avec l'utilisation de dispositifs technologiques de simulation, de réalité virtuelle ou autres supports.

BIBLIOGRAPHIE

- Aamodt, A. and Plaza, E. (1994). Case-based reasoning : Foundational issues, methodological variations, and system approaches. *AI communications*, 7(1) :39–59.
- Ahmed, M. U., Begum, S., Olsson, E., Xiong, N., and Funk, P. (2010). Case-based reasoning for medical and industrial decision support systems. In *Successful Case-based Reasoning Applications-I*, pages 7–52. Springer.
- Altet, M. (2002). Une démarche de recherche sur la pratique enseignante : l'analyse plurielle. *Revue française de pédagogie*, pages 85–93.
- Amailef, K. and Lu, J. (2013). Ontology-supported case-based reasoning approach for intelligent m-government emergency response services. *Decision Support Systems*, 55(1) :79–97.
- Amorim, R. R., Lama, M., Sánchez, E., Riera, A., and Vila, X. A. (2006). A learning design ontology based on the ims specification. *Journal of Educational Technology & Society*, 9(1) :38–57.
- Baggetun, R. E. P. C., Rusman, E., and Poggi, C. (2004). R. design patterns for collaborative learning : From practice to theory and back. In *Proceedings of International Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications*, volume 53, page 277. Citeseer.
- BASAR (2012). Le projet basar : Banque de scenarii d'apprentissage hybrides réutilisables et interopérables. AUF (Agence Universitaire de la Francophonie).
- Bazire, M. and Brézillon, P. (2005). *Understanding Context Before Using It*, pages 29–40. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- Ben Sassi, M. (2015). *La réingénierie des scénarios d'apprentissage : une approche d'évaluation hybride basée sur les traces*. PhD thesis, Université de la Manouba.
- Benard, R., De Loor, P., and Tisseau, J. (2006). Understanding dynamic situations through context explanation. In *Sixth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'06)*, pages 1044–1046. IEEE.
- Benlamri, R. and Zhang, X. (2014). Context-aware recommender for mobile learners. *Human-centric Computing and Information Sciences*, 4(1) :1–34.
- Berns, R. G. and Erickson, P. M. (2001). Contextual teaching and learning : Preparing students for the new economy. the highlight zone : Research@ work no. 5.
- Boekaerts, M. (1999). Self-regulated learning : where we are today. *International Journal of Educational Research*, 31(6) :445 – 457.

- Bote-Lorenzo, M. L., Hernández Leo, D., Dimitriadis, Y., Asensio-Pérez, J. I., Gómez-Sánchez, E., Vega-Gorgojo, G., and Vaquero-González, L. M. (2004). Towards reusability and tailorability in collaborative learning systems using ims-ld and grid services. *Advanced Technology for Learning*, 2004; 1 (3) : 129-138.
- Bousbia, N., Labat, J.-M., Rebai, I., and Balla, A. (2009). Indicators for deducing the learners' learning styles : Case of the navigation typology indicator. In *Ninth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT 2009*, pages 385-389. IEEE.
- Bousbia, N., Rebaï, I., Labat, J.-M., and Balla, A. (2010). Learners' navigation behavior identification based on trace analysis. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 20(5) :455-494.
- Bradley, N. A. and Dunlop, M. D. (2005). Toward a multidisciplinary model of context to support context-aware computing. *Human-Computer Interaction*, 20(4) :403-446.
- Broisin, J. and Vidal, P. (2007). Une approche conduite par les modèles pour le traçage des activités des utilisateurs dans des eiah hétérogènes. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation (STICEF)*, 14 :18- pages.
- Caeiro, M., Llamas, M., and Anido, L. (2007). Poeml : a separation-of-concerns proposal to instructional design. *Handbook of Visual Languages for Instructional Design : Theories and Practices*. IDEA Group Inc.
- Caeiro-Rodríguez, M., Marcelino, M. J., Llamas-Nistal, M., Anido-Rifón, L., and Mendes, A. J. (2007). Supporting the modeling of flexible educational units. *Journal of Universal Computer Science*, 13(7) :980-990.
- CAUSA (2006). Le projet causa : Conception, analyse et usages des scénarios d'apprentissage. ERTé ePraxis.
- Cauvet, C. and Semmak, F. (1999). La réutilisation dans l'ingénierie des systèmes d'information-dans génie objet-sous la direction de oussalah c. *Hermès*.
- Cha, S.-H. (2007). Comprehensive survey on distance/similarity measures between probability density functions. *City*, 1(2) :1.
- Chaabouni, M. (2014). Adaptation et réutilisation des scénarios pédagogiques : Une approche par l'évaluation du contexte d'usage à base d'indicateurs. In *5èmes Rencontres Jeunes Chercheurs en EIAH - RJCEIAH' 2014*, pages 69-74, La Rochelle (France).
- Chaabouni, M. and Laroussi, M. (2012). A cloud computing for the learner's usage tracks analysis. In *The 1st International Workshop on Cloud Education Environments - WCLOUD'2012*, pages 12-17.
- Chaabouni, M. and Laroussi, M. (2013). A pedagogical cloud for reusability, interoperability and portability of pedagogical indicators. In Uden, L., Tao, Y.-H., Yang, H.-C., and Ting, I.-H., editors, *The 2nd International Workshop on Learning Technology for Education in Cloud - LTEC'2013*, pages 161-174, Kaohsiung (Taiwan). Springer.

- Chaabouni, M., Laroussi, M., Piau-Toffolon, C., and Choquet, C. (2015a). Indexation contextuelle multi-facettes de scénarios d'apprentissage basée sur l'observation. In *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain - EIAH'2015*, Agadir (Maroc).
- Chaabouni, M., Laroussi, M., Piau-Toffolon, C., Choquet, C., and Ben Ghezala, H. (2016a). A context modeling approach and a tool for reusing learning scenarios. In *The 24th International Conference on Computers in Education - ICCE'2016*, Bombay (Inde).
- Chaabouni, M., Laroussi, M., Piau-Toffolon, C., Choquet, C., and Ben Ghezala, H. (2016b). Towards a context-based approach assisting learning scenarios reuse. In *Eleventh European Conference on Technology Enhanced Learning - EC-TEL'2016*, Lyon (France).
- Chaabouni, M., Piau-Toffolon, C., Laroussi, M., Choquet, C., and Ben Ghezala, H. (2015b). Indexing learning scenarios by the most adapted contexts : an approach based on the observation of scenario progress in session. In *15th International Conference on Advanced Learning Technologies - ICALT'2015*, pages 39–43, Hualien (Taiwan). IEEE.
- Chachoua, S., Nouredine, T., Malki, J., and Estrailier, P. (2016). Towards a trace-based adaptation model in e-learning systems. *Proceedings of the 24th International Conference on Computers in Education*.
- Chang, C.-K. and Yen, H.-Y. (2016). Learning behavior analysis on voicetube for recommender system construction. *Proceedings of the 24th International Conference on Computers in Education*.
- Charlier, B. and Daele, A. (2002). Recre@ sup : Réseau des centres de ressources pour l'enseignement supérieur. *Rapport final*.
- Chatti, M. A., Dyckhoff, A. L., Schroeder, U., and Thüs, H. (2012). A reference model for learning analytics. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 4(5-6) :318–331.
- Choquet, C. (2007). *TEL Engineering and Reengineering - the REDiM approach*. Accreditation to supervise research, Université du Maine.
- Choquet, C. and Iksal, S. (2007a). Modeling tracks for the model driven re-engineering of a tel system. *Journal of Interactive Learning Research*, 18(2) :161.
- Choquet, C. and Iksal, S. (2007b). Modélisation et construction de traces d'utilisation d'une activité d'apprentissage : une approche langage pour la réingénierie d'un eiah. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Education et la Formation (STICEF)*, 14 :24–pages.
- Choquet, C., Iksal, S., Levene, M., and Schoonenboom, J. (2009). Users' data - trails analysis. In Balacheff, N., Ludvigsen, S., de Jong, T., Lazonder, A., and Barnes, S., editors, *Technology Enhanced Learning - Principles and Products*, pages 195–211. Springer.
- Class, B. and Schneider, D. (2013). La recherche design en education : vers une nouvelle approche? *Frantice. net*, 7 :5–16.

- Clayer, J. P., Toffolon, C., and Choquet, C. (2013). Patterns, pedagogical design schemes and process for instructional design. In *2013 IEEE 13th International Conference on Advanced Learning Technologies*, pages 304–306.
- Cohen, L., Manion, L., and Morrison, K. (2013). *Research methods in education*. Routledge.
- CORDRA (2004). Content object repository discovery and registration/resolution architecture. ADL Technical Team, ADL 1'st International Plugfest.
- Cox, M. T., Muñoz-Avila, H., and Bergmann, R. (2005). Case-based planning. *The Knowledge Engineering Review*, 20(03) :283–287.
- Cozby, P. C. (2009). *Methods in behavioral research*. McGraw-Hill, 10th ed edition.
- Dagger, D., Conlan, O., and Wade, V. (2003). An architecture for candidacy in adaptive elearning systems to facilitate the reuse of learning resources. In *Proc. of World Conference on E-Learning, E-Learn*, pages 49–56.
- Dalkir, K. and Liebowitz, J. (2011). *Knowledge Management in Theory and Practice*. MIT Press.
- Dalziel, J. (2003). Implementing learning design : The learning activity management system (lams). *Interact, integrate, impact : proceedings of the 20th annual conference of the Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education (ASCILITE)*.
- De Mantaras, R. L., McSherry, D., Bridge, D., Leake, D., Smyth, B., Craw, S., Faltings, B., Maher, M. L., T COX, M., Forbus, K., et al. (2005). Retrieval, reuse, revision and retention in case-based reasoning. *The Knowledge Engineering Review*, 20(03) :215–240.
- De Moura Filho, C. (2007). *MDEduc : conceiving and implementing a language-oriented approach for the design of automated learning scenarios*. These, Université des Sciences et Technologie de Lille - Lille I.
- Derntl, M. and Hummel, K. A. (2005). Modeling context-aware e-learning scenarios. In *Pervasive Computing and Communications Workshops, 2005. PerCom 2005 Workshops. Third IEEE International Conference on*, pages 337–342. IEEE.
- Dey, A. K. (2001). Understanding and using context. *Personal Ubiquitous Comput.*, 5(1) :4–7.
- Diagne, F. (2009). *Instrumentation de la supervision par la réutilisation d'indicateurs : Modèles et Architecture*. PhD thesis, Université Joseph-Fourier-Grenoble I.
- Dimitrakopoulou, A. (2004). State of the art on Interaction and Collaboration Analysis. (D26.1.1) EU Sixth Framework programme priority 2, Information society technology, Network of Excellence Kaleidoscope, (contract NoE IST-507838), project ICALTS : Interaction & Collaboration Analysis.
- Djouad, T., Mille, A., and Benmohammed, M. (2010). Un outil spécifique à moodle pour le calcul des indicateurs d'interaction.
- Drira, R. (2010). *Assistance à la modélisation et à la contextualisation de dispositifs pédagogiques complexes*. PhD thesis.

- Duval, E. (2004). Learning technology standardization : making sense of it all. *International Journal on Computer Science and Information Systems*, 1(1) :33–43.
- E-LEN (2002). Le projet e-len : A network of e-learning centres. Socrates Programme.
- El-Kechai, H. (2008). *Conception collective de scénarios pédagogiques dans un contexte de réingénierie : une approche par la métamodélisation située*. Theses, Université du Maine.
- El-Sappagh, S., Elmogy, M., and Riad, A. (2015). A fuzzy-ontology-oriented case-based reasoning framework for semantic diabetes diagnosis. *Artificial intelligence in medicine*, 65(3) :179–208.
- Elammari, M. and Khoukhi, F. (2010). To an adaptive pedagogic system in eiaH. In *International conference on models of information and communication systems*.
- Emin, V., Pernin, J.-P., and Guéraud, V. (2011). Scénarisation pédagogique dirigée par les intentions. *Revue Sticef.org*, 16 :17.
- Emin-Martinez, V. (2010). *Modélisation dirigée par les intentions pour la conception, le partage et la réutilisation de scénarios pédagogiques*. Theses, Université Joseph-Fourier - Grenoble I. Déposé le 10-décembre 2010.
- ExperienceAPI (2010). Training & learning architecture (tla) : Experience api (xapi). Advanced Distributed Learning ADL.
- Fazeli, S., Drachsler, H., Brouns, F., and Sloep, P. (2014). *Towards a Social Trust-Aware Recommender for Teachers*, pages 177–194. Springer New York, New York, NY.
- Ferraris, C., Martel, C., and Vignollet, L. (2007). Ldl for collaborative activities. *Handbook of visual languages in instructional design : Theories and practices*. Hershey, PA : Idea Group.
- Ferraris, C., Martel, C., and Vignollet, L. (2008). Modelling the "planet game" case study with ldl and implementing it with ldi. *Journal of Interactive Media in Education*, 2008(2).
- Gardner, T. (2003). Model-driven metadata integration using mof 2.0 and eclipse. OMG MDA Implementers' Workshop.
- Gary, J. and Edward, S. (2013). *Knowledge Management in Education : Enhancing Learning & Education*. Religion in History, Society & Culture : Outstanding Disserta. Taylor & Francis.
- Gauthier, G. (2011). Profil d'application normetic 2.0 (vo.7.5). GTN-QuÃ©bec.
- Gendron, É. (2010). *Cadre conceptuel pour l'élaboration d'indicateurs de collaboration à partir des traces d'activité*. PhD thesis, Université Claude Bernard-Lyon I.
- Ghebghoub, O., Abel, M. H., and Moulin, C. (2008). Learning object indexing tool based on a lom ontology. In *2008 Eighth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, pages 576–578.
- Gruber, T. R. et al. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge acquisition*, 5(2) :199–220.

- Guéraud, V. (2005). Approche auteur pour les situations actives d'apprentissage : Scénarios. *Suivi et Ingénierie, Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches, Université Grenoble*, 1.
- Guo, Y., Hu, J., and Peng, Y. (2011). Research on {CBR} system based on data mining. *Applied Soft Computing*, 11(8) :5006 – 5014.
- Hadwin, A. F., Nesbit, J. C., Jamieson-Noel, D., Code, J., and Winne, P. H. (2007). Examining trace data to explore self-regulated learning. *Metacognition and Learning*, 2(2) :107–124.
- Henri, F., Compte, C., and Charlier, B. (2007). La scénarisation pédagogique dans tous ses débats. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*, 4(2) :14–24.
- Hernández-Leo, D., Villasclaras-Fernández, E. D., Asensio-Pérez, J. I., Dimitriadis, Y., Jorrín-Abellán, I. M., Ruiz-Requies, I., and Rubia-Avi, B. (2006). Collage : A collaborative learning design editor based on patterns. *Journal of Educational Technology & Society*, 9(1) :58–71.
- Hotte, R., Godinet, H., and Pernin, J.-P. (2007). Scénariser l'apprentissage, une activité de modélisation. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*, 4(2) :7–13.
- Hwang, G.-J., Chiu, L.-Y., and Chen, C.-H. (2015). A contextual game-based learning approach to improving students' inquiry-based learning performance in social studies courses. *Computers & Education*, 81 :13 – 25.
- ICALTS (2004). Projet icalts : Interaction & collaboration analysis' supporting teachers & students' self-regulation. Action du Réseau d'Excellence Européen Kaleidoscope.
- Iksal, S. (2012). *Ingénierie de l'observation basée sur la prescription en EIAH*. Habilitation à diriger des recherches, Université du Maine.
- IMS-LD (2003). Ims-ld, ims learning design specification. <https://www.imslobal.org/learningdesign/index.html>.
- IMS-LIP (2008). Ims learner information package specification. <http://www.imslobal.org/profiles/index.html>.
- ISO (2011). Iso/iec 19788. technologies de l'information – apprentissage, éducation et formation – métadonnées pour ressources d'apprentissage.
- Jean-Daubias, S., Eyssautier-Bavay, C., Lefevre, M., and LIRIS, L. (2009). Modèles et outils pour rendre possible la réutilisation informatique de profils d'apprenants hétérogènes. *Revue Sticef.org*, 11 :20.
- Ji, M., Michel, C., Lavoué, E., and George, S. (2014). Ddart, a dynamic dashboard for collection, analysis and visualization of activity and reporting traces. In *European Conference on Technology Enhanced Learning*, pages 440–445. Springer.
- Johnson, R. E. (1997). Frameworks=(components+ patterns). *Communications of the ACM*, 40(10) :39–42.

- Jonassen, D. H. and Hernandez-Serrano, J. (2002). Case-based reasoning and instructional design : Using stories to support problem solving. *Educational Technology Research and Development*, 50(2) :65–77.
- Jovanovic, J., Gašević, D., and Devedžić, V. (2009). Tangram for personalized learning using the semantic web technologies. *Journal of emerging technologies in web intelligence*, 1(1) :6–21.
- Karsenty, L. (2001). Capitaliser le contexte des décisions en conception : pourquoi et comment. *Système d'Information pour la capitalisation des connaissances*. Paris : Hermès.
- Kelly, A. (2013). When is design research appropriate. *Educational Design Research*, pages 135–150.
- Kepka, L., Heraud, J.-M., France, L., Marty, J.-C., and Carron, T. (2007). Activity visualization and regulation in a virtual classroom. In *Proceedings of the 10th IASTED International Conference on Computers and Advanced Technology in Education, Beijing, Chine*.
- Koper, R. (2001). Modeling units of study from a pedagogical perspective : the pedagogical meta-model behind eml.
- Krämer, B. J., Klebl, M., and Zobel, A. (2010). Sharing educational knowledge and best practices in edu-sharing. In *Mobile, Hybrid, and On-Line Learning, 2010. ELML'10. Second International Conference on*, pages 53–59. IEEE.
- Kravcik, M. and Gasevic, D. (2006). Adaptive hypermedia for the semantic web. In *Proceedings of the Joint International Workshop on Adaptivity, Personalization & the Semantic Web, APS '06*, pages 3–10, New York, NY, USA. ACM.
- Krueger, C. W. (1992). Software reuse. *ACM Comput. Surv.*, 24(2) :131–183.
- Labat, J.-M. (2002). Eiah : Quel retour d'informations pour le tuteur ? In *Technologies de l'Information et de la Communication dans les Enseignements d'ingénieurs et dans l'industrie*, pages 81–88. Institut National des Sciences Appliquées de Lyon.
- Laforcade, P. (2005). Towards a uml-based educational modeling language. In *Fifth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'05)*, pages 855–859. IEEE.
- Lamrani, R. et al. (2015). Learning through play in pervasive context : a survey. In *Computer Systems and Applications (AICCSA), 2015 IEEE/ACS 12th International Conference of*, pages 1–8. IEEE.
- Lefevre, M., Jean-Daubias, S., and Guin, N. (2011). PERSUA2, un modèle pour unifier le processus de personnalisation des activités d'apprentissage. In *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, Conférence EIAH'2011*, pages 369–380, Belgium. Editions de l'UMONS, Mons 2011.
- Lewandowski, J., Arochena, H. E., Naguib, R. N. G., and Chao, K. M. (2011). A portable framework design to support user context aware augmented reality applications. In *2011 Third International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications*, pages 144–147.

- LOM (2002). Lom specification : Learning object metadata. IEEE Learning Technology Standards Committee (LTSC) Systems Interoperability in Education and Training.
- Lundgren-Cayrol, K., Marino, O., Paquette, G., Leonard, M., and de la Teja, I. (2006). Implementation and deployment process of ims learning design : Findings from the canadian idld research project. In *Sixth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'06)*, pages 581–585.
- Macedo-Rouet, M. and Perron, J.-M. (2007). Contenu et utilité des scénarios pédagogiques de la base primtice. In *Actes de la conférence EIAH 2007*. INRP.
- Malek, J., Laroussi, M., and Derycke, A. (2006). A middleware for adapting context to mobile and collaborative learning. In *Fourth Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOMW'06)*, pages 5 pp.–225.
- March, S. T. and Smith, G. F. (1995). Design and natural science research on information technology. *Decision support systems*, 15(4) :251–266.
- Martel, C., Vignollet, L., Ferraris, C., and Durand, G. (2006). Ldl : a language to model collaborative learning activities. In *Proc. of the 2006 World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications (ED-MEDIA'2006)*.
- Marty, J.-C. and Carron, T. (2011). Observation of collaborative activities in a game-based learning platform. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 4(1) :98–110.
- May, M., George, S., and Prévôt, P. (2011). Travis to enhance students' self-monitoring in online learning supported by computer-mediated communication tools. *Computer Information Systems and Industrial Management Applications*, 3 :623–634.
- McKenney, S. and Reeves, T. C. (2014). Educational design research. In *Handbook of research on educational communications and technology*, pages 131–140. Springer.
- MDA (2000). Model driven architecture specifications. Object Management Group - OMG.
- Méndez Fernández, D., Penzenstadler, B., Kuhrmann, M., and Broy, M. (2010). *A Meta Model for Artefact-Oriented : Fundamentals and Lessons Learned in Requirements Engineering*, pages 183–197. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- Mizoguchi, R. and Bourdeau, J. (2004). Le rôle de l'ingénierie ontologique dans le domaine des eiah. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation (STICEF)*, 11 :231–246.
- Nieveen, N. and Folmer, E. (2013). Formative evaluation in educational design research. *Design Research*, page 153.
- Ouali, M. A., Iksal, S., and Laforcade, P. (2014). The strategic organization of the observation in a tel system.
- Ouraiba, E. A. (2012). *Scénarisation pédagogique pour des EIAH ouverts : une approche dirigée par les modèles et spécifique au domaine métier*. PhD thesis. Thèse de doctorat dirigée par Choquet, Christophe Informatique Le Mans 2012.

- Paquette, G. (2002). *Modélisation des Connaissances et des Compétences : Un Langage Graphique Pour Concevoir et Apprendre*. Collection Communication et relations publiques. Presses de l'Université du Québec.
- Paquette, G. (2003). L'ingénierie cognitive des systèmes de téléapprentissage. *Pédagogies.net : l'essor des communautés virtuelles d'apprentissage*, Presses de l'Université du Québec.
- Paquette, G. (2005). Apprentissage sur l'internet : des plateformes aux portails à base d'objets de connaissance. *Innovations et tendances en technologies de formation et d'apprentissage*, pages 1–30.
- Paquette, G. (2007). L'instrumentation de la scénarisation pédagogique. *International Journal of Technologies in Higher Education*, 4(2) :1–15.
- Paquette, G. and Girard, J. (1996). *AGD : A course engineering support system*, pages 382–391. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- Paquette, G. and Léonard, M. (2013). Modèles et métadonnées pour les scénarios pédagogiques.
- Paquette, G. and Léonard, M. (2014). Ontologie de description et vocabulaire de métadonnées pour les scénarios pédagogiques.
- Paquette, G., Léonard, M., Lundgren-Cayrol, K., Mihaila, S., Gareau, D., et al. (2006). Learning design based on graphical knowledge-modelling. *Educational Technology & Society*, 9(1) :97–112.
- Pernin, J.-P. (2003). Objets pédagogiques : unités d'apprentissage, activités ou ressources. *Revue Sciences et Techniques Educatives, Hors série*, pages 179–210.
- Pernin, J.-P. and Lejeune, A. (2004a). Dispositifs d'apprentissage instrumentés par les technologies : vers une ingénierie centrée sur les scénarios. In *Technologies de l'Information et de la Connaissance dans l'Enseignement Supérieur et de l'Industrie*, pages 407–414, Compiègne, France. Université de Technologie de Compiègne. Les actes papiers peuvent être commandés à l'adresse suivante : http://www.utc.fr/tice2004/commande_actes_tice2004.doc.
- Pernin, J.-P. and Lejeune, A. (2004b). Modèles pour la réutilisation de scénarios d'apprentissage. *TICE Méditerranée, Nice*.
- Pham Thi Ngoc, D. (2011). *Spécification et conception de services d'analyse de l'utilisation d'un environnement informatique pour l'apprentissage humain*. PhD thesis. Thèse de doctorat dirigée par Choquet, Christophe et Iksal, Sébastien Informatique Le Mans 2011.
- PP (2007). *Projet pp : Pedagogical patterns*. Joseph Bergin Software Tools.
- Quintin, J.-J., Depover, C., and Degache, C. (2005). Le rôle du scénario pédagogique dans l'analyse d'une formation à distance analyse d'un scénario pédagogique à partir d'éléments de caractérisation définis. le cas de la formation galanet.
- Rao, M. (2012). *Knowledge Management Tools and Techniques*. Taylor & Francis.

- Rawlings, A., Van Rosmalen, P., Koper, R., Rodríguez-Artacho, M., and Lefrere, P. (2002). Survey of Educational Modelling Languages (EMLs). CEN/ISSS WS/LT Learning Technologies Workshop.
- Reeves, T. C., McKenney, S., and Herrington, J. (2011). Publishing and perishing : The critical importance of educational design research. *Australasian Journal of Educational Technology*, 27(1) :55–65.
- RELOAD (2004). Reload project. The University of Bolton, The University of Strathclyde and JISC.
- Riesbeck, C. and Schank, R. (2013). *Inside Case-Based Reasoning*. Artificial Intelligence Series. Taylor & Francis.
- Rodríguez-Artacho, M. and Maíllo, M. F. V. (2004). Modeling educational content : the cognitive approach of the palo language. *Journal of Educational Technology & Society*, 7(3).
- Romero, C. and Ventura, S. (2007). Educational data mining : A survey from 1995 to 2005. *Expert systems with applications*, 33(1) :135–146.
- Ruipérez-Valiente, J. A., Muñoz-Merino, P. J., Leony, D., and Kloos, C. D. (2015). Alaska : A learning analytics extension for better understanding the learning process in the khan academy platform. *Computers in Human Behavior*, 47 :139–148.
- Santos, O. C., Rodríguez, A., Gaudioso, E., and Boticario, J. G. (2003). Helping the tutor to manage a collaborative task in a web-based learning environment. In *AIED2003 Supplementary Proceedings*, volume 4, pages 153–162.
- Sassi, M. B. and Laroussi, M. (2011). Scénarios malléables à base de traces : proposition d’une approche à base d’analyse de traces pour la conception de scénarios pédagogiques malléables. *Atelier EIAH "Personnalisation de l’apprentissage", Mons 2011*.
- Scapin, D. L. and Bastien, J. C. (1997). Ergonomic criteria for evaluating the ergonomic quality of interactive systems. *Behaviour & information technology*, 16(4-5) :220–231.
- Schmidt, A. (2005). *Bridging the Gap Between Knowledge Management and E-Learning with Context-Aware Corporate Learning*, pages 203–213. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- SCORM (2004). Sharable content object reference model. ADL Technical Team.
- Settouti, L. S., Prié, Y., Marty, J.-C., and Mille, A. (2007). Vers des systèmes à base de traces modélisées pour les eiah. *Rapport de recherche RR-LIRIS-2007*, 16.
- Shehabat, I., Mahdi, S. A., and Khoualdi, K. (2008). E-learning as a knowledge management approach for intellectual capital utilization. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 9(1).
- Siemens, G. (2010). What are learning analytics. <http://www.elearnspace.org/blog/2010/08/25/what-are-learning-analytics/>.

- Siemens, G., Gasevic, D., Haythornthwaite, C., Dawson, S., Shum, S. B., Ferguson, R., Duval, E., Verbert, K., and Baker, R. (2011). *Open Learning Analytics : an integrated & modularized platform*. PhD thesis, Open University Press Doctoral dissertation.
- SoLAR (2011). 1st International Conference on Learning Analytics and Knowledge (LAK 2011).
- Tadjine, Z., Oubahssi, L., Piau-Toffolon, C., and Iksal, S. (2015). A process using ontology to automate the operationalization of pattern-based learning scenarios. In *International Conference on Computer Supported Education*, pages 444–461. Springer.
- Tchounikine, P. (2002a). Pour une ingénierie des environnements informatiques pour l'apprentissage humain. *Revue I3-Information Interaction Intelligence*, 2 :59–95.
- Tchounikine, P. (2002b). Quelques éléments sur la conception et l'ingénierie des EIAH. In *Actes des 2ème assises nationales du GdR I3 - Groupe de Recherche Information Interaction Intelligence, décembre 2002*, page 13 pages, Nancy, France.
- Tchounikine, P. (2009). Précis de recherche en ingénierie des eiah.
- Tetchueng, J.-L., Garlatti, S., and Laube, S. (2008). A context-aware learning system based on generic scenarios and the theory in didactic anthropology of knowledge. *IJCSA*, 5(1) :71–87.
- Tjeerd, P. (2013). Educational design research : An introduction. *Educational Design Research*.
- Tricot, A., Plégat-Soutjis, F., Camps, J.-F., Amiel, A., Lutz, G., and Morcillo, A. (2003). Utilité, utilisabilité, acceptabilité : interpréter les relations entre trois dimensions de l'évaluation des EIAH. In *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain 2003*, pages 391–402, Strasbourg, France. ATIEF ; INRP.
- van Leeuwen, A., Janssen, J., Erkens, G., and Brekelmans, M. (2015). Teacher regulation of cognitive activities during student collaboration : Effects of learning analytics. *Computers & Education*, 90 :80 – 94.
- Verbert, K., Duval, E., Klerkx, J., Govaerts, S., and Santos, J. L. (2013). Learning analytics dashboard applications. *American Behavioral Scientist*, 57(10) :1500–1509.
- Villiot-Leclercq, E. (2006). Capitaliser, diffuser, réutiliser l'expertise pédagogique pour la conception de scénarios pédagogiques : des outils et des méthodes pour enrichir les pratiques dans un contexte d'enseignement à distance. Paris, France.
- Villiot-Leclercq, E. (2007). *Modèle de soutien à l'élaboration et à la réutilisation de scénarios pédagogiques*. Thèse de doctorat, Université de Montréal, Université Joseph Fourier.
- Walker, R. and Cottrell, R. (2016). Pragmatic software reuse : A view from the trenches. Technical report, Science.
- Wang, F. and Hannafin, M. J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational technology research and development*, 53(4) :5–23.

- Watson, I. and Marir, F. (1994). Case-based reasoning : A review. *Knowledge Engineering Review*, 9(4) :327–354.
- Weis, K.-H. (2015). A case based reasoning approach for answer reranking in question answering. *arXiv preprint arXiv :1503.02917*.
- Wiley, D. (2010). Impediments to learning object reuse and openness as a potential solution. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 17(03) :08.
- Winne, P. H. and Hadwin, A. F. (2013). *nStudy : Tracing and Supporting Self-Regulated Learning in the Internet*, pages 293–308. Springer New York, New York, NY.
- Wu, D. (2015). An electronic commerce recommendation algorithm joining case-based reasoning and collaborative filtering. In *2015 International Industrial Informatics and Computer Engineering Conference*. Atlantis Press.

ANNEXES

ARCHITECTURE DE DÉPLOIEMENT DE CAPTuRe-PLATFORM

Cet annexe présente l'architecture de déploiement de CAPtuRe-platform et les environnements technologiques utilisés pour son implémentation. Il s'agit d'une plateforme basée sur des services web et communiquant avec des bases de données externes. La Figure A.1 montre cette architecture de déploiement mettant en œuvre l'architecture logique et l'architecture fonctionnelle que nous avons défini dans le Chapitre 8 détaillant l'implémentation de la plateforme.

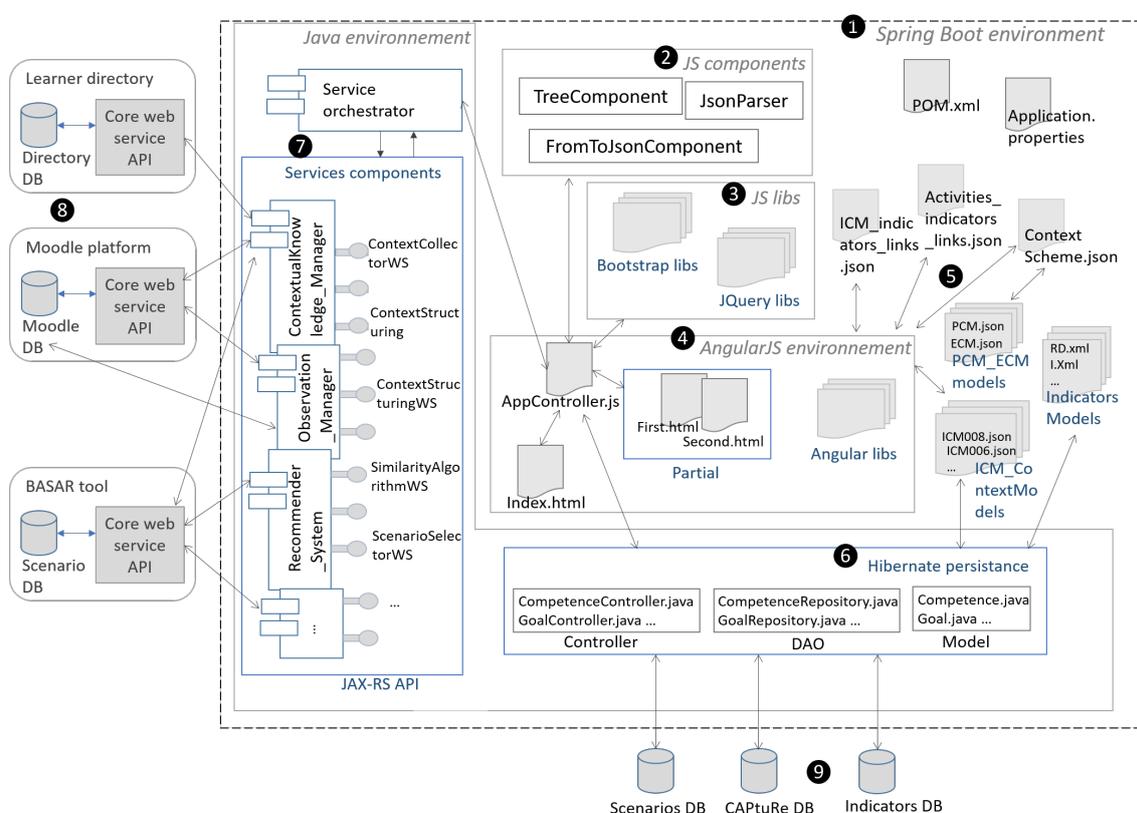


FIGURE A.1. – Architecture de déploiement de CAPtuRe-platform

Nous identifions les différentes parties de cette architecture par des numéros que nous référençons dans ce qui suit. La plateforme est développée avec le framework Spring Boot (cf. Partie 1). Ce framework permet la mise en place d'applications basée-java en réduisant la complexité du Framework Spring.

L'architecture de la plateforme CAPtuRe est décomposée en un ensemble de packages. D'abord le package englobant l'environnement AngularJS qui gère le rendu graphique (cf. Partie 4). Il est utilisé pour la déclaration et l'intégration de vues dynamiques dans l'application et permet de créer des Rich Internet Applications (RIA). Ce package contient le contrôleur principal «AppController.js» qui spécifie la classe gérant la logique de l'application. AngularJS supporte une logique de «partial rendering» qui

permet d'afficher de multiples vues partielles (cf. «First.html» et «Second.html», Partie 4) dans une seule page principale (cf. «Index.html», Partie 4) en se basant sur un mécanisme de routage.

Pour les composants graphiques et leurs interactions, nous avons utilisé des bibliothèques JavaScript qui sont Bootstrap et JQuery (cf. «JS libs», Partie 3). Nous avons également utilisé et développé des composants utilitaires implémentés en JavaScript tel qu'un parseur JSON (cf. «JS components», Partie 2).

La plateforme manipule un ensemble de modèles en XML et JSON (cf. Partie 5) dont on cite :

- des modèles contextuels : on trouve d'abord les modèles d'index contextuels ICM (cf. «ICM_ContextModels») qui sont des fichiers JSON référencés dans la base de scénarios («Scenarios DB»). Ce sont des données persistantes. On trouve aussi les modèles PCM et ECM «PCM_ECMmodels» qui sont construits d'une manière dynamique pendant l'exécution de l'application et représentant les données de contexte collectées lors d'une instance de déploiement ;
- des modèles d'indicateurs : se sont les modèles formalisés en XML (cf. «Indicators-Models») et contenant les modèles des données brutes, données additionnelles, indicateurs ou autres types des modèles UTL ;
- des modèles utilitaires : on trouve le modèle «ICM_indicators_links.json» qui fait le lien entre chacun des ICM et les indicateurs ayant été calculé auparavant dans ce contexte. Ceci est utile pour le système de recommandation des indicateurs lors de la scénarisation de l'observation. On trouve aussi le modèle «Activities_indicators_links.json» qui fait le lien entre les types/classes d'activités d'un scénario et les indicateurs pouvant s'adapter à ces derniers. Par ailleurs, «Context Scheme.json» détaille le schéma de la structure à adopter pour un modèle contextuel et représente ainsi le modèle CM-LS et les contraintes liées.

La plateforme communique avec une base de données propre à CAPtuRe (cf. «CAPtuRe DB», Partie 9), une base de scénarios BASAR (cf. «Scenario DB», Partie 9) et une base de données sur les d'indicateurs en UTL (cf. «Indicators DB», Partie 9). La synchronisation se fait à travers une couche de persistance gérées par Hibernate (cf. «Hibernate persistence», Partie 6). Cette couche permet la manipulation des données persistantes suivant une architecture MVC à travers les couches «Controller», «DAO» et «Model» en Java.

Le traitement des données métiers se fait dans un environnement de services web développés avec le Framework Jersey (cf. Partie 7). Ces services sont de types RESTful et obéissent à la spécification JAX-RS. Les services sont classés en un ensemble de composants (cf. «Services components», Partie 7) à plus gros grain. Chaque composant (e.g., «ContextualKnowledge_Manager», «Observation_Manager» ou «Recommandation_System») se préoccupe d'une tâche particulière qu'il effectue à l'aide des sous-services qu'il encapsule (e.g., «ContextCollectorWS», «ContextStructuringWS» ou «SimilarityAlgorithmWS»). Dans une logique d'ingénierie orientée service, un service orchestrateur (cf. «Service orchestrator») gère la communication entre les services et l'application. En effet, il gère les appels aux services et l'échange de données entre eux et avec le «appController».

Des bases de données externes (cf. Partie 8) peuvent également interagir avec l'application en exposant des API qui permettent la communication avec les services web. Par exemple la plateforme Moodle expose le «core web service API» pour interagir directe-

ment avec sa base de données. Cette architecture permet aussi, par exemple, d'intégrer la communication avec un annuaire d'étudiants.

B

ÉLÉMENTS COMPLÉMENTAIRES DES ÉVALUATIONS

B.1 INFORMATIONS SUR LES SCÉNARIOS CONÇUS LORS DES EXPÉRIMENTATIONS

Le Tableau B.1 présente quelques critères spécifiant les participants à l'évaluation E2 et certains éléments contextuels caractérisant les situations d'apprentissage scénarisées.

	Statut professionnel	Genre	Pays	Spécialité du participant	Titre du scénario	Ref	Domaines d'étude des apprenants	Compétences des apprenants	Niveaux d'étude des apprenants
P1	Enseignante-chercheuse	Femme	Tunisie	Informatique ; multimédia ; web design	Initiation au développement web	SA1	Technologies numériques	Notions de base en programmation	2ème année Licence Appliquée
P2	Formateur	Homme	Tunisie	Géophysique	Interprétation sismique par ordinateur	SA2	Géologie	Minéralogie ; sédimentologie ; diagraphie	Ingénieurs diplômés (en formation)
P3	Enseignant	Femme	Tunisie	Informatique et systèmes d'information	Base de données SQL	SA3	Informatique	Notions de base en informatique, conception des systèmes d'information	1ère année Ingénieur
P4	Assistante chercheur	Femme	Tunisie	Informatique	Systèmes d'information	SA4	Gestion	Gestion, ressources humaines	Licence fondamentale en gestion
P5	Enseignant	Femme	Tunisie	Génie Logiciel	Informatique Czi	SA5	Sciences infirmières	Informatique de base	Première année Licence Appliquée

ELÉMENTS COMPLÉMENTAIRES DES ÉVALUATIONS

P6	Enseignant	Femme	France	Informatique	Gestion de projet agile	SA6	Informatique	Gestion de projet, génie logiciel, programmation web	Master
P7	Enseignant	Homme	France	Programmation	RearthM3	SA7	Sciences et technologies de l'industrie Développement durable	Programmation ; développement durable	Classe de 1° STI2D
P8	Enseignant	Homme	Tunisie	Programmation	Programmation orientée objet	SA8	Math-Physique-Informatique	Programmation Pascal ; conception de systèmes d'information	Cycle préparatoire pour ingénieurs
P9	Enseignant	Femme	Tunisie	Génie logiciel	Traitement d'images	SA9	Génie Logiciel	Programmation C++ ; Matlab ; calcul matriciel	Ingénieur
P10	Enseignant	Femme	Tunisie	Informatique de gestion	Programmation Web	SA10	Informatique de gestion, génie logiciel	Base de données, conception	2ème année Licence fondamentale

TABLE B.1. – Critères des participants aux tests de l'évaluation E2 et des scénarios conçus

Le Tableau B.2 présente des informations sur les scénarios conçus lors de l'étape d'évaluation E5.

	Titre du scénario	Ref	Domaines d'étude des apprenants	Compétences des apprenants	Niveaux d'étude des apprenants
P1	Développement web avancé	SB1	Informatique spécialité E-commerce	Concepts de base en développement web (HTML5, CSS3, JS)	Première année Mastère professionnel

ELÉMENTS COMPLÉMENTAIRES DES ÉVALUATIONS

P2	L'exploration pétrolière	SB2	Géologie	Géologie pétrolière ; hydraulique	Ingénieur
P5	UML	SB5	Informatique industrielle	Programmation orientée objets ; automatique ; systèmes d'information	Deuxième année Ingénieur
P6	Modélisation UML	SB6	Informatique	Systèmes d'information ; Programmation OO ; Modélisation des BD	Master
P9	C++	SB9	Réseaux et Télécommunication	Programmation orientée objets ; algorithmique ; Langage C	2ème année
P10	Processus unifié	SB10	Informatique de gestion	Langage UML	Troisième année Licence

TABLE B.2. – Critères des scénarios conçus à l'étape d'évaluation E5

B.2 QUELQUES SCÉNARIOS CONÇUS DANS LES ÉVALUATIONS

B.2.1 Scénario SA2

Interprétation sismique par ordinateur

Établissement : ETAP

Public cible : Ingénieurs diplômés en formation en Géologie

Durée apprenant	Modalité collaborative	Modalité temporelle	Modalité collaborative
4h	Individuelle	Synchrone	Mixte

1 Prérequis

Minéralogie, sédimentologie, diagraphie

2 Objectif(s)

- Identifier des niveaux géologiques existants dans la zone d'étude à partir des puits pétroliers

- Interprétation des horizons sismiques identifiés

- Savoir générer une carte géologique du sous sol

3 Partie 1 : Calibration puits/sismique des niveaux géologiques

3.1 Cours sur les données de puits permettant la calibration des horizons sismiques

Objectif(s)

Connaître les techniques de calibration sismique en utilisant les données de puits (sonic, profil vertical sismique, checkshot, ...)

Activité apprenant	Activité formateur
Consigne(s) Prendre notes Poser des questions Interagir Appliquer	Consigne(s) Présenter le cours Guider les apprenants à l'application
Matériel pédagogique Papier et stylos	Matériel pédagogique Projecteur Présentation powerPoint
Matériel pédagogique Manuel du cours Pc avec les logiciels d'interprétation sismiques installés (Petrel)	

4 Partie 2 : Interprétation des données sismiques

4.1 Travaux dirigés sur l'interprétation des données sismiques

Objectif(s)

Apprendre à suivre les horizons sismiques Apprendre à générer des cartes structurales du sous-sol

Activité apprenant	Activité formateur
Consigne(s) Prendre notes Poser des questions Interagir Appliquer	Consigne(s) Présenter le cours Guider les apprenants à l'application
Matériel pédagogique Papier et stylos	Matériel pédagogique Projecteur Présentation powerPoint
Matériel pédagogique Pc avec les logiciels d'interprétation sismiques installés (Petrel) Manuel d'utilisation du logiciel	

4.2 Application sur cas d'étude

Objectif(s) Apprendre le suivi des horizons (horizon picking)

Activité apprenant	Activité formateur
Consigne(s) Génération des cartes structurales de sub-surface	Consigne(s) Assister les apprenants dans leurs activités Expliquer les techniques
Matériel pédagogique Pc avec les logiciels d'interprétation sismiques installés (Petrel)	Matériel pédagogique Pc avec les logiciels d'interprétation sismiques installés (Petrel)

5 Test d'évaluation

Objectif(s)

Évaluer le degré d'assimilation du cours

Activité apprenant	Activité formateur
Consigne(s) Répondre au questions du test Soumettre les réponses	Consigne(s) Gérer le bon déroulement du test Noter les tests

B.2.2 Scénario SA5

Informatique C2i

Établissement : ELAMED

Public cible : Première année Licence Appliquée en Sciences Infirmières

Modalité spatiale	Modalité collaborative	Modalité temporelle	Type d'activité
En présentiel	En groupe	Asynchrone	Apprendre

1 Prérequis

Notions sur l'utilisation d'un ordinateur et l'informatique en général

2 Objectif(s)

Se familiariser avec l'outil informatique

3 Domaine 1 : Organiser un espace de travail complexe

Durée apprenant	Modalité spatiale	Modalité collaborative	Modalité temporelle	Type d'activité
6h	En présentiel	En groupe	Asynchrone	Coopérer ; Apprendre

Objectif(s)

Avoir une idée sur la partie logiciel et matériel d'un ordinateur ;

Distinguer entre les différents types des fichiers, des logiciels et des mémoires ;

Protéger ses données et le bon fonctionnement de son outil de travail,

Activité apprenant	Activité formateur
Consigne(s) Suivre et collaborer pour donner des propositions sur l'utilisation de l'informatique pour un infirmier	Consigne(s) Expliquer et argumenter le cours par des petites exemples pratiques directement sur les postes
Matériel pédagogique Ordinateur + SE (Windows 7)	Matériel pédagogique Ordinateur + Logiciel de partage de cours + connexion au réseau local

3.1 TP n°1 : organiser le travail à l'ère numérique

Durée apprenant	Modalité spatiale	Modalité collaborative	Modalité temporelle	Type d'activité
3 heures	En présentiel	En groupe	Synchrone	Produire

Objectif(s)

Travailler sur un ordinateur (Session & Comptes, Installation des logiciels, Bureau , écran de veille, Maintenance ,)

Activité apprenant	Activité formateur
Consigne(s) Apprendre et suivre les étapes indiquer dans l'énoncé du Tp	Consigne(s) Accompagner l'apprenant s'il trouve des blocages Valider toute les parties du Tp ;
Matériel pédagogique Ordinateur portable ou fixe	Matériel pédagogique Ordinateur fixe ou portable connecté au réseau local de la salle + logiciel de partage (ScholarClass)

4 Domaine : Être responsable à l'ère du numérique

Objectif(s)

Veiller la sécurité de leurs identités et de leurs espaces de travail local ou distant

Activité apprenant	Activité formateur
Consigne(s) Collaboration et apprentissage des risques	Consigne(s) Expliquer par des exemples l'ensemble des attaques qui peuvent survenir dans le travail à distance
Matériel pédagogique Un ordinateur et la connexion Internet	Matériel pédagogique Partager le cours par réseau (ScholarClass)

4.1 Tp n°=2 : Être responsable à l'ère du numérique

Objectif(s) Maîtrise de démarches et de préventions nécessaires

Activité apprenant	Activité formateur
Consigne(s) Travailler et valider toutes les méthodes de sécurité de données proposer dans le Tp	Consigne(s) Accompagner l'apprenant s'il trouve des blocages Valider toute les parties du Tp ;
Matériel pédagogique Ordinateur+ Connexion Internet	Matériel pédagogique Ordinateur + internet+ logiciel ScholarClass, Anti-malware, Anti-virus

B.2.3 Scénario SA7

RearthM3

Public cible : Classe de 1° STI2D 1

1 Objectif(s)

Sensibilisation et pratique de concepts de programmation et de développement durable

2 Prise en main de la plateforme en ligne

Objectif(s) Maîtrise d'une plateforme d'apprentissage en ligne

Activité apprenant	Activité formateur
Consigne(s) Première connexion et découverte des fonctionnalités de la plateforme	Consigne(s) Inscription des élèves
Matériel pédagogique Plateforme de type Moodle	Matériel pédagogique Plateforme de type Moodle

3 Prise en compte du contexte

Objectif(s)

Interpréter un scénario de science fiction Réfléchir à une problématique sur le développement durable

Activité apprenant	Activité formateur
Consigne(s) Visualiser la vidéo en ligne	Consigne(s) Diffusion du teaser sur et répondre aux éventuelles questions
Matériel pédagogique Plateforme en ligne : Accès à la vidéo et revisualiser autant de fois qu'il en aura besoin	Matériel pédagogique Vidéo projecteur

4 Programmation d'un robot sonde virtuel

Durée apprenant	Modalité collaborative
4h	Individuelle

Objectif(s)

Découverte et utilisation d'un environnement de programmation simplifié

4.1 Prise en main de l'interface de programmation

Durée apprenant	Modalité collaborative
30min	Individuelle

Objectif(s)

Maîtriser un nouvel outil de programmation de type "Scratch"

Activité apprenant	Activité formateur
Consigne(s) Visualiser le tutoriel vidéo pour faciliter la prise en main de l'application de programmation	Consigne(s) Accompagnement pour la prise en main de l'interface de programmation
Matériel pédagogique Plateforme en ligne : Tutoriel vidéo pour faciliter la prise en main de l'application de programmation Application RearthM3	Matériel pédagogique Application RearthM3

4.2 Programmation du robot sonde

Durée apprenant	Modalité collaborative
3h30	Individuelle

Objectif(s)

Pratiquer la programmation

Répartir un nombre limité de capteurs sur un terrain de façon pertinente

Activité apprenant	Activité formateur
<p>Consigne(s)</p> <p>Programmer son robot sonde pour répartir au mieux des capteurs sur leur terrain (en gérant au mieux les contraintes de la batterie du robot, les pannes de capteurs et les obstacles naturels)</p> <p>Détecter de potentiels nouveaux obstacles une fois, les robots en mouvement par vue 3D ou vue immersive par Oculus</p>	<p>Consigne(s)</p> <p>Accompagnement pour la prise en main de l'interface de programmation</p>
<p>Matériel pédagogique</p> <p>Application RearthM3 Oculus et LeapMotion</p>	<p>Matériel pédagogique</p> <p>Application RearthM3</p>

5 Réflexion d'un contexte par l'une des courants du développement durable

Modalité collaborative
Mixte

Objectif(s)

Découverte de concepts sur le développement durable

Gestion d'une relation avec une communauté (Énergéticiens, Bâtisseurs, Cybernéticiens, Technologues)

Activité apprenant	Activité formateur
<p>Consigne(s)</p> <p>Lecture et réflexion de documents proposés par sa communauté</p>	<p>Consigne(s)</p> <p>Incarner les représentants des 4 communautés (de façon anonyme pour l'apprenant)</p>
<p>Matériel pédagogique</p> <p>Plateforme en ligne : échanges sur les forums et lecture de documents</p>	<p>Matériel pédagogique</p> <p>Plateforme en ligne : échanges sur les forums et partage de documents</p>

6 Analyse des données récoltées par le robot sonde

Durée apprenant	Modalité collaborative
2h	Individuelle

Objectif(s)

Maîtriser le traitement de données sous tableur

Réflexion sur les conditions de viabilité sur une nouvelle planète

Activité apprenant	Activité formateur
Consigne(s) Filtrer les emplacements explorés par les robots en fonction de conditions de viabilité	Consigne(s) Accompagner les apprenants sur l'utilisation du tableur Aider les apprenants à comprendre les conditions de viabilité (température, eau, altitude)
Matériel pédagogique Fichier de données CSV issu de l'ensemble des sondes Tableur	

7 Choix du meilleur terrain pour l'avenir de la population

Durée apprenant	Modalité collaborative
2h	En groupe

7.1 Préparation du débat

Durée apprenant	Modalité collaborative
45min	En groupe

Objectif(s)

Mettre les meilleurs arguments de développement durable fournis par la communauté en application avec les données récoltées

Activité apprenant	Activité formateur
Consigne(s) Sélectionner les 3 terrains les plus avantageux pour sa communauté Remplir le formulaire pour formaliser les choix Visualiser la répartition des ressources sur le terrain choisi	Consigne(s) Aider à interpréter les documents fournis par les communautés
Matériel pédagogique Formulaire de préparation au débat Fichier CSV analysé Plateforme en ligne : documents partagés par la communauté RearthM3 pour la datavisualisation avec possibilité de le faire via l'Oculus et la LeapMotion	Matériel pédagogique Plateforme en ligne

7.2 Présentation orale du choix de la communauté

Durée apprenant	Modalité collaborative
45min	En groupe

Objectif(s)

Maîtriser une présentation orale (expressions orale, maîtrise des connaissances et des chiffres)

Activité apprenant	Activité formateur
Consigne(s) Un apprenant par communauté doit effectuer une présentation orale durant 10 min maximum > Citer les arguments définis avec ses collaborateurs sur le formulaire > Annoncer leur classement des 3 terrains les plus intéressants > Présenter un survol virtuel du terrain le plus avantageux	Consigne(s) Gestion du débat : temps de parole équitable pour chaque communauté
Matériel pédagogique Formulaire de préparation au débat Application RearthM3	Matériel pédagogique

7.3 Vote pour choix du terrain

Durée apprenant	Modalité collaborative
10min	En groupe

Objectif(s)

Effectuer un choix en fonction de ses propres arguments ainsi que les plus pertinents exposés par les autres communautés

Activité apprenant	Activité formateur
Consigne(s) Voter pour un seul terrain	Consigne(s) Assurer le bon déroulement du vote Annoncer les résultats du vote
Matériel pédagogique Plateforme en ligne : Outil de vote	

B.2.4 Scénario SA9

Traitement d'images

Établissement : INSAT

Domaine d'étude : image, pixel, histogramme, gradient, filtrage, bruit

Public cible : Elève-ingénieur Génie Logiciel

Durée apprenant	Modalité spatiale	Modalité collaborative	Modalité temporelle	Type d'activité
5 semaines	A distance	Mixte	Mixte	Produire ; Apprendre

Licence : Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale (by-nc)

1 Prérequis

Notions en mathématiques (calcul matriciel)

Notions en Matlab ou en C/C++ 2

Objectif(s)

Se familiariser avec le jargon de traitement d'images à savoir la notion du pixel, l'utilité de l'histogramme et de filtrage

Etre capable de combiner des techniques de traitement d'images pour répondre à une problématique

Poduire un prototype d'analyse des images extraites d'une séquence vidéo

3 Chapitre 1 : Introduction au traitement d'images

Durée apprenant	Modalité spatiale	Modalité collaborative	Modalité temporelle	Type d'activité
1 séance de 1h30	A distance	En groupe	Synchrone	Apprendre

Objectif(s)

Introduire les notions de base du traitement d'images : Commencer par les motivations, la définition de l'image, les différents types d'images, la granularité fine : le pixel et énoncer l'objectif final à atteindre à l'aide du cours et des activités pratiques.

Activité apprenant	Activité formateur
Consigne(s) Suivre et donner des exemples d'application du traitement d'image de la vie courante	Consigne(s) Préparer un ensemble d'exemples poussés (avancés) de l'application du traitement d'images afin d'attirer l'attention de l'apprenant
Matériel pédagogique Système visio-conférence	Matériel pédagogique Système visio-conférence

3.1 TP1 : Préparation de l'environnement du travail et exercices d'échauffement

Durée apprenant	Modalité spatiale	Modalité collaborative	Modalité temporelle	Type d'activité
2h00	A distance	Asynchrone	Individuelle	Produire

Objectif(s)

Installer l'environnement selon le choix de l'étudiant, soit Matlab ou OpenCV

Ecrire une application permettant de lire une image, de la séparer en 3 plans Rouge/-Vert/Bleu, manipuler différents types d'images

Activité apprenant	Activité formateur
Consigne(s) Choisir le langage avec lequel il veut travailler et installer l'environnement adéquat Répondre à toutes les questions de la fascicule du TP	Consigne(s) Accompagner l'apprenant s'il trouve des problèmes d'installation Valider tout les exercices proposés et veiller à la bonne assimilation des concepts de base
Matériel pédagogique Ordinateur Win7 ou Ubuntu	Matériel pédagogique http://fr.slideshare.net/mimouzas/tp1-traitement-dimages-gnie-logiciel-avec-matlab

B.2.5 Scénario SB2

L'exploration pétrolière

Établissement : ETAP

Public cible : Ingénieurs stagiaires en Géologie

Durée apprenant	Modalité spatiale	Modalité collaborative	Modalité temporelle	Type d'activité
3 jours	En présentiel	Mixte	Mixte	Apprendre ; Communiquer ; Échanger ; S'exercer ; S'évaluer

1 Prérequis

Géologie pétrolière hydraulique

2 Objectif(s)

Comprendre les différentes étapes de l'exploration pétrolière

Définir le potentiel pétrolier d'une zone particulière

3 Partie 1 : Cours sur les méthodes de géophysique appliquées à l'exploration pétrolière

Objectif(s)

Connaître la méthode adéquate pour générer une carte structurale des réservoirs pétroliers présents dans la zone d'étude

Activité apprenant	Activité formateur
Consigne(s) Suivre le cours Prendre des notes Poser des questions	Consigne(s) Présenter les diapositives Expliquer Répondre aux questions
Matériel pédagogique Manuel du cours	Matériel pédagogique Projecteur Ordinateur avec connexion internet Présentation Powerpoint du cours

4 Partie 2 : Cours sur l'évaluation géologique de la zone d'étude

Objectif(s)

Apprendre à identifier les caractéristiques géologiques des principaux réservoirs pétroliers

Apprendre à générer des cartes pétro-physiques des principaux réservoirs

ELÉMENTS COMPLÉMENTAIRES DES ÉVALUATIONS

Activité apprenant	Activité formateur
Consigne(s) Suivre le cours Prendre des notes Poser des questions	Consigne(s) Présenter les diapositives Expliquer Répondre aux questions
Matériel pédagogique Manuel du cours	Matériel pédagogique Projecteurs Ordinateur avec connexion internet Présentation powerpoint du cours

5 Partie 3 : Cours sur le forage des puits pétroliers

Objectif(s) Maîtriser les techniques utilisés pour le forage pétrolier

Connaître les différents outils diagraphiques à exécuter dans les forages

Activité apprenant	Activité formateur
Consigne(s) Suivre le cours Prendre des notes Poser des questions	Consigne(s) Présenter les diapositives Expliquer Répondre aux questions
Matériel pédagogique Manuel du cours	Matériel pédagogique Projecteurs Ordinateur avec connexion internet Présentation powerpoint du cours

6 Brainstorming sur les différentes parties étudiées

Objectif(s)

Approfondir les connaissances

Apprendre à communiquer au sein d'un groupe

Échanger les idées

Activité apprenant	Activité formateur
Consigne(s) Interagit Mène la discussion Donne des exemples	Consigne(s) Lance un sujet de discussion Anime et dirige la discussion Enrichit les discussions
Matériel pédagogique Bloc notes et stylos	Matériel pédagogique Bloc notes et stylos

7 Activité d'évaluation

Objectif(s)

Préparer un projet complet sur un cas d'étude

ELÉMENTS COMPLÉMENTAIRES DES ÉVALUATIONS

Activité apprenant	Activité formateur
<p>Consigne(s)</p> <p>Les apprenants forment des groupes de travail Chaque groupe étudie la démarche complète de l'exploration pétrolière et le cas d'étude proposé Chaque groupe présente son projet aux autres groupes Les autres groupes évaluent et donnent leurs feedbacks</p>	<p>Consigne(s)</p> <p>Proposer un cas d'étude Rappeler les étapes d'un projet pétrolier à mettre en place Évaluer les travaux effectués Donner un feedback</p>
<p>Matériel pédagogique</p> <p>PC avec les logiciels installés : Petrel, Géoframe...</p>	

B.2.6 Scénario SB5

UML

Établissement : INSAT

Domaines d'étude : Systèmes d'information ; Conception Bases de données ;

Public cible : 2ème année Ingénieur Informatique Industrielle et Automatique

Durée apprenant	Modalité spatiale	Modalité collaborative	Modalité temporelle	Type d'activité
1 semestre	En présentiel	Mixte	Mixte	Produire ; Apprendre ; S'exercer ; S'évaluer

1 Prérequis

La programmation orientée objets, les systèmes d'information

2 Objectif(s)

S'exercer à la conception UML

Être capable de modéliser un système d'information

3 Travaux pratiques sur la conception UML

Objectif(s)

Apprendre à générer des diagrammes UML à partir d'une étude de cas

Activité apprenant	Activité formateur
<p>Consigne(s)</p> <p>Lire l'étude de cas donné par l'enseignant S'aider du manuel du cours Construire les diagrammes UML</p>	<p>Consigne(s)</p> <p>Fournir le fascicule du TP aux étudiants Expliquer et aider au cas de besoin</p>
<p>Matériel pédagogique</p> <p>Ordinateurs Logiciel "Enterprise architect" pour la conception Fascicule du TP</p>	<p>Matériel pédagogique</p> <p>vidéoprojecteur</p>

4 Examen pratique

Objectif(s)

S'évaluer

Savoir repérer les lacunes d'un diagramme UML (diagramme de classe, d'activité et de séquence)

Savoir générer un diagramme à partir d'un problème

Activité apprenant	Activité formateur
Consigne(s) Lire l'énoncé de l'examen Répondre en individuel Documents autorisés	Consigne(s) Surveiller les étudiants Noter les examens
Matériel pédagogique Papier, stylos, documents du cours seulement	

5 Préparation d'un projet en équipe

Durée apprenant	Modalité spatiale	Modalité collaborative	Modalité temporelle
1 semaine	Mixte	En groupe	Mixte

Objectif(s)

Comprendre l'importance de la modélisation

Pouvoir travailler en équipe et partager les tâches

Activité apprenant	Activité formateur
Consigne(s) Choisir un thème à traiter par groupe Étudier les besoins du projet Dresser les phases du projet Procéder à la réalisation du projet Présentation à l'enseignant	Consigne(s) Proposer des thèmes possibles (d'autres thème peuvent être proposés) Donner des notes Corriger
Matériel pédagogique Ordinateurs	

B.3 QUESTIONNAIRE 1- FICHE SCÉNARIO BASAR

Partie 1 : Questions principales

1. Votre activité professionnelle
2. Le titre du scénario conçu avec l'outil "Scenari BASAR" *
3. En concevant votre scénario sur BASAR, combien avez-vous réutilisé de scénarios existants (activité ou séquence d'activités d'un scénario) ?

Une seule réponse possible

- a) 0
- b) entre 1 et 2

- c) entre 3 et 4
- d) entre 5 et 6
- e) plus que 7

4. En concevant votre scénario sur BASAR, combien avez-vous réutilisé de scénarios existants particulièrement de la base BASAR (activité ou séquence d'activités d'un scénario) ?

Une seule réponse possible

- a) 0
- b) entre 1 et 2
- c) entre 3 et 4
- d) entre 5 et 6
- e) plus que 7

5. Si vous n'avez pas réutilisé de scénarios de la base BASAR (question 3), quelles sont les raisons ?

- a) *Plusieurs réponses possibles*
- b) Je n'ai pas senti le besoin de réutiliser
- c) Après recherche, je n'ai pas trouvé de scénarios adaptés à mon cas d'usage
- d) L'outil de recherche intégré n'est pas pertinent pour retrouver les bons scénarios adaptés à mon cas d'usage
- e) L'outil ne me permet pas de réutiliser directement des activités ou des séquences d'activités de scénarios
- f) Autre

6. En concevant votre scénario sur BASAR, quelles étaient vos motivations ?

Plusieurs réponses possibles

- a) Organiser mes pratiques d'enseignement sous forme de scénarios d'apprentissage Stocker et capitaliser mes scénarios pour des futures réutilisations
- b) Partager mes scénarios avec d'autres concepteurs
- c) Participer aux concours/appels lancés par le projet BASAR Tester l'outil « Scenari BASAR »
- d) Autre

7. Parmi ces aspects, quels sont ceux qui ont influencés les pratiques d'enseignement des activités du scénario ?

Plusieurs réponses possibles

- a) Apprentissage par la pratique
- b) Apprentissage collaboratif
- c) Évaluation par les pairs
- d) Classe inversée
- e) Pédagogie active / pro-active
- f) Formation hybride

- g) Autre
8. Dans les activités conçues du scénario, avez-vous prévu l'utilisation d'une (ou plusieurs) plateforme(s) d'apprentissage?
Une seule réponse possible
- a) Oui
 - b) Non
9. Si oui, laquelle (lesquelles)?
Plusieurs réponses possibles
- a) Moodle
 - b) Claroline
 - c) Chamilo
 - d) Blackboard
 - e) Autre
10. Parmi ces types d'activités, quels sont ceux que vous avez utilisé dans le scénario?
Plusieurs réponses possibles
- a) Quizz
 - b) Forum
 - c) Chat
 - d) Atelier
 - e) Autre
11. Dans les activités conçues du scénario, par quels dispositifs matériels les apprenants et le formateur sont (ou devraient être) équipés?
Plusieurs réponses possibles
- a) Ordinateurs/PC
 - b) Tablettes
 - c) Smartphones
 - d) Data show /outil visio
 - e) Tableau interactif
 - f) Matériel réseau (Gateways, câbles, routeurs...)
 - g) Autre
12. Existe t-il des contraintes techniques/physiques/environnementales à respecter pour le bon déroulement du scénario (Débit minimal de connexion internet, Saison, Température, ...)
Une seule réponse possible
- a) Oui
 - b) Non
13. Si oui, lesquelles?

Partie 2 : Détails supplémentaires sur le concepteur

14. Quelle(s) est (sont) votre (vos) spécialité(s) en tant que enseignant/formateur ?
15. Quelles sont vos compétences en tant que enseignant/formateur ?
16. Dans quel emplacement géographique se trouvez-vous lors du déploiement du scénario ?
17. En concevant votre scénario, avez-vous une idée sur le public cible (apprenants), leurs pays, leurs compétences, etc. *

Une seule réponse possible

- a) Oui (Passer à la partie 3)
- b) Non (Arrêter le questionnaire)

Partie 3 : Détails supplémentaires sur les apprenants

18. Quelle(s) est (sont) la (les) spécialité(s) des apprenants participant au scénario ?
19. Quel(s) est (sont) le (les) niveau(x) d'étude des apprenants participant au scénario ?
20. Quelles sont les compétences des apprenants participant au scénario ?
21. Dans quel(s) emplacement(s) géographique(s) se trouvent les apprenants participant au scénario ?

B.4 QUESTIONNAIRE 2 - USAGES CAPTURE

Pour toutes les questions, une seule réponse est possible

1. Le titre du scénario conçu avec les outils "Scenario BASAR" et "CAPtuRe" *
2. En concevant votre scénario sur BASAR, et en disposant de l'outil CAPtuRe, combien avez-vous réutilisé de scénarios existants (activité ou séquence d'activités d'un scénario) ?
 - a) 0 entre 1 et 2
 - b) entre 3 et 4
 - c) entre 5 et 6
 - d) plus que 7
3. Si vous n'avez pas (ou peu) réutilisé de scénarios de BASAR (question 4), quelles sont les raisons ?
 - a) Je n'ai pas senti le besoin de réutiliser
 - b) Après recherche, je n'ai pas trouvé de scénarios adaptés à mon cas d'usage
 - c) L'outil de recherche CAPtuRe ne répond pas à mes besoins en termes de scénarios
 - d) Autre
4. A votre avis, la réutilisation améliore-t-elle l'activité de conception ?
 - a) Oui
 - b) Moyennement
 - c) Non

5. Pensez-vous qu'il est utile d'assister la tâche de réutilisation par la recommandation de scénarios adaptés à votre situation d'apprentissage ?
 - a) Oui
 - b) Moyennement
 - c) Non
6. L'outil CAPtuRe rend-il l'activité de conception de scénarios plus intéressante ?
 - a) Oui
 - b) Moyennement
 - c) Non
7. Avez-vous eu du mal à comprendre l'enchaînement des activités proposées par l'outil CAPtuRe ?
 - a) Oui
 - b) Moyennement
 - c) Non
8. Quel niveau de difficulté affectez-vous à la tâche de saisi et de paramétrage des données contextuelles ?

Section "Inform my context" de la première interface

	1	2	3	4	5	
Pas difficile	<input type="radio"/>	Très difficile				

9. À quel degré estimez-vous la pertinence et l'expressivité des données contextuelles saisies ?

Section "Inform my context" de la première interface

	1	2	3	4	5	
Données non pertinentes et non expressives	<input type="radio"/>	Données très pertinentes et expressives				

10. L'information de votre contexte vous a-t-elle parue comme une charge supplémentaire alourdissant votre tâche de conception ?

Section "Inform my context" de la première interface

- a) Oui
- b) Moyennement
- c) Non

11. Pensez-vous que l'affichage des scénarios recommandés est bien adapté ?

Section "Reuse scenarios" de la première interface

- a) Oui

b) Moyennement

c) Non

12. Quel niveau de difficulté affectez-vous à la tâche de paramétrage des indicateurs pédagogiques ?

Section "Observe my scenario" de la première interface

	1	2	3	4	5	
Pas difficile	<input type="radio"/>	Très difficile				

13. Pensez-vous que les indicateurs pédagogiques visualisés sont clairs et compréhensibles ?

Section "Observe my scenario" de la deuxième interface

a) Oui

b) Moyennement

c) Non

14. Quel niveau de difficulté affectez-vous à la tâche d'indexation de scénario ?

Section "Evaluate my scenario" de la deuxième interface

	1	2	3	4	5	
Pas difficile	<input type="radio"/>	Très difficile				

15. Pensez-vous que les indicateurs pédagogiques visualisés vous ont aidés/guidés dans la tâche d'indexation du scénario ?

Deuxième interface

a) Oui

b) Moyennement

c) Non

16. Comment trouvez-vous l'outil CAPtuRe ?

ÉLÉMENTS COMPLÉMENTAIRES DES ÉVALUATIONS

	1	2	3	4	5	
Difficile à prendre en main	<input type="radio"/>	Facile à prendre en main				
	1	2	3	4	5	
Non agréable	<input type="radio"/>	Agréable				
	1	2	3	4	5	
Non motivant	<input type="radio"/>	Motivant				
	1	2	3	4	5	
Non intéressant	<input type="radio"/>	Intéressant				
	1	2	3	4	5	
Non intuitif	<input type="radio"/>	Intuitif				

17. Pensez-vous que l'outil CAPtuRe peut être un bon outil pour l'assistance à la réutilisation de scénarios par la recommandation, à l'indexation et à la capitalisation ?
- a) Oui
 - b) Moyennement
 - c) Non
18. Dans des conditions réelles de préparation de vos cours, pensez-vous que vous utiliseriez l'outil CAPtuRe (quand il sera totalement fonctionnel) et qu'il pourrait être intégré à vos pratiques habituelles ?
- a) Non
 - b) Oui, parfois
 - c) Oui, souvent
 - d) Oui, systématiquement

Thèse de Doctorat

Mariam CHAABOUNI

Assistance à la réutilisation de scénarios d'apprentissage : une approche guidée par l'évaluation du contexte d'usage à base d'indicateurs

Assistance in the reuse of educational scenarios: an approach guided by the
evaluation of the usage context based on indicators

Résumé

Les travaux de thèse s'inscrivent dans le domaine des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH). Ils portent sur la proposition de processus, méthodes et outils pour assister les enseignants et les formateurs dans la réutilisation et la capitalisation des scénarios d'apprentissage. L'approche proposée nommée CAPtuRe a pour objectif de modéliser, évaluer et exploiter les informations contextuelles relatives à un scénario en se basant sur des observations effectives de ce dernier pour améliorer la réutilisation.

Les problématiques étudiées concernent : (1) l'expression et l'analyse du contexte d'usage, (2) l'évaluation de la pertinence du scénario dans un contexte précis, (3) l'indexation des contextes sur la base de critères de réussite et d'efficacité du scénario pour la définition de son périmètre de réutilisation et (4) la suggestion proactive de réutilisation.

Nous avons commencé par la spécification d'un cadre global d'ingénierie et de réutilisation de scénarios d'apprentissage. Dans ce cadre, nous avons défini un processus qui spécifie le cycle de vie du scénario explicitant la dimension contextuelle et son utilisation dans un environnement de "conception par la réutilisation". Pour opérationnaliser ce processus, nous avons défini une approche générique de modélisation de l'information contextuelle enrichie par les indicateurs, une méthode d'indexation et un algorithme de calcul de similarités contextuelles pour la sélection et la recommandation de scénarios appropriés à une situation d'apprentissage cible. Ces contributions ont été implémentées sous la forme d'une plateforme logicielle et appliquées sur des cas d'usage de scénarios hybrides.

Mots clés

Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH) ; Ingénierie pédagogique ; Scénarios d'apprentissage ; Contexte ; Réutilisation ; Indexation ; Recommandation ; Indicateurs pédagogiques

Abstract

The work presented in this thesis is a part of the Technology Enhanced Learning domain. It focuses on the proposal of processes, methods and tools that assist teachers and trainers in the reuse and the capitalization of educational scenarios. The objective of the proposed approach named CAPtuRe is to model, evaluate and exploit the contextual information related to a scenario based on its effective observations with the aim to enhance reuse. The main concerns are: (1) the expression and the analysis of the usage context, (2) the evaluation of the relevance of the scenario in a specific context, (3) the indexing of the contexts based on criteria of success and effectiveness of the scenario to define its reuse scope and (4) the proactive suggestion of reuse.

We started by specifying a global framework for the engineering and the reuse of educational scenarios. In this context, we have defined a process specifying the scenario lifecycle introducing the contextual dimension and its utilization in a "design by reuse" environment. In order to operationalize this process, we define a generic approach to model the contextual information of a scenario that is enriched by the indicators, an indexing method and an algorithm calculating contextual similarities for the selection and the recommendation of appropriated scenarios to a target learning situation. These contributions are implemented as a software platform and applied to hybrid scenarios usage cases.

Key Words

Technology Enhanced Learning (TEL); Educational engineering; Learning scenarios; Context; Reuse; Indexing; Recommendation; Pedagogical indicators