

Ecole Centrale de Lyon

THESE

Pour obtenir le grade de Docteur de l'Ecole Centrale de Lyon

Spécialité : Informatique

Présentée et soutenue publiquement par

Chuantao YIN

Le 25 Janvier 2010

**SAMCCO : un Système d'Apprentissage Mobile Contextuel et
Collaboratif dans des Situations Professionnelles**

Directeur de thèse : Professeur Bertrand DAVID

Co-directeur de thèse : René CHALON

Ecole Doctorale Informatique et Mathématiques Lyon

Jury

Rapporteurs	M. Alain DERYCKE	Professeur à l'Université de Lille
	M. Serge GARLATTI	Professeur au Télécom Bretagne
Examineurs	Mme Christine FERRARIS	Maître de Conférence à l'Université de Savoie
	M. Patrick PREVOT	Professeur à l'INSA de Lyon
	M. Richard HOTTE	Professeur à l'Université du Québec à Montréal
Directeurs	M. Bertrand DAVID	Professeur à l'Ecole Centrale de Lyon
	M. René CHALON	Maître de Conférence à l'Ecole Centrale de Lyon

Remerciements

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à **Bertrand David**, mon directeur de thèse, pour m'avoir accueilli, guidé, encadré, et soutenu pendant ces trois années au laboratoire LIESP (ancien ICTT). J'ai apprécié ses conseils et ses encouragements qui m'ont permis de finir cette thèse. Je garderai en mémoire sa gentillesse vis-à-vis des collègues du laboratoire et son sens de l'humour. Je le remercie aussi pour son aide désintéressée quand je rencontrais des difficultés dans ma vie quotidienne en tant que 'étranger en France.

Je tiens également à remercier **René Chalon** mon co-directeur de thèse pour ses conseils et son soutien dans ce travail, qui a toujours su trouver de la disponibilité pour répondre à mes interrogations. Sa patience et sa gentillesse vis-à-vis des collègues nous ont permis de créer une bonne ambiance dans le laboratoire. J'ai aussi apprécié ses efforts dans l'organisation du laboratoire, en particulier les travaux effectués lors du changement de bureaux.

Je voudrais remercier particulièrement **Serge Garlatti** et **Alain Derycke** pour avoir accepté d'être les rapporteurs de cette thèse, **Christine Ferraris**, **Patrick Prevot** et **Richard Hotte** pour avoir accepté de participer à la soutenance et d'évaluer ce travail.

Je remercie le **CSC** (*China Scholarship Council*) et le **Service d'Education de l'Ambassade de Chine en France**, pour m'avoir financé pendant cette thèse.

Je remercie **Isabelle Dominique San José**, notre secrétaire, qui a toujours, avec grande gentillesse, répondu et trouvé une solution à nos problèmes. Sa bonne humeur et son professionnalisme m'ont beaucoup aidé lors des formalités administratives.

Je tiens à exprimer mes salutations et mes remerciements à tous les membres du laboratoire LIESP, à **Oliver Delotte** et **Guillaume Masserey** qui m'ont donné des premiers conseils de thèse, à **Oliver Champalle**, **Emmanuelle Vic**, **Tony Flores** et **Oliver Gagne** qui ont partagé avec moi leurs idées et connaissances, à **Daniel Dupelin**, **Mohamed El-Khalfi**, **Alain Riboulet** qui ont contribué à créer un cadre de travail particulièrement agréable. Merci à **David Bain** qui m'a appris beaucoup de choses dans mon travail, en particulier pendant le projet Esprit Sain dans un Corps Sain. Je leur souhaite beaucoup de succès.

Je remercie spécialement **Franck Champalbert** qui m'a aidé à élever mon niveau de Français, partagé la culture française et amélioré mes CVs. Je le remercie également pour sa dotation lors du grand séisme de Sichuan en Chine.

Je voudrais remercier mes amis, les thésards chinois à l'ECL, pour leur aide et leur amitié pendant ces années : **Huanzhang Fu**, **Ying Hu**, **Jing Zhang**, **Xi Zhao**, **Xiaopin Zhong**, **Gang Niu**. Un grand remerciement spécial à **Dabing Luo** et **Le Fang**, avec qui j'ai passé deux ans géniales en colocation et partagé les joies du tennis.

Je remercie enfin tous les membres de **ma famille** qui m'ont soutenu et encouragé depuis toujours.

REMERCIEMENTS	I
TABLE DES MATIERES	III
TABLE DES FIGURES	VII
TABLE DES TABLEAUX	XI
INTRODUCTION	1
PARTIE I. ETAT DE L'ART	5
CHAPITRE I. INTRODUCTION - APPRENTISSAGE MOBILE	7
I.1 Entrer dans l'âge de l'apprentissage mobile	7
I.1.1 De l'E-apprentissage à l'apprentissage mobile.....	7
I.1.2 Définitions de l'apprentissage mobile	10
I.1.3 Histoire de l'apprentissage mobile	12
I.1.4 Cadre d'application	14
I.2 Caractéristiques et classifications	15
I.2.1 Caractéristiques de l'apprentissage mobile	15
I.2.2 Classification de l'apprentissage mobile	16
I.3 Dispositifs et plateformes mobiles	19
I.3.1 Dispositifs mobiles	19
I.3.2 Systèmes d'exploitation mobiles	20
I.4 Exemples d'architectures représentatives d'apprentissage mobiles	21
I.4.1 Une architecture basée sur le protocole WAP	21
I.4.2 Une architecture classique basée sur le protocole http	22
I.4.3 Une architecture basée sur le modèle en couches.....	23
I.4.4 Une architecture développée sur la plateforme de l'e-apprentissage.....	24
I.4.5 Une architecture sensible au contexte d'apprentissage.....	27
I.4.6 Synthèse sur les architectures de l'apprentissage mobile	28
I.5 Conclusion du chapitre I.....	28
CHAPITRE II. CONTEXTE ET CONTEXTUALISATION DANS L'APPRENTISSAGE MOBILE	31
II.1 Contexte et apprentissage mobile.....	31
II.1.1 Définition du contexte.....	32
II.1.2 Modélisation de contexte	35
II.2 Context-awareness	41
II.2.1 Context-aware	41
II.2.2 Cycle de vie de context-awareness.....	44
II.2.3 Exemples d'architectures de systèmes context-aware.....	45
II.3 Technologies de capture de l'information contextuelle	52
II.3.1 Capture de la localisation	53

II.3.2 Technologies de capture de la localisation.....	53
II.4 Conclusion du chapitre II.....	58
CHAPITRE III. APPRENTISSAGE DANS DES SITUATIONS PROFESSIONNELLES ..	59
III.1 Méthodes d'apprentissage dans des situations professionnelles.....	59
III.1.1 Apprentissage sur le lieu de travail (workplace learning).....	60
III.1.2 Apprentissage juste à temps (just-in-time learning).....	61
III.1.3 Apprentissage par l'action (learning by doing).....	62
III.1.4 Apprentissage collaboratif (collaborative learning).....	63
III.1.5 Synthèse sur les méthodes d'apprentissage dans des situations professionnelles.....	64
III.2 TCAO (Travail Collaboratif Assisté par Ordinateur).....	65
III.2.1 Principes du TCAO.....	65
III.2.2 Taxonomies du TCAO.....	66
III.2.3 Le trèfle fonctionnel des collecticiels.....	67
III.2.4 TCAO capillaire.....	69
III.3 EPSS (Electronic Performance Support System).....	70
III.3.1 Définitions.....	70
III.3.2 Principes.....	71
III.3.3 Applications.....	75
III.4 Conclusion du chapitre III.....	78
PARTIE II. CONTRIBUTIONS	81
CHAPITRE IV. PRODUCTION DES UNITES D'APPRENTISSAGE.....	83
IV.1 Introduction.....	83
IV.1.1 Problématiques.....	84
IV.1.2 Objectif.....	88
IV.2 Modèle des unités d'apprentissage.....	89
IV.2.1 Modèle générique.....	89
IV.2.2 Analyse syntaxique.....	92
IV.2.3 Analyse sémantique.....	96
IV.3 Métadonnées de l'unité d'apprentissage.....	101
IV.3.1 Introduction.....	101
IV.3.2 Analyse des métadonnées à travers des contextes d'apprentissage.....	103
IV.3.3 Métadonnées AMLOM de l'unité d'apprentissage.....	105
IV.4 Processus de production d'unités d'apprentissage.....	121
IV.4.1 Introduction générale.....	121
IV.4.2 Phase 1 : Collecte de documentation.....	123
IV.4.3 Phase 2 : Fragmentation.....	124
IV.4.4 Phase 3 : Analyse et catégorisation.....	125
IV.4.5 Phase 4 : Structuration.....	126
IV.4.6 Phase 5 : Ajout des métadonnées.....	132
IV.4.7 Phase 6 : Stockage et indexation.....	134
IV.5 Comparaison de l'unité d'apprentissage avec les critères d'évaluation.....	136
IV.6 Conclusion du chapitre IV.....	137

CHAPITRE V. CONCEPTION DE SAMCCO	139
V.1 Introduction.....	139
V.1.1 Apprentissage dans des situations professionnelles	139
V.1.2 Objectif	140
V.2 Plateforme IMERA	142
V.2.1 Introduction.....	142
V.2.2 Adaptation de la plateforme IMERA à l'apprentissage mobile	143
V.3 Modélisation du contexte d'apprentissage	144
V.3.1 Collecte des scénarios d'apprentissage	144
V.3.2 Extraction d'informations contextuelles	147
V.3.3 Modèle du contexte d'apprentissage.....	148
V.3.4 Synthèse sur la modélisation du contexte d'apprentissage	154
V.4 Architecture du système.....	155
V.4.1 Principes	155
V.4.2 Projection vers l'architecture de CoCSys	156
V.4.3 Bases de données	157
V.4.4 Services.....	158
V.4.5 Patterns d'interaction	159
V.4.6 Fonctionnement du moteur de contrôle.....	160
V.4.7 Configuration du dispositif mobile et des périphériques.....	162
V.4.8 Communication entre l'équipement et le dispositif	164
V.5 Conclusion du chapitre V.....	165
CHAPITRE VI. CAS D'ETUDES D'APPLICATIONS.....	167
VI.1 Scénario du banc de test MAPED	167
VI.1.1 Présentation	167
VI.1.2 Production d'unités d'apprentissage.....	169
VI.2 Scénario de maintenance de l'ordinateur.....	178
VI.2.1 Présentation	178
VI.2.2 Démarche du système.....	179
VI.2.3 Expérimentation et évaluations.....	180
VI.3 Scénario HSHB – Healthy Spirit in Healthy Body.....	181
VI.3.1 Présentation	181
VI.3.2 Conception et réalisation	182
VI.3.3 Expérimentations et évaluations	186
VI.4 Conclusion du chapitre VI.....	187
CHAPITRE VII. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES.....	189
VII.1 Résumé de nos contributions.....	189
Etat de l'art	189
Production d'unités d'apprentissage	190
Conception de SAMCCO	191
Cas d'études d'application.....	192
VII.2 Perspectives.....	192

ANNEXE I. APPROCHES BASEES SUR LES SCENARIOS	197
1. Définition des scénarios.....	197
2. Formalismes pour exprimer les scénarios.....	197
3. Collecte des besoins via les scénarios.....	200
ANNEXE II. APPROCHES BASEES SUR LES MODELES	203
1. Approche MDA (Model Driven Architecture)	203
2. Modélisation de tâches.....	204
ANNEXE III. MODELES D'ARCHITECTURE	207
1. Modèle Arch.....	207
2. Modèle PAC et PAC*	208
3. Modèle AMF et AMF-C	209
ANNEXE IV. REALITE AUGMENTEE	213
1. Définitions	213
2. Dispositifs pour la RA	214
3. Formalisme IRVO	215
ANNEXE V. PROCESSUS COCSYS	219
1. Introduction	219
2. Principes	219
ANNEXE VI. QUESTIONNAIRE ET RESULTATS DE HSHB.....	223
BIBLIOGRAPHIES	225

Table des figures

Figure 1 : Cartographie du positionnement de l'apprentissage mobile [David, et al., 2008].....	7
Figure 2 : Illustration originale de Dynabook par Alan C. Kay en 1972	12
Figure 3 : Une classification des technologies mobiles (d'après [Naismith, et al., 2004])	16
Figure 4 : Une classification de l'apprentissage mobile (d'après [Georgieva, et al., 2005]).	17
Figure 5 : Classification de l'apprentissage selon le contexte	18
Figure 6 : Les dispositifs mobiles (d'après <i>E-Learning Guild 2006</i>)	19
Figure 7 : Architecture de l'apprentissage basée sur la protocole WAP (d'après [Motiwalla, 2007]).....	22
Figure 8 : Architecture pour l'apprentissage mobile sur Internet (d'après [Sharlples, et al., 2002]).....	22
Figure 9 : Implémentation de l'architecture (d'après [Sharlples, et al., 2002])	23
Figure 10 : Le modèle en couche de l'apprentissage mobile	24
Figure 11 : Architecture de l'apprentissage d'après [Anani, et al., 2008]	24
Figure 12 : Architecture général et générique de l'apprentissage mobile (d'après [Trifonova, et al., 2004])	25
Figure 13 : Adaptation des services et de contenu (d'après [Trifonova, et al., 2004])	26
Figure 14 : Architecture du système <i>Context-Sensitive Middleware</i> (d'après [C.Chu, et al., 2005])	27
Figure 15 : Modèle de contexte décrit en diagramme UML pour turbulence (d'après [Bauer, 2003]).....	36
Figure 16 : Contexte Modèle étendu de l'approche ORM (d'après [Henricksen, et al., 2003])	36
Figure 17 : Exemple de l'extension de Situation Theory (d'après [Akman, et al., 1997])	38
Figure 18 : Diagramme de classes hiérarchisées pour les ontologies des contextes (d'après [Gu, et al., 2004])	38
Figure 19 : Architecture abstraite en couches des systèmes context-aware (d'après [Hong, et al., 2008])	46
Figure 20 : Classification de recherches sur les systèmes context-aware (d'après [Hong, et al., 2008]).....	46
Figure 21 : Architecture en couches améliorée de système context-aware (d'après [Daruwala, 2008])	48
Figure 22 : Architecture SOCAM (d'après [Gu, et al., 2004])	49
Figure 23 : Architecture de context-awareness dans projet MOBIlearn (d'après [Lonsdale, et al., 2004])	50
Figure 24 : Technologies de capture de la localisation, leur déploiement et leur précision (d'après [Hazas, et al., 2004])	54
Figure 25 : Téléphone portable Nokia N95 avec des applications GPS	55
Figure 26 : Étiquette RFID et PDA équipé d'un lecteur RFID.....	56
Figure 27 : Lecture de Code QR avec un téléphone portable	57
Figure 28 : Apprentissage lié aux situations professionnelles (d'après [Gery, 2002])	60
Figure 29 : Modèle en quatre-étapes proposé par Kolb (d'après [Kolb, 1984])	62
Figure 30 : Positionnement des méthodes d'apprentissage dans l'espace du contexte.....	65
Figure 31 : Taxonomie espace-temps des collecticiels (d'après [Ellis, et al., 1991])	67
Figure 32 : Le trèfle fonctionnel des collecticiels (d'après [Salber, et al., 1995])	68
Figure 33 : Modèle 3C et les tâches (d'après [David, 2001]).	68

Figure 34 : La capillarité pour le travail collaboratif (d'après [David, et al., 2003]).....	69
Figure 35 : Cadre théorique de EPSS (d'après [Bayram, 2004]).....	72
Figure 36 : Modèle générique de EPSS (d'après [Banerji, et al., 1997]).....	74
Figure 37 : Module de formation du système MEPSS.....	75
Figure 38 : La « To Do » liste dans le système KP2000LMS.....	76
Figure 39 : EPSS dans le projet ERRL (d'après [Alparslan, et al., 2008]).....	77
Figure 40 : Ontologies pour indexer et décrire les fragments (d'après [Kabel, et al., 1999])	87
Figure 41 : Modèle générique de l'unité d'apprentissage.....	89
Figure 42 : XML schéma pour l'unité d'apprentissage générique.....	90
Figure 43 : Niveaux syntaxiques des unités d'apprentissage.....	92
Figure 44 : Modèle du fragment	93
Figure 45 : Modèle de l'unité d'apprentissage atomique.....	94
Figure 46 : Modèle de l'unité d'apprentissage composée.....	95
Figure 47 : Table de matière d'un manuel d'une machine.....	96
Figure 48 : Modèles sémantiques des unités d'apprentissage.....	97
Figure 49 : Modèle générique de l'unité d'apprentissage.....	101
Figure 50 : XML schema pour l'élément <educational> des métadonnées AMLOM.....	120
Figure 51 : Processus de production d'unités d'apprentissage	122
Figure 52 : Collecte de documentation	123
Figure 53 : Fragmentation de documents.....	124
Figure 54 : Exemple de fragmentation d'un texte.....	125
Figure 55 : Analyse et catégorisation des fragments	126
Figure 56 : Structuration d'unités d'apprentissage	127
Figure 57 : Exemple de la structure physique d'un ordinateur	128
Figure 58 : Exemple des unités d'apprentissage pour la structure physique.....	129
Figure 59 : Exemple des tâches de maîtrise : démontage du capot d'un ordinateur	130
Figure 60 : Unités d'apprentissage pour les tâches de maîtrise : démontage du capot d'un ordinateur.....	131
Figure 61 : Ajout des métadonnées aux unités d'apprentissage	132
Figure 62 : Stockage et indexation d'unités d'apprentissage.....	134
Figure 63 : Scénario d'apprentissage : apprentissage juste à temps sur le lieu de travail.....	146
Figure 64 : Scénario d'apprentissage : apprentissage en collaboration à distance.....	147
Figure 65 : Méta-modèle général du contexte d'apprentissage	148
Figure 66 : Méta-modèle de l'acteur.....	150
Figure 67 : Méta-modèle du dispositif.....	151
Figure 68 : Méta-modèle de l'environnement.....	151
Figure 69 : Méta-modèle de l'activité.....	152
Figure 70 : Méta-modèle de l'apprentissage.....	153
Figure 71 : Méta-modèle de la collaboration	153
Figure 72 : Méthode de modélisation du contexte d'apprentissage	154
Figure 73 : Architecture de SAMCCO	155
Figure 74 : Architecture à 3 niveaux proposé dans CoCSys (d'après [Delotte, 2006])	156
Figure 75 : Architecture SMAC (d'après [Imbert, 2006])	158

Figure 76 : Pattern d'interaction « Sélectionner_titre » en AMF (d'après [Tarpin-Bernard, et al., 2009])	160
Figure 77 : Exemple du couplage d'AMF et d'IRVO (d'après [Chalon, 2004])	160
Figure 78 : Apprentissage animé par le moteur de contrôle	161
Figure 79 : Référentiel de dispositifs/périphériques (d'après [Masserey, et al., 2006])	163
Figure 80 : Sans communication entre l'équipement et le dispositif mobile	164
Figure 81 : Communication à sens unique entre l'équipement et le dispositif mobile	165
Figure 82 : Communication duplexe entre l'équipement et le dispositif mobile	165
Figure 83 : Banc de test automatique d'agrafeuse et de perforateur Maped	167
Figure 84 : Contenu mixte à fragmenter	170
Figure 85 : Structure physique du panneau de commandes	173
Figure 86 : Arbres de tâches : maintenances du changement lame massicot du banc de test	173
Figure 87 : Stockage des unités d'apprentissage dans la base de données XML native eXist	178
Figure 88 : Séquence d'actions à apprendre et à faire affichée sur l'écran de dispositif mobile	179
Figure 89 : Lunettes semi-transparentes et les vues superposées avec la Réalité Augmentée	180
Figure 90 : Expérimentation du scénario de maintenance de l'ordinateur	181
Figure 91 : Architecture générale du système HSHB (d'après [David, et al., 2009])	182
Figure 92 : Cas d'utilisation du système HSHB	184
Figure 93 : La page principale pour choisir des plats et configurer le repas	185
Figure 94 : Expérimentation du système HSHB	186
Figure 95 : Modèle général IMS Learning Design (d'après [IMS, 2003])	193
Figure 96 : Exemple d'un cas d'utilisation UML	198
Figure 97 : Exemple de diagramme de séquence UML	199
Figure 98 : Exemple d'un scénario en SC et la légende (d'après [Delotte, 2006])	200
Figure 99 : Collecte des besoins via des scénarios (d'après [Delotte, 2006])	201
Figure 100 : Schéma synthétisant les langages et méthodes fournis par l'architecture MDA	203
Figure 101 : Schéma représentant l'approche MDA	204
Figure 102 : Exemple de modélisation de tâches avec CTT pour un cas de maintenance	206
Figure 103 : Modèle Arch (d'après [Chalon, 2004] adapté de [UIMS, 1992])	207
Figure 104 : Modèle PAC (d'après [Coutaz, et al., 2001])	208
Figure 105 : Modèle PAC* (d'après [Calvary, et al., 1997])	208
Figure 106 : Représentation de la composition d'agents AMF (d'après [Tarpin-Bernard, 1997])	209
Figure 107 : Représentation des ports de communication (d'après [Tarpin-Bernard, 1997])	210
Figure 108 : Représentation schématique des administrateurs (d'après [Tarpin-Bernard, 1997])	210
Figure 109 : Exemple d'agent AMF-C fragmenté (d'après [Tarpin-Bernard, et al., 1998])	211
Figure 110 : AMF-C répliqué. (a) gestion centralisée (b) gestion répartie (d'après [Tarpin-Bernard, 1997])	212
Figure 111 : Exemple d'agents AMF-C répartis (d'après [Delotte, et al., 2003])	212
Figure 112 : Continuum réel/virtuel (d'après [Milgram, et al., 1994])	213
Figure 113 : Fonctionnement des casques opaques (d'après [Bapst, 2007])	214
Figure 114 : Fonctionnement des casques semi-transparentes (d'après [Bapst, 2007])	214
Figure 115 : Principales entités et relations du modèle IRVO (d'après [Chalon, 2004])	216

Figure 116 : Représentation des frontières du modèle IRVO (d'après [Chalon, 2004]).....	216
Figure 117 : Représentation d'un utilisateur du modèle IRVO (d'après [Chalon, 2004])	217
Figure 118 : Représentation des relations du modèle IRVO (d'après [Chalon, 2004])	217
Figure 119 : Représentation d'un objet mixte du modèle IRVO (d'après [Chalon, 2004])	217
Figure 120 : Exemple de modélisation de l'application de chirurgie (d'après [Chalon, 2004])	218
Figure 121 : Processus CoCSys (d'après [Delotte, 2006])	219
Figure 122 : Exemple d'un scénario d'utilisateur décrit dans CoCSys (d'après [Delotte, 2006])	220
Figure 123 : Informations synthétisées dans le modèle comportemental (d'après [Delotte, 2006])	220
Figure 124 : Modèle de l'architecture en 3 niveaux proposé dans CoCSys (d'après [Delotte, 2006])	221

Table des tableaux

Tableau 1 : Comparaison de terminologie de l'E-apprentissage et l'apprentissage mobile (d'après [Laouris, 2005]).....	8
Tableau 2 : Convergence entre technologies et apprentissage (d'après [Sharples, et al., 2005]).....	10
Tableau 3 : Définition de l'apprentissage comme une fonction (d'après [Laouris, 2005])	12
Tableau 4 : Évolution des dispositifs mobiles	13
Tableau 5 : Évolution des méthodes d'apprentissage	14
Tableau 6 : Émergence et la répartition du marché en 2008 (d'après [Canalys, 2008])	21
Tableau 7 : Comparatif des architectures de l'apprentissage mobile.....	28
Tableau 8 : Éléments du contexte par catégorie	34
Tableau 9 : Evaluation des approches de la modélisation de contexte par rapport aux exigences (d'après[Strang, et al., 2004]).....	41
Tableau 10 : Exigences ([Daruwala, 2008]) pour les systèmes context-aware.....	52
Tableau 11 : Comparaison des technologies GPS, RFID et Code barre 2D	58
Tableau 12 : Comparaison entre l'apprentissage juste à temps et l'apprentissage traditionnel (d'après [Laura, 1999]).....	62
Tableau 13 : Comparaison des applications EPSS.....	78
Tableau 14 : Métadonnées de AMLOM et profils d'application sur les unité d'apprentissage	109
Tableau 15 : Matrice d'évaluation « périphériques/critères ».....	164

Introduction

Le développement de l'informatique mobile s'est accéléré depuis le début du 21^e siècle. De nouveaux dispositifs mobiles (Tablette PC, PDA, téléphone mobile, smartphone, etc.) offrent une portabilité accrue de l'information et des communications sans fils (WiFi, bluetooth, UMTS, etc.). Ces technologies ont influencé les changements des comportements et les habitudes des usagers dans beaucoup de secteurs comme le travail, la vie quotidienne, et l'apprentissage.

Les technologies mobiles peuvent avoir une grande influence sur l'apprentissage. L'apprentissage commence à sortir des salles de cours et à entrer dans les environnements moins classiques, liés aux contextes des apprenants. L'apprentissage devient ainsi situé, contextuel, personnel, collaboratif, et tout au long de la vie. Utiliser des dispositifs mobiles pour apprendre, n'importe où et n'importe quand, c'est l'objectif de l'apprentissage mobile (*Mobile Learning ou M-Learning*). On constate aujourd'hui que de plus en plus de chercheurs et entreprises ont commencé des études sur l'apprentissage mobile. Des conférences et des colloques internationaux sont organisés toutes les années pour étudier et favoriser l'évolution de l'apprentissage mobile. Dans le même temps, des projets et des applications de l'apprentissage mobile sont développés et commencent à être exploités dans différents domaines de l'éducation et de la formation.

Le monde de l'industrie peut aussi bénéficier de l'apprentissage mobile. L'apprentissage dans l'industrie ou dans des situations professionnelles variées est un challenge important. L'apprentissage à l'université permet aux étudiants d'apprendre les théories fondamentales et des approches méthodologiques génériques, mais pas les comportements, les opérations et les gestes pratiques et précis qui sont plus faciles à apprendre sur place. Pour les entreprises, il est important de créer des opportunités d'apprentissage pour leurs employés d'obtenir des compétences qu'ils n'ont pas obtenues à l'université. Les approches de l'apprentissage mobile contextuel donnent de bonnes solutions pour ce type d'apprentissage. En utilisant des dispositifs mobiles et des ordinateurs portés, l'apprentissage et la formation professionnels peuvent se dérouler dans tous les lieux de vie possibles, les employés peuvent apprendre juste à temps quand ils rencontrent des problèmes difficiles dans une situation concrète.

Nous nous sommes intéressés au domaine de l'apprentissage renforcé par les TIC (Technologies de l'Information et de la Communication) dans des situations professionnelles. Nous avons tenté d'appliquer les technologies d'apprentissage mobile à cette problématique, et passer à M-learning (Mobile Learning) en prenant en compte des dispositifs mobiles plus légers, portables, personnels, et la sensibilité au contexte des situations concrètes.

Objectifs de thèse et démarche

Nos travaux de recherche visent à mettre en œuvre les technologies de l'apprentissage mobile

contextuel et collaboratif dans des situations professionnelles, surtout pour l'apprentissage de la maîtrise d'équipements domestiques, publics ou professionnels en mobilité. Le sujet s'inscrit aussi dans le projet HMTD (Help-Me-To-Do), qui a pour but d'exploiter des nouveaux moyens pour aider des utilisateurs différents à utiliser ou maîtriser ces équipements.

Nous visons à définir et concevoir un système d'apprentissage appelé **SAMCCO (Système d'Apprentissage Mobile Contextuel et Collaboratif)** qui prend en compte les exigences MOCOCO (Mobilité, Contextualisation, Collaboration). Les axes principaux de nos recherches sont le processus de la production d'unités d'apprentissage, la prise en compte des exigences des apprenants dans leurs activités professionnelles, la modélisation et l'adaptation des contextes, ainsi que la conception de l'architecture de SAMCCO en y intégrant des méthodes d'apprentissage.

Pour atteindre les objectifs prévus, nous abordons les domaines suivants :

- Les technologies mobiles et des applications de l'apprentissage mobile,
- Le contexte d'apprentissage et la contextualisation,
- Les méthodes d'apprentissage, le travail et l'apprentissage,
- Les problématiques IHM (Interaction Homme-Machine) et RA (Réalité Augmentée) dans l'apprentissage mobile.

Nos travaux ont commencé par la production d'unités d'apprentissage. Les documentations originales sont de différents formats comme des manuels papiers, ou des fichiers numériques. Nous avons proposé un processus pour transformer ces documentations en unités d'apprentissage. Dans ce processus, nous avons utilisé la modélisation de tâches pour analyser les relations entre les unités d'apprentissage et les activités professionnelles, en identifiant les métadonnées AMLOM (Appliance Mastering Learning Object Metadata) à ajouter aux unités d'apprentissage pour faire le lien avec les activités professionnelles concernées. Les unités d'apprentissage et les métadonnées sont stockées dans la base de données sous un modèle uniforme.

Pour prendre en compte l'apprentissage mobile qui se produit dans des contextes professionnels, la plateforme IMERA (Interaction Mobile dans l'Environnement Réel Augmenté) développé dans notre équipe, vise à prendre en compte les augmentations suivantes : apprenant augmenté, environnement augmenté, équipement augmenté.

La modélisation, la prise en compte des exigences d'apprenant et du contexte d'apprentissage dans son activité professionnelle sont au cœur de nos travaux. La conception de l'architecture de SAMCCO se base sur des modèles (moteur de contrôle, base de données, services génériques, patterns d'interaction, etc.). Nous avons également adopté des méthodes d'apprentissage comme l'apprentissage juste à temps, l'apprentissage par l'action et l'apprentissage collaboratif dans l'activité d'apprentissage. Un processus d'apprentissage pouvant prendre place avant les tâches, pendant les tâches ou après les tâches a été proposé. L'objectif de SAMCCO est d'augmenter avec les caractéristiques MOCOCO l'efficacité de l'apprentissage et la performance du travail associé dans les

activités de la maîtrise d'équipements domestiques, publics ou professionnels.

Ensuite à (et en partie en parallèle avec) ces travaux de conception et de mise en œuvre de l'environnement de l'apprentissage mobile, nous avons proposé et mis en œuvre quelques scénarios d'apprentissage concrets, portant sur la maintenance d'ordinateur, le projet HSHB (Esprit Sain dans un Corps Sain), le support technique de Maped, etc. Des évaluations préliminaires ont ainsi pu avoir lieu.

Organisation du mémoire

Ce mémoire est structuré en deux parties : une partie état de l'art (Chapitre I, Chapitre II, Chapitre III) et une partie contributions (Chapitre IV, Chapitre V, Chapitre VI).

Chapitre I : Nous y présentons l'état de l'art de l'apprentissage mobile. Les arguments pour l'apprentissage sont d'abord introduits. Nous présentons ensuite l'historique de développement, le cadre d'application, les caractéristiques et les classifications de l'apprentissage mobile, pour dégager une impression générale sur les principes de ce domaine, les nouveaux dispositifs et les plateformes mobiles. Nous présentons et comparons des architectures représentatives de l'apprentissage mobile dans lesquelles nous avons cherché des inspirations.

Chapitre II : Nous y introduisons les termes contexte, context-aware (contextuel ou contextualisé), et context-awareness (contextualisation) dans l'apprentissage mobile. Après les arguments en faveur de la définition du contexte, nous examinons les principaux moyens pour modéliser le contexte. Nous adoptons un processus pour la contextualisation. Quelques exemples d'architectures pour la contextualisation sont présentés et analysés pour nous donner des approches exemplaires et des idées. Finalement, nous dressons un état de l'art sur les technologies de capture d'informations contextuelles, en particulier la technologie des étiquettes RFID, que nous adoptons pour notre approche.

Chapitre III : Dans ce chapitre, nous introduisons les principales méthodes d'apprentissage qui peuvent être adaptées à l'apprentissage mobile. Selon nos objectifs, nous nous concentrons sur l'apprentissage dans des situations professionnelles surtout liées au travail. L'objectif est de trouver et analyser les interrelations entre l'apprentissage et le travail. L'apprentissage sur le lieu de travail, l'apprentissage juste à temps, l'apprentissage par l'action et l'apprentissage collaboratif sont au centre de nos préoccupations. Nous étudions les concepts TCAO et EPSS pour les intégrer dans les activités professionnelles que nous accompagnons.

Chapitre IV : Ce chapitre se focalise sur la production d'unités d'apprentissage. Nous proposons le modèle de l'unité d'apprentissage avec les métadonnées AMLOM pour décrire les ressources d'apprentissage de la maîtrise d'équipements. Nous proposons également un processus pour créer des unités d'apprentissage à partir des manuels papiers ou d'autres formats numériques. Les unités d'apprentissage décrites en XML dans la base de données seront exploitées par le système d'apprentissage SAMCCO.

Chapitre V : Nous introduisons l'approche pour concevoir SAMCCO dans les situations professionnelles. Les principes MOCOCO sont pris en compte dans la conception. IMERA est une plateforme qui nous offre un support pour mettre en place notre système. Nous présentons l'approche de la prise en compte et de la modélisation du contexte d'apprentissage. Nous présentons également l'architecture de SAMCCO basée sur les modèles. Dans l'architecture, le moteur de contrôle organise l'activité d'apprentissage et le processus de contextualisation en interrogeant des autres éléments (bases de données, services génériques, patterns d'interactions, méthodes d'apprentissage, etc.).

Chapitre VI : Nous illustrons par trois applications la conception et la spécialisation de nos conceptions de SAMCCO dans des situations professionnelles différentes. Ces applications, qui intègrent la mobilité, la contextualisation et la collaboration dans l'apprentissage mobile, permettent aux utilisateurs d'apprendre juste à temps les unités d'apprentissage contextualisées pour effectuer leurs tâches.

Chapitre VII : Le mémoire se conclut par une synthèse des travaux réalisés et par la présentation des perspectives qui peuvent être envisagées.

PARTIE I. ETAT DE L'ART

Résumé : Dans cette partie de l'état de l'art du mémoire, nous étudions les caractéristiques principales et les techniques utilisées dans le domaine de l'apprentissage mobile. A travers cette étude, nous entrons dans le domaine de l'apprentissage mobile et illustrons les enjeux principaux dans nos travaux. Ce travail de l'état de l'art est structuré en trois chapitres.

Le chapitre I présente l'apprentissage mobile dans sa généralité. L'apprentissage se développe rapidement sous l'influence du développement des technologies mobile avec des grands arguments comme ses définitions ou ses classifications. Nous avons étudié quelques architectures représentatives de l'apprentissage mobile dans le but de recensement et de comparaison des différentes conceptions et des différentes techniques mises en œuvre. A travers cette étude nous avons conclu les tendances de l'apprentissage mobile : situé, contextuel, personnel, collaboratif, et tout au long de la vie.

Dans le chapitre II, nous avons passé en revue des modélisations du contexte d'apprentissage et des méthodes de la contextualisation. Nous avons conclu que les éléments du contexte d'apprentissage doivent être extraits et modélisés. L'étude des méthodes de contextualisation a fait apparaître l'importance des métadonnées des ressources d'apprentissage. La collecte d'informations contextuelles s'appuie sur des technologies de la capture du contexte comme RFID que nous avons décidé d'utiliser après comparaison.

Le chapitre III est visé sur l'intégration et l'adaptation des méthodes d'apprentissage dans l'apprentissage mobile. Nous avons donc étudié les méthodes d'apprentissage appliquées dans des situations professionnelles notamment l'apprentissage sur le lieu de travail, l'apprentissage juste à temps, l'apprentissage par l'action et l'apprentissage collaboratif. Les deux solutions pour assister le travail par des systèmes informatiques, le TCAO (Travail Collaboratif Assisté par Ordinateur) et EPSS (Electronic Performance Support System) ont été étudiées et leurs méthodologies mises en application.

Mots clés : Apprentissage mobile, technologies mobiles, contexte, contextualisation, méthode d'apprentissage, RFID.

Chapitre I. Introduction - Apprentissage mobile

Depuis quelques années, avec les développements de technologies mobiles et les évolutions de théories d'apprentissage, l'apprentissage mobile est devenu un sujet important pour les éducateurs et les informaticiens. Dans ce chapitre, nous allons présenter les différents aspects contribuant à l'émergence de l'apprentissage mobile, les définitions importantes et les différentes taxonomies de l'apprentissage que nous discuterons, ainsi que quelques aspects de base, pour caractériser le domaine de l'apprentissage mobile.

I.1 Entrer dans l'âge de l'apprentissage mobile

I.1.1 De l'E-apprentissage à l'apprentissage mobile

L'apprentissage mobile est appelé en anglais « *mobile learning* » ou « *M-learning* ». La première caractérisation de l'apprentissage mobile est d'apprendre avec les dispositifs mobiles, comme les PDA (*Personal Digital Assistant*), les téléphones portables, les Tablet PC, etc.

Cette évolution de l'apprentissage peut être caractérisée par les changements suivants : l'introduction de la distance (*D-learning, distance learning*) dans E-apprentissage (*E-learning, electronic learning*), puis la prise en compte de la mobilité avec l'apprentissage mobile, et l'omniprésence avec l'apprentissage ubiquitaire (*U-learning, ubiquitous learning, pervasive learning*). Ces étapes correspondent à l'influence des technologies informatiques, comme l'informatique mobile et l'informatique ubiquitaire. La Figure 1 illustre le positionnement de l'apprentissage mobile en comparant avec l'E-apprentissage, l'informatique mobile et l'informatique ubiquitaire ([David, et al., 2008]).

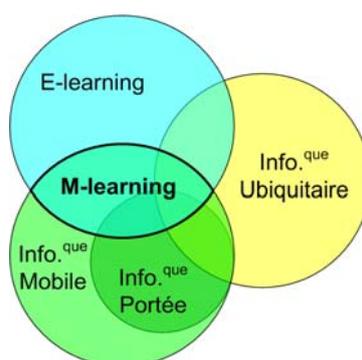


Figure 1 : Cartographie du positionnement de l'apprentissage mobile [David, et al., 2008]

L'évolution de l'E-apprentissage à l'apprentissage mobile est beaucoup discutée par différents auteurs. [Sharma, et al., 2004] note que ce passage de l'E-apprentissage à l'apprentissage mobile est

accompagné par un changement de terminologie : l'ordinateur fixe à dispositif mobile, multimédia à objets, comme décrit dans le Tableau 1 ([Laouris, 2005]). Si l'E-apprentissage est encore compatible avec la salle de cours, l'apprentissage se passe souvent sur le terrain et en mobilité.

E-Learning	Mobile Learning
Computer	Mobile
Bandwidth	GPRS, 3G, bluetooth
Multimedia	Objects
Interactive	Spontaneous
Hyperlinked	Connected
Collaborative	Networked
Media-rich	Lightweight
Distance learning	Situated learning
More formal	Informal
Simulated situation	Realistic situation
Hyperlearning	Constructivism, situationism, collaborative
Text- and graphics based instructions	More voice, graphics and animation based instructions
In classroom or internet labs	In the field or while mobile

Tableau 1 : Comparaison de terminologie de l'E-apprentissage et l'apprentissage mobile (d'après [Laouris, 2005])

Du point de vue de la dénomination, on voit que l'apprentissage mobile consiste en « apprentissage » et « mobile ». Naturellement il en découle que l'apprentissage mobile se développe par les progrès obtenus dans les deux champs suivants : celui des technologies mobiles et celui des méthodes d'apprentissage.

1.1.1.1 Développement des technologies mobiles

Les technologies mobiles deviennent de plus en plus ubiquitaires, connectées, avec des capacités renforcées par des interactions sociales riches, par la prise en compte des contextes et la connectivité à l'Internet.

Les dispositifs mobiles ont tendance à intégrer de plus en plus de fonctions (Internet, Email, chat, communication vidéo, etc.) en un seul dispositif intelligent, et de posséder une puissance accrue du matériel (hardware). Par exemple, le téléphone portable SAMSUNG i900 possède un écran de 3,2 pouces, un processeur de 624MHz, un stockage de 16Go, un accès au réseau Wi-Fi, le GPS, etc., Il pourrait donc totalement remplacer un PDA dans un futur proche. D'ailleurs, les usagers de plus en plus nombreux achètent des smartphones pour utiliser cette richesse de fonctions. Selon un sondage, 2,8 millions de smartphones seront vendus en France en 2009 [Sanyas, 2008].

Avec la commercialisation et l'utilisation universelle des services réseaux sans fils (GPRS, UMTS, Wi-Fi, ...), les débits de transfert de données augmentent de jour en jour, au même titre que leur couverture géographique. Dès aujourd'hui, ces réseaux nous permettent déjà de connecter nos dispositifs avec des débits suffisants pour faire circuler la vidéo et des images, télécharger des fichiers de grande taille, surfer sur Internet couramment, etc.

1.1.1.2 Développement des méthodes d'apprentissage

Les technologies mobiles peuvent avoir une grande influence sur l'apprentissage. L'apprentissage commence à sortir de la salle de cours et à entrer dans les environnements moins classiques, liés aux contextes des apprenants, l'apprentissage devient ainsi situé, contextuel, personnel, collaboratif, et tout au long de la vie. Ce phénomène pousse aux évolutions des méthodes d'apprentissage pour s'adapter à ces nouveaux types d'apprentissage.

Beaucoup de nouvelles approches apparaissent ces jours-ci. [Naismith, et al., 2004] proposent d'organiser les activités d'apprentissage mobile en six axes et distinguent des méthodes d'apprentissage, comme l'apprentissage comportementaliste, l'apprentissage constructiviste, l'apprentissage situé, l'apprentissage collaboratif, l'apprentissage informel et tout au long de la vie, le support pour l'apprentissage et l'enseignement, etc. Dans les méthodes d'apprentissage pour l'apprentissage mobile, la liaison entre faire et apprendre est particulièrement étudiée par les chercheurs et les éducateurs. L'apprentissage par l'action (*learning by doing*) [Krueger, et al., 2005], l'apprentissage juste à temps (*just-in-time learning*) [Patterson, 2004], l'apprentissage collaboratif [Smith, et al., 1992] sont des caractéristiques typiques à étudier.

Jusqu'à maintenant, il n'y a pas encore de théorie unificatrice pour l'apprentissage mobile, mais ce qui est fait, c'est le couplage plus ou moins important entre la pédagogie et la situation d'apprentissage utilisant les dispositifs mobiles pour apprendre. Le chapitre III va décrire les méthodes d'apprentissage que nous avons identifiées comme pouvant s'appliquer dans l'apprentissage mobile.

1.1.1.3 Intégration des technologies mobiles et des méthodes d'apprentissage

La vogue des technologies mobiles est déjà un facteur de motivation pour les exploiter dans l'apprentissage. Selon [Dumout, 2005] en 2005, 72% de Français possèdent un téléphone mobile personnel ou professionnel, et en particulier les jeunes en sont les plus fervents utilisateurs : 94% des 15-17 ans, et 95% des 18-25 ans sont équipés. Quelque 61% d'entre eux l'utilisent pour envoyer des photos et des vidéos contre 40% des 40-59 ans. Et 23% des utilisateurs consultent des sites Internet sur leur mobile.

A la vue de ce grand groupe d'utilisateurs de dispositifs mobiles, [Sharlples, 2003] considère que les éducateurs doivent chercher des moyens pour exploiter le potentiel des technologies mobiles pour

leurs permettre de bénéficier de leurs avantages dans l'apprentissage. Les technologies mobiles fournissent une opportunité pour un changement fondamental dans l'éducation, de l'utilisation traditionnelle d'un ordinateur fixe dans la salle, vers l'utilisation d'un dispositif mobile hors salle de cours.

[Sharples, et al., 2005] analysent les caractéristiques de dispositifs mobiles, et proposent leurs utilisations dans les nouvelles méthodes d'apprentissage, comme décrit dans le Tableau 2.

Technologies mobiles	Méthodes d'apprentissage
Personnel	Personnalisé
Centré sur l'utilisateur	Centré sur l'apprenant
Mobile	Situé (contextuel)
Connexion réseaux	Collaboratif
Ubiquitaire	Ubiquitaire
Durable	Au long de la vie

Tableau 2 : Convergence entre technologies et apprentissage (d'après [Sharples, et al., 2005])

1.1.2 Définitions de l'apprentissage mobile

Depuis la naissance du terme l'apprentissage mobile, la définition de celui-ci n'a jamais arrêté d'évoluer. Jusqu'à aujourd'hui, pendant les conférences spécialisées sur l'apprentissage mobile, par exemple *IADIS International Mobile Learning Conference*, la définition de l'apprentissage mobile est encore un point sensible de discussion pour les chercheurs et les éducateurs. Si on entre [« mobile learning » + « definition »] dans Google, on reçoit 39,000 résultats, et avec Google Scholar, on a 3,270 résultats. Nous parcourons ci-après rapidement les définitions de l'apprentissage mobile existantes pour voir si on peut trouver un consensus, constater des redondances ou des chevauchements.

1.1.2.1 Quelques définitions représentatives

Une définition un peu plus ancienne par [Quinn, 2000] stipule simplement qu'il s'agit de l'apprentissage qui se passe avec l'aide des dispositifs mobiles. Conformément à cette définition, plusieurs auteurs considèrent le dispositif mobile comme un outil ubiquitaire qui permet de combiner l'apprentissage, le travail, et le divertissement de manières significatives, comme dans [Turunen, et al., 2003].

[Pinkwart, et al., 2003] définissent l'E-apprentissage comme « l'apprentissage supporté par des outils électroniques digitaux, et l'apprentissage mobile comme l'e-apprentissage qui utilise des dispositifs mobiles et de transmission sans fil ».

[Polsani, 2003] définit l'apprentissage mobile comme « une forme d'éducation dans laquelle la production, la circulation, et la consommation sont en réseaux ». Ainsi, il propose le terme « apprentissage en réseau (network learning) » pour remplacer l'apprentissage mobile.

[Keegan, 2005] ne pense pas que les Tablet PC ou l'ordinateur portable sont compris dans l'apprentissage mobile. Il croit que l'apprentissage mobile doit strictement se passer sur les dispositifs que l'on peut mettre dans la poche ou le sac à main. Il propose la définition « la fourniture d'éducation et de formation sur PDA, ordinateur de poche, smartphone ou téléphone portable ».

[Marrer, 2009] donne une définition liée à la pratique au campus. Il considère l'apprentissage mobile plutôt comme l'apprentissage assisté par dispositif mobile. Le dispositif mobile n'est pas un mécanisme de livraison primaire ou exclusif, mais est utilisé pour augmenter l'apprentissage de manières appropriées.

La définition la plus acceptée et la plus significative est proposée par [O'Malley, et al., 2003]. Dans cette définition, l'apprentissage mobile est « toute sorte d'apprentissage qui se produit lorsque l'apprenant n'est pas dans un endroit fixe ou prédéterminé, ou l'apprentissage qui se produit lorsque l'apprenant profite des possibilités d'apprentissage offertes par les technologies mobiles. Nous sommes plutôt d'accord avec le point de vue d'O'Malley. L'apprentissage mobile devrait avoir une définition plus générale qui est visé sur la mobilité au sens plus large (du dispositif, de l'utilisateur, de l'environnement, etc.)

1.1.2.2 Définition sous forme de fonction

Parmi ces différentes définitions, il est difficile de trouver un consensus, comme l'apprentissage mobile a des significations différentes selon les différentes communautés et des aspects différents à prendre en compte. Dans le terme « l'apprentissage mobile », il y a donc deux aspects importants :

- l'apprentissage avec le dispositif mobile, ciblé sur le dispositif (peut être dans un endroit fixe) ;
- l'apprentissage traversant les contextes, ciblé sur la mobilité de l'apprenant (peut interagir avec des technologies fixes). La plupart des chercheurs définissent l'apprentissage en suivant ces deux aspects.

Comme les activités d'apprentissage mobiles comprennent plusieurs éléments essentiels (dispositif, apprenant, contexte, etc.), certains chercheurs essaient de donner une définition systématique de l'apprentissage mobile.

[Laouris, 2005] pense que les définitions existantes de l'apprentissage mobile sont limitées ou incomplètes, il propose une définition sous forme de fonction qui prend en compte les paramètres et les manières dont ils interagissent et s'influencent, comme décrit dans le Tableau 3.

Apprentissage Mobile = F (t, s, LE, c, IT, MM, m)	
t	Time
s	Space
LE	Learning Environment
c	Content
IT	Technology
MM	Mental (learner's profile)
m	Method

Tableau 3 : Définition de l'apprentissage comme une fonction (d'après [Laouris, 2005])

[Traxler, 2007] propose de définir l'apprentissage mobile de regarder les expériences d'apprenant et de demander comment l'apprentissage mobile est différent des autres formes d'apprentissage, surtout de l'e-apprentissage. Il a comparé les caractéristiques, la nature et les méthodes d'apprentissage, les dispositifs, les plateformes, et les changements amenés, pour donner une distinction entre l'apprentissage mobile et l'e-apprentissage.

La conceptualisation de l'apprentissage mobile détermine les perceptions et les espoirs, et indique son évolution dans le futur. Malgré la grande discussion et de nombreux arguments, la définition de l'apprentissage est toujours en train d'évoluer et reste encore confuse, et elle ne se stabilisera sans doute pas dans un futur proche.

A notre avis, l'apprentissage mobile évoluera finalement vers l'apprentissage ubiquitaire, pour permettre à apprendre n'importe quand, n'importe où, et tout au long de la vie.

1.1.3 Histoire de l'apprentissage mobile

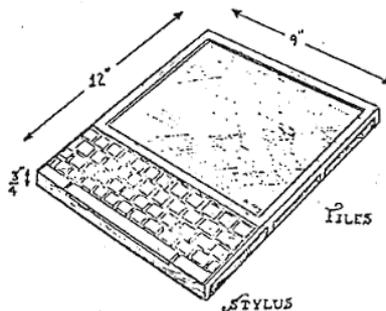


Figure 2 : Illustration originale de Dynabook par Alan C. Kay en 1972

Dans les années 1970 et 1980, Alan Kay et ses collègues du *Learning Research Group* des laboratoires *PARC (Palo Alto Research Center)* ont proposé *Dynabook* (Figure 2) de la taille d'un livre pour exécuter des simulations dynamiques d'apprentissage pour enfants. Bien que les conceptions soient difficiles à réaliser à l'époque, elles ont donné au monde l'idée de l'apprentissage

avec l'ordinateur portable [Kay, et al., 1977].

Dans les années 1990, les universités en Europe et en Asie commencent à développer et à évaluer l'apprentissage mobile des élèves. La société Palm offre des subventions aux universités et entreprises qui créent et testent l'utilisation de l'apprentissage mobile sur la plateforme PalmOS.

Dans les années 2000, beaucoup de conférences et colloques sont créés pour traiter de l'apprentissage mobile et de l'éducation mobile, comme : *mLearn*, *IADIS Mobile Learning*, *ICML*, *WMUTE*, etc. Des conférences traditionnelles sur l'éducation et d'autre part sur les technologies mobiles ajoutent aussi l'apprentissage mobile dans leurs thèmes de discussion. Des sociétés ou des organisations gouvernementales sont constituées pour se consacrer aux différents aspects de l'apprentissage mobile.

De plus en plus de projets qui visent à introduire l'apprentissage mobile dans l'éducation, l'industrie, le commerce, et la vie quotidienne sont développés et évalués par des universités et des entreprises dans le monde entier. Avec les succès obtenus et des perspectives optimistes, l'apprentissage mobile est considéré comme une manière d'apprentissage du futur.

L'apprentissage mobile se développe toujours sous la stimulation de technologies mobiles et les méthodes d'apprentissage. Depuis les années 70s, la technologie informatique a toujours une tendance de développer des dispositifs légers, mobiles et personnels, et des éducateurs font également évoluer les méthodes d'apprentissage (Tableau 4 et Tableau 5).

Évolution des dispositifs mobiles et leur connexion réseau		
1970s	Dynabook, Alto	Arpanet Ethernet
1980s	Xerox Star, Apple Lisa, Apple Macintosh	TCP/IP Radio analogique cellulaire
1990s	Ordinateur Portable Tablet PC PDA	WWW Radio digital cellulaire Wi-Fi
2000s	Téléphone portable Smartphone Console PSP, etc.	Bluetooth GPRS UMTS

Tableau 4 : Évolution des dispositifs mobiles

Évolution des théories d'apprentissage	
1970s	Apprentissage découvert
1980s	Apprentissage situé Apprentissage constructiviste Apprentissage collaboratif

1990s	Apprentissage à base de problèmes Apprentissage tout au long de la vie Apprentissage constructiviste social
2000s	Apprentissage informel Apprentissage contextuel Apprentissage ambiant

Tableau 5 : Évolution des méthodes d'apprentissage

1.1.4 Cadre d'application

L'apprentissage mobile change la nature de l'apprentissage. Les élèves utilisent des dispositifs dans ou hors de la salle de cours pour apprendre dans toutes les situations possibles. L'apprentissage est devenu « juste à temps ». L'apprentissage mobile change également la nature du travail, en particulier les connaissances de travail. Les technologies mobiles offrent une formation mobile dans une situation professionnelle. Les chercheurs, les éducateurs et les entreprises spécialisés sont en train d'essayer d'appliquer les théories de l'apprentissage dans tous les domaines de notre vie. Un champ d'application de l'apprentissage mobile est proposé comme ci-dessous [Wikipedia, 2009b], mais n'est pas limité à :

- Les élèves utilisent les ordinateurs de poche, PDA ou les systèmes de vote de poche dans la salle.
- Les élèves utilisent les dispositifs mobiles dans la salle pour renforcer la collaboration entre eux.
- Pendant la formation de travail, une personne accède à la formation avec un dispositif mobile «juste à temps » pour résoudre un problème ou obtenir une mise à jour.
- L'apprentissage dans les musées ou les galeries avec les technologies portables ou de poche.
- L'apprentissage en plein air, par exemple pendant les déplacements sur le terrain.
- L'utilisation des technologies mobiles pour soutenir l'apprentissage informel ou l'apprentissage tout au long de la vie, comme l'utilisation des dictionnaires de poche ou d'autres dispositifs mobiles pour l'apprentissage des langues.
- L'amélioration des niveaux de littérature et la participation à l'éducation pour les jeunes adultes.
- Fournir des supports audiovisuels en vue de renforcer la formation qui a été fournie dans une entreprise ou dans d'autres environnements.
- Utiliser les fonctions de communication d'un téléphone mobile dans le cadre des activités d'apprentissage.
- Gestion de la classe par des notifications de SMS textuelles, concernant la disponibilité de résultats de devoirs, les changements de lieu, les annulations, etc.

I.2 Caractéristiques et classifications

I.2.1 Caractéristiques de l'apprentissage mobile

[Meyer, et al., 2006] définissent quatre caractéristiques spécifiques pour l'apprentissage mobile : **Dispositifs, Mobilité, Contexte, Localisation.**

Dispositifs. Quatre types de dispositifs sont distingués.

- **Dispositif fixe** : non déplaçable, toujours connecté, pas de problème d'autonomie. Exemples : ordinateur de bureau, borne interactive dans un campus.
- **Dispositif portable** : transportable, dispose d'une autonomie (plusieurs heures), connecté de façon non permanente par liaison filière ou radio (Wi-Fi). Exemple : ordinateur portable.
- **Dispositif mobile** : léger, la connexion peut être quasi-permanente. Exemple : PDA, téléphone mobile, E-book, Tablet PC.
- **Dispositif porté** : il fait quasiment partie des vêtements, est disponible à tout moment et permet d'avoir les mains libres. Les moyens d'interaction sont complètement différents de ceux des types de dispositifs précédents. Exemple : ordinateur porté avec visualisation dans les lunettes.

Mobilité. Trois types de mobilité sont distingués.

- **Mobilité de l'acteur** : un des acteurs de l'apprentissage se déplace. L'acte l'apprentissage se produit soit au cours du déplacement, soit aux points de départ et/ou à l'arrivée du déplacement. **Nomadisme** : Une personne **nomade** est une personne qui se déplace physiquement d'un endroit à un autre.
- **Mobilité du lieu** : Le lieu dans lequel se trouve un des acteurs de la formation est mobile, par exemple l'acteur est dans un bus.
- **Mobilité du dispositif** : le dispositif dont est équipé un acteur est mobile ou porté.

Contexte. Les environnements riches et variés où l'apprentissage se produit. Le terme contexte est défini par [Wang, 2004] comme « *any information that can be used to characterize the situation of learning entities that is considered relevant to the interactions between a learner and an application* ». Dans le chapitre II nous allons nous concentrer sur l'étude du contexte et de la contextualisation.

Localisation. Une situation de l'apprentissage mobile implique dans les cas où il y a mobilité de l'acteur et/ou mobilité du lieu de multiples lieux où sont localisés les acteurs : salle de classe, lieu sur le campus, domicile personnel, etc. Quatre types de localisation sont distingués.

- **Localisation indépendante du lieu** : l'acteur peut être localisé dans n'importe quel lieu.

- **Localisation dépendante du lieu / Co-localisation** : les acteurs doivent être présents au même moment dans le même lieu.
- **Localisation dépendante du lieu / Lieu signifiant pour le contexte d'usage** : ce lieu peut être géographique (le site naturel) ou logique (l'appareil à dépanner).
- **Localisation dépendante du lieu / Lieu signifiant pour l'application** : l'apprentissage mobile est sensible au contexte, on peut communiquer avec le lieu à l'aide de capteurs. De plus, le lieu peut être « augmenté » à l'aide de techniques de réalité augmentée.

Une autre grande caractéristique de l'apprentissage mobile est **la méthode d'apprentissage** adaptée à l'activité d'apprentissage. L'apprentissage mobile a beaucoup de caractéristiques selon l'activité, comme **l'apprentissage juste à temps**, **l'apprentissage informel**, **l'apprentissage par action**, etc., que nous étudions dans le chapitre III.

1.2.2 Classification de l'apprentissage mobile

Dans la littérature, il y a des classifications variées de l'apprentissage mobile. Ces classifications comprennent les aspects suivants : support de dispositifs mobiles, utilisation de communications sans fil, la possibilité d'accès à l'information requise et le type de l'information, sensibilisation de contexte, asynchrone/synchrone, etc.

1.2.2.1 Classification selon les technologies mobiles

Selon les technologies informatiques et de communication (TIC), les systèmes de l'apprentissage mobile peuvent être classés par types de dispositifs (PDA, Tablet PC, Smartphone, téléphones portables, ordinateurs portables, etc.) et par les technologies de communications (GSM, Wi-Fi, Bluetooth, UMTS, etc.).

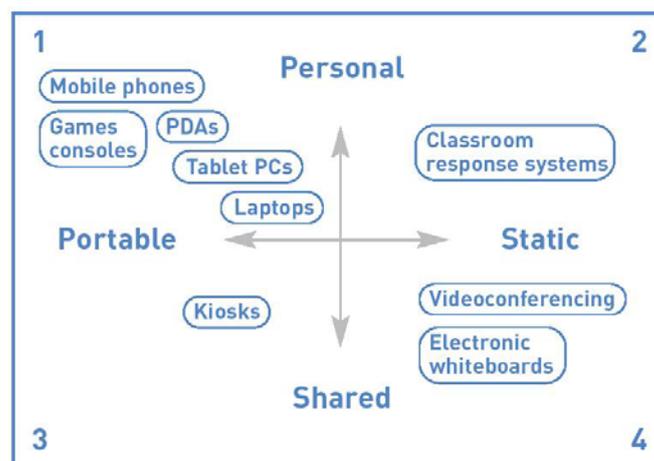


Figure 3 : Une classification des technologies mobiles (d'après [Naismith, et al., 2004])

Le mot « mobile » peut avoir beaucoup de sens, mais parmi eux, le plus populaire est plutôt « portable ». Il semble que parfois « personnel » est aussi une caractéristique impliquée par les dispositifs mobiles. [Naismith, et al., 2004] a proposé une classification des technologies mobiles selon **l'aspect portable** et **l'aspect personnel** des dispositifs (Figure 3). Il considère que les systèmes qui supportent les dispositifs dans le premier quadrant sont portables et personnels.

Basé sur les technologies de l'information et de la communication, [Georgieva, et al., 2005] proposent une classification basée sur les indicateurs suivants : **le type de dispositif mobile ; le type de communication sans fil**. Ils concluent également quelques d'autres indicateurs éducatifs, comme : **le support de l'apprentissage synchrone/asynchrone, le support des standards de l'e-apprentissage, la connexion réseau, la localisation d'utilisateur, l'accès au matériel d'apprentissage / service administratif**. La classification est décrite dans la Figure 4.

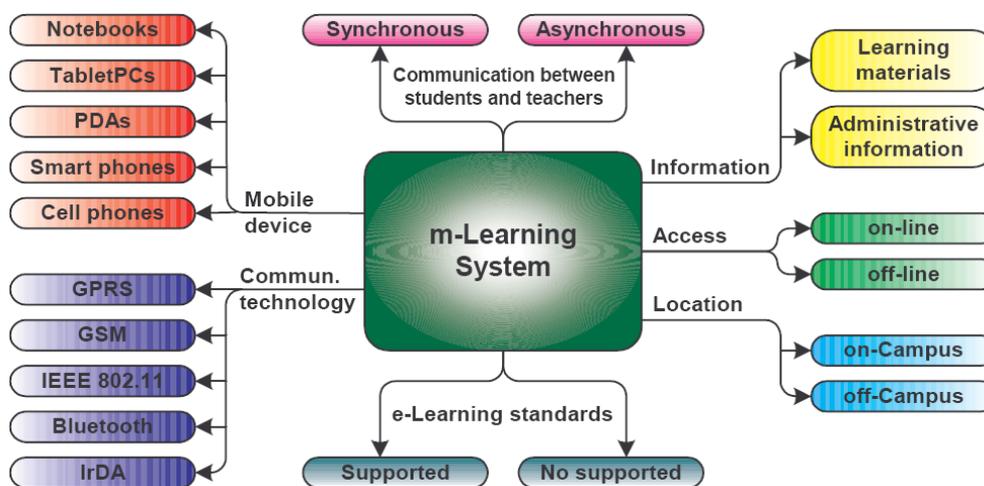


Figure 4 : Une classification de l'apprentissage mobile (d'après [Georgieva, et al., 2005]).

1.2.2.2 Classification selon les théories d'apprentissage

[Naismith, et al., 2004] proposent de classer l'apprentissage mobile sur un plan théorique de l'apprentissage. Les activités d'apprentissage qui sont relatives aux technologies mobiles peuvent être catégorisées selon leurs théories d'apprentissage. Ils les structurent en six catégories des théories d'apprentissage mobile :

- **Apprentissage comportemental** : dans ce paradigme, l'apprentissage peut être renforcé par une stimulation et une réponse.
- **Apprentissage constructiviste** : les apprenants construisent des nouvelles idées ou des conceptions en s'appuyant sur leurs connaissances actuelles.
- **Apprentissage situé** : l'apprentissage peut être renforcé dans un contexte ou environnement réel.
- **Apprentissage collaboratif** : l'apprentissage peut être renforcé par l'interaction sociale.

- **Apprentissage informel et tout au long de la vie** : l'apprentissage se produit hors d'un environnement dédié ou hors d'un cours formel.
- **Support de l'apprentissage et de l'enseignement** : les technologies mobiles ne sont pas forcément exploitées pour l'apprentissage, elles peuvent aussi assister à supporter les activités d'apprentissage.

1.2.2.3 Classification selon le support de contexte

Comme il y a de nombreuses classifications variées, une activité d'apprentissage mobile ou un système d'apprentissage mobile peuvent adresser une ou plusieurs catégories issues des classifications ci-dessus. Une activité d'apprentissage mobile ou un système d'apprentissage mobile peut également combiner une ou plusieurs catégories même dans le même système de classification.

Chacun peut classer l'apprentissage mobile selon son indicateur favori. Nous nous intéressons à classer l'apprentissage mobile selon la sensibilité au contexte. Il y a tout d'abord un type d'apprentissage mobile très caractéristique, qui ne prend pas en compte l'environnement ou le contexte de l'apprenant, par exemple un élève utilise son PDA pour apprendre les mots d'anglais, il n'y a pas de différence s'il est à la maison ou dans un train.

Le second cas, dans lequel l'apprentissage mobile prend en compte l'environnement sous forme de localisation géographique, qui est également très caractéristique. Par exemple, dans le musée, un visiteur utilise un dispositif pour regarder la présentation de l'œuvre d'art devant laquelle il se trouve. L'apprentissage a donc une relation forte avec le contexte (l'œuvre d'art) et l'environnement (le musée). On appelle ce type d'apprentissage mobile **l'apprentissage mobile contextuel** ou **l'apprentissage mobile situé** (*contextuel or context-aware mobile learning, situated mobile learning*). Nous allons étudier ce type important de l'apprentissage dans le chapitre II.

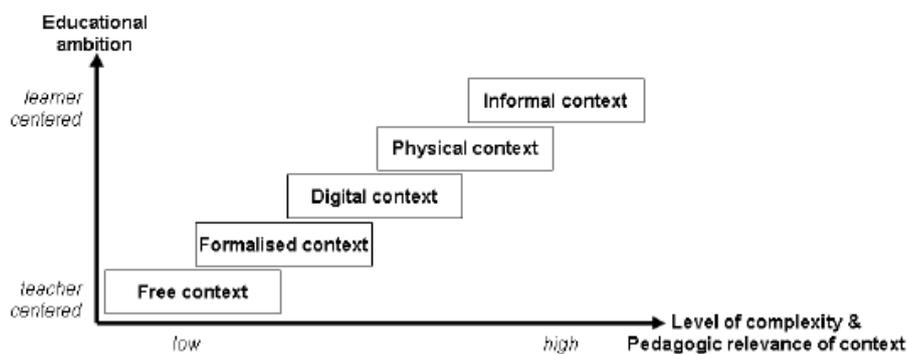


Figure 5 : Classification de l'apprentissage selon le contexte

[Frohberg, 2006] a proposé une classification plus détaillée pour l'apprentissage mobile selon le contexte. Il distingue les systèmes de l'apprentissage mobile en cinq catégories : **contexte libre**, **contexte formalisé**, **contexte numérique**, **contexte physique**, **contexte informel**. Les catégories sont

listées selon le niveau de complexité, la pertinence pédagogique de contexte et l'ambition éducationnelle, comme décrit dans la Figure 5.

- **Contexte libre** : l'apprentissage ne considère pas le contexte de l'apprenant comme relatif à l'activité de l'apprentissage.
- **Contexte formalisé** : l'apprentissage se produit dans un programme scolaire prédéfini, offert par un établissement scolaire et guidé par un tuteur.
- **Contexte numérique** : l'apprentissage se produit avec l'aide de l'ordinateur dans un environnement éducatif.
- **Contexte physique** : l'apprentissage situé et coopératif se passe dans un environnement réel.
- **Contexte informel** : l'apprentissage se passe dans différentes situations. Le contexte comprend non seulement le contexte physique, mais aussi les relations sociales, les attitudes, les émotions d'apprenants ou autres dimensions.

1.3 Dispositifs et plateformes mobiles

1.3.1 Dispositifs mobiles

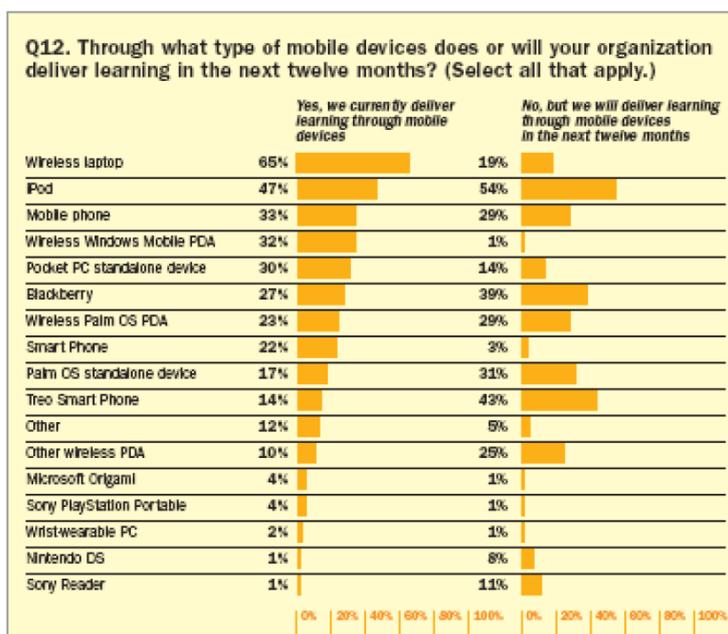


Figure 6 : Les dispositifs mobiles (d'après *E-Learning Guild 2006*)

Un **dispositif mobile** est un appareil informatique portable, qui a souvent un écran et une interface d'entrée/sortie, avec des dispositifs d'interaction nécessaires ou accessoires. L'*E-learning Guild* a enquêté sur l'utilisation des dispositifs favoris par les internautes pour l'apprentissage mobile. Une liste (Figure 6) est présentée ci-dessous, elle couvre presque tous les dispositifs mobiles utilisés dans

le monde en 2006. iPod, smartphone, et téléphones mobiles sont les dispositifs les plus aimés pour apprendre dans un futur proche.

Les dispositifs mobiles populaires peuvent être classés selon leurs caractéristiques comme ci-dessous :

Tablet PC et des ordinateurs portables de petite taille comme, **UMPC**, **laptop**, **netbook**, etc. Ces dispositifs sont équipés de connexion réseau sans fil comme Wi-Fi, Bluetooth, 3G, etc. Leur puissance de processeur, la résolution d'écran, la mémoire du système sont suffisants pour utiliser la plupart des contenus multimédia. Le seul inconvénient est que leur mobilité est moins importante que celle d'un PDA et d'un téléphone mobile, mais en même temps, plus que l'ordinateur portable.

PDA (*Personal Digital Assistant*). Le PDA a une petite taille mais une puissance de processeur significative. Il peut reconnaître l'écriture manuscrite et peut réaliser beaucoup de tâches quotidiennes. Normalement, il a un écran plus grand qu'un smartphone.

Téléphone portable. Les téléphones portables peuvent être utilisés pour la communication vocale et pour l'envoi de messages textuels (SMS). Leur puissance informatique et le débit de transfert sont faibles. Mais avec la commercialisation de la 3G, les téléphones mobiles ont la possibilité d'accéder à Internet via les technologies WAP, GPRS ou 3G, etc.

Smartphone. Les smartphones combinent les capacités du PDA et des téléphones portables. Ils ont des techniques d'interactions les plus modernes comme l'écran tactile multipoint de type iPhone. La puissance de processeur et la mémoire sont aussi en croissance constante. Plusieurs types de systèmes d'exploitation sont utilisés comme Windows mobile, Windows CE, Symbian, Linux mobile, Palm, Android, etc.

D'autres dispositifs comme les **baladeurs multimédia personnels** (MP3, MP4,...) ou les **consoles de jeux portables** (Sony PSP, Nintendo DS) sont aussi considérés comme dispositifs mobiles, car ils ont une capacité de lecture de fichiers multimédia et une mémoire suffisante.

1.3.2 Systèmes d'exploitation mobiles

Tablette PC et UMPC ont un système d'exploitation **Microsoft Windows XP Tablet PC Edition**, ainsi ils ont toutes les fonctionnalités de Microsoft Windows XP avec un support d'un écran tactile et du stylet.

Symbian OS est un système d'exploitation le plus utilisé pour des smartphones et PDA, qui a été conçu par Symbian Ltd. Symbian OS fournit les fonctionnalités essentielles du système d'exploitation, notamment le cœur du système, ainsi que les API communes et une interface utilisateur de référence. Il a été adopté par différents fabricants de téléphones portables de 2G et 3G (Nokia, Sony Ericsson, Motorola, Samsung, etc.). Les principales interfaces utilisateur sont S60 série (pour clavier

numérique), UIQ (pour écran tactile), S80 série (pour clavier alphanumérique), etc.

iPhone OS est un système d'exploitation conçu par Apple, qui est dérivé de Mac OS X. La sortie d'iPhone OS 2.0 en Juin 2008 permet de supporter des applications tierces. Il fonctionne sur iPhone et iPod Touch et a pris une part significative du marché.

Windows mobile et **Windows CE** sont développés par Microsoft pour les smartphones et Pocket PC. Il propose des applications basiques comme email, Internet, chat et multimédia, etc., les applications tierces développées avec .NET Compact Framework sont également supportées.

BlackBerry OS est un système d'exploitation qui fonctionne sur le smartphone BlackBerry. Il permet aux développeurs de mettre en place des applications en utilisant les APIs BlackBerry, mais toute application doit être signée numériquement par le compte RIM du développeur.

Les autres systèmes d'exploitation comme **Linux**, **Android** (par Google), **Palm OS** occupent aussi une place du marché. Avec la popularité de smartphones et les services de plus en plus riches, les plateformes mobiles sont en grande augmentation d'année en année. [Canalys, 2008] a publié un sondage pour montrer l'émergence et la distribution du marché de plateformes mobiles (Tableau 6).

Worldwide smart phone market					
Market shares Q3 2008, Q3 2007					
OS vendor	Q3 2008 shipments	% share	Q3 2007 shipments	% share	Growth Q3'08/Q3'07
Total	39,850,100	100.0%	31,156,240	100.0%	27.9%
Symbian	18,583,060	46.6%	21,219,390	68.1%	-12.4%
Apple	6,899,010	17.3%	1,107,460	3.6%	523.0%
RIM	6,051,730	15.2%	3,298,090	10.6%	83.5%
Microsoft	5,425,470	13.6%	3,797,360	12.2%	42.9%
Linux	2,028,490	5.1%	1,361,810	4.4%	49.0%
Others	862,340	2.2%	372,130	1.2%	131.7%

Source: Canalys estimates, © canalys.com ltd. 2008

Tableau 6 : Émergence et la répartition du marché en 2008 (d'après [Canalys, 2008])

1.4 Exemples d'architectures représentatives d'apprentissage mobiles

1.4.1 Une architecture basée sur le protocole WAP

Les dispositifs mobiles comme les téléphones portables supportent souvent le protocole WAP pour l'accès à Internet. [Motiwalla, 2007] a proposé une architecture simple pour l'apprentissage basé sur

le protocole WAP, et qui fonctionne sur les téléphones portables ou d'autres dispositifs mobiles/fixes.

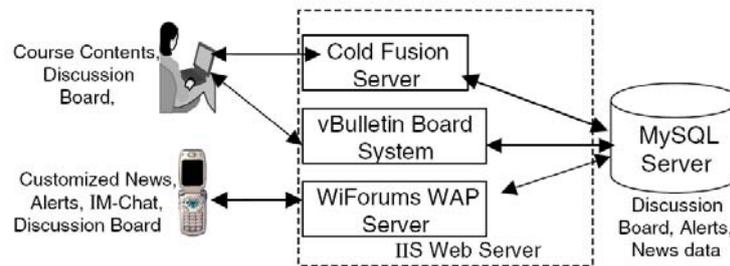


Figure 7 : Architecture de l'apprentissage basée sur le protocole WAP (d'après [Motiwalla, 2007])

Le serveur Cold Fusion livre le contenu de cours par *IIS Web Server* à l'ordinateur personnel. Le *vBulletin Board System* fournit l'accès au forum de discussion via l'ordinateur personnel, et le *WiForums WAP Server* fournit l'accès aux multiservices via la plateforme WAP par téléphone portable. Toutes les ressources de contenu sont stockées dans une base de données MySQL (Figure 7).

Le système supporte deux rôles d'utilisateurs : élève et instructeur. Pour chaque rôle, les dispositifs mobiles/fixes peuvent être utilisés pour accéder au système. L'élève a un login utilisateur normal, et l'instructeur a un login administratif pour la configuration et la gestion du contenu d'apprentissage. Les utilisateurs peuvent interagir avec le contenu d'apprentissage et communiquer par échange de messages ou par le forum.

1.4.2 Une architecture classique basée sur le protocole http

Internet et le protocole http peuvent toujours fournir un support de communications à distance pour les activités d'apprentissage. [Sharlples, et al., 2002] ont proposé une architecture schématique pour l'apprentissage mobile, qui permet aux utilisateurs d'utiliser des dispositifs mobiles ou fixes pour accéder aux ressources d'apprentissage. Le schéma de l'architecture est décrit dans la Figure 8.

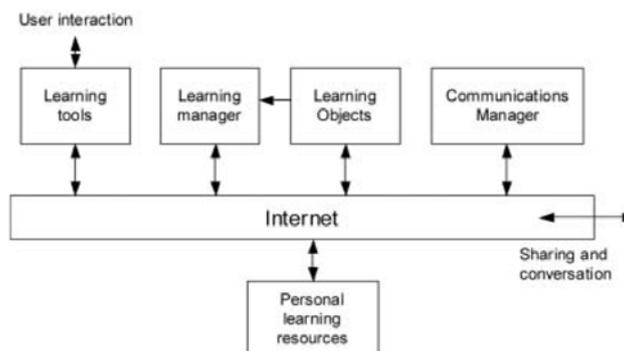


Figure 8 : Architecture pour l'apprentissage mobile sur Internet (d'après [Sharlples, et al., 2002])

Les utilisateurs interagissent avec des dispositifs mobiles/fixes et d'autres accessoires comme notebook, téléphone portable, caméra, etc.

Les ressources d'apprentissage personnelles sont composées par des liens vers des objets d'apprentissages organisés, les profils d'utilisateurs, le calendrier, etc. Les objets d'apprentissages sont des fichiers XML, qui sont créées par les utilisateurs ou les tuteurs, et distribuées sur Internet. Les métadonnées sont utilisées pour distinguer les ressources d'apprentissage et les résultats des activités d'apprentissage.

Le gestionnaire d'apprentissage peut stocker dans un cache local des objets d'apprentissage, et déployer un agent de l'application pour rechercher, gérer, et filtrer les objets d'apprentissage.

Le gestionnaire de communication permet aux utilisateurs des communications collaboratives par la voix, les données, ou d'autres moyens. Il est chargé aussi de contrôler le partage des ressources d'apprentissage.

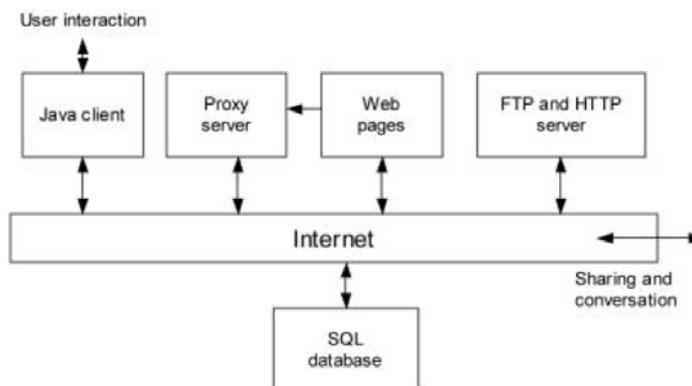


Figure 9 : Implémentation de l'architecture (d'après [Sharlples, et al., 2002])

L'architecture a été implantée comme un ensemble de communications entre modules via le protocole http (Figure 9). Un client Java contrôle l'interaction utilisateur. Les ressources d'apprentissages personnelles sont stockées dans une base de données SQL. Un serveur proxy récupère les objets d'apprentissage locaux, ou des pages web. Le serveur FTP et http gèrent le partage et le transfert des ressources d'apprentissage.

1.4.3 Une architecture basée sur le modèle en couches

Comme les systèmes d'apprentissage mobile sont dans la majorité des cas liés à l'environnement d'interconnexion Internet, le modèle TCP/IP en couches sert souvent de référence. [Anani, et al., 2008] proposent une architecture du point de vue du modèle en couches. Ils divisent un système d'apprentissage mobile en quatre couches : couche application d'apprentissage, couche transport, couche réseau, couche liaison de données. L'architecture de l'apprentissage mobile peut être décrite

comme indiqué dans Figure 10, par rapport au modèle TCP/IP.

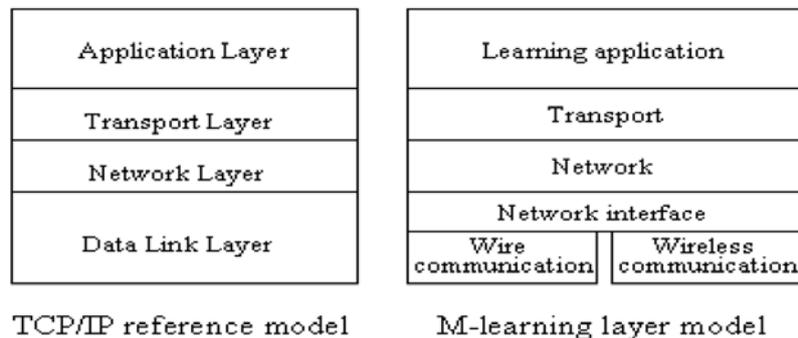


Figure 10 : Le modèle en couche de l'apprentissage mobile

En considérant ce modèle, une architecture générale de l'apprentissage mobile est proposée (Figure 11). Les fichiers XML sont utilisés pour stocker le contenu, les profils d'utilisateurs, et les révisions du contenu multimédia et des caractéristiques des matériels. Les feuilles de style XSLT sont utilisées pour traduire les modèles XML en pages web. Différents types de dispositifs mobiles peuvent être supportés, comme les PDA, les téléphones portables, etc.

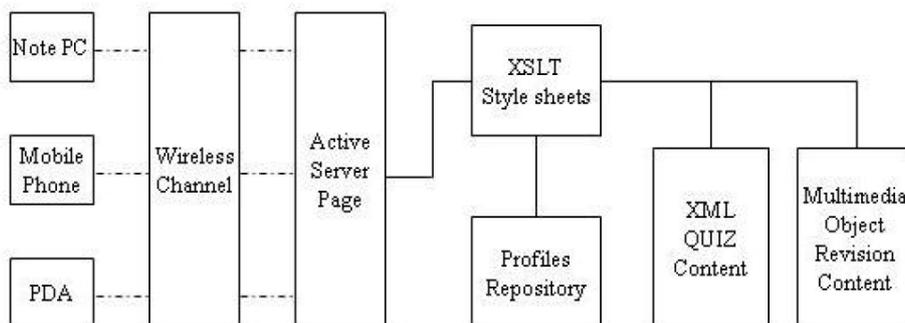


Figure 11 : Architecture de l'apprentissage d'après [Anani, et al., 2008]

1.4.4 Une architecture développée sur la plateforme de l'e-apprentissage

Dans l'article écrit par [Trifonova, et al., 2004], les auteurs pensent qu'un système d'apprentissage mobile peut être exploité sur les plateformes de l'e-apprentissage en ajoutant de nouvelles fonctionnalités des technologies mobiles. Ils proposent ainsi une architecture de l'apprentissage mobile avec des caractéristiques suivantes :

- se baser sur des plateformes de haut niveau pour l'e-apprentissage, c'est-à-dire considérer

l'apprentissage mobile comme une extension d'un LMS (*Learning Management System*) traditionnel et fournir les services adaptés aux utilisateurs mobiles.

- être général. Cela veut dire que le système supporte tous les services de l'e-apprentissage et tous les services de l'apprentissage mobile.
- être générique. Cela veut dire qu'il est facilement extensible par l'ajout de dispositifs différents et notamment de dispositifs mobiles de la nouvelle génération comme les smartphones ou les PDA.

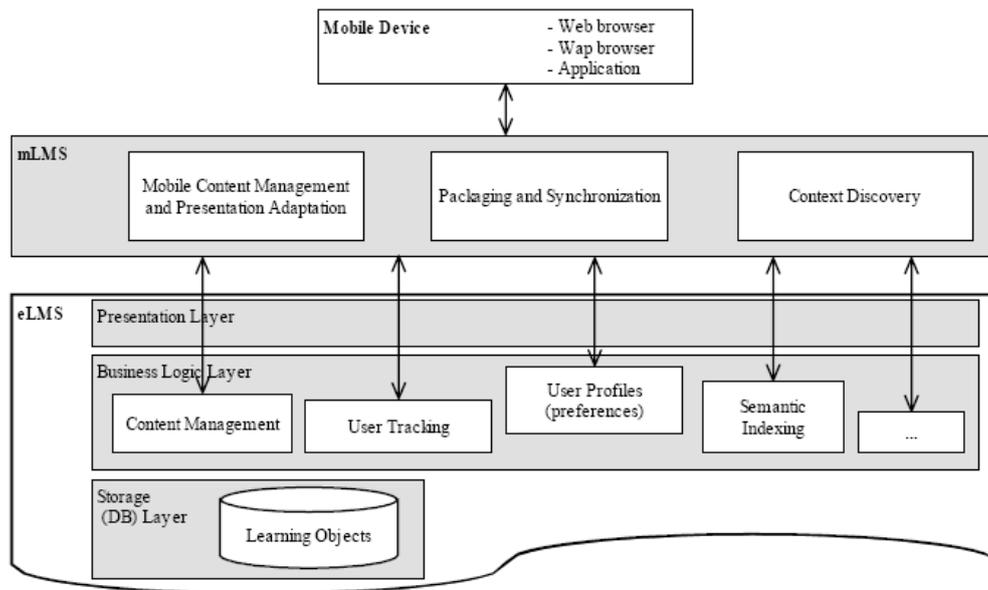


Figure 12 : Architecture général et générique de l'apprentissage mobile (d'après [Trifonova, et al., 2004])

Comme présenté dans la Figure 12, l'architecture est composée de deux couches, une couche eLMS (*e-Learning Management System*) et une couche mLMS (*m-Learning Management System*).

Dans la couche traditionnelle eLMS, les fonctionnalités peuvent être groupées en quatre catégories : les ressources d'apprentissage, les services d'apprentissage spécifiques, les services communs et la présentation.

- Les ressources d'apprentissage
 - Le support de l'objet d'apprentissage (*Learning Object, LO*).
 - Le support de tests et quiz.
 - Le support de métadonnées d'apprentissage.
- Les services d'apprentissage spécifiques
 - Les services de gestion de contenu.
 - Autoévaluation.
 - Les services d'édition de ressources.
- Les services communs
 - Support des acteurs différents (élèves, profs, tuteurs, administrateurs, etc.).
 - Collaboration.

- Gestion d'événements (calendrier, horaire, etc.).
- La présentation
 - Présentation de contenu.
 - Suivi et surveillance d'utilisateur et d'activité.

Dans la couche mLMS, trois blocs sont ajoutés au dessus de la couche eLMS : la découverte de contexte, l'emballage et la synchronisation, la gestion de contenu mobile et l'adaptation de présentation :

- La découverte de contexte détecte les dispositifs, leurs capacités et leurs limitations (hardware et software) et consulte les services disponibles. Différentes méthodes et systèmes de contextualisation peuvent être ajoutés comme GPS ou technologies RFID.
- La gestion de contenu et l'adaptation de présentations sont chargées de sélectionner les services disponibles en adéquation avec les capacités des dispositifs et de les adapter.
- L'emballage et la synchronisation sont utilisés pour supporter les scénarios déconnectés. Pour les opérations hors-ligne, le système continue à suivre les activités d'utilisateurs et retourne les statistiques au LMS.

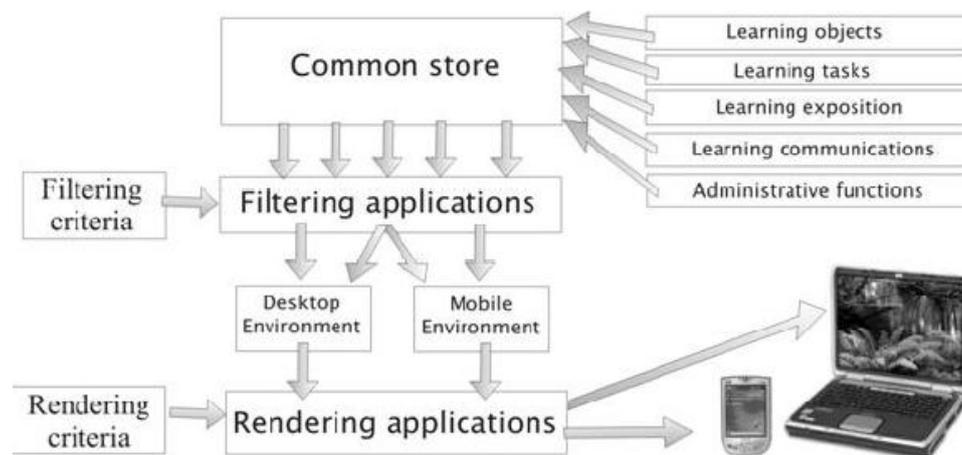


Figure 13 : Adaptation des services et de contenu (d'après [Trifonova, et al., 2004])

Pour la gestion de contenu et l'adaptation de présentation, une architecture est proposée ci-dessous (Figure 13). Le *Common store* est un endroit où les objets d'apprentissage, les tâches d'apprentissage, les présentations d'apprentissage, etc. sont stockés pour être accédés à l'aide du dispositif mobile ou fixe. Tous les objets sont filtrés par *Filtering applications* selon un ensemble de critères de filtrage. Ces critères comprennent par exemple l'information pour déterminer si un objet peut être utilisé sur un dispositif mobile particulier, etc.

C'est une architecture en deux couches qui permet l'extensibilité et la flexibilité pour supporter des activités d'apprentissage différentes. Chacun peut développer et compléter cette architecture pour une situation précise selon les besoins et les contraintes.

1.4.5 Une architecture sensible au contexte d'apprentissage

Parmi de nombreux systèmes d'apprentissage sensibles au contexte d'apprentissage (contextuel), nous avons choisi un exemple représentatif de ce type de systèmes. Une caractéristique commune des systèmes sensibles au contexte est d'avoir un module de contextualisation pour adapter l'activité d'apprentissage et le contenu aux contextes d'utilisateurs.

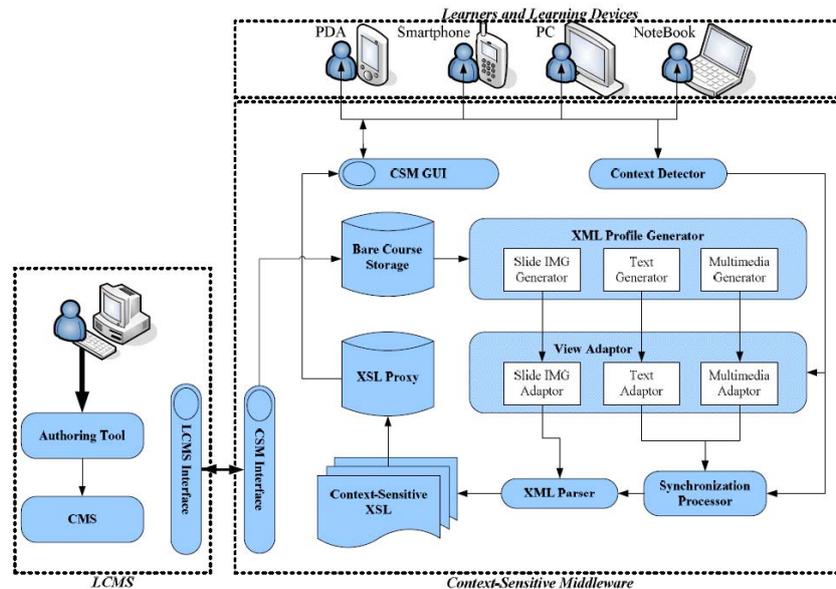


Figure 14 : Architecture du système *Context-Sensitive Middleware* (d'après [C.Chu, et al., 2005])

Le système proposé par [C.Chu, et al., 2005] est une architecture typique de systèmes contextuels. Il comprend un LCMS (*Learning Content Management System*), qui est développé sur les technologies de l'e-apprentissage. Le contenu stocké dans ce système correspond aux standards de l'e-apprentissage, décrit par des fichiers XML. Pour adapter le contenu au contexte mobile, un module CSM (*Context-Sensitive Middleware*) est ajouté entre le LCMS et les dispositifs mobiles (Figure 14).

Le *XML Profile Generator* est utilisé pour analyser le contenu original du LCMS, et le transfère en unités XML selon leurs formats (texte, image, multimédia). Ceci est nécessaire car le contenu original est conçu pour l'ordinateur personnel, mais pas pour les dispositifs mobiles.

Le *View Adaptor* est utilisé pour adapter les unités XML aux formats appropriés pour les dispositifs mobiles différents. Il travaille avec l'aide du *Context Detector*, qui peut détecter les capacités du dispositif visé et sélectionne le fichier XSL approprié pour les unités XML, pour que les formats puissent être supportés par le dispositif.

Les formats du contenu sont connectés et transformés par le *Context-Sensitive XSL*, qui les combine dans le *XSL Proxy* selon le navigateur supporté par le dispositif.

1.4.6 Synthèse sur les architectures de l'apprentissage mobile

Nous avons présenté les principales caractéristiques de l'apprentissage mobile. Pour synthétiser nos propos, nous avons choisi de comparer les différentes architectures introduites dans la section précédente en s'appuyant sur les critères significatifs. Nous nous intéressons particulièrement à la gestion des ressources d'apprentissage, le support des dispositifs mobiles, le support d'utilisateurs multi-rôle, la sensibilité au contexte d'apprentissage, la collaboration parmi les utilisateurs, la connexion réseau. Nous listons les architectures avec l'évaluation de ces critères dans Tableau 7. Dans le tableau, nous trouvons que les ressources d'apprentissage en XML sont plus favorables pour s'adapter aux plateformes différentes, des métadonnées. Les critères Multi-rôle, Contextuel, Collaboration et Communication s'inscrivent dans le cadre MOCOCO. Evidement une seule architecture ne peut pas satisfaire tous les critères. Parmi ces exemples, l'architecture de Trifonova supporte le plus de critères que nous avons identifiés comme pertinents.

Architecture	Ressources d'apprentissage	Dispositifs	Multi-rôle	Contextuel	Collaboration Communication
Motiwalla, 2007	Messages Alertes	PC Téléphone mobile	oui	non	oui
Sharples, 2002	XML Métadonnées	non défini	non	non	oui
ANANI, 2008	XML	PC PDA Téléphone mobile	non	non	non
Trifonova, 2004	XML Métadonnées	non défini	oui	oui	oui
C.Chu, 2005	XML	PC PDA Smartphone Notebook	non	oui	non

Tableau 7 : Comparatif des architectures de l'apprentissage mobile

1.5 Conclusion du chapitre I

Ce chapitre I a présenté l'apprentissage mobile dans sa généralité. Comme l'apprentissage mobile est un domaine de recherche très jeune et en plein développement, surtout sous l'influence du développement des technologies mobiles, nous ne sommes pas surpris d'avoir constaté des divergences même au niveau des grands arguments comme les définitions ou les classifications de

l'apprentissage mobile. Mais les problématiques communes de l'apprentissage mobile existent et interviendront tôt ou tard. En attendant, parmi les caractéristiques, la mobilité, le contexte, et la collaboration, sont toujours des points essentiels à étudier par les chercheurs. Les théories d'apprentissage constituent aussi une approche importante à étudier en connexion avec les apports des technologies mobiles, car un système d'apprentissage doit prendre en considération les comportements et les réflexions fondamentales des utilisateurs pendant les activités d'apprentissage.

Nous avons présenté et comparé les architectures représentatives de l'apprentissage mobile. Chaque architecture reflète des caractéristiques ciblées pendant sa conception. Notre objectif de travail devient clair ainsi que nos caractéristiques ciblées : concevoir un système d'apprentissage mobile qui supporte les caractéristiques MOCOCO pour renforcer les expériences d'apprentissage dans des situations industrielles ou professionnelles.

Chapitre II. Contexte et contextualisation dans l'apprentissage mobile

Les travaux de recherche dans l'apprentissage mobile étudient de façon soutenue la nature du contexte d'apprentissage. Dans la littérature sur l'apprentissage mobile, la nature du contexte d'apprentissage est discutée en combinant les perspectives pédagogiques et technologiques. Le but de ce chapitre est de relater les travaux de recherche et de prendre le contexte d'apprentissage dans le sens suivant : le contexte permet d'utiliser les technologies mobiles pour assister les apprenants et adapter les ressources d'apprentissage en relation avec une situation particulière. Un système qui prend en compte le contexte est appelé un **système contextuel** ou *context-aware*. Le processus de l'adaptation au contexte est appelé **contextualisation** ou *context-awareness*. Dans ce mémoire, nous utilisons les termes « système contextuel » et « système context-aware » comme équivalents pour décrire un système, il en est de même pour « contextualisation » et « contexte-awareness » pour décrire le processus d'adaptation au contexte.

II.1 Contexte et apprentissage mobile

Comme la mobilité est liée à l'apprentissage mobile, les dispositifs mobiles, la capacité, la connectivité, l'utilisateur et l'environnement peuvent tous changer au fil du temps et du lieu. C'est-à-dire l'ensemble de l'apprentissage change, ou le contexte d'apprentissage peut changer tout le temps. Un défi de l'apprentissage mobile est d'exploiter des applications qui peuvent s'adapter dynamiquement aux situations différentes d'apprentissage.

Le contexte d'apprentissage est un aspect crucial dans l'apprentissage mobile. Pour un système d'apprentissage, l'objectif final est toujours de mettre à disposition de l'utilisateur des ressources d'apprentissage appropriées selon le contexte. Il faut donc déterminer selon le contexte quelles ressources à envoyer, de quelle manière, à quel moment, sur quelle interface, etc. Tout le processus d'apprentissage doit s'adapter à ces changements de contexte. Cependant, la contextualisation dans l'apprentissage n'est pas facile à atteindre. La diversité des technologies mobiles et la dynamique dans des environnements mobiles compliquent le processus de contextualisation.

Dans [Wang, 2004], l'apprentissage mobile contextuel (*CML-Contextuel Mobile Learning*) est nommé *CAML (Context-Aware Mobile Learning)*. Les apprenants utilisent des dispositifs mobiles, qui sont augmentés par des senseurs matériels, comme récepteur GPS, WLAN, le lecteur RFID, la caméra, etc., et des senseurs logiciels, comme le gestionnaire de la congestion de réseaux, l'analyseur de web log, l'analyseur de comportement, etc. Ces senseurs peuvent détecter la localisation, l'activité, la connectivité, l'état d'apprenant, etc. Le système *CAML* examine le contexte d'apprentissage capturé, et réagit à l'environnement d'apprentissage. Des ressources d'apprentissage contextualisées

sont présentées à l'apprenant en fonction du contexte.

L'adoption du context-aware dans l'apprentissage mobile est devenue un sujet important dans ce domaine. Des applications et des discussions sur l'apprentissage mobile contextuel émergent de jour en jour. *Symantic Web* introduit par [Kim, et al., 2008], peut fournir des services du web dynamiques, personnalisés, et intelligents à l'utilisateur. [Ogata, et al., 2004] a présenté un système pour aider l'apprentissage du Japonais dans les situations réelles, qui peut fournir aux apprenants des expressions appropriées selon des contextes différents. Dans [Rogers, et al., 2005], les apprenants peuvent non seulement obtenir des données, des sons, des images sur place par l'observation, mais aussi ils peuvent obtenir les informations relatives aux activités via un réseau sans fil. [Joiner, et al., 2006] présente une application qui peut fournir aux étudiants des explications vocales en fonction des activités effectuées en conditions réelles.

Dans la plupart des applications, les chercheurs ont indiqué que la localisation et le temps sont deux éléments fondamentaux pour décrire et reconnaître le contexte d'apprentissage. Mais en même temps, des arguments sur les éléments nécessaires pour décrire un contexte d'apprentissage parfait n'ont jamais cessé d'évoluer.

II.1.1 Définition du contexte

La compréhension du contexte est le premier pas vers son utilisation efficace. La plupart des chercheurs et des éducateurs a une idée générale sur ce qu'est le contexte, et utilise cette idée pour guider la mise en place de la prise en compte du contexte. Différents chercheurs ont proposé des définitions différentes du contexte selon leurs points de vue. Malgré grandes discussions menées depuis plusieurs années, il est encore difficile de les mettre tous d'accord pour arriver à une définition généralement partagée. A travers de nombreux articles de recherche, nous allons tenter de comprendre la situation, et progressivement dégager une définition sur la quelle nous allons nous appuyer.

II.1.1.1 Quelques définitions représentatives

Le terme «contexte» est souvent utilisé dans notre langue habituelle, mais son utilisation dans les domaines scientifiques ne peut pas être claire s'il n'y a pas une définition précise. Normalement, quand on parle du contexte, il est souvent équivalent à l'ambiance, l'association d'acteurs concernés, les circonstances, les conditions climatiques, géographiques, temporelles, l'environnement, la situation particulière, ou le scénario type. Dans l'informatique mobile et l'apprentissage mobile, les chercheurs ont beaucoup contribué à la compréhension du terme contexte.

Selon la compréhension de [Moran, et al., 2001], le contexte est implicite alors que les interactions avec un système sont explicites. Le contexte peut être utilisé pour interpréter les actes et rendre l'apprentissage plus efficace. Les informations sur le contexte d'utilisation ne sont utilisables

seulement si elles peuvent être interprétées avec discernement. Il est donc important de trouver le rôle du contexte.

Dans l'article qui a introduit le terme « context-aware » ([Schilit, et al., 1994b]), le contexte est considéré comme la localisation, l'identité des personnes et des objets autour, et les changements de ces objets. Dans une définition similaire, [Brown, et al., 1997] définit le contexte comme la localisation, les identités des personnes autour de l'utilisateur, l'heure, la saison, la température, etc. Quand [Dey, 1998] donnait la première définition du contexte, il énumérait aussi le contexte comme le statut émotionnel, le statut de concentration, la localisation et l'orientation, la date et l'heure, les objets, et les personnes dans l'environnement de l'utilisateur. Ces définitions écrivent le contexte par exemples et sont difficiles à utiliser quand on a un type d'information qui n'est pas dans la liste mais semble utile.

Certaines définitions du contexte donnent simplement des synonymes pour le contexte, par exemple, référer le contexte à l'environnement ou la situation. Comme décrit dans [Brown, 1996], le contexte exprime des éléments de l'environnement d'utilisateur que l'ordinateur peut reconnaître. Dans [Hull, et al., 1997] le contexte est défini comme les aspects de la situation courante.

[Schilit, et al., 1994a] cite les aspects importants du contexte : où on est, avec qui on est, quelles sont les ressources à proximité. Ils ont dégagé les éléments suivants pour décrire le contexte :

- Contexte du dispositif : processeurs disponibles, dispositifs accessibles pour l'interaction input/output, capacité de réseau, connectivité, coût de dispositifs.
- Contexte de l'utilisateur : localisation, personnes à proximité, situation sociale.
- Contexte physique : niveau de bruit et de luminosité.

La définition de [Dey, 2000] a été beaucoup citée depuis son apparition : « *Context is any information that can be used to characterize the situation of an entity. An entity is a person, place, or object that is considered relevant to the interaction between a user and an application, including the user and application themselves* ». Dans sa définition, Dey souligne que certains types de contexte sont les plus importants : localisation, identité, temps, et activité.

Cette définition a attiré beaucoup de critiques ou propositions à se parfaire. [Dourish, 2004] propose de faire plus attention à l'activité humaine, et [Chalmers, 2004] indique que l'historique influence l'activité en cours. Il propose que l'expérience et l'historique d'un individu fassent partie du contexte en cours.

[Greeberg, 2001] note aussi un point critiquable. Il propose que le contexte soit une structure dynamique. La période de temps, les épisodes d'utilisation, les interactions sociales, et les objectifs peuvent évoluer sans cesse.

Dans l'article de [Luckin, 2005], le contexte est défini comme « Écologie de ressources », un

ensemble d'éléments de ressources inter-liées. Les interactions entre les éléments peuvent fournir un contexte particulier. La définition a deux dimensions à la fois : une dimension statique, selon laquelle les ressources peuvent être identifiées et catégorisées ; une dimension dynamique qui décrit l'organisation des activités qui activent les ressources et forment une écologie centrée sur l'apprenant.

[Halin, et al., 2005] introduisent le terme de contexte de coopération, et la notion de point de vue. Ils prennent en compte toutes les entités en interaction dans le contexte : acteurs, activités, documents et projet. Ils définissent le contexte selon deux points de vue : le point de vue global et le point de vue local. Le point de vue local représente les informations nécessaires pour l'interaction locale, mais pas l'importance pour les autres utilisateurs. Le point de vue global représente les informations que doivent partager tous les utilisateurs en collaboration.

II.1.1.2 Synthèse des définitions du contexte

Après avoir vu les différentes définitions proposées antérieurement, nous avons une compréhension du contexte et des approches de l'utilisation du contexte. Dans nos perspectives, nous ne proposons pas une nouvelle définition pour le contexte, mais nous proposons de faire une collection d'éléments du contexte qui seront pris en compte dans notre approche.

Pour nous, le contexte est un ensemble d'informations qui concernent les utilisateurs, les environnements et les activités, qui pourront être utilisées pour faciliter des tâches de l'utilisateur et les activités d'apprentissage. Nous listons les éléments du contexte par catégorie dans le Tableau 8. Dans notre vision, il est nécessaire pour nous de définir un modèle de contexte d'apprentissage qui comprend les informations utiles à prendre en compte lors de la conception du système.

Utilisateur	identité, rôle, coordonnées, âge, sexe, préférences, expérience, niveau d'éducation, position sociale, historique d'apprentissage, réseau social, etc.
Dispositif	capacité de processeur, manière d'interaction (output, input), système d'exploitation, logiciel, interface, batterie, mémoire, connectivité, accessoires, taille, poids, portabilité, coût, etc.
Environnement	mobilité, localisation (maison, bureau, usine, rue, transport, etc.), temps, luminosité, bruit, etc.
Activités	objectif, tâche, outils, objet à manipuler, services disponibles, etc.
Collaboration	contexte d'autres utilisateurs, processus, mode de collaboration (synchrone, asynchrone), services de collaboration, etc.

Tableau 8 : Éléments du contexte par catégorie

II.1.2 Modélisation de contexte

Dans la littérature qui concerne le modèle de contexte, le modèle clé-valeur de [Schilit, et al., 1994a] est un modèle le ancien et le plus simple à utiliser. Après ce modèle, de plus en plus de modèles représentatifs apparaissent. Les modèles sont souvent classés par les schémas de structure de données, qui sont utilisés pour décrire et transmettre l'information contextuelle. Dans l'étude de [Strang, et al., 2004], six catégories de modélisation de contexte sont introduites. Nous allons passer en revue ces approches représentatives de modélisation de contexte et quelques exemples correspondants.

II.1.2.1 Approches de la modélisation de contexte

Modèle clé-valeur. Dans le système de [Schilit, et al., 1994a], ils utilisent des paires clé-valeur pour modéliser le contexte. Dans cette approche, une variable d'environnement est considérée comme la clé, et la valeur de la variable représente les données de l'information contextuelle. Les services sont souvent décrits avec une liste d'attributs sous forme de couples clé-valeur, en vue de découvrir et caractériser les services. Généralement, ce modèle est simple et facile à utiliser. Un exemple d'application est donnée par [Maa, 1997] pour décrire l'information de localisation.

Modèle schéma de balisage. Dans cette approche de modélisation de contexte il s'agit de baliser l'information contextuelle en structure hiérarchique avec des attributs et contenus. Le contenu de balise qui est souvent récursivement défini par d'autres balises. Ces approches sont souvent basées avec des langages comme XML (*Extensible Markup Language*), qui sont dérivés de SGML (*Standard Generic Markup Language*).

Les modèles de ce type peuvent souvent être considérés comme des extensions de *Composite Capabilities / Preferences Profiles (CC/PP)* et *User Agent Profiles (UAProf)*. Un exemple est proposé par [Indulska, et al., 2003], qui utilise des arbres composant-attribut pour lier les éléments de contexte, comme la localisation, les caractéristiques de réseaux, des besoins, etc. Un exemple de cette approche est *Comprehensive Structured Context Profiles (CSCP)* proposé par [Held, et al., 2002], comme ci-dessous :

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
<SessionProfile rdf:ID="Session">
<cscp:defaults rdf:resource="http://localContext/CSCPPProfile/previous#Session"/>
<device><dev:DeviceProfile>
<dev:hardware><dev:Hardware>
<dev:memory>9216</dev:memory>
</dev:Hardware></dev:hardware>
</dev:DeviceProfile></device>
```

</SessionProfile>
</rdf:RDF>

Modèle graphique. Une autre approche pour modéliser le contexte est d'utiliser les modèles graphiques. Dans [Bauer, 2003], l'auteur utilise les diagrammes UML (*Unified Modeling Language*) pour modéliser les contextes relatifs à la gestion de trafic aérien, un exemple est donné dans la Figure 15.

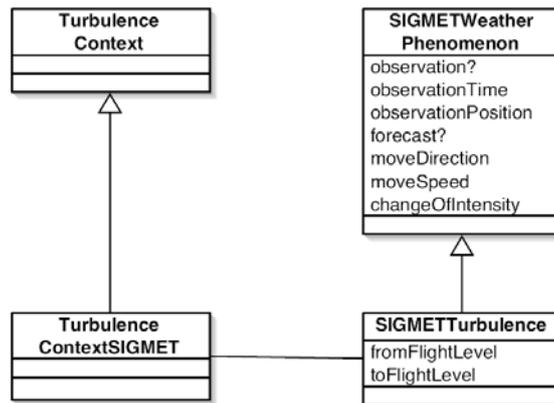


Figure 15 : Modèle de contexte décrit en diagramme UML pour turbulence (d'après [Bauer, 2003])

Un autre exemple de modèle graphique est proposé par [Henricksen, et al., 2003]. Le contexte est modélisé comme une extension de l'approche ORM (Object-Role Modeling) en fonction de la classification et les descriptions du contexte. Dans ORM, l'élément basique est appelé un *fact*, et la modélisation a besoin d'identifier les propriétés et les rôles du *fact*. [Henricksen, et al., 2003] ajoute une règle de catégorisation du *fact* selon sa persistance et source, et ajoute les dépendances du *fact*, qui expriment les relations parmi des *facts*. Un exemple est montré dans la Figure 16.

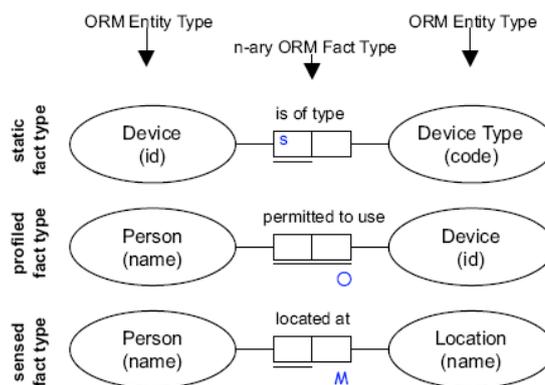


Figure 16 : Contexte Modèle étendu de l'approche ORM (d'après [Henricksen, et al., 2003])

Modèle orienté objet. Dans ce type de modèle, les détails du contexte sont encapsulés dans les objets,

et sont masqués aux autres composantes. Par exemple, [Bouzy, et al., 1997] utilise un mécanisme général orienté objet pour représenter les informations contextuelles sur les contextes temporels, spatiaux et globaux dans le jeu de Go par ordinateur.

Un exemple représentatif est présenté par [Schmidt, et al., 1999]. Ils ont défini le concept de *cue*, qui fournit une abstraction des senseurs physiques et logiques. Un *cue* est considéré comme une fonction, dont la valeur d'un seul senseur physique ou logique constitue l'entrée, fournissant une sortie symbolique, ou sub-symbolique. Un ensemble fini ou infini de valeurs possibles est défini pour chaque *cue*. La sortie de chaque *cue* dépend d'un senseur physique ou logique, mais des *cues* différents peuvent être basés sur un même senseur. Le contexte est modélisé comme une abstraction sur des *cues* disponibles. Les *cues* sont les objets qui fournissent des informations contextuelles à travers leurs interfaces, mais masquent les détails de la détermination de leurs valeurs de sortie.

Dans le projet GUIDE, proposé par [Cheverst, et al., 1999], *Active Object Model* s'inscrit aussi dans la catégorie objet. Il est désigné pour être capable de gérer une grande variété d'informations contextuelles personnelles et environnementales. Les détails de la collection et du traitement des données sont aussi capsulés dans les objets actifs, et sont masqués aux autres composantes du système.

Modèle basé sur des logiques formelles. Une logique formelle définit les conditions sur lesquelles une expression conclue ou un fait est dérivée (un processus connu sous le nom de raisonnement ou inférence) d'un ensemble des expressions ou faits. Dans un modèle de contexte basé sur des logiques formelles, le contexte est défini par conséquent comme des faits, des expressions, et des règles. L'information contextuelle est ajoutée à, mise à jour dans, et supprimée d'un système basé sur les logiques formelles en termes de faits, ou déduit des règles dans le système. Les modèles basés sur des logiques formelles sont à un haut degré de formalité.

[Mccarthy, 1993] propose un modèle *Formalizing Context* avec cette approche. Il introduit les contextes comme des entités abstraites mathématiques, avec des propriétés utiles. Il a empêché de donner une définition du contexte. En revanche, il a essayé de donner une formalisation simple qui permet de dégager des axiomes pour le bon sens des phénomènes. La relation de base dans cette approche est $ist(c,p)$, qui affirme que la proposition p est vrai (*is true*) dans le contexte c .

[Akman, et al., 1997] a donné un autre exemple représentatif pour ce type de modèle. Ils essaient de modéliser le contexte avec des types de situations, qui sont des situations ordinaires et les objets de première-classe dans *Situation Theory*. La variété de contextes différents est adressée sous forme des règles et des présupposés liés à un point de vue particulier. Ils représentent les faits liés à un contexte particulier avec des expressions exprimées par des paramètres libres soutenues par la situation type, qui correspond au contexte. Figure 17 illustre comment représenter les règles d'un contexte dans cette approche.

$$\begin{aligned}
 S_1 &= [\dot{s} \mid \dot{s} \models \ll \text{bird}, \dot{a}, 1 \gg] \\
 S_2 &= [\dot{s} \mid \dot{s} \models \ll \text{flies}, \dot{a}, 1 \gg] \\
 B &\models \ll \text{present}, \text{air}, 1 \gg \wedge \ll \text{penguin}, \dot{a}, 0 \gg \wedge \dots \\
 C &= S_1 \Rightarrow S_2 \mid B
 \end{aligned}$$

Figure 17 : Exemple de l'extension de Situation Theory (d'après [Akman, et al., 1997])

Modèle basé sur l'ontologie. L'ontologie en informatique est un ensemble structuré des termes et concepts représentant le sens d'un champ d'information, que ce soit par les métadonnées d'un espace de noms, ou les éléments d'un domaine de connaissances. L'ontologie constitue en soi un modèle de données représentatif d'un ensemble de concepts dans un domaine, ainsi que les relations entre ces concepts (voir Chapitre IV à ce sujet).

[Otzurk, et al., 1997] ont proposé une approche de la modélisation du contexte avec les ontologies. Ils ont analysé les études psychologiques sur les différences entre le rappel et la reconnaissance de plusieurs questions en combinaison avec des informations contextuelles. Ils ont proposé un modèle du contexte basé sur l'ontologie exploitant ses atouts dans le domaine de la normalisation et de la formalisation.

Aspect-Scale-ContextInformation (ASC) ([Strang, 2003]) est aussi une approche de cette catégorie. L'utilisation de l'ontologie constitue une manière uniforme pour spécifier le modèle de base de concepts, ainsi que des subconcepts et des faits, qui permettent la réutilisation et le partage des connaissances contextuelles dans un système informatique ubiquitaire. Ces connaissances contextuelles sont évaluées en utilisant des raisonneurs de l'ontologie. Le modèle est mis en œuvre avec des langages d'ontologie sélectionnée. *Context Ontology Language (CoOL)* est un langage pour décrire ce type de modèle, qui est complété par l'intégration des éléments tels que les extensions de schémas pour les services web et d'autres.

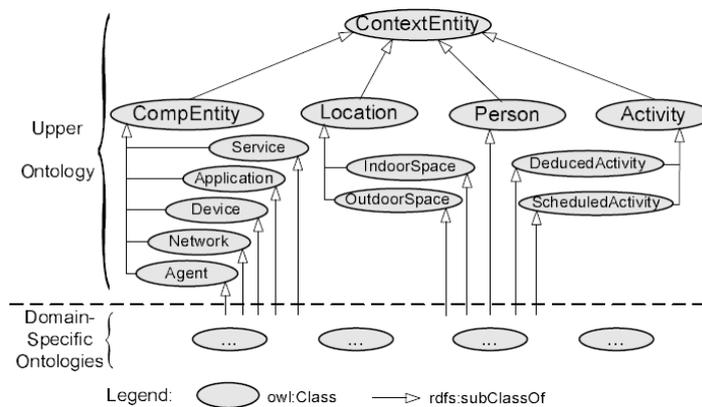


Figure 18 : Diagramme de classes hiérarchisées pour les ontologies des contextes (d'après [Gu, et al., 2004])

Dans l'article de [Gu, et al., 2004], ils ont proposé un modèle de contexte basé sur l'ontologie pour décrire une maison intelligente. Ils ont utilisé le langage OWL (*Web Ontology Language*) pour définir les ontologies et réaliser les modèles de contextes. Leur définition de contexte comprend deux niveaux (Figure 18) : *upper ontology* est une ontologie de haut niveau qui capture les concepts du contexte sur un espace physique dans environnements de l'informatique pervasive ; *domain-specific ontologies* sont une collection d'ontologies de bas niveau, qui définit les détails des concepts généraux et leurs propriétés dans chaque sous-domaine. Les *domain-specific ontologies* peuvent être ajoutées ou enlevées des *upper ontology*, par exemple, quand l'utilisateur quitte sa maison et entre dans sa voiture, l'ontologie *home-domain* est enlevée du système (désactivée), et l'ontologie *vehicle-domain* est ajoutée automatique au système (activée).

II.1.2.2 Synthèse sur la modélisation de contexte

A travers des études sur les exemples de chaque approche de la modélisation de contexte, on peut dégager leurs caractéristiques principales comme suit :

Modèle clé-valeur

- Simple et facile à utiliser
- Pas très efficace pour les perspectives de la structuration sophistiquée
- Seulement assortiment exact.
- Pas d'héritage
- Méthode de récupération : la recherche linéaire.

Modèle schéma de balisage

- Modèle basé sur XML
- *Composite Capabilities/Preference Profile* (CC/PP), *User Agent Profile* (UAProf)
- Méthode de récupération : *Markup Query Language*

Modèle graphique

- Langages UML, ORM
- Pratique pour la structuration, mais n'est pas souvent utilisé en niveau d'instance
- Méthode de récupération : transformation

Modèle orienté objet

- L'intention de l'encapsulation et de la réutilisation
- Méthode de récupération : algorithme

Modèle basé sur des logiques formelles

- Le contexte est défini comme des faits, des expressions et des règles
- Haut degré de formalité
- Ne peut pas traiter les informations incertaines et contradictoires
- Méthode de récupération : inférence

Modèle basé sur l'ontologie

- Le contexte est défini comme des concepts et des faits
- Partageable, réutilisable, extensible, combinable
- Méthode de récupération : raisonnement

Selon [Strang, et al., 2004], pour les environnements de l'informatique ubiquitaire, les approches de la modélisation de contexte ont des exigences dans six aspects :

Composition distribuée (dc) : les systèmes ubiquitaires sont des systèmes distribués, qui n'ont pas une instance centrale responsable pour la création, le déploiement et la maintenance des données et des services, en particulier des descriptions de contexte. La composition et l'administration d'un modèle de contexte et ses données varient en termes de temps, la topologie du réseau et de la source.

Validation partielle (pv) : il est nécessaire d'être capable de valider partiellement les connaissances contextuelles en structure ou en niveau d'instance, quand un modèle de contexte est en cours d'utilisation. Cela est particulièrement important en raison de la complexité des interactions contextuelles.

Richesse et qualité d'information (qua) : la qualité de l'information livrée par un capteur varie en fonction du temps. La richesse de l'information fournie par les capteurs de différents types peut différer aussi dans un environnement de l'informatique ubiquitaire. Un modèle de contexte approprié pour l'usage dans l'informatique ubiquitaire devrait donc supporter l'indication de la richesse et de la qualité.

Incomplétude et ambiguïté (inc) : l'ensemble des informations contextuelles disponibles à tout moment dans un environnement de l'informatique ubiquitaire est souvent incomplet et/ou ambigu, en particulier si ces informations sont recueillies à partir des capteurs en réseau. Cela devrait être couvert par le modèle, par exemple par l'interpolation des données incomplètes sur le niveau d'instance.

Degré de formalité (for) : il est toujours un défi pour décrire les faits contextuels et les interrelations d'une manière précise permettant la traçabilité. Par exemple, pour accomplir la tâche « imprimer le document sur l'imprimante près de moi », il est nécessaire de disposer d'une définition précise des termes utilisés dans cette tâche, comme qu'est ce que « près » signifie pour « moi » ? Il est souhaitable que chaque partie dans l'interaction partage la même interprétation des données échangées.

Applicabilité aux environnements existants (app) : à partir des perspectives de la mise en œuvre, il est important que le modèle de contexte puisse être applicable dans les infrastructures existantes des environnements de l'informatique ubiquitaire. Par exemple, faire fonctionner une infrastructure de services comme des Services Web.

Les exigences mentionnées ci-dessus sont importantes pour toutes les approches de la modélisation de contexte dans les environnements de l'informatique ubiquitaire. [Strang, et al., 2004] a donné une évaluation des approches introduites ci-dessus par rapport à ces exigences (Tableau 9). Dans les résultats, nous trouvons que l'approche par l'ontologie correspond le mieux aux exigences. En revanche, cela ne veut pas dire que les autres approches sont inutilisables.

Approche	dc	pv	qua	inc	for	app
Modèle clé-valeur	-	-	-	-	-	+
Modèle schéma de balisage	+	++	-	-	+	++
Modèle graphique	-	-	+	-	+	+
Modèle orienté objet	++	+	+	+	+	+
Modèle basé sur des logiques formelles	++	-	-	-	++	-
Modèle basé sur l'ontologie	++	++	+	+	++	+

Tableau 9 : Evaluation des approches de la modélisation de contexte par rapport aux exigences

(d'après[Strang, et al., 2004])

II.2 Context-awareness

Dans les technologies de l'informatique ubiquitaire, context-awareness est toujours au cœur de la conception car il s'agit de détecter les environnements et réagir aux activités dynamiquement. Depuis la première introduction du terme context-awareness par [Schilit, et al., 1994b], celui-ci est devenu une technologie qui est incorporée dans une grande variété d'applications comme un moyen facilitant l'interaction de haut niveau entre l'utilisateur et l'application. Context-awareness a émergé dans les domaines de l'informatique mobile et l'informatique ubiquitaire (pervasive) comme une technique pour concevoir des applications avec une conscience de l'environnement, pour assurer l'autonomie et la flexibilité de haut niveau. L'objectif de context-awareness est de réduire l'interaction trop fréquente pour l'utilisateur, en créant un logiciel qui est plutôt proactif que réactif, plutôt invisible qu'interférentiel.

II.2.1 Context-aware

Comme exprimé dans sa définition, l'apprentissage mobile permet aux utilisateurs d'apprendre n'importe où et n'importe quand en utilisant des dispositifs mobiles. Pour fournir aux utilisateurs des

ressources d'apprentissage appropriées selon leurs contextes et leurs activités, context-awareness est une technologie indispensable à étudier. Pour cela, dans un premier temps, il nous faut comprendre qu'est ce que c'est un système context-aware en explicitant sa définition.

II.2.1.1 Définition de context-aware

Dans l'article de [Schilit, et al., 1994b] qui introduit la terme « context-aware », les applications context-aware peuvent simplement s'adapter au contexte. Dans les recherches suivantes context-aware est donnée comme synonyme de *adaptive*, *situated*, *context-sensitive*, *reactive*, *environment-directed*, *contextual*, etc. Dans ce mémoire, on utilise le mot « contextuel » ou « situé » comme équivalent de context-aware.

Dans la littérature, [Hull, et al., 1997] définissent context-aware comme la capacité de dispositifs de détecter, sentir, interpréter, et répondre aux aspects de l'environnement d'utilisateur et des dispositifs eux-mêmes.

[Ryan, et al., 1998] définissent les applications context-aware comme les applications qui surveillent les entrées des capteurs de l'environnement, et permettent aux utilisateurs de sélectionner les contextes selon leurs intérêts et activités. [Brown, 1998] les définit comme les applications qui fournissent automatiquement l'information et/ou proposent des actions selon le contexte d'utilisateurs détecté par les capteurs. Les actions peuvent présenter des informations à l'utilisateur, d'exécuter un programme selon le contexte, ou configurer l'interaction graphique selon le contexte.

[Dey, 2000] définit context-aware d'une manière plus générale : « *A system is context-aware if it uses context to provide relevant information and/or services to the user, where relevancy depends on the user's task* ».

[Byun, et al., 2004] donnent une définition qui est plus généralement acceptée : « un système est contextuel s'il peut extraire, interpréter, et utiliser l'information contextuelle et adapter les fonctionnalités au contexte d'utilisation en cours ».

II.2.1.2 Caractéristiques des applications context-aware

Dans l'article de [Schilit, et al., 1994b] les applications contexte-aware sont catégorisées en quatre groupes :

- **Sélection proche** : une interface d'utilisateur est à choisir plus facilement avec l'aide des objets localisés à proximité.
- **Reconfiguration contextuelle automatique** : un processus ajoute/supprime des composants ou modifie les connections entre les composants selon les changements du

contexte.

- **Informations et commandes contextuelles** : production de différents résultats en fonction du contexte.
- **Actions déclenchées par le contexte** : des règles simples comme if-then utilisés pour préciser comment le système contextuel s'adapte.

[Pascoe, 1998] propose une taxonomie de fonctions contextuelles, qui comprend :

- **Capture contextuelle** : capacité de détecter l'information contextuelle, et de la présenter à l'utilisateur.
- **Adaptation contextuelle** : capacité de modifier un service automatiquement lors d'un changement du contexte.
- **Découverte contextuelle de ressources** : capacité de localiser et exploiter les ressources et les services qui sont relatifs au contexte de l'utilisateur.
- **Augmentation contextuelle** : capacité d'ajouter l'information par l'utilisateur sur le contexte actuel.

[Dey, 2000] fait une combinaison de ces idées et propose trois catégories générales des applications contextuelles. Il conclut que les applications contextuelles peuvent supporter :

- La présentation des informations et des services à l'utilisateur,
- L'exécution automatique d'un service,
- Le marquage du contexte par rapport à l'information contextuelle pour la récupération plus tard.

[Chen, et al., 2000] donnent deux catégories pour les applications contextuelles : passives et actives. La seconde est plus intéressante, car elle est plus intelligente et adaptative, et elle a besoin de plus de support d'infrastructure.

- Les applications contextuelles **passives** présentent les nouveaux contextes à un utilisateur intéressé, ou rendent le contexte persistant pour le récupérer plus tard.
- Les applications contextuelles **actives** adoptent automatiquement les contextes découverts, pour changer le comportement de l'application.

II.2.1.3 Synthèse de context-aware

Dans la section précédente, nous avons listé les éléments du contexte que nous considérons comme importants par rapport à nos objectifs. Comment les utiliser pour faciliter le processus d'apprentissage dans un contexte particulier de l'utilisateur ? Nous avons notre compréhension de context-aware par rapport à nos besoins. Dans notre approche, les aspects importants sont :

- **Context-aware de l'utilisateur** - permettre l'accès à l'information selon son identité, attribuer le niveau d'accès selon son rôle, se localiser dans le processus d'apprentissage selon l'historique d'apprentissage, etc.
- **Context-aware des tâches/activités** - présenter les ressources d'apprentissage appropriées pour aider l'utilisateur à accomplir sa tâche, configurer l'interaction homme machine selon la complexité de la tâche (main libre, main occupée, etc.), tracer la progression de tâches, etc.
- **Context-aware de l'environnement** – se localiser sur le site, reconnaître des objets, gérer la mobilité, etc.
- **Context-aware de collaboration** – contextualiser des autres utilisateurs qui peuvent collaborer potentiellement, configurer le moyen de collaboration (message, voix, vidéo, etc.) selon le contexte, etc.

II.2.2 Cycle de vie de context-awareness

Pour réaliser context-awareness dans une activité d'apprentissage, nous avons étudié les différents cycles de vie de context-awareness présents dans la littérature. Dans [Schilit, et al., 2002], trois étapes sont définies dans le cycle de vie de contexte-awareness :

- **La découverte de contexte.** Dans cette étape il s'agit de capturer toutes les informations contextuelles qui sont disponibles dans un contexte d'utilisateur, à partir des senseurs (matériels ou logiciels) ou des autres moyens.
- **L'interprétation et la sélection.** Cette étape est responsable de la sélection et la transformation des informations contextuelles obtenues dans l'étape précédente, en informations contextuelles utiles.
- **L'abstraction et l'utilisation de contexte.** Cette étape implique l'utilisation de l'information contextuelle et l'exécution des actions contextuelles.

[Abowd, et al., 1998] ont identifié un processus pour construire des applications contextuelles comme ci-dessous :

- **Spécification** : spécifier le problème adressé et la solution de haut niveau.
 - Spécifier les actions contextuelles à implanter.
 - Déterminer la collection de contexte requise pour exécuter ces actions, en utilisant des mécanismes de contexte-acquisition existants.
- **Acquisition** : déterminer les capteurs ou d'autres matériels pour capturer le contexte.
 - Installer le capteur dont on a besoin sur la plateforme.
 - Comprendre le type de données que fournit le capteur.
 - S'il n'y a pas d'interface de programmation (API) disponible, écrire un programme correspondant au protocole que le capteur utilise.
 - S'il y a une API, prendre le service approprié de l'API pour communiquer avec le

- capteur.
- Déterminer comment consulter le capteur et comment être informé quand le contexte change.
- Enregistrer le contexte.
- Interpréter le contexte, si applicable.
- **Livraison** : fournir des méthodes pour supporter la livraison du contexte aux applications.
- **Réception** : acquérir et utiliser le contexte.
 - Déterminer où se trouvent les capteurs et comment communiquer avec chacun.
 - Demander et recevoir le contexte.
 - Convertir le contexte dans une forme utilisable pour interprétation.
 - Analyser l'information contextuelle et déterminer son utilisation.
- **Action** : si le contexte est utile, exécuter les actions contextuelles.
 - Analyser le contexte, le traiter comme une variable indépendante, ou le combiner avec d'autres informations contextuelles collectées avant.
 - Sélectionner l'action à exécuter.

Ce processus peut être réduit selon les besoins des concepteurs. En combinant le cycle de vie proposé par [Schilit, et al., 2002], nous pensons que trois étapes simplifiées sont essentielles dans n'importe quel processus de contextualisation. Dans nos perspectives, nous allons nous appuyer sur ce processus pour concevoir le processus de contextualisation. Nous listons ci-dessous les étapes que nous avons retenues :

- Spécifier les actions contextuelles à exécuter selon le contexte.
- Acquérir le contexte.
- Utiliser le contexte.
- Exécuter les actions contextuelles.

II.2.3 Exemples d'architectures de systèmes context-aware

Nous allons discuter dans cette section quelques exemples représentatifs d'architectures de systèmes context-aware. Ces architectures sont conçues soit pour supporter la contextualisation dans des applications différentes, soit pour réaliser la contextualisation dans des scénarios concrets. Une conclusion et comparaison de ces architectures nous aideront à concevoir une nouvelle architecture adaptée à nos propres besoins.

II.2.3.1 Architecture en couches basée sur une revue de la littérature.

Dans [Hong, et al., 2008] sur les systèmes context-aware, une architecture abstraite des systèmes context-aware est décrite. Elle est basée sur une exploration de nombreux prototypes, systèmes, et applications de context-awareness (Figure 19).

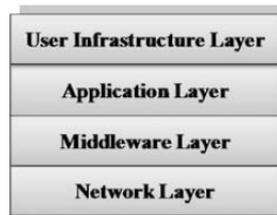


Figure 19 : Architecture abstraite en couches des systèmes context-aware (d'après [Hong, et al., 2008])

Cette architecture consiste en quatre couches : (1) **la couche réseau** qui implique un réseau supportant context-aware, et des senseurs collectant les informations contextuelles. (2) **la couche middleware** (intergiciel) qui gère des processus et stocke les informations contextuelles. (3) **la couche application** qui fournit aux utilisateurs des services appropriés. (4) **la couche infrastructure** d'utilisateur qui gère l'interface du système et fournit aux utilisateurs l'interface appropriée.

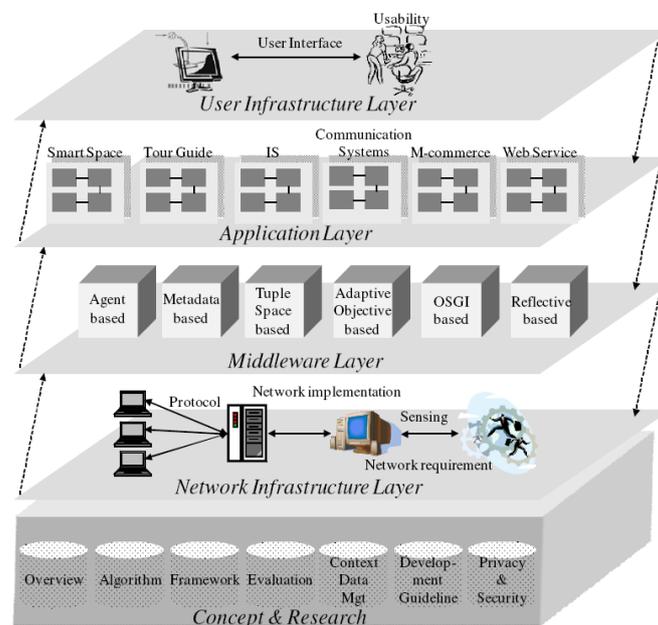


Figure 20 : Classification de recherches sur les systèmes context-aware (d'après [Hong, et al., 2008])

A partir de cette architecture abstraite, les auteurs ont fait une classification des propositions de systèmes context-aware de la littérature. En ajoutant une **couche concept & recherche** tous les travaux de recherche sur context-awareness peuvent trouver une place dans cette architecture (comme décrit dans la Figure 20).

La couche concept & recherche implique les théories et les fondations pour construire les systèmes context-aware. L'**algorithme** est une partie essentielle dans le développement des systèmes context-aware qui est divisé en trois sections : l'agent, le raisonnement de contexte et la recommandation de services. La **structure (framework)** illustre l'acquisition, la découverte,

l'interprétation et l'accès aux contextes pour construire des services context-aware, et donne une idée générale sur le système. La **gestion des données contextuelles** représente la structure pour gérer les informations contextuelles et les contextes.

La couche réseau concerne la **capture des informations contextuelles, les exigences de réseau, l'implantation de réseau, les protocoles de réseau, et la gestion de *handover***. Cette couche est responsable de la capture, l'abstraction, et l'acquisition des informations contextuelles de la situation. Dans l'implantation d'un système context-aware, l'utilisation des données capturées par les senseurs est un principe de base pour prévoir la situation future. Comme context-awareness a besoin de s'adapter dynamiquement aux changements des contextes sur la base de réseau, des chercheurs ont conduit des recherches portant sur les offres de réseau appropriées pour atteindre context-awareness.

La couche middleware collecte et traite les informations contextuelles, et en tire des informations contextuelles utiles. Un système context-aware doit avoir l'appui de middleware pour fournir des services appropriés. Le middleware permet aux agents d'acquérir des informations contextuelles facilement, de les analyser avec des logiques différentes et ensuite de les adapter aux changements de contextes. Il y a beaucoup de types de middleware. Sur la Figure 20, six types de middleware sont listés : **middleware basé sur des agents, middleware réflexif, middleware basé sur des métadonnées, middleware basé sur l'espace Tuple, middleware basé sur l'objectif d'adaptation, middleware basé sur OSGI**.

La couche application fournit aux utilisateurs des services appropriés. Il y a beaucoup d'applications context-aware, qui offrent aux utilisateurs des environnements contextualisés comme la maison, l'hôpital, la salle de cours, l'usine, le musée, etc. Les applications comportent aussi des systèmes de support d'aide à la décision, des systèmes de communication comme Service de réseaux sociaux, M-commerce, service web, etc.

La couche infrastructure d'utilisateur gère l'interface du système et fournit aux utilisateurs l'interface appropriée. Les utilisateurs avec leurs dispositifs se déplacent continuellement dans plusieurs contextes ou environnements. Un système context-aware souffre probablement des contraintes du petit écran et du contexte dynamique. La recherche d'interface utilisateur (UI) et de l'utilisabilité de dispositifs mobiles est donc à effectuer. En considérant l'émergence d'environnements de l'informatique mobile et de l'informatique ubiquitaire, il faut des recherches sur l'Interaction Homme-Machine (IHM), la modélisation de l'utilisateur, l'adaptation du contenu sur les petites surfaces d'affichage comme PDA, smartphone où téléphone mobile. La plasticité des IHM s'attaque à ce problème important.

Cette architecture nous donne des principes généraux sur le fonctionnement d'un système context-aware. Elle n'a pas été conçue pour un système spécifique, mais elle a été dégagée à partir de beaucoup d'applications et systèmes. La plupart des travaux dans le domaine context-awareness peut s'inscrire dans cette architecture. Elle peut être considérée comme un modèle représentatif pour la conception de l'architecture de système context-aware.

II.2.3.2 Architecture en couches améliorée par [Daruwala, 2008]

[Daruwala, 2008] a proposé une architecture en couches de context-awareness. Son architecture est partiellement similaire à l'architecture proposée par [Hong, et al., 2008], mais elle met en évidence une couche appelée « *Constructive Memory Query Layer* », qui vise à construire et à garder des descriptions de contextes déjà rencontrés et de faciliter ainsi leur réutilisation. Le système stocke et gère des contextes rencontrés. Quand survient une nouvelle situation, le système peut non seulement rappeler un contexte existant dans le répertoire de contextes, mais aussi construire un nouveau contexte avec les contextes existants dont les descriptions sont similaires. Dans son architecture, il a introduit un composant de cette mémoire constructive dans la couche middleware (Figure 21), ce composant sera bénéfique pour réduire les efforts des applications et des senseurs.

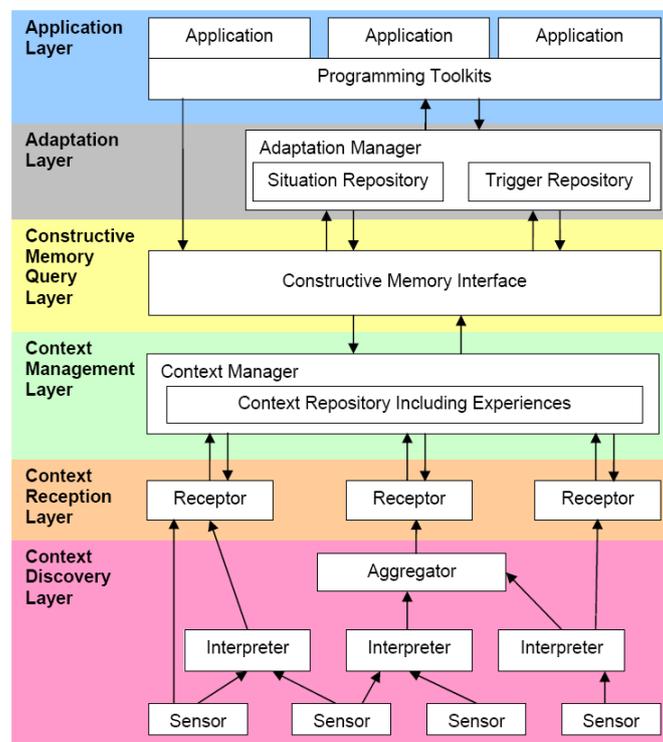


Figure 21 : Architecture en couches améliorée de système context-aware (d'après [Daruwala, 2008])

La couche découverte de contexte correspond à la couche réseau. Elle est responsable d'acquisition d'informations contextuelles à partir des senseurs physiques et logiques. Les données capturées traversent une chaîne de composants comme l'interpréteur, l'assembleur, etc., avant d'arriver à la couche réception de contexte.

La couche réception de contexte construit une interface entre la couche découverte de contexte et la couche gestion de contexte. Elle est conçue pour assurer la traduction entre les composants de la couche inférieure (l'interpréteur, l'assembleur) et les composants de la réception de contexte qui

doivent intégrer les informations contextuelles qui viennent de sources variées, et qui nécessitent parfois une résolution de conflit.

La couche gestion de contexte consiste en un dépôt des informations contextuelles qui servent aux applications context-aware. Chaque application peut avoir son propre modèle de contexte, le système de gestion est donc exigé pour maintenir des modèles différents. Le système de gestion stocke une base commune d'informations contextuelles, aussi bien que les métadonnées correspondant à chaque modèle de contexte, pour réduire les exigences de stockage et accélérer le processus requête-réponse.

La couche mémoire constructive est conçue pour que le raisonnement de contexte puisse être accompli par la recherche dans une base de données pour obtenir un meilleur appariement des expériences passées de contextes à l'application en cours. Pour réaliser la couche mémoire constructive, un processus est exigé qui peut stocker les représentations d'expériences passées et leurs associations avec d'autres expériences, ainsi elles peuvent être récupérées plus tard, avec une nouvelle expérience qui peut être seulement un appariement partiellement comparable à l'original.

La couche adaptation, qui s'inscrit dans une partie de la couche middleware peut adapter les services pour la **couche application** en fonction du contexte actuel.

II.2.3.3 Architecture SOCAM (Service-Oriented Context-Aware Middleware)

[Gu, et al., 2004] ont présenté une architecture de middleware de context-awareness, qui est appelé SOCAM. Cette architecture est basée sur des composants, qui peuvent être projetés dans les couches des architectures précédentes. Cette architecture a pour but d'aider à construire des services context-aware. Les composants principaux sont : *Context Providers*, *Context Interpreter*, *Context-aware Service*, *Service Locating Service* (voir Figure 22).

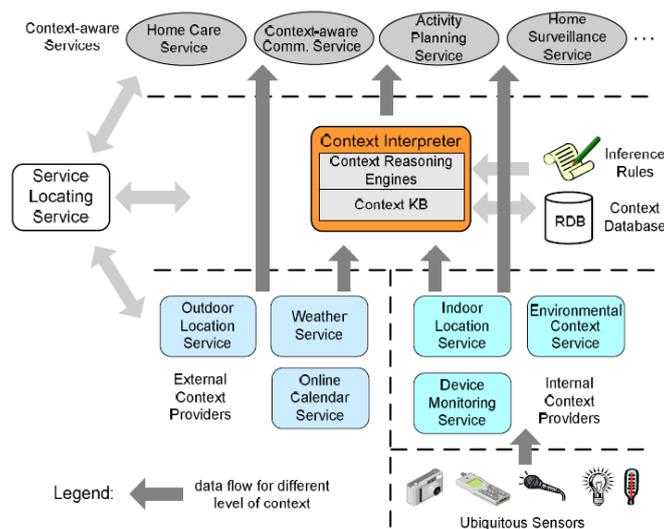


Figure 22 : Architecture SOCAM (d'après [Gu, et al., 2004])

Les *Context Providers* extraient des contextes de sources différentes (*External Context Providers* ou *Internal Context Providers*), et les transforment en représentation OWL (Web Ontology Language) pour que les contextes puissent être partagés et réutilisés par des autres composants.

Context Interpreter consiste en *Context Reasoning Engines* et *Context KB (Knowledge Base)*. Les *Context Reasoning Engines* fournissent les services de raisonnement sur des contextes, incluant la déduction de contextes déduits, la résolution des conflits de contextes, et la maintenance de la consistance de *Context KB*. Des règles d'inférence différentes peuvent être spécifiées et mises dans les *Context Reasoning Engines*. *Context KB* fournit des services avec les quels d'autres composants peuvent consulter, ajouter, supprimer, modifier et gérer les contextes qui sont stockés dans *Context Database*.

Context-aware Service utilise les contextes de niveaux différents et adapte les services selon le contexte actuel. *Service Locating Service* fournit un mécanisme où les *Context Providers* et *Context Interpreter* peuvent être enregistrés, et les utilisateurs et les applications peuvent trouver et accéder à ces services.

II.2.3.4 Architecture context-awareness de projet MOBIlearn

MOBIlearn est un projet très important dans le domaine d'apprentissage mobile, qui étudie les approches context-aware pour les applications des technologies mobiles à l'apprentissage informel, basé sur des problèmes, et sur le lieu de travail ([Lonsdale, et al., 2004]). Context-awareness dans le projet MoBIlearn est implanté comme un sous-système context-awareness (CAS).

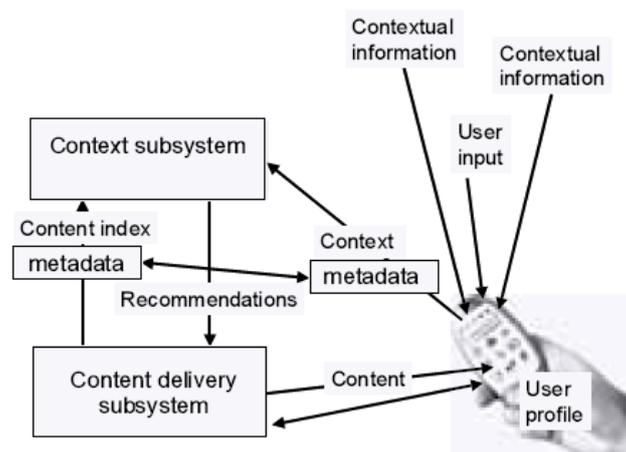


Figure 23 : Architecture de context-awareness dans projet MOBIlearn (d'après [Lonsdale, et al., 2004])

Le processus de context-awareness dans CAS est illustré dans la Figure 23 : l'apprenant se connecte à *Content delivery subsystem*, qui est lié à CAS. Le dispositif mobile envoie les informations contextuelles obtenues à partir des senseurs, l'entrée de l'utilisateur, ou le profil de l'utilisateur, à

CAS. CAS compare les métadonnées du contexte avec les métadonnées du contenu, qui sont fournies par *Content delivery subsystem*. Des recommandations sont utilisées par *Content delivery subsystem* pour déterminer quel contenu envoyé à l'utilisateur.

Le cycle basique de contex-aware dans le système est donc :

- Entrée – des métadonnées du contexte
- Construction – de sous-états du contexte
- Exclusion – des contenus non convenables
- Classement – des contenus restés
- Sortie – de la liste classée des contenus.

II.2.3.5 Synthèse sur les architectures de contextualisation

Nous avons étudié dans les sections précédentes deux architectures en couches pour le système context-aware et deux architectures de middleware de context-awareness. Selon [Daruwala, 2008], les concepteurs doivent réfléchir sur sept exigences quand ils conçoivent l'architecture de système context-aware :

- **Support de l'hétérogénéité** : les matériels variés de senseurs, déclencheurs, dispositifs mobiles à serveurs puissants, des interfaces de réseau différentes, et des langages de programmation différents doivent être supportés.
- **Support de la mobilité** : tous les composants (particulièrement les capteurs et les applications) peuvent être mobiles. Les protocoles de communication doivent supporter le cheminement flexible.
- **Adaptabilité** : les composants traitant le contexte et les protocoles de communication doivent s'adapter suffisamment dans les systèmes comportant un nombre variable de capteurs, de déclencheurs et de composants d'application.
- **Protection de la vie privée** : les flux d'informations contextuelles entre les composants du système doivent être contrôlés selon les besoins et les exigences protection de la vie privée des utilisateurs.
- **Traçabilité et contrôle** : l'état des composants du système et les flux de l'information entre les composants doivent être ouverts à l'inspection pour fournir la compréhension adéquate et le contrôle du système pour les utilisateurs.
- **Tolérance aux échecs** : les senseurs ou d'autres composants peuvent éventuellement échouer dans l'opération ordinaire d'un système. Des déconnexions peuvent aussi arriver. Le système doit continuer les opérations sans exiger des ressources excessives, et détecter des échecs.
- **Déploiement et configuration** : les matériels et les logiciels du système doivent être facilement déployés et configurés pour atteindre les exigences des utilisateurs ou des environnements, même pour des non-experts.

Basé sur les analyses précédentes, Tableau 10 résume les capacités de ces architectures de systèmes context-aware. L'architecture de [Hong, et al., 2008] et architecture de [Daruwala, 2008] sont deux architectures en couches qui peuvent être les modèles pour les concepteurs de systèmes. La première a généralisé des solutions différentes, donc elle présente plus de significations pour les développeurs, mais elle manque encore de solutions ou de middlewares pour supporter la vie privée et la tolérance aux pannes/échecs. L'architecture SOCAM et l'architecture MOBIlearn sont deux conceptions de middleware de context-awareness, toutes les deux ont leurs déficiences, par exemple, la première ne supporte pas de profils privées ; et la seconde n'a pas de gestion de contextes, une base de données pour stocker les contextes et les services liés à la livraison de contenu d'apprentissage.

Exigences	Architecture [Hong, et al., 2008]	Architecture [Daruwala, 2008]	Architecture SOCAM	Architecture MOBIlearn
Support de l'hétérogénéité	++	+	-	+
Support de la mobilité	+	+	+	++
Adaptabilité	++	+	++	+
Support de vie privée	-	-	-	-
Traçabilité et contrôle	+	+	-	-
Tolérance aux échecs	-	+	-	-
Déploiement et configuration	++	++	+	+

Tableau 10 : Exigences ([Daruwala, 2008]) pour les systèmes context-aware

II.3 Technologies de capture de l'information contextuelle

La découverte de contexte (*context discovery*) est la première phase dans le cycle de vie de context-aware. Il s'agit de capturer toutes les informations contextuelles qui sont disponibles sur l'utilisateur dans son environnement. Spécifiquement, déterminer la localisation des personnes et des objets a été le centre de recherche pour beaucoup de chercheurs. Le contexte concerne la collecte d'information sur : où les utilisateurs se trouvent, qui ils sont, ce qu'ils font et avec qui. Toutes ces informations contextuelles peuvent informer le dispositif mobile pour l'interaction future avec une application. Les travaux de recherche en cours visent à trouver les approches les plus efficaces pour capturer les informations contextuelles. Les dérivations des informations contextuelles utiles à partir des senseurs constituent le problème fondamental dans le développement d'applications context-aware.

La problématique de recherche a changé progressivement, de l'abstraction de l'information d'une

infrastructure de capture simple, on a évolué vers des techniques plus générales pour extraire des informations plus riches à partir des collections de senseurs et de technologies.

II.3.1 Capture de la localisation

Le contexte est obtenu via des senseurs, qui peuvent collecter des informations de différents types. Les senseurs fournissent des informations contextuelles sur l'état de l'environnement. Mais le problème principal est que les informations contextuelles ne peuvent pas être facilement identifiées et mesurées. Comme les senseurs de localisation sont les senseurs de contexte les plus significatifs et les plus prometteurs, la localisation d'utilisateur est actuellement un élément du contexte qui peut être capturé efficacement et précisément.

Les technologies de capture de la localisation sont déjà bien établies et commercialisées, comme le système GPS, la triangulation à l'aide de téléphone portable, ou de WiFi, etc. Mais les systèmes context-aware différents exigent des technologies de capteur de la localisation différentes. Par exemple, il y a des environnements qui sont en plein air, et les autres qui sont à l'intérieur des bâtiments, ou il y a aussi des environnements qui sont partiellement à l'intérieur et partiellement en plein air.

Chaque technologie a été spécifiquement conçue pour un environnement identifié, comme le GPS pour l'extérieur et Bluetooth pour l'intérieur. Il y a également un assemblage de technologies qui doit être utilisable sur une plate-forme, pour supporter le passage entre ces environnements ([Borriello, et al., 2002]). Par exemple, quand un utilisateur est à l'intérieur d'un bâtiment, la plateforme a besoin d'une technologie qui est appropriée pour des environnements d'intérieur, comme WiFi. Quand le même utilisateur sort du bâtiment, la plate-forme peut utiliser des technologies GPS.

II.3.2 Technologies de capture de la localisation

[Borriello, et al., 2002] a classé les technologies de capture de localisation en deux catégories : **basé sur des réseaux** ou **basé sur des dispositifs**. Comme décrit dans la dernière section, ces technologies peuvent aussi être classées en terme des environnements visés : à **l'intérieur** ou à **l'extérieur de bâtiment**.

Ces technologies ont leurs propres caractéristiques et leurs inconvénients. Certaines marchent mieux à l'intérieur, et d'autres à l'extérieur. La variation de la performance de ces technologies est une raison principale de leurs développements et améliorations continues.

[Hazas, et al., 2004] a illustré la plupart des technologies actuelles de capture de la localisation, en fonction de leurs niveaux de déploiements et de leurs précisions de localisation (Figure 24). Les déploiements existants les plus larges sont basés sur GPS, qui convient particulièrement aux demandes

de l'extérieur. Les technologies RFID sont aussi bien déployées et ont une précision de quelques centimètres à quelques mètres. WiFi, Bluetooth et d'autres technologies sans fil ont aussi proposé beaucoup de dispositifs équipés de matériels de localisation, qui peuvent être utilisés pour capturer la localisation dans les applications context-aware.

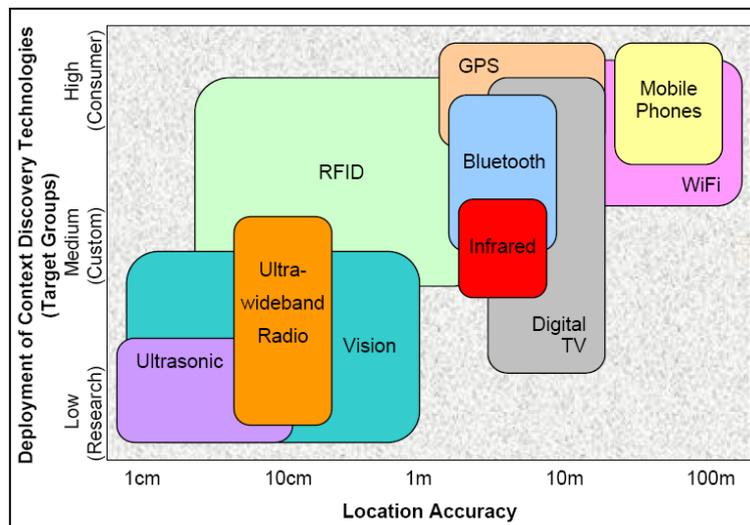


Figure 24 : Technologies de capture de la localisation, leur déploiement et leur précision (d'après [Hazas, et al., 2004])

Dans les sections suivantes, nous allons faire un rapide survol de technologies de capture de la localisation qui sont fréquemment utilisées dans les domaines de l'apprentissage mobile : GPS, RFID, et Code Barre 2D.

II.3.2.1 GPS

Pour les applications context-aware de l'apprentissage mobile en plein air, le GPS est un choix commun. [Zhao, 2006] a conçu un système d'apprentissage mobile pour les conducteurs de Taxi. Ce système qui est basé sur des récepteurs GPS, permet aux conducteurs de récupérer facilement des informations en temps réel de l'endroit disponible. [Yin, et al., 2005] a proposé un système sur PDA pour apprendre le japonais dans des situations spécifiques. Ils ont aussi utilisé le GPS pour localiser l'apprenant.

Le GPS (*Global Positioning System*) est un système de navigation par satellites destiné à fournir la localisation, la vitesse et l'heure n'importe où à la surface de la Terre. Ce système a été mis en place par le Département de la Défense des États-Unis. Il comprend 29 satellites orbitant au tour de la Terre. Un récepteur GPS capte les signaux d'au moins quatre satellites, calcule les temps de propagation de ces signaux entre les satellites et lui, et détermine ainsi sa localisation par rapport aux satellites ([Wikipedia, 2009a]). Un utilisateur muni d'un récepteur GPS peut se localiser et s'orienter dans l'air

ou dans l'espace au voisinage de la Terre. La précision du positionnement par GPS va de 100 mètres à quelques mètres en temps réel pour l'utilisation civile. Elle peut atteindre quelques millimètres pour les applications militaires ([Wikipedia, 2009a]).

Pour utiliser la localisation GPS, il faut un récepteur GPS pour recevoir les signaux émis par des satellites, et une plateforme capable d'exécuter des fonctions de traduction, de suivi, et de gestion de carte, etc. Des systèmes de l'apprentissage mobile peuvent utiliser ces données de localisation comme l'information contextuelle.

Les dispositifs mobiles ont tendance à profiter des technologies GPS, qui alimentent des plateformes appropriées pouvant utiliser les informations contextuelles de la localisation dans l'apprentissage mobile sur ces dispositifs. Beaucoup de PDA sont déjà munis d'un récepteur GPS. Les téléphones mobiles ou smartphone ont aussi commencé à avoir le récepteur GPS et des applications correspondantes, par exemple, les constructeurs comme Nokia ont déjà fourni des fonctions GPS sur ses modèles récents de téléphones mobiles, comme N95 (Figure 25).

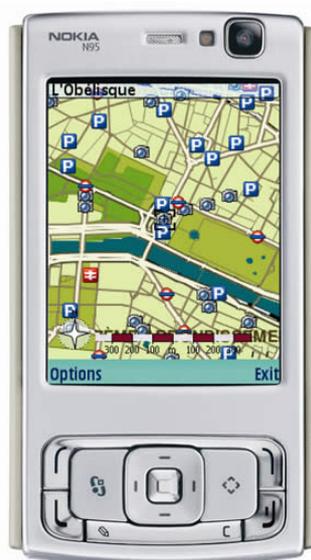


Figure 25 : Téléphone portable Nokia N95 avec des applications GPS

II.3.2.2 RFID

Les technologies RFID (*Radio Frequency IDentification*) proposent une méthode pour mémoriser et récupérer des données à distance en utilisant des étiquettes RFID et des lecteurs RFID. Les étiquettes peuvent être encapsulées dans des badges en papier ou en plastique, et les lecteurs RFID peuvent être installés sur des dispositifs mobiles comme PDA (Figure 26). Les étiquettes RFID peu coûteuses constituent une bonne solution pour détecter l'information contextuelle dans un système context-aware.

Les étiquettes RFID peuvent aussi être implantées dans des produits, animaux, ou personnes dans le but de l'identification. L'implantation des lecteurs RFID sur des points prédéfinis peut détecter le passage des personnes ou des objets qui sont munis des étiquettes RFID.

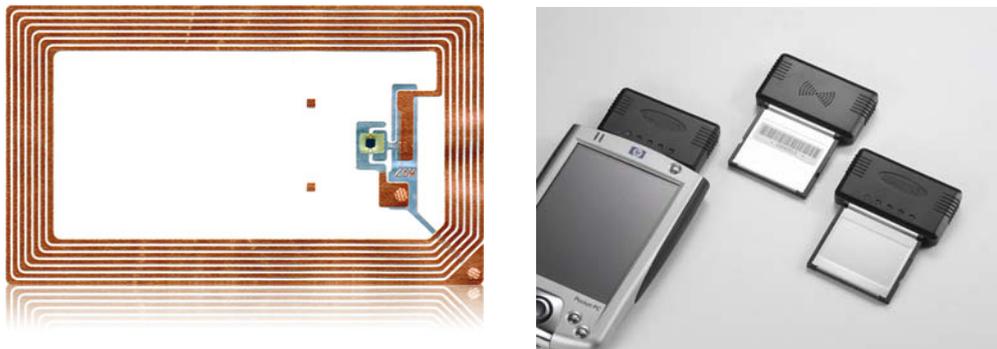


Figure 26 : Étiquette RFID et PDA équipé d'un lecteur RFID

Dans certaines configurations les technologies RFID peuvent être utilisées non seulement pour obtenir l'information contextuelle de la localisation, mais aussi pour identifier l'environnement, l'objet, l'utilisateur. [Ogata, et al., 2008] utilise RFID pour situer les expériences d'apprenants dans l'apprentissage des vocabulaires dans l'environnement réel. [Hsu, et al., 2008] a construit un environnement d'apprentissage ubiquitaire avec RFID, dans lequel les apprenants peuvent récupérer les ressources pour apprendre sur place. Dans la recherche de [David, et al., 2007a], les technologies RFID sont utilisées pour construire un Environnement Rel Augmenté.

Il y a deux types d'étiquettes RFID : **RFID passive** comprend une antenne et une puce, mais pas de source d'alimentation. Ces étiquettes doivent être stimulées à faible distance par un signal radio externe pour échanger des données. **RFID active** comprend une antenne, une puce, et aussi une source d'alimentation interne. Ces étiquettes peuvent donc émettre indépendamment un signal radio [Wikipedia, 2008] et ont une portée plus grande. Certaines étiquettes ont la capacité de mémorisation/lecture par les lecteurs.

II.3.2.3 Code barre 2D

Les codes barre 2D sont en fait les successeurs des codes barres traditionnels. Ils contiennent des informations relatives à un produit, un objet, un endroit, un service, une personne, etc. Les codes barre 2D peuvent être lus sur les imprimés, l'écran de l'ordinateur, le téléviseur, ou même sur un téléphone portable. Avec une Webcam et une application de lecture, les codes barres 2D peuvent être lus par beaucoup de dispositifs mobiles comme des téléphones mobiles. Comme RFID, les technologies de code barre 2D peuvent aussi être utilisées pour obtenir les informations contextuelles non seulement liées à la localisation, mais aussi aux caractéristiques de l'environnement, de l'objet, de l'utilisateur, etc.

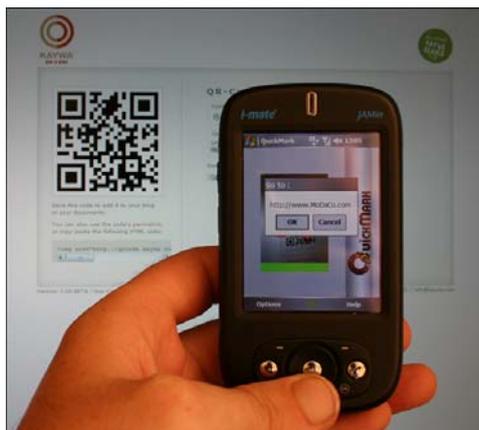


Figure 27 : Lecture de Code QR avec un téléphone portable

Code QR (*QR Code-Quick Response Code*) est un code barre 2D le plus utilisé en Japon, où plus de 30 millions téléphones mobiles ont le logiciel requis pour lire le Code QR. Les logiciels de lecture comme *Kaywa*, *Neoreader*, *Quickmarks* peuvent supporter les formats de ces codes barres. Un code QR peut stocker 4 000 caractères alphanumériques dans un seul code barre. Par exemple, un code QR peut contenir un résumé d'information sur l'objet concerné, ou un lien au serveur de page web qui peut fournir des ressources d'apprentissage mobile (Figure 27). La capacité, la flexibilité et le bas prix conduisent aux applications de ces codes barres 2D dans l'éducation.

Dans le schéma de [Hazas, et al., 2004]), on ne trouve pas la mention aux codes barres 2D, mais à travers la bibliographie, on peut trouver beaucoup d'applications qui ont déjà utilisé les codes barres 2D dans l'apprentissage mobile pour capturer les informations contextuelles. Par exemple, [Chu, et al., 2007] ont proposé un système d'apprentissage mobile qui s'appelle HELLO (*Handheld English Language Learning Organization*). Les codes barres 2D sont utilisés pour construire des contextes concrets de l'apprentissage de l'anglais.

Les codes barres 2D sont lus souvent par un téléphone mobile équipé d'une Webcam et un logiciel, et peuvent être créés sans aucun matériel spécifique. Mais par rapport à l'utilisation de RFID et GPS, avec lesquels l'apprenant peut être informé et fourni en ressources d'apprentissage automatiquement (**utilisation passive**), l'utilisation des codes barres 2D a besoin de l'observation et de l'interaction explicites de l'utilisateur (**utilisation active**).

II.3.2.4 Synthèse sur des technologies de capture de la localisation

Chaque technologie a ses avantages et ses inconvénients. Après avoir examiné les trois principales technologies de capture de localisation, nous avons établi une synthèse en regroupant dans un tableau leurs caractéristiques (Tableau 11). Nous proposons d'utiliser ces technologies appropriées dans l'apprentissage mobile selon les besoins de l'environnement, de l'utilisateur, et d'autres contraintes des systèmes.

Dans notre cas, la capture des informations contextuelles se produit dans une situation professionnelle. Les informations contextuelles comprennent l'identification de l'utilisateur et de l'équipement. Nous voulons que la contextualisation se fasse assez automatiquement pour éviter d'interrompre l'apprentissage ou l'action d'utilisateur. Les technologies RFID nous semblent correspondre le mieux à nos besoins.

Technologies	Deploiement	Prix	Matériels	Interaction	Fonctionnalité
GPS	à l'extérieur, pas de préparation de l'environnement	cher	récepteur GPS	passive	positionnement
RFID	peu import le lieu, l'environnement doit être préparé	pas cher	lecteur RFID, étiquette RFID	passive	identification
Code barre 2D	peu import le lieu, l'environnement doit être préparé	pas cher	Webcam	active	identification

Tableau 11 : Comparaison des technologies GPS, RFID et Code barre 2D

II.4 Conclusion du chapitre II

Dans ce chapitre II nous avons mis en avant la nécessité de prendre en compte le contexte d'apprentissage dans la conception du système d'apprentissage mobile, et d'intégrer ce contexte tout au long du cycle de conception. A travers des définitions du contexte, nous avons étudié les éléments significatifs du contexte d'apprentissage dans les situations professionnelles. Nous avons également étudié les approches de la modélisation de contexte à partir des nombreux articles de la littérature.

Context-awareness est un concept indispensable dans la conception de systèmes d'apprentissage mobile. Context-awareness peut constituer une exigence forte dans la conception d'un tel système. A partir des caractéristiques des applications context-aware différentes, nous avons dégagé les caractéristiques liées aux objectifs de notre approche : la contextualisation concernera l'utilisateur, son environnement, ses tâches/activités, et ses collaborations. L'étude des architectures de système context-aware nous a permis de dégager des principes pour concevoir le système de contextualisation dans un système d'apprentissage mobile. L'architecture en couches constitue un cadre général pour la conception, l'acquisition d'informations contextuelles à l'adaptation des services et des interfaces aux utilisateurs.

Enfin, nous avons dressé un état de l'art sur les technologies de capture d'informations contextuelles, après une comparaison des technologies les plus utilisées, nous pensons que RFID correspond le mieux à nos objectifs.

Chapitre III. Apprentissage dans des situations professionnelles

Nous rappelons que nos travaux de recherche visent à mettre en œuvre les technologies de l'apprentissage mobile dans des situations professionnelles, surtout pour la maîtrise d'équipements domestiques, publics ou professionnels. La maîtrise d'équipements (leur utilisation, réparation et maintenance) constitue le cadre applicatif principal de nos investigations. Dans ce chapitre, nous étudions comment les technologies informatiques mobiles peuvent faciliter le travail et l'apprentissage liés au travail. Nous recherchons notamment des méthodes d'apprentissage qui s'insèrent de façon appropriée dans des activités de travail, l'objectif étant de trouver des relations entre l'apprentissage et le travail et de concevoir un système d'apprentissage de ce type.

Le TCAO (Travail Collaboratif Assisté par Ordinateur) est un des sujets principaux de recherche dans notre laboratoire. Dans la logique des principes MOCOCO (Mobilité, Contextualisation, Collaboration) celui-ci a naturellement sa place dans nos travaux. C'est surtout sa déclinaison capillaire, qui permet aux utilisateurs de collaborer via dispositifs mobiles, qui nous intéresse car elle permet de collaborer au moment opportun sur le lieu d'intervention (et d'apprentissage). Pour gérer efficacement les activités de travail et d'apprentissage nous nous situons dans l'approche EPSS (*Electronic Performance Support System*) [Gery, 1991], qui propose une gestion intégrée de fonctionnement d'un système industriel, dans laquelle nous insérons le support d'apprentissage contextualisé lié au travail (l'utilisation, le diagnostic et la réparation d'équipements industriels), et qui fournit aux apprenants des possibilités de l'apprentissage, de la formation au lieu de travail.

III.1 Méthodes d'apprentissage dans des situations professionnelles.

L'objectif de l'apprentissage dans des situations professionnelles est de développer les compétences et les connaissances professionnelles appropriées, fournir le support à la résolution de problèmes rencontrés et augmenter la performance du travail. L'apprentissage, l'action et la collaboration supportés par des technologies informatiques sont des ingrédients pour atteindre cet objectif. [Gery, 2002] a proposé un modèle pour décrire les relations entre ces différents aspects (Figure 28).

Dans cette section, nous allons examiner plusieurs méthodes d'apprentissage liées aux situations professionnelles. L'apprentissage sur le lieu de travail, l'apprentissage juste à temps, l'apprentissage par l'action, l'apprentissage collaboratif seront étudiés. En dégagant des caractéristiques principales de chaque théorie, nous montrons notamment des relations qui sont prises en compte entre l'apprentissage, l'action (le travail), et la collaboration. Une synthèse est proposée en mettant en avant

le point de vue « contexte d'apprentissage ».

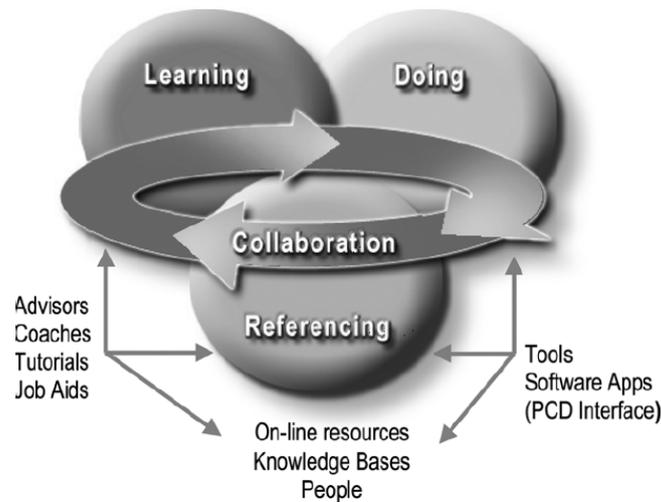


Figure 28 : Apprentissage lié aux situations professionnelles (d'après [Gery, 2002])

III.1.1 Apprentissage sur le lieu de travail (*workplace learning*)

L'apprentissage sur le lieu de travail (*workplace learning*) devient de plus en plus important dans le monde des entreprises ou de l'industrie. Selon [Onstenk, 1995] l'apprentissage sur le lieu de travail n'est pas un apprentissage indépendant. La plus grande différence par rapport à l'apprentissage que nous qualifions de classique est que l'apprentissage n'a pas lieu dans un environnement pédagogique comme un établissement scolaire, sous forme de cours, etc., mais dans une situation professionnelle réelle ayant comme lieu d'apprentissage le lieu d'intervention. [ANTA, 2002] définit l'apprentissage sur le lieu de travail comme « *learning or training undertaken in the workplace, usually on the job, including on-the-job training under normal operational conditions, and on-site training, which is conducted away from the work process* ».

Nous considérons que l'apprentissage sur le lieu de travail peut être considéré comme l'apprentissage mobile et contextuel. On trouve assez naturellement parmi ses caractéristiques l'apprentissage collaboratif, l'apprentissage juste à temps, et l'apprentissage par l'action.

En effet, dans la notion de l'apprentissage sur le lieu de travail, il y a une interrelation entre l'apprentissage et le travail (ou la tâche). Dans ce cas, l'apprentissage sur le lieu de travail n'est pas uniquement une activité d'apprentissage, mais une partie d'une stratégie délibérée qui prend en compte le travail à faire et les compétences requises pour faire ce travail [Harris, et al., 2000]. D'après [Engeström, 1994] un travail peut être considéré comme un processus d'apprentissage en lui-même. L'apprentissage intervient par le fait même d'exécuter des opérations et des activités de travail et par la maîtrise de problèmes qui se présentent pendant le travail. La compétence ne s'acquiert pas uniquement par l'exécution du travail, mais est liée à la maîtrise et la compréhension de cette activité du travail.

Le lieu de travail est un endroit important pour le développement des compétences génériques comme la communication, la capacité de résoudre des problèmes, le travail en groupe, les services clients, etc. Ces compétences sont cruciales dans le travail. La culture du lieu de travail aide des employés à développer ou à utiliser ces compétences. En plus, sur le lieu de travail, les entreprises peuvent fournir plus de moyens pour les activités d'apprentissage. Les entreprises ont des ressources dont les individus ne disposent pas. C'est la raison pour laquelle malgré notre volonté de traiter des situations individuelles, publiques et professionnelles, nous devons admettre des différences. En effet, les entreprises implantent des systèmes d'apprentissage et fournissent des dispositifs (comme les dispositifs mobiles, les dispositifs de la RA, etc.) qui sont (trop) coûteux pour les individus. Néanmoins, l'apprentissage ciblé sur le travail (la tâche à réaliser) permet aux apprenants de se concentrer sur des vrais problèmes à résoudre. Le réseau social dans l'environnement du travail permet aux apprenants d'apprendre de manière collaborative.

III.1.2 Apprentissage juste à temps (just-in-time learning)

Comme écrivait [Jermann, 1996] : un bon environnement est « un environnement qui permet à l'apprenant d'entrer dans une communauté d'experts qui le guident et le conseillent. L'enseignant « distributeur de savoir » n'existe quasiment plus. D'autre part, l'acquisition d'une compétence doit s'effectuer dans la situation où celle-ci sera utilisée. En d'autres termes, il faut que l'apprentissage s'inscrive dans un contexte pour que l'apprenant puisse lui donner un sens ». L'apprentissage juste à temps (*just-in-time learning*) permet aux apprenants d'accéder aux informations lorsque c'est nécessaire. [Sambataro, 2000] définit le système d'apprentissage juste à temps comme un système qui envoie le contenu d'apprentissage ou de formation aux apprenants quand et où ils en ont besoin. [Unesco, 1998] définit l'apprentissage juste à temps comme une manière de rendre des informations disponibles sur Internet aux apprenants quand ils en ont besoin.

L'apprentissage juste à temps ne s'oppose pas à l'apprentissage *just-in-case*, mais peut être considéré comme supplémentaire dans l'apprentissage informel. L'apprentissage *just-in-case* est appliqué plutôt dans l'apprentissage traditionnel (dans l'école, dans l'université). Les connaissances qu'on a apprises pourraient être utilisées, mais il est impossible de prédire à quel moment elles seront requises [Mason, et al., 2005]. L'avantage de l'apprentissage juste à temps par rapport à l'apprentissage classique est l'effectivité. En effet, celui-ci vise des connaissances requises et aide l'apprenant à résoudre son problème rapidement.

[Laura, 1999] a établi une comparaison entre l'apprentissage juste à temps et l'apprentissage traditionnel dans la salle de cours (Tableau 12). L'apprentissage juste à temps peut être réalisé grâce aux TIC. L'informatique mobile permet aux apprenants d'apprendre sur un sujet, pour résoudre un problème ou pour faire une tâche, n'importe où et n'importe quand. De ce point de vue, le système EPSS (Cf. III.3) s'inscrit comme support de l'apprentissage juste à temps, car il fournit les éléments utiles à la performance aux utilisateurs juste au moment quand ils en ont besoin.

Apprentissage traditionnel	Apprentissage juste à temps
Philosophie didactique	Philosophie constructiviste
Audience limitée en taille	Audience sans limite de taille
Livraison statique	Livraison juste à temps
Contrôle par l'enseignant	Contrôle par l'apprenant
Apprentissage linéaire	Apprentissage spécifique
Apprentissage passif	Apprentissage actif
Orienté contenu	Orienté activité
Apprenants homogènes	Apprenants très variés

Tableau 12 : Comparaison entre l'apprentissage juste à temps et l'apprentissage traditionnel (d'après [Laura, 1999])

III.1.3 Apprentissage par l'action (*learning by doing*)

A partir de [Wright, 1936], de nombreuses d'études ont montré que le coût unitaire de production baisse lorsque la production augmente, en particulier par l'effet de développement de compétences de production des ouvriers (producteurs). Le terme « apprentissage par l'action – *learning by doing* », introduit par [Arrow, 1962] caractérise cette façon de faire. Un effet similaire est également constaté auprès des utilisateurs finaux d'un produit, leurs compétences à utiliser le produit augmentent. Ceci est connu par le terme d'apprentissage par l'utilisation (*learning by using*) [Rosenberg, 1982]. Surtout dans des entreprises, pour des ouvriers et des techniciens utilisant ou manipulant des équipements ou machines, l'apprentissage par l'action est un grand sujet à étudier.

D'après [Habermeier, 1990], l'action ou l'utilisation sont requises pour l'apprentissage quand on est confronté aux machines ou aux produits, parce que les interactions entre ces produits et leurs environnements d'utilisation sont parfois complexes à prédire. [Hippel, et al., 1995] a prouvé que l'apprentissage par l'action a comme avantage la découverte et l'identification de problèmes, parce que avant l'action ou l'utilisation les problèmes existants sont difficiles à identifier à cause de la complexité, et parce que les nouveaux problèmes peuvent émerger pendant l'action ou l'utilisation. [Hippel, et al., 1995] a conclu qu'il serait difficile d'éliminer l'action de l'apprentissage par l'action.

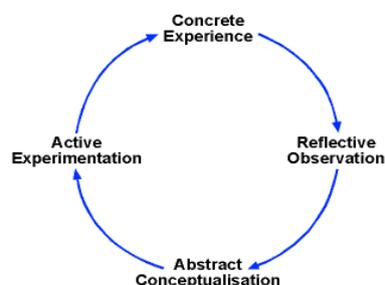


Figure 29 : Modèle en quatre-étapes proposé par Kolb (d'après [Kolb, 1984])

L'apprentissage peut avoir lieu soit dans la salle de cours, soit pendant le travail. Il ne suffit pas de seulement apprendre et réfléchir dans la salle de cours, ni seulement de faire le travail. L'apprentissage doit associer « apprendre » et « faire » [Gibbs, 1988]. Un modèle en quatre-étapes a été proposé par [Kolb, 1984] pour caractériser le cycle de l'apprentissage par l'action (Figure 29). D'après Kolb, il est préférable d'apprendre selon un cycle permettant d'expérimenter les quatre phases d'apprentissage afin de bien comprendre un sujet. Cependant, il a également observé que chaque personne préfère en général une phase de ce cycle de quatre phases :

- Expérience concrète d'une action.
- Observation de façon réfléchie et attentive.
- Conceptualisation abstraite et théorique.
- Mise en application de l'action en fonction de l'expérience initiale.

Selon la théorie de Kolb, l'apprentissage mobile peut être introduit dans l'apprentissage par l'action. L'apprentissage mobile dans l'action est situé dans notre approche [David, et al., 2009] en au moins une des trois phases : avant l'action, apprendre des actions à faire ; pendant l'action, maîtriser tous les aspects juste à temps avec des dispositifs mobiles ; après l'action, comprendre des actions qui ont eu lieu et accumuler l'expérience. Ces trois phases se situent dans le modèle de Kolb.

III.1.4 Apprentissage collaboratif (collaborative learning)

La définition la plus populaire de l'apprentissage collaboratif exprime qu'il s'agit de situations où plusieurs personnes apprennent ou essaient d'apprendre ensemble. Dans [Smith, et al., 1992], l'apprentissage collaboratif est décrit comme une variété d'approches pédagogiques impliquant un effort intellectuel conjoint des apprenants, ou d'apprenants et de tuteur(s). [Dillenbourg, 1999] a essayé de définir l'apprentissage collaboratif en quatre termes : la situation, les interactions, les processus, et les effets.

[Smith, et al., 1992] a conclu que l'apprentissage collaboratif est lié aux constats suivants :

- **L'apprentissage est un processus actif et constructif.** Dans l'apprentissage, les apprenants essaient de créer de nouvelles idées et informations avec ce qu'ils ont appris.
- **L'apprentissage dépend des contextes riches.** Plutôt que commencer avec des faits et des idées et puis se tourner vers des applications, l'apprentissage collaboratif commence souvent par des problèmes, pour lesquels les apprenants doivent chercher des faits et des idées.
- **Les apprenants sont variés.** Les apprenants dans l'apprentissage collaboratif peuvent avoir des rôles et des niveaux de connaissances différents.
- **L'apprentissage est intrinsèquement social.** L'apprentissage collaboratif permet aux apprenants de confronter leurs idées sur un problème.

L'activité de l'apprentissage collaboratif est souvent à mixer avec la résolution du problème. La résolution de problème est souvent la motivation de l'apprentissage [Dillenbourg, 1999]. L'apprentissage collaboratif permet aux apprenants de résoudre un ou plusieurs problèmes en commun. Le développement des compétences interpersonnelles est également important dans l'apprentissage collaboratif. Beaucoup d'activités d'apprentissage collaboratif sont conçus avec des objectifs à la fois académiques et des objectifs de compétences sociales.

[Dillenbourg, 1999] fait une distinction entre **l'apprentissage collaboratif** et **l'apprentissage coopératif**: « *In cooperation, partners split the work, solve sub-tasks individually and then assemble the partial results into the final output. In collaboration, partners do the work together.* »

Le développement des technologies d'informatique permet aux utilisateurs de collaborer à distance de façon synchrone. L'apprentissage collaboratif assisté par ordinateur (CSCL : *Computer-supported collaborative learning*) désigne l'introduction du TCAO dans l'apprentissage collaboratif [Dillenbourg, 1999]. Dans CSCL, les interactions entre les individus ou les groupes sont reliées à l'environnement informatique [Stahl, et al., 2006]. Comme pour TCAO (Cf. III.2). CSCL supporte l'apprentissage collaboratif avec les TIC.

L'apprentissage collaboratif mobile a beaucoup hérité de CSCL [Naismith, et al., 2004]. Les caractéristiques des dispositifs mobiles et leur possibilité d'intervenir dans de nombreux contextes d'utilisation contribuent à leur utilisation de plus en plus répandue. Ces dispositifs peuvent facilement communiquer avec d'autres dispositifs, notamment grâce à l'accès au réseau, permettant aux apprenants de partager des données, d'échanger des messages et des connaissances. De la même manière que l'on utilise le terme Mobile Learning ou M-Learning, on peut utiliser le terme Mobile CSCL ou MCSCL.

III.1.5 Synthèse sur les méthodes d'apprentissage dans des situations professionnelles.

Nous avons passé en revue plusieurs méthodes d'apprentissage dans des situations professionnelles : l'apprentissage sur le lieu de travail, apprentissage juste à temps, apprentissage par l'action et l'apprentissage collaboratif. Ces méthodes d'apprentissage ne sont pas indépendantes entre elles. Elles partent de points de vue différents pour le même objectif : développer les compétences et les connaissances professionnelles potentielles, fournir le support pour résoudre un problème contextualisé, et augmenter la performance du travail dans ce contexte spécifique. Toutes les méthodes sont relatives au contexte d'apprentissage spécifique. Nous rappelons que les éléments importants du contexte que nous prenons en compte sont : utilisateur, dispositif, environnement, activités, collaborations. Nous pouvons constater que ces méthodes d'apprentissage sont chacune prioritairement centrée sur certains éléments du contexte d'apprentissage. Par exemple, l'apprentissage mobile est centrée sur la mobilité des utilisateurs, des dispositifs ou de l'environnement ; l'apprentissage collaboratif est centré sur la

collaboration et l'apprentissage par l'action est centré sur les activités, etc. (Figure 30). Cette figure est partielle, car il manque d'autres éléments du contexte et des méthodes d'apprentissage. Les éléments du contexte peuvent constituer un espace à plusieurs dimensions et pas seulement un plan. En effet, le contexte d'apprentissage comprend toutes les informations liées à l'activité d'apprentissage, aux comportements et approches d'apprentissage pouvant trouver leur place dans l'espace du contexte, par exemple, l'apprentissage centré sur l'apprenant.

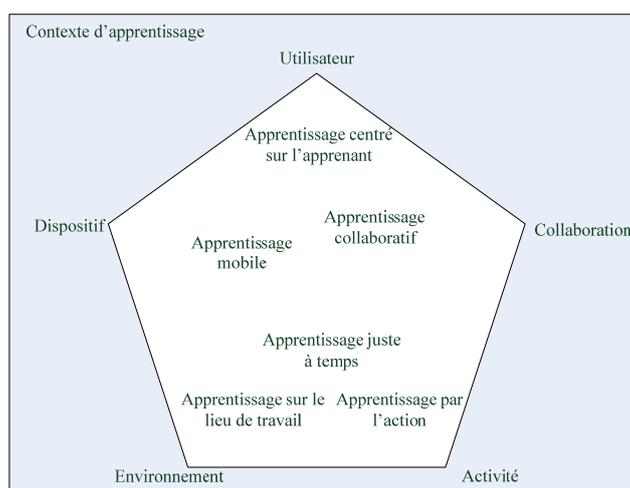


Figure 30 : Positionnement des méthodes d'apprentissage dans l'espace du contexte

III.2 TCAO (*Travail Collaboratif Assisté par Ordinateur*)

III.2.1 Principes du TCAO

Depuis une vingtaine d'années, on utilise des dispositifs informatiques pour assister le travail à plusieurs. Le sigle CSCW (*Computer Supported Cooperative Work*) ou TCAO (*Travail Collaboratif Assisté par Ordinateur*) a été introduit par [Greif, 1988] et désigne le domaine d'étude qui se préoccupe d'approches visant à supporter par l'ordinateur des groupes de personnes engagés dans une tâche commune.

Les domaines d'applications du TCAO sont très vastes et couvrent des activités très diverses comme la conception de produits, la maintenance des équipements, l'apprentissage sur le lieu de travail, les relations commerciales, etc. Ces activités ont des caractéristiques communes qui sont prises en compte par les systèmes informatiques destinés au support du TCAO. Les systèmes doivent permettre aux utilisateurs de réaliser des tâches collaboratives à partir de leur poste de travail comme l'ordinateur fixe, l'ordinateur portable, l'ordinateur porté ou d'autres dispositifs mobiles. [David, et al., 2003] a introduit le terme de « TCAO capillaire » pour désigner la collaboration qui s'appuie sur les dispositifs mobiles interconnectés par des réseaux sans fil permettant la capillarité de circulation d'information au même titre que la circulation du sang dans le corps humain.

Le terme collecticiel (*groupware*) est utilisé pour désigner les outils logiciels qui concrétisent ces recherches. Dans un collecticiel, on cherche à pouvoir réunir différentes personnes éventuellement distantes géographiquement (bureaux voisins, dans une autre ville, etc.) et ne travaillant pas nécessairement en même temps (rythmes différents, décalages horaires, etc.). Il s'agit donc de gérer, via le système informatique, la participation de plusieurs personnes qui ne sont présentes que virtuellement (dans l'espace et/ou le temps). Le premier objectif des collecticiels est donc l'abolition des dimensions espace et temps, comme proposé par [David, 2001], des autres objectifs sont les suivants :

- **Obtenir des gains de performance** : faciliter la production collective de documents d'un projet grâce aux applications de messagerie et de conférence, généraliser la diffusion contrôlée d'information en donnant différents droits d'accès et en coordonnant les tâches et les acteurs à l'aide d'outils de suivi d'activités ;
- **Capitaliser des connaissances** : permettre le stockage des informations des projets déjà finis, de façon qu'elles puissent être utilisées dans d'autres projets.
- **Améliorer les temps de réponse** : fournir un accès cohérent aux informations concernant le projet, disponibles pour tous selon les droits d'accès identifiés.
- **Partager des compétences** : permettre une réelle collaboration par le partage d'informations, la mise en commun des savoir-faire de personnes d'origines différentes.
- **Faciliter le travail à distance** : permettre d'intervenir activement ou passivement dans le processus chaque fois que cela est nécessaire à partir de n'importe quelle localisation géographique grâce aux moyens d'accès appropriés.

Les concepts suivants sont importants à considérer dans les collecticiels :

- **Groupe et acteur** : chaque individu qui participe à l'activité est appelé acteur. Un groupe est un ensemble d'acteurs travaillant sur dans même domaine.
- **Rôle** : dans un groupe, à un instant donné, chaque acteur joue un rôle. Ce rôle est caractérisé par des droits vis-à-vis des autres acteurs et des données partagées. Ce rôle peut évoluer au cours du temps et un acteur peut ainsi cumuler plusieurs rôles.
- **Vue** : il s'agit de la perception par un acteur des données partagées. Cette vue peut être publique (accessible aux autres utilisateurs), privée (accessible seulement au propriétaire), semi-privée, etc.
- **Informations partagées** : ce sont les données partagées à travers le système par les différents acteurs. La granularité des informations gérées par le système peut être grossière (un document entier) ou plus ou moins fine (un objet, une pièce, un paragraphe, ...).

III.2.2 Taxonomies du TCAO

Une matrice à 2 dimensions a d'abord été proposée par [Ellis, et al., 1991] pour classer les collecticiels (Figure 31) selon l'axe spatial et l'axe temporel.

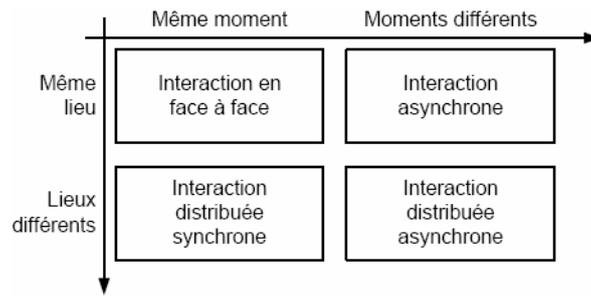


Figure 31 : Taxonomie espace-temps des collecticiels (d'après [Ellis, et al., 1991])

[Karsenty, 1994] a critiqué cette matrice, et proposé une autre classification selon les types d'applications ordonnées par catégories fonctionnelles :

- La messagerie électronique
- Les éditeurs partagés
- Les conférences et réunions assistées par ordinateur
- Les systèmes d'aide à la décision
- Les systèmes de coordination

Parmi les différentes taxonomies proposées qui affinent la notion de « synchronisme » nous retiendrons les 4 niveaux de coopération de [David, et al., 1996] et [Tarpin-Bernard, 1997] :

- **La coopération asynchrone** : les participants interagissent en échangeant des données et en travaillant à des moments différents.
- **La coopération en session** : les participants travaillent en même temps de façon autonome. Ils peuvent intervenir dans le projet à la demande mais ne sont pas tout le temps en train de travailler sur le projet concerné.
- **La coopération en réunion** : les participants travaillent et communiquent simultanément tout en partageant les objets de leurs travaux et de leurs discussions. Ils ont des rôles attribués en fonction du but de la réunion et l'organisation de leurs interventions est régie par un mécanisme de type « tour de parole ».
- **La coopération étroite** : les participants travaillent, communiquent et interagissent en temps réel sur tous les objets partagés du projet. Les conséquences de leurs interventions sont directement gérées et rendues visibles au niveau des objets manipulés.

III.2.3 *Le trèfle fonctionnel des collecticiels*

Dans [Ellis, et al., 1991], un modèle de trèfle a été proposé, qui organise un collecticiel fonctionnellement en 3 parties :

- **Le modèle ontologique** qui décrit les objets et les opérations que le système fournit.
- **Le modèle de coordination** modélise les activités de participants et leurs relations.

- **Le modèle de communication** spécifie l'interface entre le système et les utilisateurs mais aussi l'interface entre les utilisateurs.

Cette décomposition est critiquable car l'interface utilisateur se trouve mêlée au niveau fonctionnel. L'interface utilisateur ne constitue pas le troisième aspect fonctionnel mais est orthogonale à toutes les fonctionnalités du collectif. [Salber, et al., 1995] a donc proposé une variante de ce modèle (Figure 32).

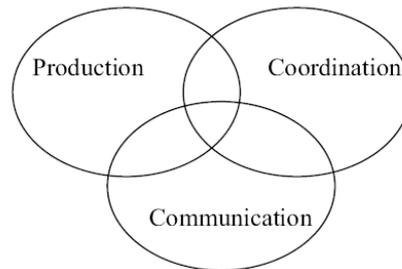


Figure 32 : Le trèfle fonctionnel des collecticiels (d'après [Salber, et al., 1995])

- **L'espace de communication.** Il s'agit de permettre la communication interpersonnelle des acteurs. Ces échanges ne sont pas interprétés par la machine. Ils peuvent revêtir différentes formes comme messagerie électronique, chat, visiophonie, visioconférence, etc.
- **L'espace de production.** Il recouvre toutes les fonctionnalités liées à la construction et à l'accès aux informations partagées entre les différents acteurs.
- **L'espace de coordination.** Il recouvre les aspects de suivi de l'activité des autres acteurs ainsi que l'utilisation de ressources partagées. Il s'agit de définir des rôles, des droits d'accès, des sous-groupes, de distribuer les tâches, d'en suivre les accomplissements, etc.

[David, 2001] propose une amélioration de ce modèle, qui est appelé le modèle 3C (Figure 33).

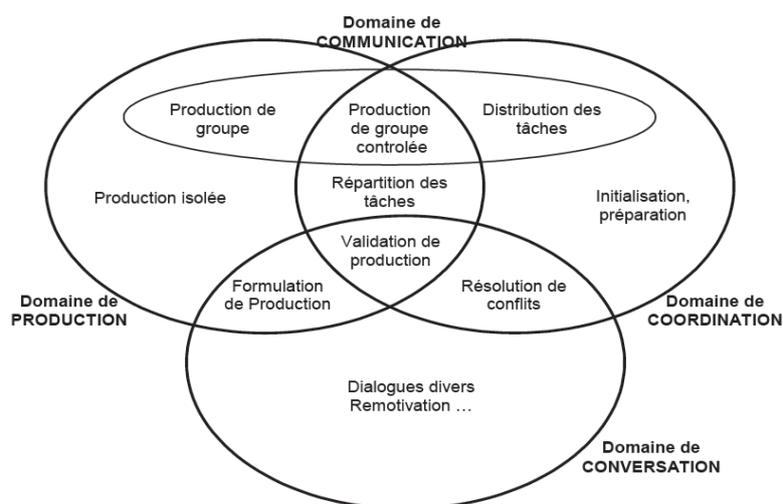


Figure 33 : Modèle 3C et les tâches (d'après [David, 2001]).

En renommant « espace de conversation » ce qui est appelé l'espace de communication ci-dessus, ceci pour bien distinguer les communications interindividuelles des mécanismes de communication au sens informatique du terme.

On fait ainsi ressortir l'espace de communication comme étant le support aux activités collaboratives de production et de coordination.

III.2.4 TCAO capillaire

La notion de nomadisme s'étend au TCAO et introduit le concept de TCAO « capillaire ». Comme décrit dans [David, et al., 2003], le TCAO capillaire a pour but d'étendre les capacités fournies par les outils de travail coopératif en des ramifications de plus en plus fines, depuis leur utilisation sur des postes fixes et des clients propriétaires, jusqu'aux clients « légers », mobiles et indépendants (Figure 34).

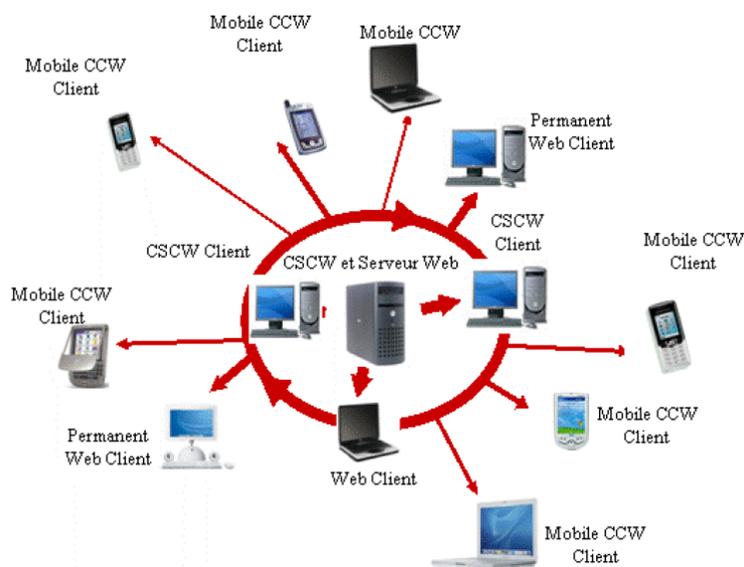


Figure 34 : La capillarité pour le travail collaboratif (d'après [David, et al., 2003])

Le concept de TCAO capillaire est intéressant car il s'inscrit naturellement dans la continuité des recherches dans le domaine du travail coopératif, en y ajoutant la prise en compte des nouveaux dispositifs mobiles. En plus de l'accès aux informations, de l'interaction et de la collaboration par la virtualisation de l'espace et du temps, il ajoute la mobilité des personnes et selon le cas la virtualisation de leur localisation ou au contraire la prise en compte du contexte précis, de leur localisation et de la localisation des objets sur lesquelles porte le travail.

Le TCAO capillaire répond à un fort besoin émis par des utilisateurs qui ne travaillent plus seulement dans les bureaux devant des postes fixes (ce dont il était la plus souvent question dans les travaux sur le TCAO), mais dans différents environnements où il est vital de pouvoir communiquer et collaborer

avec des personnes ou des systèmes délocalisés, notamment pour des activités de prise de décision lors d'opérations sur le terrain. La dispersion géographique peut concerner, de façon non exclusive, tant les acteurs (membres d'une équipe de projet) que des artefacts sur lesquels portent les activités ou des dispositifs dont les acteurs ont besoin. Le cas du dépannage est assez représentatif de ces différentes situations.

Ces nouvelles orientations introduisent des contraintes plus fortes notamment en matière d'accessibilité, de disponibilité et de réactivité pour permettre aux acteurs d'agir en toute circonstance. En particulier, la simple dichotomie synchrone - asynchrone n'est plus pertinente. Les acteurs d'une application collaborative veulent pouvoir affiner l'implication temporelle en garantissant par exemple les délais d'intervention.

Les supports comme les PDA engendrent des contraintes matérielles importantes (peu de mémoire, sécurité des informations sensibles peu présentes, processeurs limités). Il s'agit de mettre en place des applications collaboratives adaptées aussi bien aux dispositifs légers (PDA, téléphone mobile) qu'aux postes fixes tout en respectant des exigences des utilisateurs. Ces applications doivent être malléables et s'adapter aux différents supports et environnements d'utilisation de chacun.

III.3 EPSS (Electronic Performance Support System)

Un **système support de la performance** a pour but de permettre aux utilisateurs d'améliorer l'efficacité avec laquelle ils sont capables d'accomplir leurs tâches. Dans ce sens, un système du TCAO peut aussi être considéré comme un système support de la performance, car il permet aux utilisateurs ou organisations qui sont géographiquement distribuées de s'engager rapidement dans la communication interpersonnelle pour partager des ressources et dans la collaboration pour résoudre des problèmes à distance. Presque à la même époque, un autre type de système support de la performance a émergé : EPSS (*Electronic Performance Support System*) [Gery, 1991]. Ce type de système a pour but de proposer de nombreuses fonctionnalités génériques pour l'assistance de travail, comme l'offre de l'aide et du conseil, le partage des compétences, l'accès à grande volume d'information et de documentation, l'offre de formation juste à temps au moment de besoin, etc. Les systèmes EPSS couvrent les domaines d'apprentissage, de la formation, du travail, de la maintenance, de la collaboration, etc., surtout dans des situations professionnelles.

III.3.1 Définitions

Sur la définition d'EPSS, il existe des points de vue différents. [Gery, 1991] a défini EPSS comme « *an integrated electronic environment that is available to and easily accessible by each learner and is structured to provide immediate, individualized on-line access to the full range of information, software, guidance, advice and assistance, data, images, tools, and assessment and monitoring systems to permit job performance with minimal support and intervention by others* ».

[MacGraw, 1994] décrit EPSS comme « *an integration of artificial intelligence, hypermedia and learning support (CBT) to produce an integrated system that includes intelligent user interface, embedded training, a hypertext online help system and an intelligent advisor/coaching system.* ». Il a mentionné le support à l'apprentissage dans sa définition.

[Banerji, 1995] donne sa définition comme « *a human-computer activity system that is able to manipulate large amounts of task related information in order to provide both a problem solving capability as well as learning opportunities to augment human performance in a job task by providing information and concepts in either a linear or a non-linear way, as and when they are required by a user* ». Dans cette définition, l'apprentissage et la résolution de problèmes sont mis au même niveau dans l'objectif d'un EPSS.

[Barker, 1995] suppose que EPSS est « *a computer based environment which helps to improve the skill and knowledge on a particular work.* ». Il est d'accord qu'EPSS peut être intégré avec des systèmes d'apprentissage basés sur l'ordinateur pour étendre l'efficacité et l'efficacité des apprenants des compétences et des connaissances sur l'objectif.

[Bezanson, 2002] définit EPSS d'un point de vue de l'entreprise : EPSS offre « *just-in-time, just enough training, information, tools, and help for users of a product or work environment, to enable optimum performance by those users when and where needed, thereby also enhancing the performance of the overall business.* »

Malgré l'évolution de la définition d'EPSS, son objectif n'a pas changé. Selon notre vision, EPSS offre des possibilités d'apprentissage et de l'aide aux utilisateurs au moment où le besoin apparaît en profitant des technologies informatiques. [Bayram, 2004] a souligné que EPSS est un concept mais pas une technologie spécifique. En définitive les objectifs d'EPSS sont :

- Fournir le stockage et la livraison des documents de références comme : les documents de formation, les procédures d'opération, l'historique de maintenance, etc.
- Générer la performance et l'apprentissage au moment du besoin.
- Améliorer la performance de l'entreprise à l'aide du transfert de connaissances.
- Stocker et partager les connaissances capturées par des employés.

III.3.2 Principes

III.3.2.1 Justification pour EPSS

[Banerji, et al., 1997] explique EPSS en analysant les éléments qui influencent le temps consommé par une personne pour accomplir une tâche dans un domaine donné. Il suppose que le temps consommé pour accomplir une tâche (T_{task}) dépend de deux éléments : le temps pour trouver une méthode (T_{method}) et le temps pour exécuter la tâche (T_{execute}). Il est donc : $T_{\text{task}} = T_{\text{method}} + T_{\text{execute}}$

Une des caractéristiques les plus importantes d'EPSS est sa capacité de minimiser le temps total de l'accomplissement de tâche. Pour atteindre cet objectif il faut identifier quel élément dans l'équation ci-dessous est le plus influent.

Pour le temps d'exécution d'une tâche, si la tâche est exécutée par une personne, l'amélioration de compétences (par l'apprentissage ou la formation) ou la fourniture du support de la performance comme un EPSS pourra aider à améliorer l'efficacité de du travail, et donc de la performance globale.

Le temps de la recherche d'une méthode pour exécuter une tâche dépend beaucoup plus du système. Un acteur peut obtenir une méthode pour faire sa tâche en 4 étapes : **rappel, recherche, apprentissage, invention**. Une bonne conception d'EPSS peut aider dans toutes les 4 étapes pour minimiser le temps global. Pour une tâche spécifique faite souvent par l'acteur, il est facile de se rappeler comme faire. Si l'acteur ne sait pas comment faire la tâche, il doit rechercher la méthode à l'aide du EPSS. S'il ne trouve pas une méthode prédéfinie, il doit en bâtir une à partir des autres méthodes ou cas (fournis par EPSS). Si aucune méthode n'a pu être trouvée, en dernier recours, l'acteur peut essayer d'en inventer une pour accomplir sa tâche.

III.3.2.2 Cadre théorique

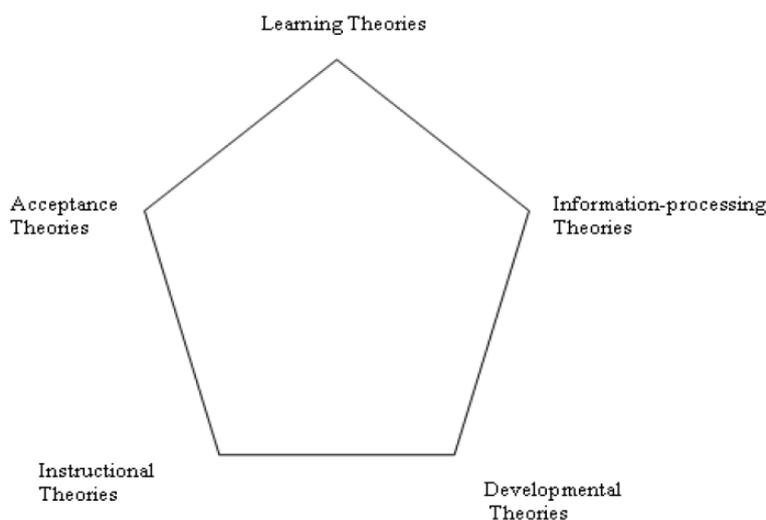


Figure 35 : Cadre théorique de EPSS (d'après [Bayram, 2004])

[Bayram, 2004] a donné un cadre théorique pour la conception des systèmes EPSS. Ses approches théoriques peuvent aider les concepteurs de comprendre les effets des théories dans EPSS, comme la collaboration, le contexte social, l'évaluation de performance, les interactions dans l'e-apprentissage, etc. A partir d'un point de vue de l'éducation, il a proposé cinq domaines inter-reliés comme cadre théorique d'EPSS (Figure 35) :

- **Théories de l'apprentissage** : l'apprentissage comportemental, l'apprentissage social, l'apprentissage assisté, l'apprentissage collaboratif, l'apprentissage centré sur l'apprenant, etc.
- **Théories du traitement d'information** : la perception, l'attention, le mémoire, la réflexion d'humaine.
- **Théories du développement** : le développement cognitif, l'automatisation, le jugement moral, le développement de l'ego, le développement conceptuel, etc.
- **Théories de l'enseignement** : le stimulus et la réponse, les objectifs cognitifs, affectifs et psychomoteur, la conception d'exercices, etc.
- **Théories de l'acceptation** : la théorie du besoin, la théorie du caractère, la théorie humanistique, la théorie phénoménologique, la théorie de l'action raisonnée, etc.

III.3.2.3 Fonctionnalités

[Alparslan, et al., 2008] a identifié les caractéristiques de EPSS suivantes :

- **Basé sur l'ordinateur** : EPSS est un système basé sur l'ordinateur, comme l'indique « electronic » dans son nom.
- **Accès pendant le travail** : EPSS fournit des informations requises pour accomplir une tâche pendant le travail.
- **Contrôle par l'apprenant** : l'apprenant décide quand et quelles informations sont requises. Il n'y a pas d'enseignant et l'apprenant apprend en autonome, non linéairement. La motivation de l'apprentissage est dirigée vers et par l'accomplissement de sa tâche.
- **Réduire le besoin de la formation antérieure** : la disponibilité des informations réduit le besoin de la formation antérieure. Dans la formation antérieure (non contextualisée), les apprenants doivent apprendre linéairement toutes les informations pour se mémoriser celles qui sont utiles.
- **Mise à jour facile** : EPSS permet la mise à jour plus rapide, plus facile que les autres médias.
- **Permettre différents niveaux de connaissances** : EPSS fournit des informations minimales, pour des apprenants qui ne veulent pas les détails, mais peut fournir des informations détaillées pour ceux qui les veulent.
- **Permettre différentes méthodes d'apprentissage** : EPSS fournit différentes méthodes d'apprentissage pour améliorer l'apprentissage. Les mêmes informations peuvent être présentées différemment selon la méthode requise.
- **Intégration de l'information, des conseils, et des expériences d'apprentissage** : EPSS fournit aux utilisateurs l'intégration de l'information, des conseils, et des expériences d'apprentissage. Par exemple, le système de conseil peut demander ce qu'ils veulent accomplir, et proposer quelle procédure utiliser.

[Banerji, et al., 1997] pense pour faciliter l'accomplissement d'une tâche, qu'un système EPSS doit

fournir les fonctionnalités suivantes :

- Accès rapide à l'information relative au travail.
- Formation basée sur les besoins.
- Conseil, guidage, et aide au travail.
- Revues de travail ou les procédures des tâches.
- Pratique des compétences.
- Supervision de la performance et conseil.
- Support d'information ou bibliothèque.

En fait, EPSS n'a pas défini précisément des composants ou des services. Les concepteurs peuvent prendre en compte le contexte d'utilisation et les besoins d'utilisateurs, et puis identifier des composants ou des services appropriés aux besoins. D'après [Alparslan, et al., 2008], un système EPSS doit avoir au minimum six composants :

- **Un système de conseil** fournit le support à la résolution du problème, le support à l'analyse et la prise de décision.
- **Une base de données ou d'informations** fournit l'accès et la recherche d'information pour accomplir la tâche.
- **Un composant support à l'apprentissage et à la formation** fournit le support à l'apprentissage en autonome motivé par la tâche.
- **Un composant de l'aide/ la référence en ligne** fournit en ligne des explications, des démonstrations, des conseils, des références et le manuel de l'utilisation du système soi-même.
- **Un composant de productivité** fournit un processeur de documentation, les outils de conception, les outils graphiques, etc.
- **Une interface utilisateur** permet aux utilisateurs de naviguer facilement dans le système, d'accéder aux informations requises rapidement et facilement.

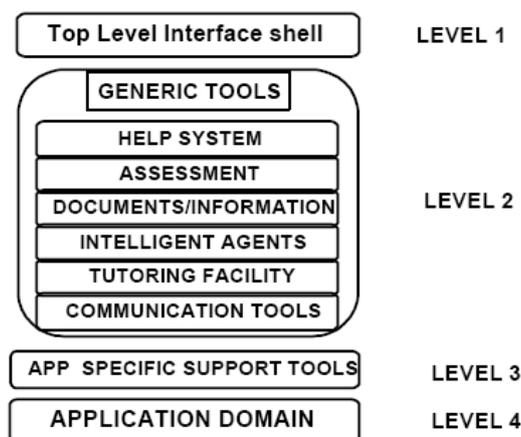


Figure 36 : Modèle générique de EPSS (d'après [Banerji, et al., 1997])

Ces composants et fonctionnalités constituent la base d'EPSS. Cependant, il y a différentes perspectives pendant la conception. Les concepteurs peuvent ajouter ou supprimer des composants, comme dans le modèle de [Banerji, et al., 1997], les composants peuvent alors être différents (Figure 36).

III.3.3 Applications

III.3.3.1 MEPSS (Maintainer's Electronic Performance Support System)

Le système MEPSS [Keesah, 2001] a été conçu pour faire face aux manques constatés par des techniciens de la maintenance de l'aviation de marine des États Unis. Celui-ci fournit des procédures de la maintenance des manuels en ligne, le support d'aide à la décision, la formation, d'expression de diagrammes, un système de communication, et l'accès juste à temps aux informations. P-3 *Operational Advisory Group (OAG) Maintenance Working Group* estime que la disponibilité du MEPSS notamment par sa formation au dépannage juste à temps pourrait réduire les faux remplacements des *Engine Driven Compressors (EDC)* par 25%.

L'interface du système a été conçue pour être utilisable sur les dispositifs mobiles avec des petits écrans et des écrans tactiles, ce qui permet aux utilisateurs d'accéder aux informations juste à temps sur le lieu de travail. Les utilisateurs peuvent apprendre à utiliser le système facilement. Le profil d'utilisateur est considéré comme un élément contextuel, qui permet de générer dynamiquement des pages contextualisées selon le profil de l'utilisateur. Les principaux modules sont centrés sur le dépannage, la formation, les manuels techniques, et la base de données de pièces et de fournitures. La Figure 37 illustre un exemple de l'interface de la formation à la maintenance.

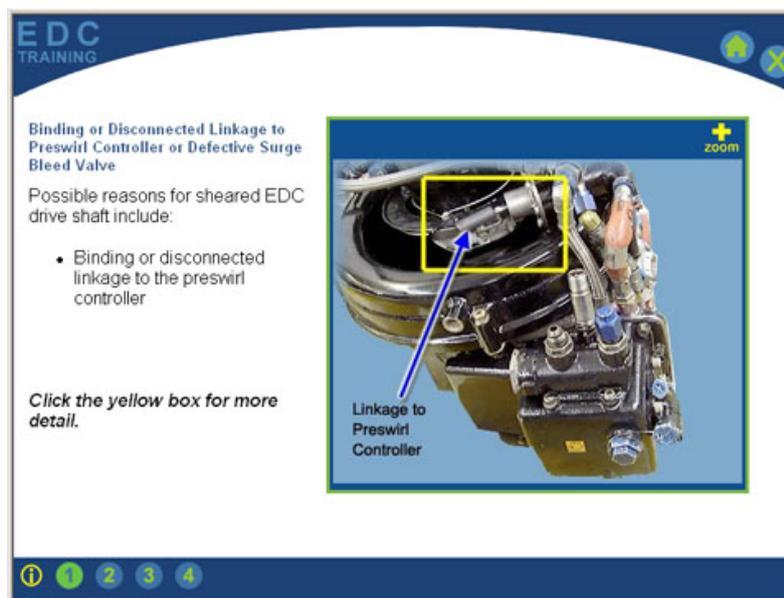


Figure 37 : Module de formation du système MEPSS

III.3.3.2 KP2000 LMS

KP2000 LMS [IPGems, 2001] est un système de gestion d'apprentissage développé par la société KnowledgePlanet. Ce système basé sur le web permet au client (l'apprenant) d'y accéder rapidement quand il veut accomplir une tâche précise. Les clients peuvent également gérer leurs tâches, leurs formations, leurs connaissances, la revue de performance, etc.

Ce système offre aux apprenants une « *To Do* » liste (Figure 38). Cette liste rappelle à l'apprenant des tâches qu'il doit accomplir prochainement. La tâche la plus urgente est listée en haut de la page et un lien situé à côté permet de voir les détails de la tâche. L'apprenant peut immédiatement exécuter la tâche avec l'aide du système. Le système propose différentes séquences pour accomplir une tâche complexe. Des ressources d'apprentissage peuvent être interrogées selon le besoin de la tâche. Le système supporte la relation du tutorat, différentes interfaces sont prises en compte pour les rôles de l'apprenant, du tuteur, et du gestionnaire.

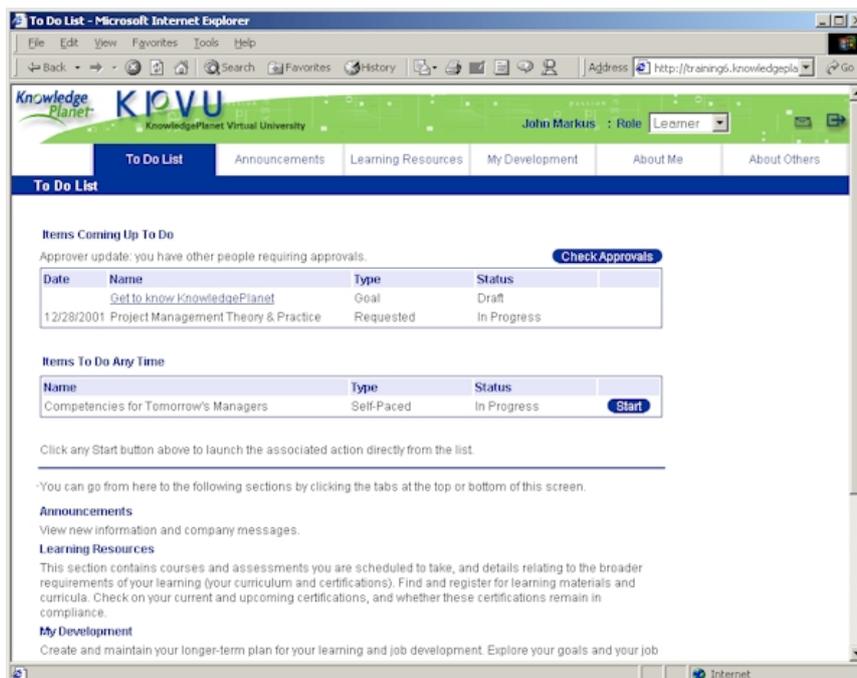


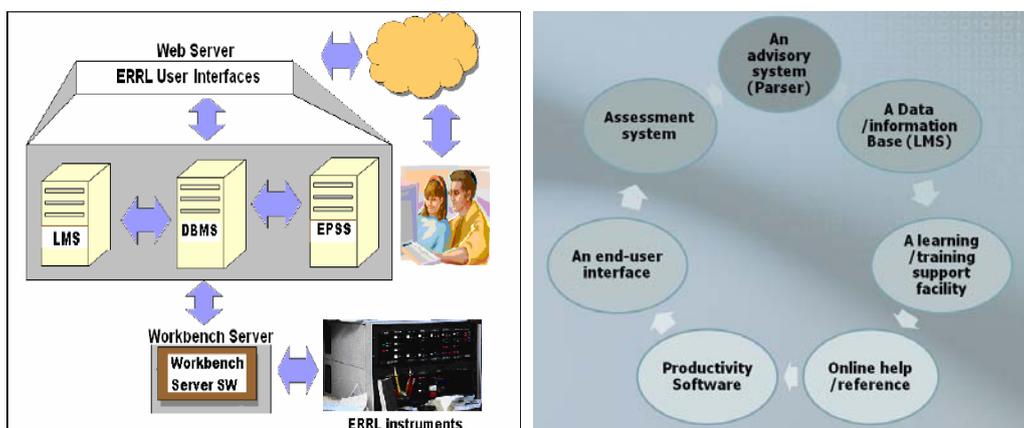
Figure 38 : La « To Do » liste dans le système KP2000LMS

III.3.3.3 EPSS dans le projet ERRL

ERRL (*European Remote Radio Laboratory*) [Alparslan, et al., 2008] est un projet de l'e-apprentissage qui sert aux étudiants, techniciens ou ingénieurs pour se former à l'utilisation des équipements du *Radio Frequency Laboratory* à distance via Internet. Les utilisateurs concernés dans le projet ont besoin de la formation et de l'apprentissage quand ils utilisent des équipements et

effectuent des expérimentations. Les concepteurs ont décidé de proposer un EPSS pour fournir des informations d'aide quand les utilisateurs en ont besoin.

L'architecture du projet est illustrée sur Figure 39 (a). Les utilisateurs visitent le système à distance via un Web Server et un Workbench Server. L'interface d'utilisateur propose 3 services. Le premier est le LMS (*Learning Management System*), qui se charge de gérer et livrer le contenu en ligne aux utilisateurs. Le deuxième est le DBMS (*Database Management System*), qui stocke et gère les données nécessaires en fonction de l'apprenant et de l'équipement. Le dernier est l'EPSS qui stocke et distribue des connaissances individuelles ou collectives pour permettre aux utilisateurs d'obtenir le niveau de performance nécessaire le plus rapidement et avec le moins d'intervention des autres. Les composants intégrés dans cet EPSS sont illustrés sur Figure 39 (b).



(a) Architecture du système

(b) Composants intégrés

Figure 39 : EPSS dans le projet ERRL (d'après [Alparslan, et al., 2008])

III.3.3.4 *Wearable EPSS*

Un groupe de fabricants, d'instituts de recherche et d'établissements de formation de l'Armée US ont développé un système de *Wearable EPSS* ([Research, 1998]). Ce système utilise les technologies de la reconnaissance vocale pour permettre aux techniciens d'accéder aux manuels techniques avec les deux mains libres pendant leur travail.

Ce système EPSS est basé sur la commande vocale. Les documents ou des instructions sont affichés sur un mini masque LCD ou un petit panneau d'affichage plat. Les images sont projetées sur les lunettes. Le système de navigation basé sur la Réalité Virtuelle permet aux techniciens de naviguer dans les documentations techniques et les instructions de diagnostics ou réparation via la commande vocale. Les utilisateurs peuvent consulter le système avec des commandes vocales à n'importe quel moment. La méthodologie du support de la performance est au centre du système et utilise des technologies de *General Motors*.

III.3.3.5 Synthèse sur les applications de EPSS

EPSS peut être utilisé dans beaucoup de situations. Nous avons examiné 4 applications représentatives respectivement dans le domaine militaire, le domaine individuel, et le domaine éducatif. Il existe encore d'autres applications dans d'autres domaines, par exemple le système SOURCE de Hewlette-Packard [Emery, 2001], qui offre aux clients le support technique de leurs produits électroniques. Nous transposons les principes d'EPSS dans l'apprentissage mobile. Nous avons élaboré des critères permettant une comparaison de ces applications. Le support de la mobilité est donc le premier critère à considérer. Nous prenons en compte également les composants et les services utilisés dans ces applications. Le tableau 13 illustre le résultat de la comparaison en détail. Il faut noter qu'aucune application ne couvre tous les services et le concepteur les a choisis selon les besoins des utilisateurs.

Application EPSS	MEPSS	KP2000 LMS	ERRL	<u>Wearable EPSS</u>
Objectif d'application	Maintenance	Apprentissage informel	Maîtrise d'équipement	Maintenance Diagnostic
Mobilité	Oui	Non	Non	Oui
Contexte d'utilisateur	Oui	Non	Non	Oui
Support à la performance	Oui	Oui	Oui	Oui
Collaboration	Non	Oui	Non	Non
Apprentissage/Formation	Oui	Oui	Oui	Oui
Feedback	Non	Oui	Non	Non
Productivité	Non	Non	Oui	Non
Diagnostic	Oui	Non	Non	Oui
Autoévaluation	Non	Oui	Non	Non

Tableau 13 : Comparaison des applications EPSS

III.4 Conclusion du chapitre III

Ce chapitre a été consacré à l'apprentissage dans des situations professionnelles. Nous avons examiné principalement les méthodes d'apprentissage liées au travail. A partir d'un point de vue méthodologique, nous avons vu les caractéristiques de ces méthodes. Nous voulons adapter ces méthodes à notre conception du système d'apprentissage SAMCCO. Ainsi, notre système facilitera le travail des utilisateurs et augmentera leur performance via l'apprentissage. L'apprentissage juste à temps, l'apprentissage sur le lieu de travail, l'apprentissage par l'action, et l'apprentissage collaboratif sont des caractéristiques principales que nous adaptons dans notre contexte.

TCAO et EPSS sont donc deux concepts facilitant le travail à plusieurs dont l'efficacité est augmentée par l'accès aux informations appropriées. Nous reprenons ces concepts et les adaptons lors de la conception de SAMCCO.

PARTIE II. CONTRIBUTIONS

Résumé : Dans cette partie du mémoire, nous introduisons notre définition et conception de SAMCCO (système d'apprentissage mobile contextuel et collaboratif) pour la maîtrise d'équipements domestiques, publics et professionnels. Les travaux de notre recherche commencent par l'étude des unités d'apprentissage.

Dans le chapitre IV, nous modélisons les unités d'apprentissage selon leurs caractéristiques syntaxiques (fragment, atomique, composée) et sémantiques (description statique, tâche de maîtrise). Pour mieux décrire les unités d'apprentissage, nous introduisons les métadonnées AMLOM (Appliance Mastering LOM). Un processus de production d'unités d'apprentissage est proposé pour transformer les documentations initiales d'équipements en unités d'apprentissage, qui sont utilisables par des systèmes d'apprentissage dans des contextes concrets.

Dans le chapitre V nous concevons une architecture du SAMCCO qui prend en compte les contextes d'apprentissage et les caractéristiques MOCOCO (Mobilité, Contextualisation, Collaboration). Les contextes d'apprentissage sont modélisés sur la collecte des scénarios d'apprentissage, qui offrent des informations contextuelles formalisées pour contextualiser les unités d'apprentissage. Nous présentons également la plateforme IMERA où se base le système d'apprentissage. Dans l'architecture de SAMCCO proposé, le moteur de contrôle organise l'activité d'apprentissage et le processus de contextualisation en interrogeant des autres éléments (bases de données, services génériques, patterns d'interactions, méthodes d'apprentissage, etc.).

Le Chapitre VI illustre trois applications pour valider nos conceptions dans des situations professionnelles concrètes différentes. Le scénario du banc de test MAPED nous a permis de valider le processus de production d'unités d'apprentissage dans un cas concret. Le scénario de maintenances de l'ordinateur est d'un cas d'application de l'apprentissage mobile contextuel dans une activité de maintenance d'équipement. Le projet HSHB (Healthy Spirit in Healthy Body) permet un autre type d'apprentissage, l'apprentissage mobile contextuel dans le processus de constitution d'un repas équilibré dans un restaurant libre service, dans lequel notre système peut également utilisé.

Mots clés : Apprentissage mobile, unité d'apprentissage, contexte d'apprentissage, contextualisation, collaboration, maîtrise d'équipements.

Chapitre IV. Production des unités d'apprentissage

Dans le cadre de l'apprentissage mobile dans des situations professionnelles, SAMCCO est conçu pour permettre aux apprenants d'apprendre la maîtrise d'équipements domestiques, publics et professionnels en s'appuyant sur des ressources d'apprentissage contextualisées. La première étape de nos travaux est donc d'étudier les ressources d'apprentissage contextualisées et leur mise en forme en unités d'apprentissage. Dans ce chapitre, nous allons décrire la conception d'unités d'apprentissage et le processus de production de ces unités. Nous allons d'abord introduire la problématique de ces unités d'apprentissage dans l'apprentissage mobile contextualisé et en déduire notre objectif. Nous construirons les modèles de l'unité d'apprentissage s'appuyant sur l'analyse syntaxique et sémantique. Les métadonnées pour décrire l'unité d'apprentissage à utiliser sont étendues à partir des métadonnées LOM (*Learning Object Metadata*). Nous allons également proposer un processus de production d'unités d'apprentissage à partir de documentation originale d'équipements.

IV.1 Introduction

Les unités d'apprentissage sont les petits objets structurés correspondant aux ressources d'apprentissage, comme une leçon, un test, une simulation, etc. Les unités d'apprentissage sont conçues pour fournir des contenus réutilisables à l'apprentissage guidé par l'ordinateur. Beaucoup de standards de spécifications ont émergé pour uniformiser l'emballage des unités d'apprentissage. Cependant, jusqu'à maintenant, il n'existe pas encore un standard de la production de ces unités pour l'apprentissage mobile. Les supports de la mobilité et des contextes d'apprentissage sont des grandes exigences dans la production des unités d'apprentissage.

La plupart des travaux de recherche sur les unités d'apprentissage est concentrée sur la production des cours scolaires traditionnels. Les contenus d'apprentissage visant la maîtrise des équipements domestiques, publics ou professionnels sont rarement étudiés. Le projet IMAT (*Integrating Manuals and Training*) [Desmoulins, et al., 2000] est un des rares projets qui a étudié le problème de ressources d'apprentissage pour leur réutiliser dans la formation, ce que nous allons décrire brièvement.

Nous commençons par une étude des problématiques existantes que nous devrions confronter. Nous présentons des caractéristiques des manuels d'équipements, qui sont des ressources originales (initiales) à partir desquelles la production d'unités d'apprentissage peut avoir lieu. Puis nous étudions le standard SCORM (*Sharable Content Object Reference Model*) [ADL (*Advanced Distributed Learning*), 2009], un des standards le plus acceptés pour décrire les ressources d'apprentissage, et le projet IMAT pour en déduire les objectifs de notre travail.

IV.1.1 Problématiques

IV.1.1.1 Manuels d'équipements traditionnels

Jusqu'à aujourd'hui, l'apprentissage de maîtrise d'équipements domestiques, publics ou professionnels se base principalement sur des manuels d'utilisation traditionnels et des documents techniques fournis par des constructeurs d'équipements. Ces documents sont souvent distribués en format papier (mode d'emploi, fiche technique) ou en format électroniques (CD-ROM, PDF téléchargé sur Internet, etc.). Ces documents peuvent être considérés comme la source des ressources d'apprentissage de maîtrise d'équipements. Par exemple, quand on a acheté un équipement neuf, avant de l'utiliser, la première chose à faire est de lire les manuels pour apprendre comment l'installer et comment l'utiliser. Quand l'équipement ne marche plus, on doit sortir ces manuels pour essayer d'apprendre à régler le souci, etc. Ces documentations distribuées avec les équipements semblent indispensables dans l'apprentissage de la maîtrise d'équipements. Cependant, nous trouvons que les manuels d'équipements ont beaucoup d'inconvénients dans leur utilisation surtout pour l'apprentissage :

- **Les manuels traditionnels sont encombrants et lourds.** Nous avons maintenant trop de manuels pour des équipements différents (voiture, machine à laver, ordinateur, appareil photo, etc.) dans la maison. Pour une entreprise qui gère une grande quantité de machines industrielles, il est encore plus difficile de les conserver, les gérer, et les consulter. Si un jour on en a réellement besoin, il est très difficile de les retrouver car ils sont rangés souvent dans un endroit que nous avons oublié depuis longtemps.
- **Les manuels traditionnels sont difficiles à consulter.** Quand nous rencontrons un problème et nous voulons apprendre sur un sujet spécifique, dans la plupart des cas, nous devons parcourir tout le manuel pour trouver la ressource appropriée. Même dans un document électronique au format PDF, la récupération d'une réponse dans un long texte en utilisant la fonction de recherche est assez difficile. En plus, ces manuels sont indexés de manières différentes selon les constructeurs d'équipements.
- **Les formats des manuels traditionnels sont variés.** Les constructeurs préfèrent d'élaborer des manuels d'équipements selon leurs préférences. Des manuels papier sont souvent les plus utilisés, mais en outre, il existe aussi beaucoup de formats électroniques sur CD-ROM, l'aide en ligne, des fichiers téléchargeables sur site, etc. Parmi les documents électroniques, de nombreux formats sont utilisés, comme .pdf, .doc, vidéo, flash, audio, web page, etc.
- **La mise à jour est difficile.** Du côté des constructeurs, s'ils ont des contenus à mettre à jour, comme les documents ont été déjà distribués aux clients, il est très difficile de faire connaître à ces clients les nouveaux contenus, ajouts ou corrections. Du côté des clients, s'ils trouvent des fautes dans les manuels, ou veulent proposer une amélioration, il semble impossible d'en informer facilement le constructeur.
- **La rédaction et la structure sont informelles.** En effet, il n'existe pas de standard pour la rédaction et la structuration des manuels. Certains manuels sont mal rédigés, structurés et traduits. Par ailleurs, certains modèles de produits différents utilisent un même manuel en

commun. Cela provoque la confusion des utilisateurs quand ils ont besoin des informations sur un modèle précis.

- **Il manque des méthodes d'apprentissage.** Après la distribution des manuels d'équipements, il n'existe pas de méthode d'apprentissage qui dirige l'activité d'apprentissage des utilisateurs. L'apprentissage autour des équipements est spontané et non organisé. Les utilisateurs doivent choisir la stratégie d'apprentissage selon leurs habitudes et préférences. Les expériences d'apprentissage ne sont donc pas garanties.

Comme nous avons décrit ci-dessus, les manuels traditionnels d'équipement fournis par les constructeurs représentent beaucoup d'inconvénients qui ne facilitent pas la maîtrise des équipements. Les théories de l'e-apprentissage et l'apprentissage mobile fournissent des nouveaux moyens pour l'apprentissage ou la formation à distance et en mobilité. La production des ressources d'apprentissage pour remplacer ces manuels techniques traditionnels est devenue un sujet important pour les chercheurs.

IV.1.1.2 SCORM

Le besoin de créer des ressources d'apprentissage et de les partager sur des plates-formes d'apprentissage différentes a incité le recours à la standardisation. Parmi les travaux qui ont été proposés dans ce cadre, SCORM (*Sharable Content Object Reference Model*) [ADL (Advanced Distributed Learning), 2009] est le plus largement accepté. En effet, SCORM est une collection de standards et de spécifications proposé par AICC (*Aviation Industry Computer-Based Training Committee*), IMS (*IMS Global Learning Consortium, Inc.*), IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*), ARIADNE (*Alliance for Remote Instructional Authoring and Distribution Networks for Europe*) et d'autres organisations. Avec les spécifications, SCORM constitue un « *reference model* » unifié qui répond aux exigences des contenus et des systèmes de l'apprentissage basé sur le web.

SCORM vise les objectifs suivants :

- **Accessibilité** : la capacité à localiser les besoins et à accéder aux ressources à partir d'un lieu distant et les faire parvenir à un autre lieu.
- **Interopérabilité** : la capacité à prendre des ressources pédagogiques développés avec en ensemble d'outils ou de plates-formes et les utiliser avec un autre ensemble d'outils ou de plates-formes.
- **Durabilité** : la capacité de résister à l'évolution technologique et des changements sans restructurations coûteuses, reconfigurations ou recodages.
- **Réutilisabilité** : la capacité d'incorporer des ressources d'apprentissage dans des applications et des contextes différents.

La version la plus récente de SCORM est SCORM 2004 4th Edition Version 1.1, mise à jour le 14 août 2009. Le standard SCORM est composé de trois parties :

- **Le modèle d'agrégation du contenu** (CAM – *Content Aggregation Model*) [ADL (Advanced Distributed Learning), 2004a]. Il traite trois aspects d'un contenu SCORM. Premièrement, le modèle de contenu qui décrit les ressources utilisées pour construire un contenu SCORM : Asset, SCO (*Sharable Content Object*) et Agrégation. Deuxièmement, la description du contenu avec les éléments de métadonnées de LOM (*Learning Object Metadata*). Troisièmement, la description et les exigences de l'agrégation du contenu d'apprentissage.
- **Le séquençement et la navigation** (SN : *Sequencing & Navigation*) ([ADL (Advanced Distributed Learning), 2004c]). Il englobe le modèle de définition du séquençement du contenu et le modèle des comportements de ce séquençement. Le premier définit l'ensemble des éléments qui peuvent être utilisés pour décrire les comportements de séquençement. Le deuxième spécifie les règles de séquençement et comment les intégrer dans le contenu.
- **L'environnement d'exécution** (RTE : *Run-time Environment*) ([ADL (Advanced Distributed Learning), 2004b]). Il décrit les contraintes qu'une plate-forme d'apprentissage doit satisfaire pour pouvoir gérer l'environnement d'exécution. Il décrit le mécanisme de communication entre la plate-forme et le contenu, et spécifie les données échangées lors de cette communication, il s'agit du modèle de données.

SCORM supporte la portabilité et la réutilisabilité des objets d'apprentissage et fournit une interface de communication standard entre les SCO et LMS (*Learning Management System*). Cependant, SCORM n'est pas parfait selon des points de vue différents :

- **SCORM ne supporte pas l'apprentissage mobile.** La connectivité et les capacités des dispositifs mobiles ne sont pas concernées. Certains chercheurs essaient d'adapter SCORM à l'apprentissage mobile pour supporter la mobilité par l'ajout d'un RTE mobile, comme Pocket SCORM ([Lin, et al., 2004]).
- **SCORM ne supporte pas l'apprentissage collaboratif.** Selon le cadre de SCORM, les éléments dans le modèle de données sont limités à un seul SCO et un seul apprenant. Des différents apprenants ne peuvent pas partager ces éléments de données entre eux.
- **SCORM ne supporte pas des contextes différents.** Pour supporter la portabilité du contenu d'apprentissage, SCORM définit les contenus d'apprentissages qui doivent être indépendants du contexte pour qu'ils puissent être utilisés dans tous les contextes.
- **Les métadonnées de LOM sont générales du point de vue du cadre pédagogique et donc ne peuvent pas répondre des exigences des domaines spécifiques ou de la mobilité.** Par exemple, pour les documents techniques d'équipements, il faut les étendre selon les besoins du domaine. C'est aussi pourquoi on doit étendre les métadonnées basées sur LOM dans notre approche.

IV.1.1.3 *Projet IMAT*

Le projet IMAT (*Integrating Manuals and Training*) [Desmoulins, et al., 2000] est un projet qui a été monté par plusieurs instituts de recherche et sociétés industrielles européennes. L'objectif du projet était de proposer un environnement permettant le découpage et l'indexation de manuels de maintenance et leur réutilisation en formation professionnelle.

L'approche adoptée est de prendre des manuels techniques des constructeurs, les transformer en fragments, stocker ces fragments dans une base de données orienté objet, et les indexer avec des ontologies. Les ontologies contiennent les connaissances d'un domaine particulier et permettent d'indexer les documents selon un point de vue particulier.

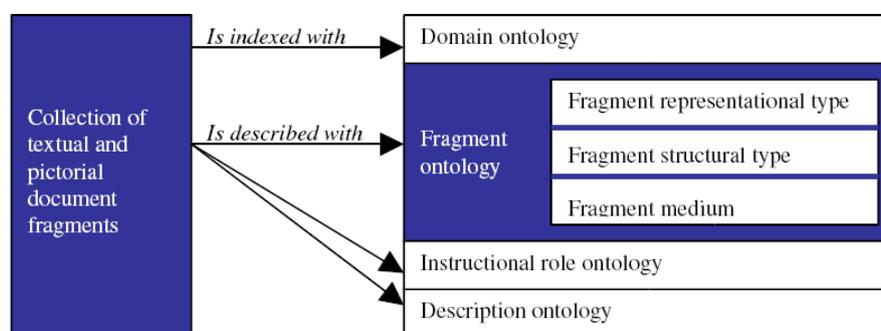


Figure 40 : Ontologies pour indexer et décrire les fragments (d'après [Kabel, et al., 1999])

Les ontologies utilisées dans le projet IMAT sont principalement basées sur 4 aspects ci-après ([Kabel, et al., 1999]). La Figure 40 illustre l'utilisation de ces ontologies pour décrire et indexer un fragment.

- **L'aspect syntaxique** pour décrire les caractéristiques physiques du fragment, comme un tableau, un titre, etc.
- **L'aspect du type de description**, comme une description structurelle ou comportementale.
- **L'aspect de l'information spécifique du domaine**, comme les termes « radar scan converter », « 208-vac circuits », etc.
- **L'aspect du rôle pédagogique** comment un fragment peut être utilisé comme une explication ou un exercice.

Les ontologies utilisées dans le projet IMAT ont beaucoup d'avantages. Par exemple, elles peuvent résoudre le problème de la terminologie, elles permettent de décrire et de récupérer les fragments de plusieurs manières différentes, etc. Le projet IMAT se situe dans le monde industriel très spécifique et est ciblé sur la récupération des fragments pour la formation de maintenance. Les rôles centrés sont les créateurs des fragments et les formateurs qui organisent des cours. Il ne prend pas en compte le contexte de l'apprenant ni sa mobilité. La diversité des objectifs d'apprentissage et des activités

d'apprentissage exige des approches plus flexibles de la production des ressources d'apprentissage. Nous nous sommes inspirés du projet IMAT pour la fragmentation des manuels traditionnels, mais nous avons pris une approche différente pour décrire et indexer les fragments.

IV.1.2 Objectifs

Dans nos perspectives, nous devons élaborer une approche de production d'unités d'apprentissage. Ces unités d'apprentissage vont cheminer vers les apprenants dans différents contextes d'apprentissage mobile à travers le système d'apprentissage. Les contextes d'apprentissage visent la maîtrise d'équipements domestiques, publics, professionnels, qui comporte des connaissances des équipements, des tâches d'utilisation, de diagnostics, de maintenance, de réparation, etc.

Les informations envoyées aux apprenants ne sont pas limitées aux descriptions textuelles des tâches à effectuer, mais comportent aussi des diagrammes, des figures, des vidéos, des sons, ou des modèles d'objet en 3D, etc. Les sources de documentation peuvent représenter une diversité de formats, comme des manuels techniques papier ou des documents électroniques (.pdf, .doc, vidéo, son, etc.).

Notre objectif est donc d'élaborer des modèles et la structure des unités d'apprentissage, et de proposer un processus de production de ces unités à partir des documentations initiales pouvant être exploités dans le système d'apprentissage mobile et contextuel proposé. Notre approche doit respecter des caractéristiques suivantes :

- **Viser sur la maîtrise d'équipements domestiques, publics et professionnels.** En effet, comme SAMCCO prend en compte des situations professionnelles, l'objectif est de permettre l'apprentissage de maîtrise de ces équipements. Notre approche se distingue de l'apprentissage formel dont l'objectif est d'enrichir des connaissances théoriques, car nous visons un apprentissage opérationnel, l'apprentissage qui s'effectue juste à temps c'est à dire l'apprentissage sur le lieu de travail.
- **Accessible.** Les unités d'apprentissage doivent être accessibles n'importe quand et n'importe où à l'aide d'un dispositif mobile et un réseau de communication sans fil. Quand il n'y a pas, dans certaines situations, d'accès au réseau, les unités d'apprentissage peuvent être téléchargées en avance sur le dispositif mobile pour les rendre accessibles même sans la connexion réseau.
- **Réutilisable.** Il existe deux aspects de la réutilisabilité. Premièrement, les unités d'apprentissage peuvent être réutilisées pour différentes applications et systèmes d'apprentissage. Deuxièmement, une granularité appropriée permet des références et la réutilisation des unités d'apprentissage dans des leçons différentes.
- **Contextualisable.** Le système d'apprentissage peut récupérer et adapter des unités d'apprentissage selon le contexte d'apprentissage. Des informations descriptives en forme de métadonnées doivent être attachées le contenu d'apprentissage. Le système d'apprentissage collecte ces informations contextuelles de l'activité d'apprentissage en

temps réel et recherche des unités d'apprentissage dans la base de données en interrogeant les métadonnées. Un processus d'adaptation visant la comptabilité entre les unités d'apprentissage et les capacités des dispositifs mobiles est à effectuer en cas de besoin.

- **Partageable.** Les unités d'apprentissage peuvent être partagées à travers le système d'apprentissage entre plusieurs apprenants ou rôles. L'apprentissage collaboratif est supporté par le système d'apprentissage, cela veut dire que le contexte d'apprentissage et les unités d'apprentissage doivent être partageables entre des apprenants et des rôles différents et à distance.
- **Interopérable.** Les unités d'apprentissage doivent être développées et utilisées sur des plates-formes différentes ou dans des applications différentes.
- **Durable.** Les unités d'apprentissage doivent résister à l'évolution technologique et des changements des contextes d'utilisations.

Nous prenons en compte ces caractéristiques des unités d'apprentissage dans notre conception. Il existe deux phases dans notre approche. Premièrement, nous élaborons les modèles de l'unité d'apprentissage et définissons la structure d'organisation des données. Deuxièmement, nous proposons un processus de production d'unités d'apprentissage en s'appuyant sur les modèles et la structure que nous aurons établis.

IV.2 Modèle des unités d'apprentissage

IV.2.1 Modèle générique

Des unités d'apprentissage, sont appelées également des objets d'apprentissage ou des ressources d'apprentissage dans les travaux voisins. Dans cette thèse nous les appelons systématiquement des **unités d'apprentissage (UA)**. Elles ont pour but de décrire les informations formalisées et structurées, qui sont prêtes à être interrogées par l'application.

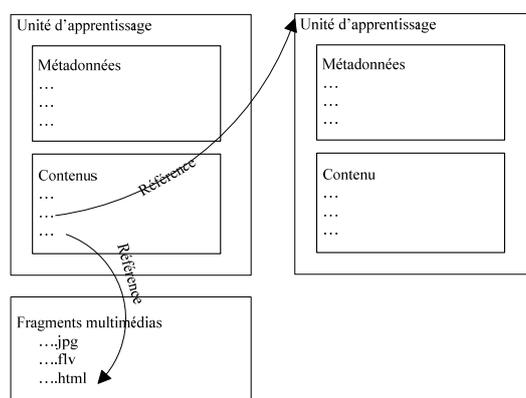


Figure 41 : Modèle générique de l'unité d'apprentissage

Nous avons choisi le format XML pour stocker ces unités et leurs métadonnées. Les fragments

multimédias (fichiers physiques comme .jpg, .html, .flv, etc.) sont attachées aux unités d'apprentissage par des références. Les unités d'apprentissage sont stockées dans une base de données, le moteur d'enchaînement du système d'apprentissage peut interroger les métadonnées et les mettre en relation avec les informations contextuelles capturées par le système. Dans cette approche, nous avons élaboré un modèle générique de l'unité d'apprentissage (Figure 41).

Ce modèle générique d'unité d'apprentissage s'inspire du modèle de package de contenu de IMS [IMS, 2003]. Une unité d'apprentissage doit avoir un identifiant unique universelle. Le modèle générique de l'unité d'apprentissage concerne principalement trois parties :

- **Métadonnées** : les métadonnées sont des données qui caractérisent l'unité. Elles décrivent l'unité d'apprentissage, selon l'aspect syntaxique et l'aspect sémantique. Elles permettent au moteur du système d'interroger l'unité d'apprentissage avec les informations issues du contexte d'apprentissage.
- **Contenus** : les contenus correspondent à l'organisation du contenu d'apprentissage de l'unité d'apprentissage. Il peut avoir une structure hiérarchique. Les contenus sont organisés avec des éléments XML ou des hyperliens qui référencent d'autres fragments multimédias ou d'autres UA.
- **Fragments multimédias** : les fragments multimédias sont des fichiers physiques comme une image de .jpg, une page web de .html, une vidéo de .flv, etc.

Pour aider à créer et à valider les instances de l'unité d'apprentissage en XML, le fichier XSD (*XML schema Definition*) est utilisé pour décrire la structure de ce modèle générique. Dans un fichier XSD, les règles comme la structure, les éléments et leurs types de données sont définis. Toutes les instances de l'unité d'apprentissage doivent se conformer à ces règles. La Figure 42 représente le schéma XML sous forme d'arbre pour le modèle générique de l'unité d'apprentissage :

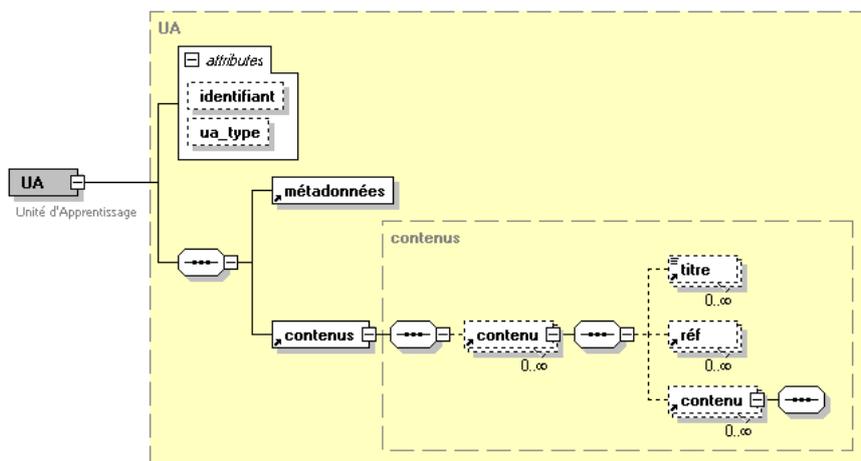


Figure 42 : XML schéma pour l'unité d'apprentissage générique

- **<UA>**. L'élément racine <UA> représente une unité d'apprentissage indépendante. Il comporte deux sous-éléments : <métadonnées> et <contenus>. L'attribut <identifiant>

identifie l'unité d'apprentissage et devrait être unique au monde. L'attribut <identifiant> est distribué au même temps que la création d'unité d'apprentissage soit manuellement par le créateur soit automatique par un outil de création d'unités d'apprentissage. L'attribut <ua_type> est pour décrire le type syntaxique de l'unité d'apprentissage (Cf. IV.2.2).

- **<métadonnées>**. L'élément <métadonnées> contient les métadonnées qui décrivent l'unité d'apprentissage. Il peut avoir des sous-éléments qui illustrent les métadonnées concrètes. Par exemple, les métadonnées prises en compte dans notre approche sont les métadonnées AMLOM que nous avons étendues d'IEEE LOM (Cf. IV.3), l'élément <amlom> qui contient les métadonnées précises est contenu dans l'élément <métadonnées> en tant que sous-élément.
- **<contenus>**. L'élément <contenus> est considéré comme l'élément racine pour l'organisation du contenu d'apprentissage de l'unité d'apprentissage. Il est un élément parent qui contient un ou une série du sous-élément <contenu>.
- **<contenu>**. L'élément <contenu> représente une partie de l'organisation du contenu d'apprentissage. Dans l'élément <contenu>, il peut contenir soit directement une partie du contenu d'apprentissage comme un paragraphe de texte ou une phrase, soit une structure hiérarchique en utilisant des sous-éléments. Il peut avoir trois sous-éléments : <titre>, <réf> et lui-même. L'élément <contenu> peut être itéré et répété dans un autre éléments <contenu> sans limite.
- **<titre>**. L'élément <titre> décrit le titre du contenu d'apprentissage dans un élément <contenu>.
- **<réf>**. L'élément <réf> représente une référence vers une autre entité d'apprentissage, qui peut être un fichier multimédia ou une autre unité d'apprentissage, etc. Nous utilisons deux méthodes de références dans l'élément <réf> : pour un fichier externe, un lien local ou l'URL est proposé ; pour une autre unité d'apprentissage ou autre élément XML, l'attribut XLink avec l'aide de XPointer est proposé.

Exemple de source XML de l'unité d'apprentissage générique :

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<UA identifiant=" " ua_type=" " xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink">
  <métadonnées/>
  <contenus>
    <contenu>
      <titre/>
      <réf xlink:type=" " xlink:href=" "/>
    </contenu>
    <contenu>
      <titre/>
      <contenu/>
    </contenu>
  </contenus>
</UA>
```

Le modèle générique est un modèle abstrait qui décrit toutes les unités d'apprentissage que nous prenons en compte. Nous avons décidé d'analyser les unités d'apprentissage selon deux perspectives : **l'analyse syntaxique** et **l'analyse sémantique**. Pour l'analyse syntaxique, nous étudions la granularité

et les relations de référence. Pour l'analyse sémantique, nous analysons l'usage pédagogique de l'unité d'apprentissage du point de vue du domaine concerné.

IV.2.2 Analyse syntaxique

L'analyse syntaxique de l'unité d'apprentissage porte sur la granularité, la structure de l'unité d'apprentissage, les relations de références entre des unités d'apprentissage. L'objectif est de concevoir des modèles d'unité d'apprentissage qui peuvent modéliser toutes les unités d'apprentissage de granularités différentes, d'étudier comment structurer ces unités d'apprentissage pour accomplir une activité d'apprentissage dans un contexte d'apprentissage donné.

Nous définissons trois niveaux d'unités d'apprentissage : **le fragment**, **l'unité d'apprentissage atomique**, **l'unité d'apprentissage composée** (Figure 43). **Le fragment** décrit un matériel d'apprentissage qui peut être utilisable au sein des unités d'apprentissage. Le fragment référence souvent un fichier physique comme une image, une vidéo, un texte, etc. Ces fichiers physiques sont des ressources basiques pour structurer les unités d'apprentissage. Le fragment peut être référencé par l'unité d'apprentissage atomique. **L'unité d'apprentissage atomique** est l'unité pédagogique la plus petite qui peut fournir aux apprenants un contenu complet dans un contexte d'apprentissage spécifique. **L'unité d'apprentissage composée** peut référencer toutes les autres unités d'apprentissage pour composer un contenu d'apprentissage complexe pour un contexte d'apprentissage spécifique. Dans notre approche, toutes les unités d'apprentissage sont inscrites dans ces 3 niveaux. Nous pouvons structurer les unités d'apprentissage sur la base de ces 3 niveaux selon leurs contenus.

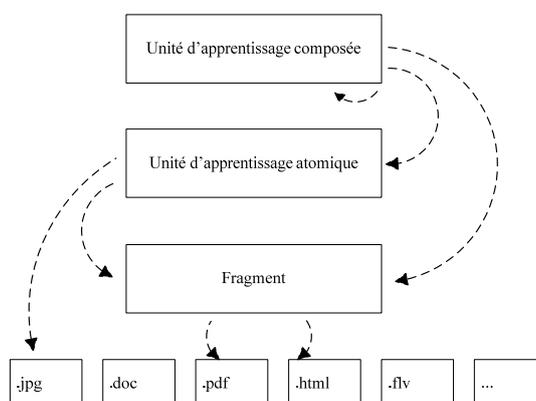


Figure 43 : Niveaux syntaxiques des unités d'apprentissage

IV.2.2.1 Fragment

Le fragment est le niveau le plus bas d'unité d'apprentissage. Il est utilisé pour décrire un fragment potentiellement utilisable dans les unités d'apprentissage. En effet, un fragment n'est pas une unité pédagogique, car il ne peut pas être utilisé indépendamment pour accomplir une activité

d'apprentissage. Un fragment est fait pour être référencé dans des unités d'apprentissage de niveaux plus hauts : l'unité d'apprentissage atomique et l'unité d'apprentissage composée.

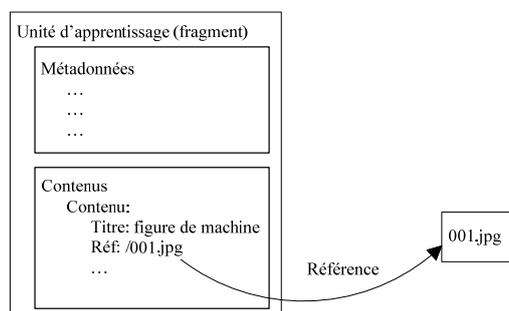


Figure 44 : Modèle du fragment

Une unité d'apprentissage est déclarée comme fragment par le mot clé `Fragment` dans son attribut `ue_type` comme « `ua_type=fragment` ». Les métadonnées sont utilisées pour décrire les conditions d'utilisation du fragment dans d'autres unités d'apprentissage atomiques ou composées. Un fragment référence optionnellement un fichier multimédia (Figure 44). Pour les unités d'apprentissage, beaucoup de ressources originales sont des fichiers physiques multimédias, comme texte, images, son, vidéo, ou d'autres objets. Ces fichiers sont stockés dans un dépôt de fichiers. Les informations techniques des fichiers sont écrites dans les métadonnées, comme la taille, le format, le logiciel requis, etc. Ces métadonnées sont être interrogées par le moteur et on peut procéder à l'adaptation du fragment aux dispositifs mobiles des apprenants. Ci-dessous on trouve un exemple de source XML qui définit un fragment d'une image « figure de machine ».

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<UA identifiant="figure1" ua_type="fragment">
  <métadonnées/>
  <contenus>
    <contenu>
      <titre>figure de maiche</titre>
      <réf>/001.jpg</réf>
    </contenu>
  </contenus>
</UA>
```

IV.2.2.2 Unité d'apprentissage atomique

L'unité d'apprentissage atomique représente un ensemble de ressources d'apprentissage qui peut accomplir une activité d'apprentissage indépendante. Elle peut optionnellement référencer des fragments ou être référencée par d'autres unités d'apprentissage composées (Figure 45). Une unité d'apprentissage est déclarée comme l'unité d'apprentissage atomique avec l'attribut « `ua_type=atomique` ». Une unité d'apprentissage atomique peut référencer des fragments pour structurer ses contenus. Ces relations de référence sont décrites dans les métadonnées pour que la navigation puisse accéder aux fragments référencés.

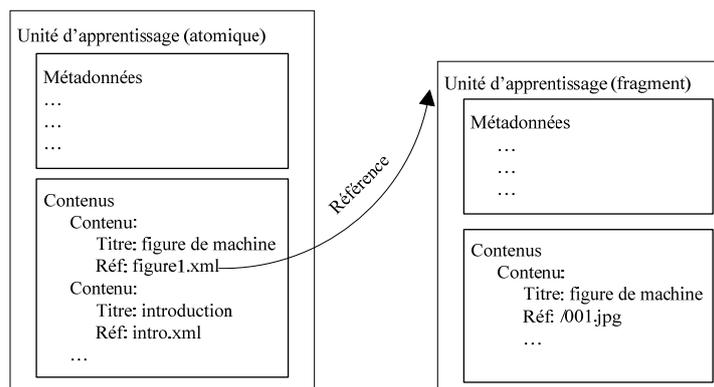


Figure 45 : Modèle de l'unité d'apprentissage atomique

Les métadonnées sont utilisées pour décrire les conditions d'utilisation de l'unité d'apprentissage atomique. La grande différence entre la conception de l'unité d'apprentissage et le SCO de SCORM est qu'un SCO est indépendant du contexte d'apprentissage tandis que l'unité d'apprentissage est décrite avec les métadonnées qui précisent obligatoirement les contextes d'apprentissage.

Pour améliorer la réutilisabilité de l'unité d'apprentissage, la granularité de l'unité d'apprentissage atomique devrait être la plus petite possible. En effet la décision de la taille d'une unité d'apprentissage dépend des contextes potentiels d'apprentissage. Pour une activité d'apprentissage, le contenu d'apprentissage peut être divisé en sous contenus. Parfois pour un contexte spécifique, l'apprenant n'a besoin que d'un seul sous contenu. Il n'est pas nécessaire de lui fournir tout le contenu entier. C'est pourquoi nous avons proposé de distinguer l'unité d'apprentissage atomique et l'unité d'apprentissage composée. Nous définissons que l'unité d'apprentissage atomique ne peut que référencer le fragment mais pas d'autres unités d'apprentissage.

Pour décrire les références entre les unités d'apprentissage en XML, nous avons décidé d'utiliser XLink avec l'aide de XPointer. Ces deux outils permettent de référencer non seulement un fichier XML, mais aussi un élément spécifique dans un autre fichier XML.

Exemple de source XML d'une unité d'apprentissage atomique :

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<UA identifiant="intro_machine" ua_type="atomique" xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink">
  <métadonnées/>
  <contenus>
    <contenu>
      <titre>figure de machine</titre>
      <réf xlink:type="simple" xlink:href="figure1.xml"/>
    </contenu>
    <contenu>
      <titre>introduction</titre>
      <réf xlink:type="simple" xlink:href="intro.xml"/>
    </contenu>
  </contenus>
</UA>
```

IV.2.2.3 Unité d'apprentissage composée

L'unité d'apprentissage composée est une unité d'apprentissage qui référence des unités d'apprentissage et des fragments pour structurer ses contenus pour une activité d'apprentissage spécifique (Figure 46). Une unité d'apprentissage est déclarée comme l'unité d'apprentissage composée avec l'attribut « ua_type=composée ». Une unité d'apprentissage référence au moins une unité d'apprentissage atomique. L'unité d'apprentissage composée peut également référencer d'autres unités d'apprentissage composées. Nous ne limitons pas la hiérarchie de références. Les rédacteurs d'unités d'apprentissage peuvent définir les références selon leurs contextes. Comme dans un livre, un chapitre peut avoir des sections, une section peut avoir des sous-sections,...

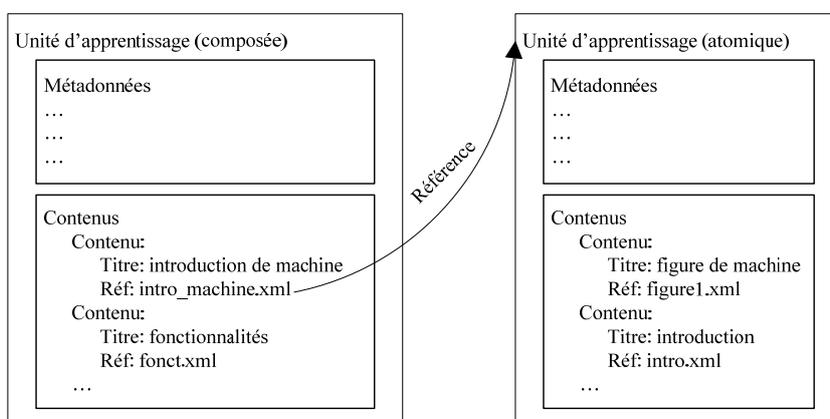


Figure 46 : Modèle de l'unité d'apprentissage composée

Les métadonnées décrivent les conditions d'utilisation de l'unité d'apprentissage composée. Les relations de références sont aussi décrites dans les métadonnées. Ces relations permettent aux apprenants de naviguer dans le contenu d'apprentissage d'une unité d'apprentissage à une autre unité référencée.

Exemple de source XML d'une unité d'apprentissage composée :

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<UA identifiant="machine01" ua_type="composée" xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink">
  <métadonnées/>
  <contenus>
    <contenu>
      <titre>introduction de machine</titre>
      <réf xlink:type="simple" xlink:href="intro_machine.xml"/>
    </contenu>
    <contenu>
      <titre>fonctionnalités</titre>
      <réf xlink:type="simple" xlink:href="fonct.xml"/>
    </contenu>
  </contenus>
</UA>
```

IV.2.3 Analyse sémantique

L'analyse sémantique de l'unité d'apprentissage porte sur l'analyse du contenu de l'unité d'apprentissage. Nous étudions les conditions d'utilisations de l'unité d'apprentissage dans différents contextes applicatifs. Une unité d'apprentissage devrait être liée à un contexte approprié selon le besoin de l'apprenant. Par exemple, quand un technicien veut apprendre comment remplacer une pièce, il faut interroger les unités d'apprentissage qui concernent le remplacement de telle pièce. A travers l'analyse sémantique, les unités d'apprentissage sont structurées et liées avec les métadonnées appropriées qui décrivent leurs usages dans un contexte d'apprentissage spécifique.

Le point de départ de notre étude sur les unités d'apprentissage pour la maîtrise d'équipements domestiques, publics ou professionnels est constitué par des manuels traditionnels d'équipements distribués par des constructeurs. Pour mieux concevoir les unités d'apprentissage dans chaque domaine, il nous faut étudier les caractéristiques de ces manuels. Nous avons pris plusieurs exemples de différents types d'équipements, comme un appareil photo, un photocopieur, un banc de test d'usine, etc. Les manuels d'équipements ne peuvent certes pas couvrir tous les aspects de l'apprentissage de la maîtrise d'équipements, mais ils peuvent nous donner une idée directrice sur « qu'est ce qu'il faut apprendre dans tous les cas possibles ? ». Les constructeurs sont les « enseignants » qui connaissent le mieux leurs produits, et les manuels sont les médias directs les plus importants, sortes de « livres de cours » pour leurs clients. La Figure 47 donne un exemple de table de matières que nous avons pris dans un manuel d'un banc de test d'agrafeuses. Dans ce manuel traditionnel et représentatif, nous pouvons observer les différents aspects que l'on peut apprendre sur cette machine.

☐ I PRESENTATION GENERALE
I.1 But de la machine
☐ I.2 Présentation de la machine
I.2.1 Manutention et transport
☐ I.2.2 Installation
☐ I.3 ORGANES DE COMMANDE ET DE SIGNALISATION
I.3.1 Présentation
☐ I.3.2 Commandes générales
☐ I.3.3 Terminal opérateur
☐ II DESCRIPTION DES PROCEDURES D'UTILISATION DE LA MACHINE
II.1 Mise sous tension
II.2 Mise hors tension
II.3 Mise en service
☐ II.4 Mise en place et bridage des produits
☐ II.4.1 Agrafeuses et perforateurs standard
☐ II.4.2 Perforateurs grande capacité avec passage point mort
☐ Agrafeuses pince
Chargement des feuilles du margeur.
III ECLAIRAGE DU POSTE
IV NIVEAU SONORE
☐ ENTRETIEN DU POSTE
☐ V.1 Changement lame massicot
V.1.1 Démontage capot
V.1.2 Sécurité lors de la manipulation
V.1.3 Démontage lame.
V.1.4 Remontage lame
V.1.5 Remontage capot
V.2 Nettoyage de l'intérieur de la machine et des Poubelles à déchets.
VI LISTE DES PIECES D'USURE ET DE RECHANGE
VII PLAN MECANIQUE
VIII SCHEMAS

Figure 47 : Table de matière d'un manuel d'une machine

Les contenus de tels manuels ou d'autres documentations se basent sur le point de vue « qu'est ce qu'on peut apprendre ? ». Ils ne définissent pas « qu'est ce qu'on doit apprendre » dans un contexte concret. Ce que nous voulons faire c'est faire une liaison entre les deux points ci-dessus. En s'appuyant sur l'analyse sémantique, nous essayons de classer les matériaux d'apprentissage et d'élaborer des modèles d'unités d'apprentissage basés sur cette classification et sur des contextes d'utilisation.

En reprenant l'exemple de la Figure 47, nous pouvons trouver que les matériaux d'apprentissage peuvent être divisés principalement en plusieurs catégories. En effet, à travers d'autres documentations, nous avons trouvé des catégories communes similaires. Nous les listons ci-dessous :

- Présentation générale
- Présentation des pièces
- Installation
- Utilisation
- Maintenance
- Diagnostic
- Réparation
- FAQ (Frequently Asked Questions)
-

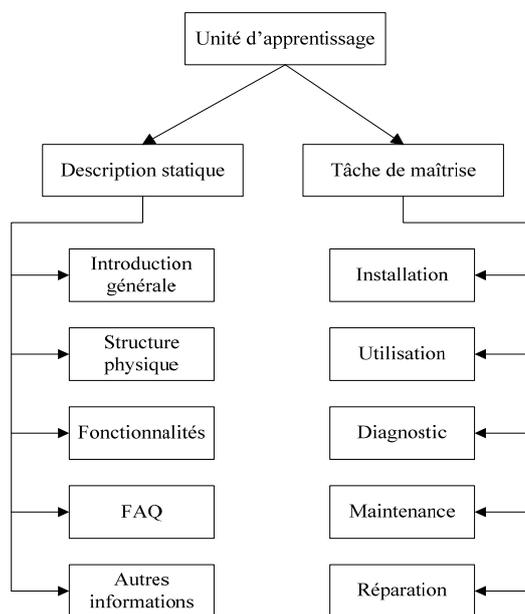


Figure 48 : Modèles sémantiques des unités d'apprentissage

Les unités d'apprentissage sont des ressources restructurées prêtes à être interrogées par le système d'apprentissage dans des contextes différents. Le processus de contextualisation a besoin d'unités d'apprentissage bien catégorisées et indexées. Par exemple, quand un technicien veut apprendre à se servir d'un équipement neuf, il cherche une présentation générale qui décrit les fonctionnalités

principales ; quand il veut apprendre la structure physique de l'équipement, il cherche des documents de présentation des pièces, etc. A partir de l'analyse des manuels, nous avons décidé de raffiner une catégorisation sémantique pour les unités d'apprentissage comme illustrée dans la Figure 48.

La catégorisation sémantique d'unités d'apprentissage que nous avons proposée dans la Figure 48 n'est pas en conflit avec les niveaux syntaxiques (fragment, atomique et composée). Les catégories sémantiques et les niveaux syntaxiques sont définies à partir de deux points de vue différents pour les unités d'apprentissage : le niveau de granularité et l'utilisation contextuelle de l'unité d'apprentissage. Par exemple, une unité d'apprentissage atomique peut servir dans différents contextes, comme l'utilisation, la localisation d'une pièce, etc. Parmi les unités d'apprentissage d'installation, on peut trouver des fragments, des unités atomiques ou des unités composées selon leurs granularités.

Les catégories sémantiques que nous avons proposées sont utiles pour servir pour des activités d'apprentissage différentes dans des contextes concrets. Les unités d'apprentissage indexées par ces catégories peuvent facilement être retrouvées et envoyées aux apprenants en relation avec leurs activités et leurs objectifs d'apprentissage. Nous allons étudier ces catégories sémantiques plus précisément dans les sections suivantes.

IV.2.3.1 Description statique

Les unités d'apprentissage basées sur une description statique sont des unités d'apprentissage qui concernent les informations descriptives basiques sur l'équipement lui-même. Ces informations ne concernent pas les actions de manipulations de l'équipement. Les apprenants apprennent souvent ces aspects quand ils commencent à apprendre à maîtriser des équipements totalement inconnus.

La description statique comporte plusieurs aspects différents : l'introduction générale, la structure physique, les fonctionnalités, les FAQ (Frequently Asked Questions), et d'autres. Ces aspects servent dans des activités d'apprentissage différentes dans des contextes différents. Ils peuvent être accédés grâce aux métadonnées caractérisant l'unité d'apprentissage.

Introduction générale

Les unités d'apprentissage du type « introduction générale » ont pour but d'offrir aux apprenants des premières connaissances de l'équipement. Elles concernent principalement les aspects suivants :

- Qu'est ce que c'est ? Nom, modèle, catégorie d'équipement.
- Qui utilise ? Utilisateurs potentiels.
- A quoi ça sert ? Fonctionnalités principales, domaine.
- Qui fabrique ? Marque, fabricant.
- Caractéristiques ? Poids, taille, matière, forme.

Une unité d'apprentissage du type « introduction générale » peut comprendre un contenu portant sur un ou plusieurs aspects de la liste ci-dessus. Les métadonnées permettent aux apprenants de retrouver ces unités avec des informations contextuelles.

Structure physique

La structure physique décrit la composition matérielle de l'équipement. Une unité d'apprentissage de ce type oriente le contenu d'apprentissage sur une pièce ou un ensemble de pièces de l'équipement. Elle concerne principalement des aspects ci-dessous :

- La structure physique d'équipement.
- Plans structuraux d'équipement
- Introduction de pièce
- Fonction de pièce
- Caractéristiques de pièce.
- Autres...

Fonctionnalités

Les unités d'apprentissage du type fonctionnalités décrivent précisément les fonctionnalités qu'un équipement est capable de réaliser. Par exemple, pour un appareil photo numérique la prise de photo et l'enregistrement de vidéo sont des fonctionnalités basiques.

Certaines fonctionnalités peuvent contenir plusieurs sous fonctionnalités, comme la prise de photo se divise en : prise de photo en mode automatique, prise de photo en mode manuelle, et prise de photo en mode scènes. Les unités d'apprentissage peuvent être spécialisées sur une ou plusieurs fonctionnalités.

Il existe des liaisons logiques entre les fonctionnalités et les tâches d'utilisation. Les tâches d'utilisation que nous allons introduire dans la section suivante expliquent comment mettre en œuvre ces fonctionnalisés. Il est donc normal de référencer les unités d'apprentissage de tâches d'utilisation dans les unités d'apprentissage des fonctionnalités.

FAQ et autres informations

FAQ (Frequently Asked Questions) est une liste synthétisant des questions fréquemment posées sur l'équipement ou sur sa maîtrise, accompagnées des réponses correspondantes, afin d'éviter que les mêmes questions soient toujours repostées et d'avoir à y répondre constamment. Les unités d'apprentissage de type FAQ peuvent contenir un couple ou plusieurs couples de Question/Réponse. Les couples Question/Réponse sont en forme de liste. Les métadonnées de ce type décrivent les mots-clés ou des termes prédéfinis du domaine ce qui permet de les indexer et interroger.

Comme la description statique peut prendre des formes très variées, nous ne fermons pas cette

catégorisation. Les formateurs pourront définir de nouvelles catégories d'unités d'apprentissage selon leurs besoins. D'autres types d'informations peuvent être utilisés pour construire des unités d'apprentissage qui ne sont pas dans les catégories listées ci-dessus.

IV.2.3.2 Tâche de maîtrise

La maîtrise d'équipements domestiques, publics ou professionnels comprend normalement des tâches d'**installation**, d'**utilisation**, de **maintenance**, de **diagnostic** et de **réparation** lors des problèmes. Par rapport à la description statique, la tâche de maîtrise d'équipements a besoin d'actions des acteurs (utilisateur, apprenant, technicien, expert, etc.). Les unités d'apprentissage de la tâche de maîtrise expliquent des actions appropriées à prendre par les acteurs sur les équipements pour atteindre leurs objectifs. Elles visent à apprendre « comment faire ». Ces tâches de maîtrise peuvent être décrites à l'aide d'arbres de tâches. Des formalises et outils peuvent être utilisés pour modéliser les tâches en arbres de tâches, comme CTT et son environnement de manipulation CTTE (Cf. Annexe II).

L'installation d'équipements comprend : le transport, la mise en place, l'assemblage des pièces, la mise sous tension, etc. **L'utilisation** d'équipements peut être catégorisée selon le niveau de connaissance des utilisateurs : l'utilisation de base, l'utilisation avancée, l'utilisation experte, etc. **L'utilisation** des équipements a des liens logiques avec la description des fonctionnalités. Elle indique aux utilisateurs comment réaliser ces fonctionnalités. **Les maintenances** sont des opérations préventives ou curatives pour garantir le fonctionnement normal de l'équipement. **Le diagnostic** est la première tâche à faire lors du problème d'équipement. **La réparation** comprend un ensemble de tâches : le démontage, le remplacement ou la réparation de la pièce en panne, le remontage, etc.

Les tâches de maîtrise d'équipements sont en relation avec des niveaux de connaissances et des rôles d'acteurs. Une tâche de maîtrise a un **niveau de difficulté** identifié, qui est en relation avec les connaissances techniques de l'acteur. Par exemple, l'utilisation simple est destinée à tous les acteurs débutants, avancés, experts. L'utilisation avancée n'est destinée qu'aux utilisateurs avancés et experts. Une tâche de maintenance est destinée aux techniciens experts car cette tâche a besoin de connaissances techniques professionnelles... En même temps, une tâche de maîtrise exige **un niveau de droits d'accès** adéquat pour pouvoir être effectuée. Par exemple, normalement les utilisateurs clients n'ont pas le droit de démonter un équipement, car ces tâches sont réservées aux techniciens certifiés par le constructeur. Ces caractéristiques de la tâche de maîtrise doivent être décrites dans les unités d'apprentissage correspondantes.

Dans le cas où les acteurs veulent apprendre comment faire ces tâches, ils peuvent le faire soit sur le lieu de travail en mode « apprentissage juste à temps », soit pendant la formation en mode « apprentissage par l'action », etc. Les unités d'apprentissage de ce type doivent être fournies aux acteurs par le système d'apprentissage en tant que leçons à apprendre pour accomplir les tâches. Les métadonnées sont utilisées pour trouver des unités d'apprentissage appropriées selon le contexte caractérisant l'acteur.

Apprentissage d'outils

Dans les tâches de maîtrise, **les outils** sont les éléments importants pour accomplir les tâches. Parfois les outils sont indispensables dans certaines tâches spécifiques, par exemple, un tournevis pour démonter les vis, un multimètre pour mesurer la tension électrique, etc. Le problème de l'utilisation appropriée de ces outils est rencontré souvent par les acteurs à l'occasion d'une tâche spécifique. Cela conduit à **l'apprentissage d'utilisation d'outils**.

L'apprentissage d'outils peut être considéré comme un pré-requis pour certaines tâches de maîtrise. Pendant les tâches de maîtrise des équipements qui nécessitent des outils, des unités d'apprentissage portant sur **l'introduction et l'utilisation des outils** sont des unités essentielles à apprendre si les acteurs ne connaissent pas ces outils. Par exemple, pour démonter une vis avec un tournevis, l'acteur doit apprendre à choisir la taille correcte du tournevis, et à utiliser le tournevis pour démonter une vis. D'un certain point de vue, un outil a des caractéristiques communes avec un équipement, comme l'introduction générale, la structure physique, les fonctionnalités, l'utilisation, etc. Dans notre approche, nous considérons que l'apprentissage de la maîtrise d'outils peut prendre la même forme que l'apprentissage de la maîtrise de l'équipement. Les unités d'apprentissage pour l'apprentissage d'outils sont donc conçues de manière similaire que celles des équipements. L'apprentissage d'outils peut avoir lieu avant ou pendant l'apprentissage de la maîtrise de l'équipement.

IV.3 Métadonnées de l'unité d'apprentissage

IV.3.1 Introduction

Nous avons introduit les modèles d'unités d'apprentissage à travers l'analyse syntaxique et l'analyse sémantique. Chaque unité d'apprentissage a ses caractéristiques syntaxiques et sémantiques. Ces caractéristiques sont décrites par les métadonnées. Nous reprenons le modèle générique de l'unité d'apprentissage dans la Figure 49.

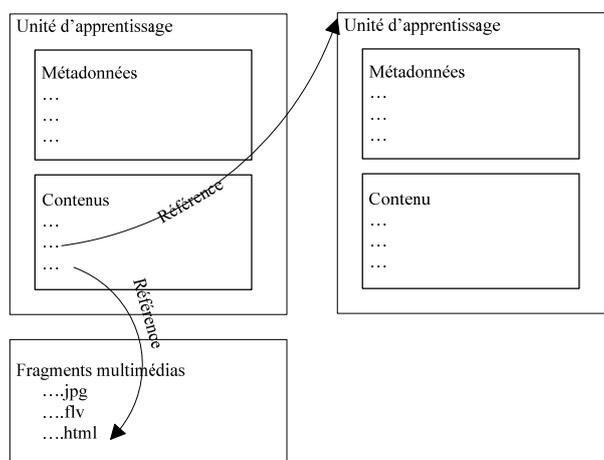


Figure 49 : Modèle générique de l'unité d'apprentissage

Les métadonnées dans l'unité d'apprentissage sont des informations qui décrivent l'unité d'apprentissage elle-même. Elles permettent au moteur de choisir l'unité d'apprentissage la plus appropriée au vu du contexte d'apprentissage. Le rapprochement entre les métadonnées stockées et les informations contextuelles de la situation d'apprentissage détermine quelles unités d'apprentissage soumettre à l'apprenant.

LOM (*Learning Object Metadata*) est un standard de métadonnées le plus utilisé pour décrire les ressources d'apprentissage proposé par le comité « IEEE-LTSC-LOM ». LOM comporte une hiérarchie d'éléments XML. Il comporte 9 catégories au premier niveau, dont chaque catégorie contient des sous-éléments. Ces sous-éléments peuvent être des éléments simples qui contiennent des données, ou contenir encore des sous-éléments. Le schéma de LOM a défini les éléments et leurs cardinalités. Il a également défini les types de données et l'espace de valeurs pour les éléments simples. Certaines organisations recommandent d'utiliser les métadonnées LOM pour décrire leurs ressources d'apprentissage, comme SCORM.

Toutefois, les organisations ou les concepteurs peuvent trouver parfois que les éléments définis par LOM ne sont pas suffisants pour décrire leurs ressources d'apprentissage du domaine ou des contextes spécifiques. Pour régler ce problème, LOM permet plusieurs niveaux d'extension selon les besoins. Cela comporte l'extension des éléments et l'extension des vocabulaires de valeurs. Comme LOM ne supporte pas l'apprentissage mobile, beaucoup de chercheurs ont proposé des extensions de LOM pour l'adapter à l'apprentissage mobile. Par exemple, [Chan, et al., 2004] a proposé *Mobile Learning Metadata* en ajoutant à LOM des éléments comme : les droits de partage, la validation, la mobilité, et la localisation d'usage, etc.

Dans notre approche, nous nous sommes concentrés sur la façon de décrire les unités d'apprentissage portant sur la maîtrise des équipements et sur l'utilisation des unités d'apprentissage dans des contextes mobiles. Le schéma proposé par LOM nous paraît insuffisant pour nos perspectives. Premièrement, le domaine visé est l'apprentissage de maîtrise d'équipements. A travers l'analyse syntaxique et l'analyse sémantique, nous avons une catégorisation d'unités d'apprentissage plus spécifique et plus précise. Les métadonnées doivent pouvoir décrire les caractéristiques que nous avons analysées (par exemple, utilisation, réparation, etc.). Deuxièmement, l'apprentissage dans nos perspectives peut avoir lieu en collaboration, les niveaux d'accès et les droits de partage pour différents rôles doivent donc être pris en compte dans les métadonnées. Troisièmement, l'apprentissage mobile a besoin d'adaptation des contenus d'apprentissage selon les caractéristiques des dispositifs mobiles (écran, codage, plate-forme logicielle, etc.). Les métadonnées doivent refléter la compatibilité des unités d'apprentissage aux divers dispositifs mobiles.

Nous avons décidé d'élaborer des métadonnées des unités d'apprentissage dont nous avons besoin dans nos contextes d'apprentissage, que nous appelons : AMLOM (Appliance Mastering LOM). Nous prenons comme point de départ les métadonnées de LOM mais nous les étendons et adaptons pour décrire des unités d'apprentissage pour la maîtrise d'équipements : définir la structure des éléments, définir les nouveaux éléments et leurs espaces de valeurs, définir leurs conditions d'utilisation dans les

unités d'apprentissage. Nous proposons des schémas XML comme les fichiers XSD pour aider à créer et à valider les métadonnées, et associer les métadonnées avec les unités d'apprentissage, etc.

IV.3.2 Analyse des métadonnées à travers des contextes d'apprentissage

L'objectif des métadonnées est de décrire les unités d'apprentissage d'une manière commune pour faciliter leur indexation et leur interrogation selon les contextes d'apprentissages précis. Le système utilise les informations contextuelles pour interroger les métadonnées et retrouver et envoyer aux apprenants les unités d'apprentissage appropriées. Ce processus dans notre approche est appelé la contextualisation et est à la charge du moteur de contrôle du système d'apprentissage. L'étude des informations contextuelles est donc l'étape essentielle pour définir les métadonnées.

Nous avons dégagé dans la section II.1.1.2 des catégories d'éléments du contexte qui sont importantes dans notre approche :

- **Acteur** : identité, rôle, coordonnées, âge, sexe, préférences, expérience, niveau d'éducation, position social, historique d'apprentissage, etc.
- **Dispositif** : portabilité, capacité de processeur, manière d'interagir (output, input), système d'exploitation, logiciel, interface, batterie, mémoire, connectivité, accessoires, taille, poids, coût, etc.
- **Environnement** : mobilité, localisation (maison, bureau, usine, rue, transport, etc.), temps, luminosité, bruit, etc.
- **Activité** : objectif, tâche, outils, équipement, services disponibles, etc.
- **Collaboration** : contexte d'autres utilisateurs, processus, mode de collaboration (synchrone, asynchrone), services de collaboration, etc.

La définition des métadonnées est basée sur l'analyse des métadonnées en regard avec des contextes d'apprentissage. Tout d'abord tous les éléments du contexte d'apprentissage (acteur, dispositif, environnement, activité, collaboration) sont collectés. Puis nous analysons comment les unités d'apprentissage réagissent à ces éléments de contexte et quels éléments des métadonnées correspondants doivent être interrogés par les éléments du contexte. Après, nous élaborons les éléments des métadonnées requises et leurs types de données. Les éléments des métadonnées sont catégorisés et on détermine leurs types de données.

La description complète et la modélisation du contexte d'apprentissage sont introduites précisément dans la section V.3 . Pour expliquer les principes de l'approche nous prenons un exemple d'un contexte d'apprentissage concret pour montrer brièvement comment analyser des éléments des métadonnées en relation avec des contextes.

Exemple d'un contexte d'apprentissage exprimé en description textuelle :

David est un nouveau technicien du SAV (Service Après Vente) d'une société qui vend des ordinateurs. Il est chargé du diagnostic, de la maintenance et de la réparation des ordinateurs chez les clients de leurs produits. Un jour, il est envoyé chez un client pour changer un disque dur en panne. Le changement du disque dur est pour lui une tâche inconnue. Il décide donc d'apprendre cette opération sur place avec son PDA et le système d'apprentissage mobile.

Voici les éléments importants dans ce contexte et les métadonnées requises :

- **Acteur.** David s'identifie avec son identifiant. Après la contextualisation, le système reconnaît son identité comme employé de la société. Il peut accéder aux unités d'apprentissage car il a le droit d'apprendre et il est capable d'apprendre. Par exemple, il a le droit de voir l'unité d'apprentissage « changement du disque dur », mais il n'a pas le droit d'accéder à l'unité d'apprentissage « réparation du disque dur ». **Les métadonnées requises : niveau d'accès, niveau technique.**
- **Équipement :** David veut apprendre comment changer le disque dur de l'ordinateur du modèle DELL GX520. Il doit d'abord apprendre la structure physique de DELL GX520. **Les métadonnées requises : équipement (marque, modèle, série, etc.), description statique (introduction, plan structurel, etc.), tâche de maîtrise (utilisation, réparation, etc.).**
- **Tâche :** David veut apprendre comment changer le disque dur. Il peut directement aller à la tâche « changement du disque dur ». S'il ne connaît pas comment démonter le capot de l'ordinateur, il peut directement aller à la tâche « démontage du capot ». **Les métadonnées requises : nom de la tâche, mots clés de la tâche, objectif de la tâche, etc.**
- **Outils :** David veut apprendre comment utiliser un outil concerné par la tâche. Par exemple, il doit utiliser un tournevis pour démonter les vis du capot. Il peut donc accéder à l'unité d'apprentissage portant sur les utilisations des tournevis. Les métadonnées requises : **outils.**
- **Dispositif mobile :** David accède au système en utilisant son PDA avec la connexion WiFi. Les unités d'apprentissage qui ne supportent pas ce modèle de PDA doivent être filtrées ou adaptées. Les métadonnées requises : **format, taille, codage, logiciel requis, etc.**

A travers l'observation de ce contexte concret, nous avons collecté les éléments concernés qui doivent être mis en relation avec les métadonnées et les données du contexte, qui sont listés ci-dessous :

- Niveau d'accès (client, technicien, directeur, etc.)
- Niveau technique (basique, avancé, expert, etc.)
- Equipement : Fabricant, Marque, Modèle, etc.
- Pièces concernées : Nom, Position, etc.
- Description : Introduction générale, Structure physique, etc.
- Tâche de maîtrise (utilisation, maintenance, diagnostic, réparation, etc.)
- Outils : nom, modèle, etc.
- Technique : format, taille, codage, logiciel requis, etc.

Les éléments de métadonnées que nous avons collectés par le contexte ci-dessus ne sont certes pas complets. Pour compléter l'ensemble des éléments des métadonnées requises, il faut collecter tous les scénarios d'apprentissage et les contextes concrets, lister les éléments des métadonnées, analyser leurs catégorisations et leurs types de données. Pour certains éléments, il faut définir leurs espaces de valeurs.

IV.3.3 Métadonnées AMLOM de l'unité d'apprentissage

IV.3.3.1 Méthode d'extension des métadonnées de LOM

Pour que le système d'apprentissage puisse interroger facilement les unités d'apprentissage, les métadonnées doivent être complètes et efficaces. Dans notre approche, les métadonnées requises peuvent s'inscrire dans trois grandes catégories selon leurs conditions d'utilisation.

- Les **métadonnées descriptives** fournissent les moyens pour découvrir les unités d'apprentissage. Leur fonction est d'offrir une description des unités d'apprentissage. Pour faciliter la découverte des unités d'apprentissage, les informations doivent fournir : l'identification (pour distinguer une unité d'une autre unité), l'objectif (pour utiliser une unité dans un contexte spécifique), l'évaluation (pour connaître la qualité d'une unité), etc.
- Les **métadonnées structurelles** fournissent les moyens pour accéder, récupérer, et naviguer entre les unités d'apprentissage. Leur fonction est d'identifier la structure d'une unité d'apprentissage. Une unité d'apprentissage peut être de différents niveaux comme fragment, atomique ou composée. Des fragments multimédias sont compris dans certaines unités d'apprentissage. Les métadonnées doivent décrire l'usage des unités d'apprentissage sur des plates-formes mobiles différentes. Les relations entre les unités doivent également être comprises dans les métadonnées.
- Les **métadonnées administratives** fournissent les moyens pour gérer les unités d'apprentissage. Leur fonction est de spécifier les conditions sous les quelles une unité peut être créée, éditée, stockée et modifiée. Pour cela, les informations doivent comprendre les spécifications de création, les droits de propriété, les traces de modification, etc.

Après une analyse des métadonnées à travers des contextes d'apprentissage, nous avons collecté les métadonnées requises pour décrire les unités d'apprentissage et pour permettre la contextualisation dans les situations d'apprentissage. Les éléments et l'espace de valeurs prédéfinies par LOM ne sont évidemment pas suffisants pour nos perspectives. Nous avons décidé d'élaborer les métadonnées en étendant les éléments et l'espace de valeurs de LOM. Après la prise en compte des métadonnées requises, nous avons mis en place un processus en 3 phases pour l'extension de LOM en AMLOM :

- **Enlever ou masquer les éléments superflus.** D'après IEEE, tous les éléments de LOM sont optionnels, les concepteurs peuvent choisir optionnellement quels éléments utiliser selon leurs besoins. Certains éléments sont trop généraux dans le domaine d'apprentissage et semblent inutiles dans nos contextes. Certains éléments sont redondants et conflictuels

avec les contenus des unités d'apprentissage. Dans ces deux cas, nous enlevons ces éléments ou déconseillons de les utiliser.

- **Redéfinir les éléments et l'espace de valeurs inappropriés.** Les éléments de LOM sont définis pour les objets d'apprentissage universels. Certains noms d'éléments et les valeurs ne sont pas appropriés pour décrire les unités d'apprentissage de maîtrise d'équipements. Nous avons des unités d'apprentissage plus spécifiques pour ce domaine. Pour mieux décrire les unités d'apprentissage, nous redéfinissons certains éléments et l'espace de valeurs avec des termes plus appropriés.
- **Rajouter de nouveaux éléments et leurs espaces de valeurs.** Sur la base d'éléments prédéfinis par LOM, nous rajoutons de nouveaux éléments et leurs espaces de valeurs pour affiner la description des unités d'apprentissage. Ces éléments sont définis avec leurs conditions d'utilisation, leurs types de données, et leurs espaces de valeurs.

IV.3.3.2 Liste des métadonnées AMLOM

Nous définissons que les métadonnées d'unités d'apprentissage doivent avoir un élément racine <amlom>. Ces métadonnées se divisent principalement en 9 catégories, qui sont basées sur les définitions de *LOM Information Model*. Ces 9 catégories correspondent aux 9 éléments suivants :

- <**general**> regroupe les caractéristiques générales d'une unité d'apprentissage (titre, mots clés, langue, etc.).
- <**lifecycle**> décrit l'état actuel du cycle de vie d'une unité d'apprentissage et qui y a contribué durant son évolution (version, entités, contribution, etc.).
- <**metaMetadata**> assemble les données détaillant les métadonnées elles-mêmes (métadonnées version, schéma, etc.).
- <**technical**> assemble les caractéristiques techniques d'une unité d'apprentissage (format, taille, logiciels requis, etc.).
- <**educational**> décrit les caractéristiques pédagogiques d'une unité d'apprentissage (type d'unité, rôle cible, contexte, produit concerné, outil concerné, etc.).
- <**rights**> spécifie les conditions d'utilisation d'une unité d'apprentissage (copyright, le droit d'accès, etc.).
- <**relation**> décrit les relations entre une unité d'apprentissage avec d'autres unités d'apprentissage.
- <**annotation**> permet des commentaires d'acteurs sur l'utilisation d'unités d'apprentissage.
- <**classification**> décrit la localisation d'une unité d'apprentissage dans un certain système de classification.

Dans le Tableau 14, nous précisons les éléments des métadonnées AMLOM. Les métadonnées AMLOM comprennent 88 éléments, dont 58 éléments hérités de LOM, 9 éléments redéfinis, 21 nouveaux éléments rajoutés. Les éléments redéfinis et rajoutés sont listés dans le Tableau 14 avec un type d'extension :

- * : Élément redéfini ou espace de valeurs redéfini sur la base de l'élément LOM.
- + : Élément rajouté avec son espace de valeurs.

Nous avons également listé dans le Tableau 14 les profils d'application de chaque élément dans les unités d'apprentissage de types différents : fragment, atomique, et composée. Le fragment, l'unité d'apprentissage atomique et l'unité d'apprentissage composée n'ont pas les mêmes profils d'application d'éléments des métadonnées. Par exemple, un fragment ne peut pas être envoyé aux apprenants tout seul, mais il peut être référencé par une autre unité d'apprentissage atomique ou composée, donc certains éléments des métadonnées ne sont pas obligatoires pour le fragment. La façon de marquer les profils d'application d'éléments est :

- « M (Mandatory) » indique que l'élément est obligatoire pour ce type d'unité.
- « O (Optionnel) » indique que l'élément est optionnel pour ce type d'unité.

Numéro	Nom	Type d'extension	UA Fragment	UA Atomique	UA Composée
1	general		M	M	M
1.1	identifier		M	M	M
1.1.1	catalog		O	O	O
1.1.2	entry		M	M	M
1.2	title		O	M	M
1.3	language		O	O	O
1.4	description		O	O	O
1.5	keyword		O	M	M
1.6	structureType	*	M	M	M
1.7	aggregationLevel	*	O	O	O
Numéro	Nom	Type d'extension	UA Fragment	UA Atomique	UA Composée
2	lifecycle		O	M	M
2.1	version		O	O	O
2.2	status		O	O	O
2.3	contribute		O	M	M
2.3.1	role	*	O	O	O
2.3.2	entity		O	M	M
2.3.3	date		O	O	O
2.3.4	description	+	O	O	O
Numéro	Nom	Type d'extension	UA Fragment	UA Atomique	UA Composée
3	metaMetadata		M	M	M
3.1	identifier		M	M	M
3.1.1	catalog		O	O	O
3.1.2	entry		M	M	M

3.2	contribute		O	O	O
3.2.1	role	*	O	O	O
3.2.2	entity		O	O	O
3.2.3	date		O	O	O
3.2.4	description	+	O	O	O
3.3	metadataSchema		M	M	M
3.4	language		O	O	O
Numéro	Nom	Type d'extension	UA Fragment	UA Atomique	UA Composée
4	technical		O	O	O
4.1	fragment	+	O	O	O
4.1.1	format		O	O	O
4.1.2	description	+	O	O	O
4.1.3	size		O	O	O
4.1.4	duration		O	O	O
4.1.5	requirement		O	O	O
4.1.5.1	orComposite		O	O	O
4.1.5.2	type		O	O	O
4.1.5.3	name		O	O	O
4.1.5.4	minimumVersion		O	O	O
4.1.5.5	maximum Version		O	O	O
4.1.6	platformRequirement	*	O	O	O
4.2	description	+	O	O	O
Numéro	Nom	Type d'extension	UA Fragment	UA Atomique	UA Composée
5	education		M	M	M
5.1	interactivityType	*	O	M	M
5.2	unitType	*	O	M	M
5.3	intendedEndUserRole	*	O	O	O
5.4	difficulty		O	O	O
5.5	concernedProduct	+	M	M	M
5.5.1	name	+	M	M	M
5.5.2	category	+	O	O	O
5.5.3	brand	+	O	O	O
5.5.4	model	+	O	O	O
5.5.5	concernedPart	+	O	O	O
5.5.6	description	+	O	O	O
5.6	concernedTool	+	O	O	O
5.6.1	name	+	O	O	O
5.6.2	category	+	O	O	O

5.6.3	brand	+	O	O	O
5.6.4	model	+	O	O	O
5.6.5	description	+	O	O	O
5.7	typicalLearningTime		O	O	O
5.8	description	+	O	O	O
Numéro	Nom	Type d'extension	UA Fragment	UA Atomique	UA Composée
6	rights		O	O	O
6.1	copyrightAndOtherRestrictions		O	O	O
6.2	accessRight	+	O	O	O
6.3	description		O	O	O
Numéro	Nom	Type d'extension	UA Fragment	UA Atomique	UA Composée
7	relation		O	O	M
7.1	kind	*	O	O	M
7.2	resource		O	O	M
7.2.1	identifiant		O	O	M
7.2.1.1	catalog		O	O	O
7.2.1.2	entry		O	O	M
7.2.2	description		O	O	O
Numéro	Nom	Type d'extension	UA Fragment	UA Atomique	UA Composée
8	annotation		O	O	O
8.1	role	+	O	O	O
8.2	entity		O	O	O
8.3	date		O	O	O
8.4	description		O	O	O
Numéro	Nom	Type d'extension	UA Fragment	UA Atomique	UA Composée
9	classification		O	O	O
9.1	purpose		O	O	O
9.2	taxonPath		O	O	O
9.2.1	source		O	O	O
9.2.2	taxon		O	O	O
9.2.2.1	id		O	O	O
9.2.2.2	entry		O	O	O
9.3	description		O	O	O
9.4	keyword		O	O	O

Tableau 14 : Métadonnées de AMLOM et profils d'application sur les unités d'apprentissage

IV.3.3.3 *Eléments redéfinis et éléments rajoutés*

Dans les métadonnées AMLOM, nous avons 27 éléments redéfinis, 20 nouveaux éléments rajoutés. Nous allons introduire dans cette section les définitions de ces éléments, leurs contextes d'utilisation, leurs types de données. Pour les éléments qui ont le type de donnée Vocabulary, nous donnons l'espace de valeurs recommandé. Les définitions et les espaces de valeurs des éléments originaux de LOM sont détaillés dans le standard [IEEE, 2002].

Les éléments des métadonnées ont deux types structurels différents : les **éléments parents** sont des conteneurs d'autres éléments et n'ont pas de valeurs ; les **éléments individuels** ont des valeurs de types différents pour décrire l'unité d'apprentissage. Tous les éléments individuels des métadonnées AMLOM utilisent les 6 types de données définis par LOM :

- Type de données : **CharacterString**. Ce type de données est utilisé pour décrire un ensemble de caractères qui ne sont pas interprétables dans une langue humaine.
- Type de données : **LangString**. Ce type de données est utilisé pour décrire un ou plusieurs CharacterString, qui sont interprétables dans une langue humaine. Il prend la forme comme `<string language= « language-code »>textual characterstring</string>`.
- Type de données : **Vocabulary**. Le type de Vocabulary comprend une paire de `<source>/<value>`. `<source>` représente la source des valeurs des vocabulaires. Nous avons défini une liste de vocables pour AMLOM, qui est indiqué dans l'élément `<source>` par « amlomv ». `<value>` représente la valeur actuelle d'élément prédéfinie par `<source>`.
- Type de données : **DateTime**. Ce type de données est utilisé pour décrire un instant précis. Il prend la forme des deux éléments : `<dateTime>` et `<description>`. L'élément `<dateTime>` est représenté en accord avec ISO8601 :2000, comme `<dateTime> YYYY[-MM][-DD[Thh[:mm[:ss[.s[TZD]]]]]]</dateTime>`.
- Type de données : **Duration**. Ce type de données est utilisé pour décrire un intervalle de temps. Il comprend aussi deux éléments : `<duration>` et `<description>`. L'élément `<duration>` est représenté en accord avec ISO8601 :2000, comme `<duration>P[yY][mM][dD][T[hH] [nM] [s[.s]S]]</duration>`.
- Type de données : **VCard**. Ce type de données est utilisé pour décrire une entité : un individu ou une organisation. Il représente la carte de visite en mode électronique pour échanger des informations personnelles ou des informations des organisations.

1.6 <structureType>

L'élément `<structureType>` a pour but de décrire le niveau syntaxique d'une unité d'apprentissage. Il est obligatoire pour toutes les unités d'apprentissage. Chaque unité d'apprentissage n'a qu'un seul élément `<structureType>`.

Le type de données de <structureType> est Vocabulary. Nous avons défini l'espace de valeurs pour <structureType> :

- **fragment** : représente une unité d'apprentissage fragment
- **atomic** : représente une unité d'apprentissage atomique
- **composed** : représente une unité d'apprentissage composée

Exemple de source XML :

```
<amlom>
  <general>
    <structureType>
      <source>amlomv</source>
      <value>atomic</value>
    </structureType>
  </general>
</amlom>
```

1.7 <aggregationLevel>

L'élément <aggregationLevel> a pour but de décrire la granularité logique d'une unité d'apprentissage. Il est optionnel pour toutes les unités d'apprentissage. Chaque unité d'apprentissage ne peut avoir qu'un élément <aggregationLevel>.

Le type de données de <aggregationLevel> est Vocabulary. L'espace de valeurs pour <aggregationLevel> est décrit comme ci-dessous :

- **0** : le niveau d'agrégation le plus bas, souvent un fragment.
- **1** : le premier niveau d'agrégation, par exemple, une unité d'apprentissage qui couvre une pièce individuelle.
- **2** : le deuxième niveau d'agrégation, par exemple, une unité d'apprentissage qui couvre une tâche d'utilisation.
- **3** : le niveau d'agrégation le plus haut, par exemple, une unité d'apprentissage qui couvre toutes les tâches de maintenance d'un équipement.

Exemple de source XML :

```
<amlom>
  <general>
    <aggregationLevel>
      <source>amlomv</source>
      <value>0</value>
    </aggregationLevel>
  </general>
</amlom>
```

2.3.1 <role>

L'élément <role> a pour but de décrire la catégorie de l'entité qui contribue à l'unité d'apprentissage. Une entité peut avoir de 0 à plusieurs rôles. Le type de données de <role> est Vocabulary. Nous avons redéfini les rôles typiques suivants selon notre contexte :

- **product designer**
- **production manager**
- **production technician**
- **maintenance manager**
- **maintenance technician**
- **content author**
- **content editor**
- **trainer**
- **user**
- **others**

Exemple de source XML :

```
<amlom>
  <lifecycle>
    <contribute>
      <role>
        <source>amlomv</source>
        <value>production technician</value>
      </role>
    </contribute>
  </lifecycle>
</amlom>
```

2.3.4 <description>

L'élément <description> est un sous-élément rajouté pour 2.3 <contribute>. L'élément <contribute> de LOM comprend trois sous-éléments : <role>, <entity> et <date>. Nous avons rajouté le quatrième <contribute> pour décrit le contenu de contribution de telle entité à telle date. Dans un <contribute>, l'élément <description> peut apparaître de 0 à plusieurs fois. Le type de données est LangString.

Exemple de source XML :

```
<amlom>
  <lifecycle>
    <contribute>
      <description>
        <string language = « fr »>mise à jour: correction de plusieurs erreurs </string>
      </description>
    </contribute>
  </lifecycle>
</amlom>
```

4.1 <fragment>

L'élément <fragment> se situe dans l'élément 4 <technical>. Il décrit les caractéristiques des fragments multimédias qui sont concernés par une unité d'apprentissage. <fragment> peuvent se multiplier de 0 à plusieurs fois selon le nombre des types de fragments dans l'unité d'apprentissage. <fragment> est un élément parent comprenant six sous éléments qui décrivent respectivement les caractéristiques techniques de différents aspects et les conditions requises pour l'utiliser : <format>, <description>, <size>, <duration>, <requirement>, <platformRequirement>.

4.1.2 <description>

L'élément <description> est un élément rajouté au format d'un fragment, pour préciser la définition d'une vidéo, les pixels d'une image, le débit d'un son, etc. Il peut se multiplier de 0 à plusieurs fois. Le type de données de cet élément est CharacterString.

Exemple de source XML :

```
<amlom>
  <technical>
    <fragment>
      <format>video/avi </format>
      <description>definition/640*480</description>
    </fragment>
  </technical>
</amlom>
```

4.1.6 <platformRequirement>

L'élément <platformRequirement> est un élément qui décrit les conditions de plateforme requises supplémentaires pour utiliser le fragment. L'élément 4.1.5 <requirement> décrit les conditions logicielles requises, et <platformRequirement> décrit les conditions matérielles requises. Le type de donnée de cet élément est LangString. Il peut apparaître 0 ou une fois dans un élément <fragment>.

Exemple de source XML :

```
<amlom>
  <technical>
    <fragment>
      <format>video/avi </format>
      <description>definition/640*480</description>
      <platformRequirement>
        <string language= « fr »> carte de son. RAM, au moins 16 Mo. Carte
        vidéo et moniteur: au moins 640*480 pixels, 256 couleurs. </string>
      </platformRequirement>
    </fragment>
  </technical>
</amlom>
```

5.1 <interactivityType>

L'élément <interactivityType> est le premier sous-élément de 5 <educatif> qui décrit les caractéristiques sémantiques d'une unité d'apprentissage. L'élément <interactivityType> représente le type sémantique d'une unité d'apprentissage. Il est obligatoire et unique pour l'unité d'apprentissage atomique et l'unité d'apprentissage composée, et optionnel pour l'unité d'apprentissage fragment. Le type de données de <interactivityType> est Vocabulary, qui a 4 valeurs possibles :

- **static** : l'unité d'apprentissage est centrée sur la description statique des équipements. L'apprenant absorbe le contenu sans faire d'actions.
- **task** : l'unité d'apprentissage est centrée sur la tâche de maîtrise d'équipements. L'apprenant peut l'apprendre par l'action.
- **mixed** : l'unité d'apprentissage combine le contenu de la description statique et la tâche de maîtrise d'équipements.
- **unknown** : l'unité d'apprentissage n'est pas identifiée pour les 3 types ci-dessous.

Exemple de source XML :

```
<amlom>
  <educational>
    <interactivityType>
      <source>amlomv</source>
      <value>task</value>
    </interactivityType>
  </educational>
</amlom>
```

5.2 <unitType>

L'élément <unitType> représente le type qui précise la sémantique d'une unité d'apprentissage. Il est obligatoire et unique pour l'unité d'apprentissage atomique et l'unité d'apprentissage composée, et optionnel pour l'unité d'apprentissage fragment. Le type de données de <unitType> est Vocabulary. Nous avons défini ses valeurs possibles à travers l'analyse sémantique de l'unité d'apprentissage :

- **general introduction**
- **physical structure**
- **functionalities**
- **faq**
- **installation**
- **use**
- **diagnostic**
- **maintenance**
- **repair**

- **others**
- **unknown**

Exemple de source XML :

```
<amlom>
  <educational>
    <interactivityType>
      <source>amlomv</source>
      <value>task</value>
    </interactivityType>
    <unitType>
      <source>amlomv</source>
      <value>repair</value>
    </unitType>
  </educational>
</amlom>
```

5.3 <intendedEndUserRole>

L'élément <intendedEndUserRole> représente les utilisateurs pour qui l'unité d'apprentissage est conçue. Cet élément est optionnel pour toutes les unités d'apprentissage et permet d'être utilisé de façon multiple. Le type de données est Vocabulary, et nous avons redéfini son espace de valeurs selon nos contextes :

- **designer**
- **manager**
- **technician**
- **user**
- **trainer**
- **author**
- **others**

Exemple de source XML :

```
<amlom>
  <educational>
    <intendedEndUserRole>
      <source>amlomv</source><value>technicien</value>
    </intendedEndUserRole>
    <intendedEndUserRole>
      <source>amlomv</source><value>user</value>
    </intendedEndUserRole>
  </educational>
</amlom>
```

5.5 <concernedProduct>

L'élément `<concernedProduct>` est un des éléments les plus importants que nous avons rajoutés pour décrire le contenu de l'unité d'apprentissage. Il représente visé sur quel(s) équipement(s) l'apprentissage aura lieu. Il peut être un équipement concret ou un ensemble d'équipements ayant des caractéristiques communes. Il est obligatoire pour toutes les unités d'apprentissage et peut se multiplier plusieurs fois. L'élément `<concernedProduct>` est un élément parent qui comprend 6 sous-éléments pour le décrire en détails : `<name>`, `<category>`, `<brand>`, `<model>`, `<concernedPart>`, et `<description>`.

Exemple de source XML :

```

<amlom>
  <educational>
    <concernedProduct>
      <name><string language= « fr »>ordinateur-david</string></name>
      <category>
        <source>amlomv</source>
        <value>professional</value>
      </category>
      <brand>Dell</brand>
      <model>Optiplex GX520</model>
      <concernedPart>
        <string language= « fr »>disque dur</string>
      </concernedPart>
      <description>
        <string language= « fr »>l'ordianteur Dell Optiplex GX520 est
          conçu pour des employés des petites entreprises...</description>
      </description>
    </concernedProduct>
  </educational>
</amlom>

```

5.5.1 `<name>`

L'élément `<name>` représente le nom classique d'un équipement, par exemple, « photocopieur-ECL-N24 », « banc de test - agrafeuse », etc. Il est obligatoirement présenté une fois dans toutes les unités d'apprentissage. Le type de données est `LangString`.

5.5.2 `<category>`

L'élément `<category>` représente la catégorie d'un équipement. Il est optionnel pour un équipement. Pour chaque équipement, il peut y avoir un ou plusieurs éléments `<category>`. L'élément `<category>` est du type de données `Vocabulary`. La catégorisation d'équipements se fait principalement selon leurs contextes d'utilisation. Il ne s'agit pas d'une catégorisation stricte, car certains équipements peuvent s'inscrire dans plusieurs catégories. Nous définissons les valeurs de la catégorie d'équipements :

- **domestic** : les équipements pour des activités domestiques, utilisés par des individus à la maison, comme l'aspirateur.
- **public** : les équipements pour des services publics, utilisés par le grand public, comme l'ascenseur.
- **professional** : les équipements pour des activités professionnelles, utilisés par les salariés,

comme un photocopieur du bureau.

- **industrial** : les équipements pour des activités industrielles, utilisés par les techniciens ou opérateurs, comme une machine de production.
- **others** : les équipements que ne sont pas catégorisés dans les quatre catégories ci-dessous.

5.5.3 <brand>

L'élément <brand> représente la marque de l'équipement concerné. Il est optionnel pour un équipement. Pour chaque équipement, il ne peut qu'avoir un seul élément <brand> au maximum. Le type de données pour <brand> est `CharacterString`.

5.5.4 <model>

L'élément <model> représente le modèle de l'équipement défini par son constructeur. Il est optionnel pour un équipement. Chaque équipement ne peut avoir qu'un seul élément <model>. Le type de données pour <model> est `CharacterString`.

5.5.5 <concernedPart>

L'élément <concernedPart> représente les noms des pièces concernées dans une unité d'apprentissage. Il peut être présent de 0 à plusieurs fois pour une unité d'apprentissage d'un équipement, car une tâche de maîtrise ou une description structurelle peut concerner plusieurs pièces. Le type de données pour <concernedPart> est `LangString`. Nous ne définissons pas le standard de la dénomination des pièces, mais la dénomination des pièces par l'auteur de l'unité d'apprentissage doit être concise, claire et compréhensible.

5.5.6 <description>

L'élément <description> représente des informations supplémentaires pour décrire un équipement. Il peut être présent de 0 à plusieurs fois selon le besoin. Le type de données pour <description> est `LangString`.

5.6 <concernedTool>

L'élément <concernedTool> représente les outils concernés ou utilisés dans une unité d'apprentissage. Cet élément est particulièrement important pour les unités d'apprentissage de tâche de maîtrise. Il permet à l'apprenant d'accéder à l'apprentissage d'outils pendant une tâche de maîtrise. L'élément <concernedTool> est optionnel pour toutes les unités d'apprentissage et peut se multiplier selon le besoin. Comme l'élément <concernedProduct>, il est un élément parent comprenant six sous-éléments correspondants pour décrire un outil : <name>, <category>, <brand>, <model>, et <description>.

Exemple de source XML :

```

<amlom>
  <educational>
    <concernedTool>
      <name><string language= « fr »>tournevis</string></name>
      <category>
        <source>amlomv</source>
        <value>professional</value>
      </category>
      <brand>Philips</brand>
      <model>Tournevis plat 1000V 2,5 x 50 mm</model>
    </concernedTool>
  </educational>
</amlom>

```

6.2 <accessRight>

L'élément <accessRight> est un sous-élément de l'élément <rights>. L'élément <rights> décrit les droits de propriété et les conditions d'utilisation d'une unité d'apprentissage. Dans <rights>, LOM a défini <cost> et <copyrightAndOtherRestrictions> pour décrire le prix d'utilisation et le droit d'auteur. Nous avons décidé de rajouter un élément <accessRight> optionnel pour décrire le droit d'accès administratif. Par exemple, le droit d'accès à une unité d'apprentissage peut être réservé aux techniciens ou d'autres rôles internes mais pas aux utilisateurs clients des équipements. Le type de données de <accessRight> est Vocabulary. Nous avons défini 5 niveaux du droit d'accès avec leurs recommandations d'utilisation. Les concepteurs du système d'apprentissage peuvent définir l'utilisation du droit d'accès selon leurs propres besoins.

- **0** : le droit d'accès le plus bas. Tout le monde peut utiliser et apprendre cette unité d'apprentissage.
- **1** : le droit d'accès est réservé aux clients des équipements et aux employés internes comme techniciens de SAV.
- **2** : le droit d'accès est réservé aux employés internes.
- **3** : le droit d'accès est réservé aux techniciens avancés ou experts internes.
- **4** : le droit d'accès est réservé aux rôles spéciaux importants.

Exemple de source XML :

```

<amlom>
  <rights>
    <accessRight>
      <source>amlom</source>
      <value>2</value>
    </accessRight>
  </rights>
</amlom>

```

7.1 <kind>

L'élément <kind> est un sous-élément dans l'élément <relation>, qui décrit les relations entre les unités d'apprentissage. L'élément <relation> peut être présent de 0 à plusieurs fois. <kind> est un sous-élément de <relation> obligatoire pour décrire la nature de la relation entre les unités

d'apprentissage et son type de données est Vocabulary. Dans notre conception la relation est une référence aux fragments ou d'autres unités d'apprentissage dans les contenus. Nous avons restreint l'espace de valeurs de l'élément <kind> pour décrire la relation de référence.

- **references** : décrit la référence à cette unité d'apprentissage dans les contenus d'autres unités d'apprentissage.
- **isreferencedby** : décrit que cette unité d'apprentissage est référencée par d'autres unités d'apprentissage.

Exemple de source XML :

```
<amlom>
  <relation>
    <kind>
      <source>amlom</source>
      <value>references</value>
    </kind>
    <resource>
      <identifier/>
    </resource>
  </relation>
</amlom>
```

IV.3.3.4 XML Schema de métadonnées AMLOM

La création d'instances des métadonnées AMLOM en XML pour décrire les unités d'apprentissage a besoin d'une étape de validation. Les fichiers *XML Schema Definition* (XSD) qui décrivent la structure de métadonnées sont utilisés pour aider la création et la validation des instances des métadonnées en XML. Dans les fichiers XSD, les règles comme la structure, les éléments et leurs types de données sont définis. Toutes les instances de métadonnées AMLOM doivent se conformer à ces règles. La Figure 50 représente le schéma XML sous forme d'arbre pour l'élément <educational>, le schéma décrit la structure, les conditions d'utilisation, et les types de données des sous-éléments pour <educational>. Le travail de l'élaboration des fichiers XSD dans notre approche comporte principalement 3 parties :

Eléments

Les 88 éléments sont définis dans un fichier XSD, avec leurs déclarations de nom et de type de données. Par exemple, l'élément <educational> est défini comme ci-dessous :

```
<xs:group name="educational">
  <xs:sequence>
    <xs:element name="educational" type="educational"/>
  </xs:sequence>
</xs:group>
```

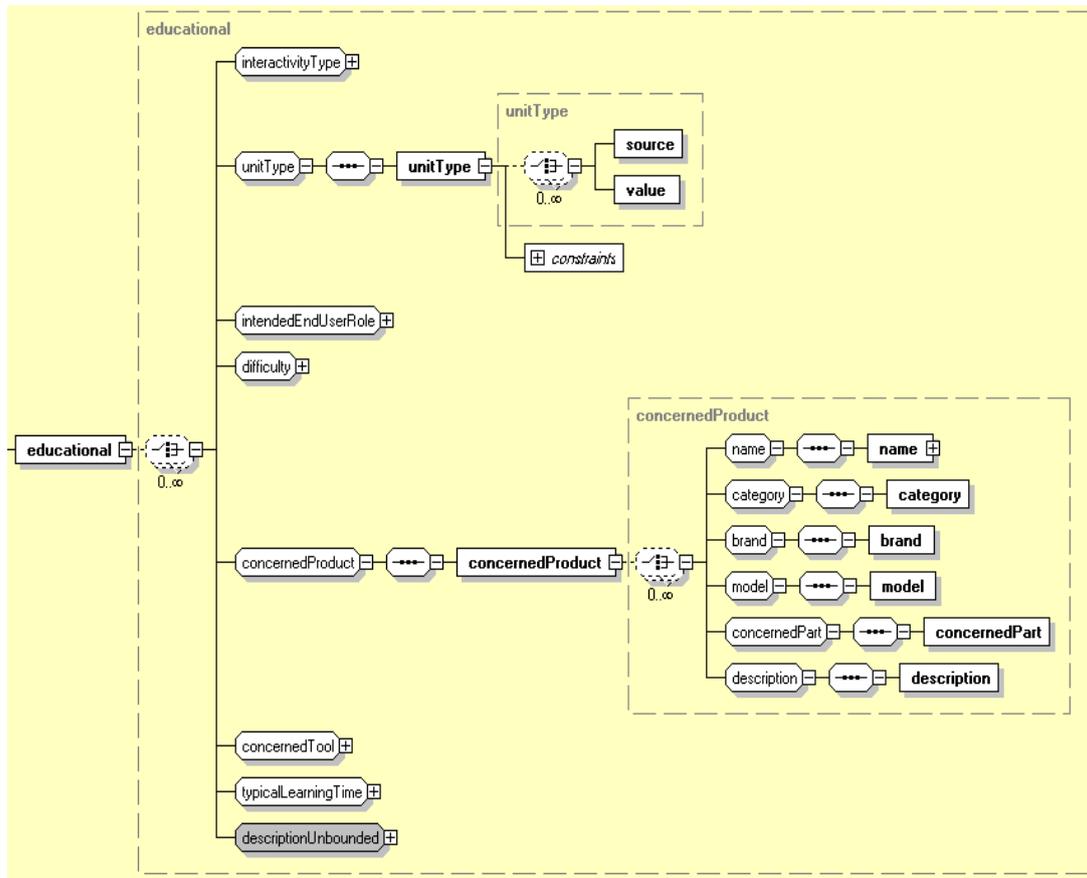


Figure 50 : XML schema pour l'élément <educational> des métadonnées AMLOM

Types de données complexes

Les éléments parents ont des types de données complexes. Un type de données complexe peut décrire la structure et la propriété d'un élément parent. Il structure l'élément parent en référençant les sous-éléments déjà définis et précise leurs conditions d'utilisation. Ces types de données d'éléments sont définis séparément des autres définitions d'éléments. Par exemple, l'élément <educational> est du type de données complexe « educational ». Le type de données complexe est défini comme ci-dessous.

```

<xs:complexType name="educational">
  <xs:choice minOccurs="0" maxOccurs="unbounded">
    <xs:group ref="interactivityType"/>
    <xs:group ref="intendedEndUserRole"/>
    <xs:group ref="difficulty"/>
    <xs:group ref="concernedProduct"/>
    <xs:group ref="concernedTool"/>
    <xs:group ref="typicalLearningTime"/>
    <xs:group ref="description"/>
    <xs:group ref="unitType"/>
  </xs:choice>
</xs:complexType>

```

Types de données simples

Les éléments dans AMLOM héritent des 6 types de données définis par LOM. Nous ne définissons pas de nouveau type de données, mais certains éléments de type de données Vocabulary ont besoin des nouveaux d'espaces de valeurs. Par exemple, pour l'élément <unitType> nous avons défini son espace de valeurs :

```
<xs:simpleType name="unitTypeValues">
  <xs:restriction base="xs:token">
    <xs:enumeration value="general introduction"/>
    <xs:enumeration value="physical structure"/>
    <xs:enumeration value="functionalities"/>
    <xs:enumeration value="faq"/>
    <xs:enumeration value="installation"/>
    <xs:enumeration value="use"/>
    <xs:enumeration value="diagnostic"/>
    <xs:enumeration value="maintenance"/>
    <xs:enumeration value="repair"/>
    <xs:enumeration value="others"/>
    <xs:enumeration value="unknown"/>
  </xs:restriction>
</xs:simpleType>
```

IV.4 Processus de production d'unités d'apprentissage

IV.4.1 Introduction générale

Nous nous rappelons que notre objectif est d'élaborer les modèles et la structure d'unités d'apprentissage et de proposer un processus de production de ces unités à partir de la documentation originale. Nous avons introduit les modèles et les métadonnées AMLOM d'unités d'apprentissage dans les deux sections précédentes. Maintenant nous allons introduire le processus de production de ces unités. Ce processus comporte 6 phases principales (Figure 51).

Les 6 phases du processus commencent par la collecte de documentation originale d'équipements papier ou électronique, et se terminent par le stockage d'unités d'apprentissage produites dans une base de données et leur indexation :

- **Phase 1. Collecte de documentation** : collecter tous les documents qui concernent les équipements ciblés, de n'importe quel format (papier ou électronique), numériser et transformer les documents papier en format électronique.
- **Phase 2. Fragmentation** : fragmenter les documents électroniques en petits fragments. Les fragments sont des contenus textuels ou des fichiers multimédias d'une granularité réutilisable.
- **Phase 3. Analyse et catégorisation** : Analyser les fragments selon leurs contenus sémantiques et les catégoriser selon leur utilisabilité dans les unités d'apprentissage.

- **Phase 4. Structuration** : construire les contenus d'unités d'apprentissage en XML avec les fragments. Les arbres de tâches et les arbres de structures d'équipements sont utilisés pour aider la structuration des contenus d'unités d'apprentissage. Les fragments multimédias référencés par les contenus sont déposés dans un dépôt de fichiers.
- **Phase 5. Ajout des métadonnées** : Rédiger les métadonnées d'unités d'apprentissage et les ajouter aux contenus des unités d'apprentissage. Les unités d'apprentissage sont alors produites.
- **Phase 6. Stockage et indexation** : Introduire les unités d'apprentissage dans une base de données et les indexer selon leurs métadonnées. La base de données est alors prête à être interrogée par le système d'apprentissage ou d'autres applications.

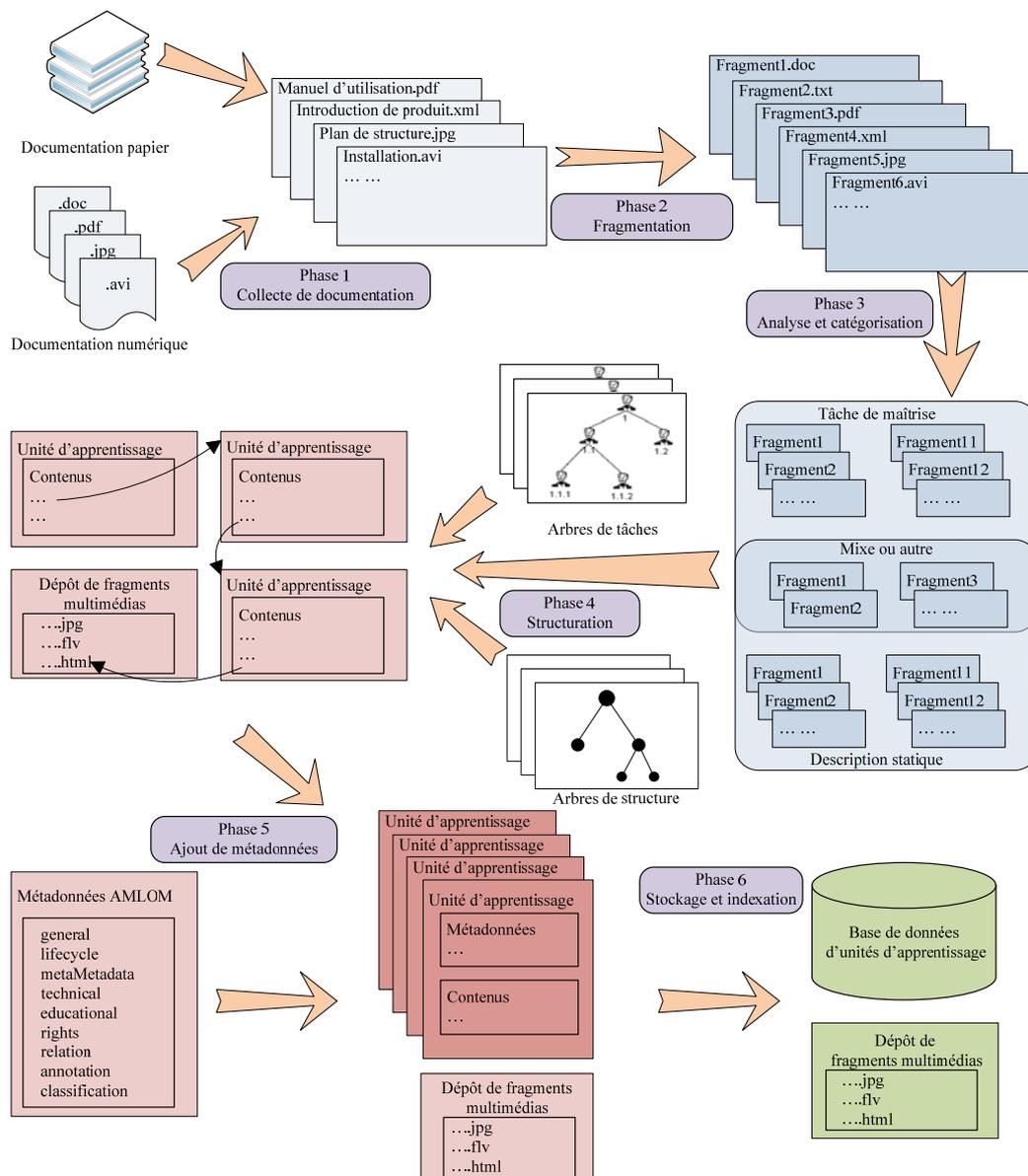


Figure 51 : Processus de production d'unités d'apprentissage

Nous détaillons dans les sections suivantes phase par phase les méthodes utilisées dans ce processus de production d'unités d'apprentissage.

IV.4.2 Phase 1 : Collecte de documentation

La première phase du processus est la collecte de documentation. Comme nous avons décrit dans la section IV.1.1 , l'apprentissage de la maîtrise d'équipements se base souvent sur des manuels d'utilisation et des documents techniques fournis par les constructeurs d'équipements. Lors de la collecte de documentation il s'agit de recueillir ces documents utilisables.

Les constructeurs fournissent souvent des documents différents destinés aux rôles différents d'utilisateurs, par exemple, un manuel d'utilisation pour l'utilisateur client, un manuel de réparation pour le technicien interne, etc. Pour la collecte de documentation, il faut trouver et rassembler tous les documents existants qui concernent l'équipement ciblé, destinés à tous les usages et de n'importe quel format. Principalement il existe deux types de formats : les documents papier et les documents électroniques.

Les manuels papiers sont le format le plus utilisé pour les équipements légers de petite taille, surtout pour les équipements domestiques. Pour ces documents papier, si leurs versions électroniques sont difficiles à trouver, ce que nous allons faire est de numériser ces documents. La numérisation des documents papier comporte deux phases (Figure 52) :

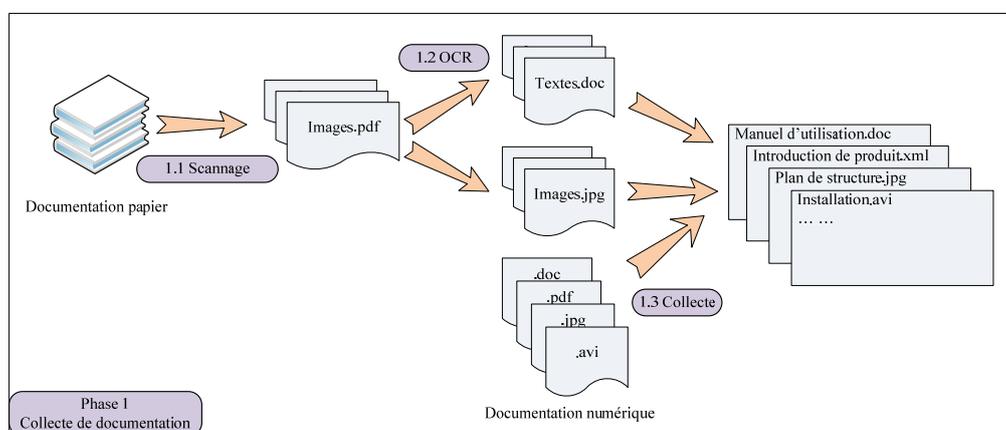


Figure 52 : Collecte de documentation

- **Scannage** : Les documents papier sont d'abord scannés avec l'aide du scanner. Le scanner peut transformer les documents papier en images numériques. Les images numériques peuvent être compressées et stockées en format PDF. Pour le scannage de grande quantité de pages ou de documents, il est conseillé d'utiliser des scanners dédiés aux documents, qui offrent la rapidité et l'efficacité du scannage. La résolution est un élément important pour le scannage. Pour le scannage de textes, normalement, une résolution de 150 à 300 dpi de documents scannés est lisible et suffisante pour le traitement

OCR. Cependant, une résolution plus haute peut être exigée pour le scannage des documents qui comportent des figures.

- **OCR (Optical Character Recognition)** : Les technologies OCR peuvent transformer les images de textes en textes reconnus et éditables. Les images en format PDF obtenues dans la phase précédente sont transformées par des outils OCR en textes. Le taux de reconnaissance (précision) est un élément important pour le traitement OCR des documents. Ce taux de reconnaissance dépend de la qualité des documents originaux à traiter et de l'algorithme de reconnaissance du logiciel OCR. Normalement, les logiciels d'OCR avec une correction automatique basée sur un lexique de mots peuvent atteindre un taux de reconnaissance satisfaisant.

Après le scannage et le traitement OCR, les documents papier peuvent être transformés en deux formats numériques : les contenus textuels ou mixtes sont transformés en format de texte éditable (.doc, .docx, etc.), les figures restent en format d'images. Un outil comme la vérification grammaticale et orthographique d'un traitement de texte et la relecture humaine peuvent corriger les erreurs d'OCR.

Les documents électroniques existants sont aussi fournis par les constructeurs d'équipement. Certains constructeurs distribuent des manuels techniques électroniques sur CD-ROM, ou en PDF téléchargeable, ou des pages web en ligne, etc. Parfois les constructeurs proposent des versions électroniques des documents papier distribués aux clients, ce qui est une source plus directe et plus efficaces pour la collecte de documentation.

Les documents électroniques peuvent être de formats différents multimédias, comme le texte, les images, la vidéo, le son, ou d'autres objets. Tous les documents électroniques obtenus dans cette phase sont stockés dans un dépôt de fichiers et sont prêts à être utilisés dans les phases suivantes.

IV.4.3 Phase 2 : Fragmentation

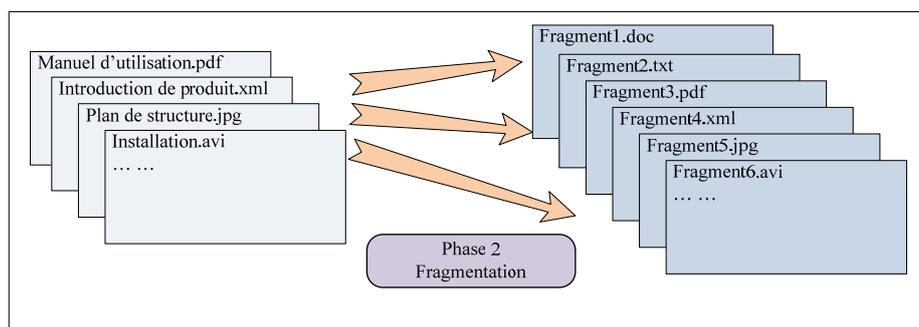


Figure 53 : Fragmentation de documents

La phase de fragmentation (Figure 53) a pour but de transformer les documents en fragments d'une granularité appropriée pour leur réutilisation dans des unités d'apprentissage variées. Les fragments peuvent être considérés comme des « briques » des unités d'apprentissage. Un fragment peut être une

phrase, un paragraphe, une image, ou un segment de vidéo, etc. La granularité du fragment n'est pas un critère strict. Nous proposons quelques règles pour déterminer la granularité de fragments pendant la fragmentation des documents :

- Un fragment est un ensemble de textes centrés sur un même sujet. Le sujet peut être une tâche simple, un commentaire, une description d'une pièce, etc.
- Un fragment est une unité minimum d'un sujet. La division d'un fragment n'a pas de sens pour la réutilisation.
- Un fichier multimédia comme un son, une vidéo, une image peut être considéré comme un fragment. Si un fichier multimédia concerne plusieurs sujets différents, il faut le découper en plusieurs fragments. Par exemple, un constructeur distribue peut-être un seul film pour toutes les utilisations d'un équipement, il faut découper le film en plusieurs fragments pour obtenir des séquences de base.

Les fragments de documents peuvent garder leurs formats originaux après la fragmentation. Pour les formats de texte, les fragments peuvent être stockés dans des fichiers indépendants ou rester dans un fichier commun mais avec des séparateurs clairs. Pour les formats multimédias, les fragments sont stockés en fichiers indépendants. Le découpage des fichiers multimédias a peut-être besoin d'outils d'édition spéciaux. Il existe divers outils gratuits qui offrent la fonction de découpage des multimédia comme *Windows Film Maker* ou *Video Edit Master* pour la vidéo. Il existe également des outils assistant un utilisateur à retrouver les limites entre les scènes d'une vidéo.

Figure 54 est un exemple de fragmentation d'un texte qui concerne l'utilisation simple d'une machine. Le texte est fragmenté en 3 fragments de texte selon leurs contenus.

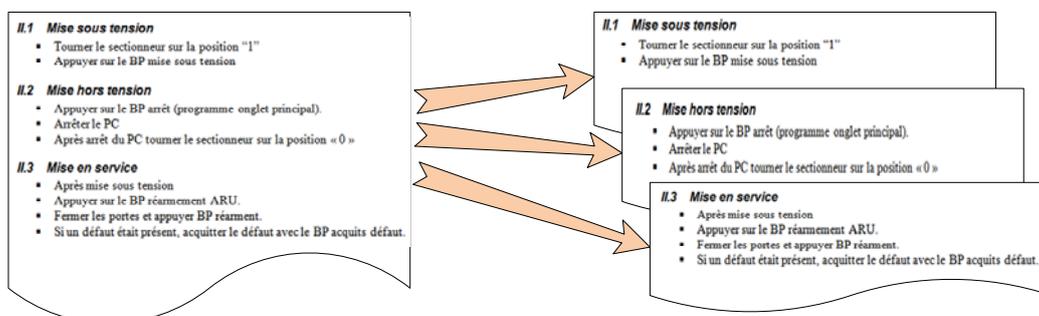


Figure 54 : Exemple de fragmentation d'un texte.

IV.4.4 Phase 3 : Analyse et catégorisation

L'analyse et la catégorisation de fragments visent à analyser l'utilisation potentielle d'un fragment et catégoriser les fragments selon leurs contenus pour faciliter la structuration d'unités d'apprentissage et la production des métadonnées (Figure 55).

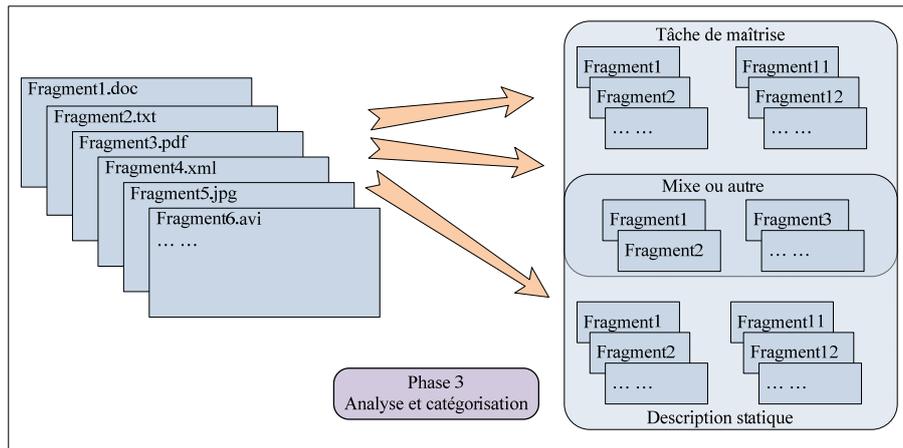


Figure 55 : Analyse et catégorisation des fragments

Comme les fragments peuvent être considérés comme des « briques » pour structurer les unités d'apprentissage, l'analyse des fragments est similaire à l'analyse d'unités d'apprentissage. Chaque fragment a aussi son aspect syntaxique. Dans la section IV.2.3, nous avons divisé les unités d'apprentissage en deux grandes catégories et plusieurs sous-catégories. Nous pouvons aussi diviser les fragments en trois catégories principales :

- **Description statique** : ces fragments décrivent statiquement les connaissances sur l'équipement. Ces fragments vont probablement être utilisés dans des unités d'apprentissage de type description statique. Par exemple, un plan de structure de l'équipement.
- **Tâche de maîtrise** : ces fragments concernent des manipulations de l'équipement. Ces fragments vont probablement être utilisés dans les unités d'apprentissage de type tâche de maîtrise. Par exemple, les étapes d'installation de l'équipement.
- **Mixte ou d'autres** : ces fragments peuvent potentiellement être utilisés dans les deux catégories ci-dessus, ou certains fragments sont difficiles à classer. Nous pouvons mettre ces fragments dans cette catégorie.

L'analyse et la catégorisation des fragments ont besoin de la participation de spécialistes qui possèdent des connaissances du domaine concerné. Ces spécialistes analysent les contenus des fragments et préjugent leur utilisation pour les catégoriser. Les fragments analysés et catégorisés sont stockés dans le dépôt de fichiers pour les utiliser dans les phases suivantes. Nous pouvons alors passer à la phase de structuration d'unités d'apprentissage.

IV.4.5 Phase 4 : Structuration

La structuration est une phase cruciale dans le processus de production d'unités d'apprentissage. Elle permet de transformer les fragments de documents en unités d'apprentissage (Figure 56). Dans cette phase, les fragments sont transformés en fichiers XML et fragments multimédias externes. Nous

utilisons les modèles que nous avons définis dans la section IV.2 pour structurer les unités d'apprentissage.

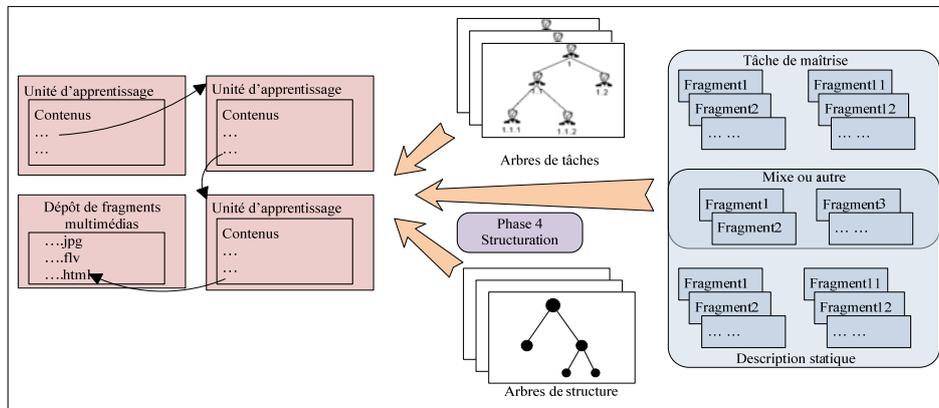


Figure 56 : Structuration d'unités d'apprentissage

Nous reprenons le modèle générique d'une unité d'apprentissage (Figure 41). Nous avons trois parties à compléter pour produire une unité d'apprentissage : les métadonnées, le contenu et les fragments multimédias. Dans cette phase, nous nous concentrons sur les contenus et les fragments multimédias. Nous utilisons les fragments analysés et catégorisés obtenus dans la phase précédente pour structurer les contenus d'unités d'apprentissage.

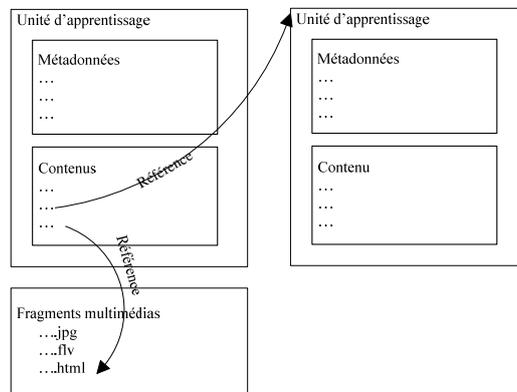


Figure 41 : Modèle générique de l'unité d'apprentissage

Les fragments multimédias sont des fragments que nous avons obtenus dans les phases précédentes. Les fragments multimédias sont à référencer dans les unités d'apprentissage en cas de besoin. Ils peuvent être stockés au même endroit que les unités d'apprentissage ou dans un dépôt de fichiers indépendant.

Nous avons défini la structure de contenu hiérarchique. Le contenu d'une unité d'apprentissage est organisé en une structure d'arbre. L'élément <contenu> peut être itéré dans l'élément <contenus>. Dans un élément <contenu>, on peut référencer d'autres fragments multimédia externes ou d'autres unités d'apprentissage. Selon les relations de références dans les contenus, nous pouvons déterminer les

niveaux syntaxiques d'unités d'apprentissage : le fragment, l'unité d'apprentissage unique, l'unité d'apprentissage composée.

Après cette phase de structuration, les unités d'apprentissage sont créées au format XML. Ces unités d'apprentissage ont des contenus qui définissent le contenu à apprendre pour les apprenants. Il manque encore les métadonnées à ajouter dans la phase suivante.

Nous avons catégorisé les fragments qui sont la source des contenus d'unités d'apprentissage. Quand les contenus sont créés, les informations sont récupérées des fragments catégorisés selon le type d'unité d'apprentissage. Nous pouvons organiser les contenus d'une unité d'apprentissage avec l'aide de la structure d'arbre. Selon les catégories différentes de fragments, nous avons principalement deux méthodes spécifiques que nous allons détailler dans les sections suivantes :

- **Arbre de structure** : pour décrire la structure physique d'équipement.
- **Arbre de tâches** : pour décrire la tâche de maîtrise d'équipement.

IV.4.5.1 Arbre de structure

La structure physique est un aspect important quand on veut connaître un équipement. Traditionnellement, l'apprentissage d'un équipement commence par la présentation de sa structure en partant de l'équipement entier et en allant vers les sous-parties, puis des pièces le composant. L'apprentissage sur la composition de l'équipement, les caractéristiques et les fonctionnalités de chaque partie et chaque pièce est un moyen important pour obtenir les premières connaissances de l'équipement. Comme nous avons expliqué dans la section IV.2.3.1, les unités d'apprentissage centrées sur la structure d'équipement concernent normalement l'introduction, la composition, les plans structuraux, la fonction, et les caractéristiques de pièces.

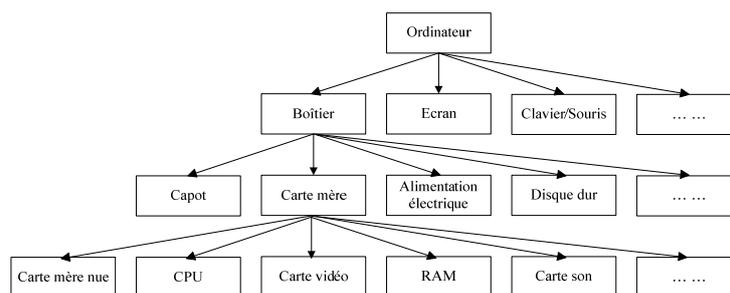


Figure 57 : Exemple de la structure physique d'un ordinateur

Nous proposons une méthode de structuration des unités d'apprentissage basée sur l'arbre de structure physique. Tout d'abord, nous essayons de construire un arbre de structure physique de l'équipement. Puis des unités d'apprentissage sont créées pour chaque nœud de cet arbre. Nous récupérons des informations des fragments catégorisés de la phase précédente pour bâtir le contenu de l'unité d'apprentissage en XML. Des références aux autres unités d'apprentissage ou aux fragments

multimédias sont requises en cas de besoin.

La structure physique d'un équipement est normalement exprimée en hiérarchie arborescente décrivant la composition de l'équipement. La Figure 57 montre un exemple de la structure physique d'un ordinateur. La racine de l'arbre est un ordinateur, un ordinateur contient un boîtier, un écran, ..., un boîtier contient un capot, une carte mère, ..., une carte mère contient un CPU, une carte vidéo, ..., etc.

Cette structure hiérarchique des unités d'apprentissage est exprimée par des relations de références entre des unités d'apprentissage. Une unité d'apprentissage visée sur une pièce d'un niveau plus haut peut référencer des unités d'apprentissage visées sur des pièces d'un niveau plus bas. Par exemple, une unité d'apprentissage qui décrit le boîtier peut faire références aux unités d'apprentissage qui décrivent respectivement le capot, la carte mère, l'alimentation électrique, etc. Les relations de références entre les unités d'apprentissage sont illustrées dans la Figure 58.

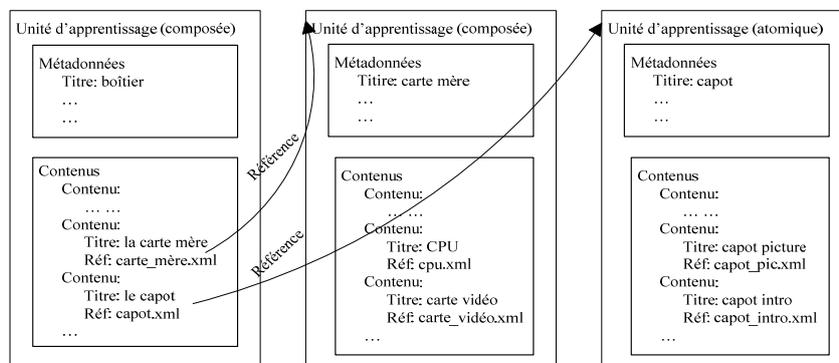


Figure 58 : Exemple des unités d'apprentissage pour la structure physique

Les contenus d'une unité d'apprentissage sont rédigés en XML. Les informations sont issues des fragments concernés. Ci-dessous on trouve l'exemple de source XML pour l'unité d'apprentissage du boîtier de la Figure 58 :

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<UA identifiant="ordinateur01_boîtier" ua_type="composée" xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink">
<métadonnées/>
<contenus>
  <contenu>
    <titre>introduction</titre>
    <contenu/>
  </contenu>
  <contenu>
    <titre>caractéristiques</titre>
    <contenu/>
  </contenu>
  <contenu>
    <titre>compositions</titre>
    <contenu>
      <titre>la carte mère </titre>
      <réf xlink:type="simple" xlink:href="carte_mère.xml"/>
    </contenu>
    <contenu>
      <titre>le capot </titre>
      <réf xlink:type="simple" xlink:href="capot.xml"/>
    </contenu>
  </contenu>
</contenus>
</UA>
```

IV.4.5.2 Arbre de tâches

Comme nous avons expliqué dans la section IV.2.3.2, des tâches de maîtrise sont des contenus d'apprentissage importants pour les acteurs qui apprennent de manière « apprentissage juste à temps » ou « apprentissage par l'action ». Les unités d'apprentissage des tâches de maîtrise sont interrogées par le système de formation pour aider les acteurs à accomplir leurs tâches accompagnées si besoin par l'activité d'apprentissage. Des tâches de maîtrise comportent des tâches d'installation, d'utilisation, de maintenance, de diagnostic, de réparation, etc.

Nous proposons de structurer des unités d'apprentissage de tâches de maîtrise à partir des fragments catégorisés avec l'aide de l'arbre de tâches. Des tâches de maîtrise peuvent être modélisées en arbres de tâche avec l'outil CTTE. Ces arbres de tâches décrivent la composition des tâches et les relations entre elles. Nous créons des unités d'apprentissage pour chaque tâche. Les contenus d'unités sont organisés en respectant ces arbres de tâches. Nous récupérons des informations des fragments catégorisés obtenus dans la phase précédente pour former les contenus de l'unité d'apprentissage en XML. Une unité d'apprentissage peut référencer d'autres unités d'apprentissage ou des fragments multimédias pour structurer les contenus.

La Figure 59 est un exemple de fragment d'arbre de tâches modélisé avec CTTE qui décrit le démontage du capot d'un ordinateur. Elle comprend deux sous-tâches : « le démontage des 3 vis » et « l'enlèvement du capot ». Pour chaque tâche, il y a des informations textuelles ou en image dans les fragments catégorisés pour expliquer comment accomplir ces tâches.

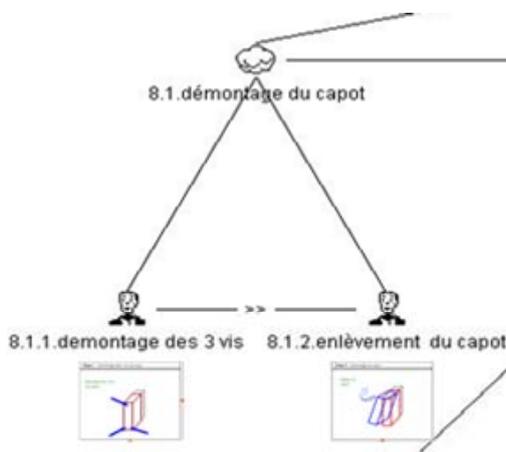


Figure 59 : Exemple des tâches de maîtrise : démontage du capot d'un ordinateur

Nous créons des unités d'apprentissage pour chaque tâche (Figure 60). L'unité d'apprentissage « démontage du capot » explique le démontage du capot. Quand l'unité indique l'existence d'une sous-tâche de démontage des 3 vis, une autre unité d'apprentissage « démontage des 3 vis » est référencée, la même chose pour la sous-tâche de l'enlèvement du capot.

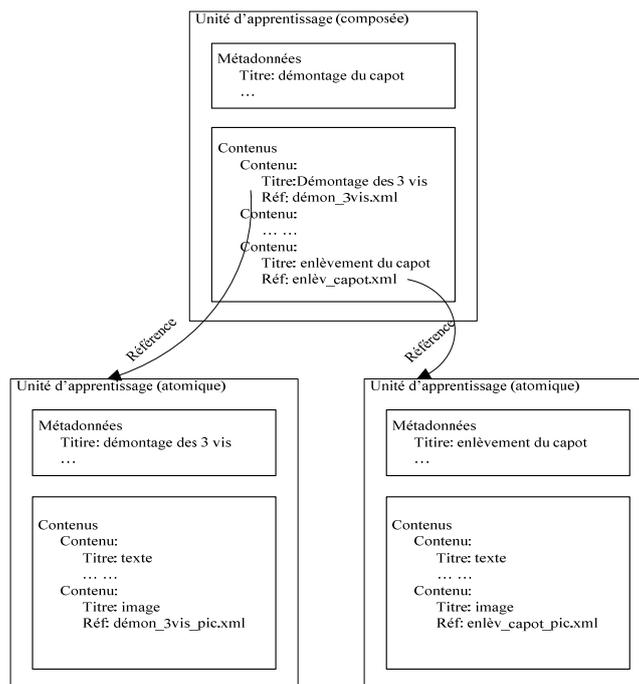


Figure 60 : Unités d'apprentissage pour les tâches de maîtrise : démontage du capot d'un ordinateur

Exemple de source XML pour l'unité d'apprentissage « démontage du capot » :

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<UA identifiant="démontage_capot" ua_type="composée" xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/
xlink">
<métadonnées/>
<contenus>
  <contenu>
    <titre>introduction</titre>
    <contenu/>
  </contenu>
  <contenu>
    <titre>préparation</titre>
    <contenu/>
  </contenu>
  <contenu>
    <titre>sous-tâches</titre>
    <contenu>
      <titre>démontages des 3 vis</titre>
      <réf xlink:type="simple" xlink:href="démon_3vis.xml"/>
    </contenu>
    <contenu>
      <titre>enlèvement du capot</titre>
      <réf xlink:type="simple" xlink:href="enlèv_capot.xml"/>
    </contenu>
  </contenu>
</contenus>
</UA>
```

IV.4.6 Phase 5 : Ajout des métadonnées

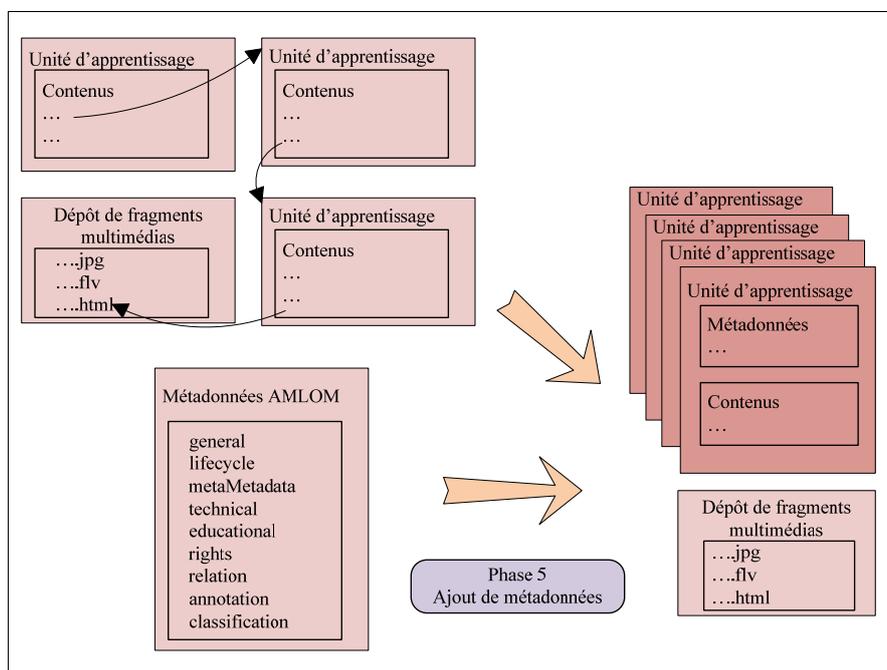


Figure 61 : Ajout des métadonnées aux unités d'apprentissage

Après la phase de structuration, les unités d'apprentissage sont créées en fichiers XML. Les contenus sont structurés à partir des fragments catégorisés avec l'aide d'arbres de structure et de tâches. Il reste encore les métadonnées à ajouter pour compléter des unités d'apprentissage (Figure 61).

Pour mieux décrire les caractéristiques des unités d'apprentissage dans notre contexte d'apprentissage, nous avons défini les métadonnées AMLOM (Cf. IV.3.3). Dans cette phase, les métadonnées AMLOM sont rédigées pour toutes les unités d'apprentissage que nous avons élaborées dans la phase précédente. Le schéma XML en format de fichier XSD que nous avons élaboré (Cf. IV.3.3.4) peut être utilisé pour aider à la création des métadonnées.

Les rédacteurs des métadonnées sont souvent des spécialistes du domaine qui connaissent bien les contextes d'utilisation des unités d'apprentissage. La rédaction des métadonnées est faite après l'analyse des contenus des unités d'apprentissage. Il s'agit de les mettre en correspondance avec les caractéristiques de l'unité d'apprentissage. Il y a deux aspects d'informations à extraire des contenus pour exprimer les métadonnées :

- **Aspect syntaxique** : Ces informations décrivent la granularité, la structure, les relations de l'unité d'apprentissage. Par exemple : les éléments <structureType>, <metaMetadata>, <relation>, etc.
- **Aspect sémantique** : Ces informations décrivent les contenus, les contextes d'utilisation

potentiels, les conditions d'utilisation de l'unité d'apprentissage. Par exemple : les éléments <title>, <keyword>, <educational>, etc.

Nous avons listé dans la section IV.3.3.2 tous les éléments des métadonnées AMLOM et leurs conditions d'utilisation pour caractériser une unité d'apprentissage. Les fichiers XSD des métadonnées AMLOM décrivent un schéma pour aider la création des fichiers XML pendant la rédaction des métadonnées, et valider les fichiers XML après la rédaction des métadonnées.

Les métadonnées AMLOM d'une unité d'apprentissage peuvent être insérées dans le même fichier XML de l'unité d'apprentissage. Elles peuvent également être stockées dans un fichier XML indépendant et référencées dans une unité d'apprentissage. Ces deux cas d'utilisation sont illustrés dans les deux exemples suivants.

Exemple de l'insertion des métadonnées dans l'unité d'apprentissage :

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<UA identifiant="démontage_capot" ua_type="composée">
  <métadonnées>
    <amlom>
      <general>
        <identifiant>
          <cataglog/>
          <entry>démontage_capot</entry>
        </identifiant>
        <title>
          <string language = « fr »> le démontage du capot de l'ordinateur</string>
        </title>
        <language>fr</language>
      </general>
    </amlom>
  </métadonnées>
  <contenus/>
</UA>
```

Exemple de la référence des métadonnées dans un fichier XML indépendant.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<UA identifiant="démontage_capot" ua_type="composée" xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/
xlink">
  <métadonnées>
    <réf xlink:type="simple" xlink:href="Démontage_capot_métadonnées.xml"/>
  </métadonnées>
  <contenus/>
</UA>
```

Après l'ajout des métadonnées, les unités d'apprentissage sont devenues formelles et complètes. Elles peuvent être validées par des fichiers XSD. Les unités d'apprentissage valides sont prêtes à être stockées et indexées dans une base de données.

IV.4.7 Phase 6 : Stockage et indexation

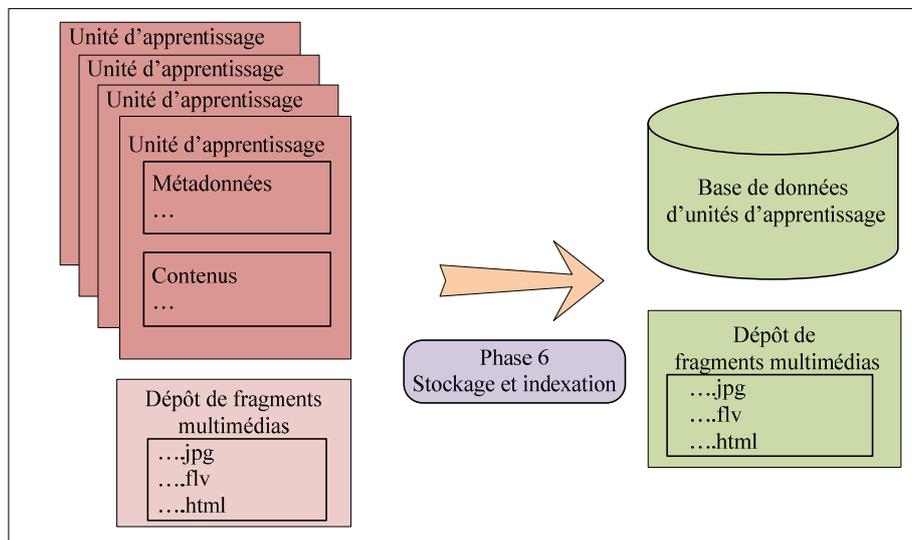


Figure 62 : Stockage et indexation d'unités d'apprentissage

Nous avons obtenus les unités d'apprentissage au format XML dans la phase précédente. La dernière phase est de stocker ces unités d'apprentissage dans une base de données et les indexer (Figure 62). L'objectif du stockage et de l'indexation est de faciliter l'interrogation de ces unités dans un contexte d'apprentissage concret. Après cette phase, les unités d'apprentissage sont prêtes à être interrogées par le système d'apprentissage mobile via le système de gestion de base de données.

Pour interroger de nombreux fichiers XML comme dans notre cas, il faut évidemment une base de données pour stocker et gérer les unités d'apprentissage. Il existe une grande discussion portant sur la bonne façon de stocker et d'indexer des fichiers XML. Deux types de base de données sont les plus souvent utilisées : les bases de données relationnelles et les bases de données XML natives.

En comparant les caractéristiques des bases de données relationnelles et des bases de données XML natives, nous trouvons à chacune ses avantages dans des aspects différents. Une base de données relationnelle offre des interrogations plus rapides et plus stables une fois que les tableaux sont établis ; elle permet de l'interopérationalité entre les données relationnelles et les données XML ; elle permet d'indexer les données pour l'interrogation à haute performance ; etc. Une base de données native XML est conçue spécifiquement pour la gestion des documents XML ; elle supporte l'interrogation directe des documents XML ; elle supporte également la gestion des documents XML de grande taille ; etc.

Le choix de la base de données devrait se baser sur l'analyse des besoins de données et les contextes d'utilisation. Dans notre perspective, les unités d'apprentissage en XML ont des caractéristiques suivantes :

- les unités d'apprentissage sont stockées dans de nombreux fichiers XML.
- les unités d'apprentissage et leurs métadonnées sont bien structurées.
- il faut construire plusieurs index pour augmenter la performance d'interrogation des métadonnées d'unités d'apprentissage.
- les contenus de l'unité d'apprentissage sont souvent des textes, et des références vers des fragments multimédias externes.
- les fichiers XML d'unité d'apprentissage peuvent être récupérés pour la réutilisation ultérieurement.

Après avoir considéré les caractéristiques des bases de données et les contextes d'utilisation des unités d'apprentissage, nous proposons d'utiliser une base de données XML native pour stocker et gérer les unités d'apprentissage. Voici quelques raisons que nous avons prises en compte :

- Les unités d'apprentissage sont des documents centrés sur des documents. Contrairement aux documents centrés sur des données, qui sont générés par la machine, les unités d'apprentissage sont des documents XML générées à partir des manuels techniques d'équipements avec la participation humaine. La base de données XML native supporte mieux le stockage de ce type de documents.
- Nous avons défini dans les contenus de l'unité d'apprentissage que l'élément <contenu> peut être itéré à l'infini. Ce sont donc plutôt des données semi-structurées. Les données semi-structurées sont souvent stockées dans des bases de données XML natives, et les données bien structurées sont souvent stockées dans des bases de données relationnelles.
- Stocker les documents XML dans une base de données relationnelle nécessite un mapping du schéma XML en schéma de base de données (des éléments, attributs, valeurs aux tableaux, colonnes, champs) pour transformer les données XML. Mais cette transformation de données ne permet pas d'interroger les fichiers XML originaux. Nous avons besoin d'interroger les fichiers XML originaux pour modifier ou mettre à jour les unités d'apprentissage, il d'agit d'une opération qui est plus naturellement supportée par une base de données XML native.
- Une base de données XML native supporte bien les index. L'index de valeur et l'index structurel peuvent être utilisés pour augmenter la performance de l'interrogation des métadonnées. Les index d'une base de données XML native sont plus flexibles que ceux d'une base de données relationnelle.
- Une base de données XML native supporte un ensemble d'outils XML pour interroger, mettre à jour, supprimer directement les documents XML, comme XQuery, Xpath, Xpointer, Xlink, XUpdate, etc.

L'utilisation d'une base de données XML native est une proposition à partir des contextes d'utilisation des unités d'apprentissage mais pas un choix absolu. En effet, la frontière entre les bases de données relationnelles et les bases de données XML natives est en train de s'estomper. En effet, on commence à ajouter aux bases de données relationnelles des capacités natives XML, par exemple, SQL Server offre déjà le support de type de données XML et permet d'interroger et mettre à jour des documents XML.

Les bases de données XML natives reçoivent de nouvelles solutions pour mieux supporter le stockage et la gestion des documents XML. Comment choisir les bonnes technologies pour gérer et interroger les unités d'apprentissage en XML constitue encore à l'heure actuelle un grand sujet à étudier.

IV.5 Comparaison de l'unité d'apprentissage avec les critères d'évaluation

Nous avons dans ce chapitre présenté une approche de production des unités d'apprentissage pour le système d'apprentissage SAMCCO. Nous avons défini les modèles de l'unité d'apprentissage et les métadonnées AMLOM pour décrire ces unités d'apprentissage. Nous avons également proposé un processus de production de ces unités à partir de la documentation initiale.

L'approche de production des unités d'apprentissage est conçue pour des systèmes d'apprentissage respectant des caractéristiques MOCOCO (Mobilité, Contextualisation, Collaboration) pour l'apprentissage de maîtrise d'équipements domestiques, publics ou professionnels. Les unités d'apprentissage sont une étape cruciale dans la conception du système d'apprentissage. Au début de notre travail, nous avons introduit les critères que nous devons atteindre pour la conception des unités d'apprentissage. Nous reprenons ces critères pour évaluer si l'approche introduite a atteint notre objectif :

- **Visée sur la maîtrise d'équipements domestiques, publics et professionnels.** Les unités d'apprentissage sont conçues spécialement pour ce domaine. Les unités d'apprentissage sont produites à partir des documents techniques des équipements. Les métadonnées AMLOM ont les éléments étendus pour le domaine de maîtrise d'équipements. Cela permet la contextualisation du contenu d'apprentissage dans des contextes différents pendant l'activité d'apprentissage.
- **Accessible.** Les unités d'apprentissage sont stockées dans une base de données au format XML. Ce type de l'unité d'apprentissage et le système de gestion de base de données permettent au système d'apprentissage d'accéder à ces unités d'apprentissage à distance facilement. Les fichiers XML peuvent s'adapter aux interactions différentes selon les dispositifs mobiles. A travers les systèmes d'apprentissage, les unités d'apprentissage sont téléchargeables sur un dispositif local.
- **Réutilisable.** Nous avons élaboré des modèles pour l'unité d'apprentissage et les métadonnées AMLOM. Les schémas XML sont utilisés pour aider la création et la validation des unités d'apprentissage. Les schémas XML comme des fichiers XSD permettent de réutiliser les unités d'apprentissage dans des applications différentes. Nous avons défini les granularités de l'unité d'apprentissage comme fragment, atomique et composée. Cela facilite la réutilisation des unités d'apprentissage pour produire de nouvelles unités d'apprentissage ultérieurement pour des contextes d'apprentissage différents.

- **Contextualisable.** Le système d'apprentissage peut récupérer et adapter des unités d'apprentissage selon le contexte d'apprentissage. Les métadonnées AMLOM décrivent les conditions d'utilisation d'une unité d'apprentissage dans des contextes différents. Le système d'apprentissage collecte des informations contextuelles et interroge les unités d'apprentissage dans la base de données en s'appuyant pour cela sur les métadonnées.
- **Partageable.** Les unités d'apprentissage peuvent être partagées au sein du système d'apprentissage entre plusieurs apprenants ou rôles pour l'apprentissage collaboratif. Les métadonnées AMLOM définissent l'usage d'une unité d'apprentissage entre des rôles différents. Le système d'apprentissage utilise des services collaboratifs pour partager les unités d'apprentissage entre des rôles différents.
- **Interopérable.** Les unités d'apprentissage en XML avec les schémas XSD ont la possibilité d'être développées avec un ensemble d'outils pour différentes plates-formes. Elles peuvent être utilisées avec un ensemble d'outils et plates-formes dans des applications différentes.
- **Durable.** Les unités d'apprentissage sont des fichiers XML. Elles peuvent résister à l'évolution technologique des dispositifs ou des plates-formes. Il n'a pas besoin de changement dans les unités d'apprentissage en cas de changement d'application ou de système.

Nous avons vu que la conception et la production d'unités d'apprentissage ont globalement répondu aux exigences de nos objectifs. Ces critères ne sont certes pas complets pour évaluer la conception des unités d'apprentissage, car certains critères dépendent des services du système d'apprentissage ou du système de gestion de base de données. Notre approche est principalement conçue pour l'apprentissage mobile dans la maîtrise équipements domestiques, publics, et professionnels. Elle a également proposé une méthode pour produire et gérer les manuels de produits pour l'industrie. Comme il n'existe pas encore de standard pour la production de ces unités d'apprentissage pour l'apprentissage mobile, nous espérons que notre méthode servira d'inspiration pour le support de la mobilité dans des unités d'apprentissage dans d'autres domaines.

IV.6 Conclusion du chapitre IV

Ce chapitre IV a été centré sur la conception et la production d'unités d'apprentissage. Nous y avons introduit la problématique d'unités d'apprentissage dans l'apprentissage mobile dans un domaine spécifique. Nous avons élaboré les modèles d'unités d'apprentissage, et les métadonnées AMLOM. Un processus de production d'unités d'apprentissage a été proposé.

La production d'unités d'apprentissage est un aspect essentiel dans la conception de SAMCCO. Nous avons analysé les méthodes de SCORM et IMAT et expliqué leurs limites par rapport à nos perspectives. Nous avons décidé d'élaborer les modèles d'unités d'apprentissage et d'étudier les métadonnées dans les contextes d'apprentissage pour la maîtrise d'équipement.

Notre modèle générique de l'unité d'apprentissage comporte deux composants principaux : les contenus et les métadonnées. Les contenus ont pour but de capter l'organisation du contenu d'apprentissage ; les métadonnées sont utilisées pour caractériser les unités d'apprentissage pour permettre l'accès à celles-ci dans des contextes d'apprentissage différents.

Les unités d'apprentissage sont basées sur deux types de caractéristiques : syntaxique et sémantique. La description syntaxique se concentre sur la structure et la granularité de l'unité d'apprentissage. Nous avons trois niveaux d'unité d'apprentissage : le fragment, l'unité d'apprentissage atomique, et l'unité d'apprentissage composée. Les unités d'apprentissage permettent des références aux fragments multimédias externes ou aux autres unités d'apprentissage selon l'organisation des contenus. La description sémantique se concentre sur les contenus des unités d'apprentissage et leurs contextes d'utilisation. Nous les avons divisées en deux grandes catégories : la description statique, et la description de la tâche de maîtrise. Chaque catégorie a ses caractéristiques structurales différentes.

Les métadonnées AMLOM sont étendues à partir des métadonnées IEEE LOM. Nous avons redéfini ou rajouté les éléments et leurs espaces de valeurs pour couvrir les besoins de nos contextes d'apprentissage. Les schémas XML comme XSD sont fournis pour aider la création et la validation des métadonnées de l'unité d'apprentissage.

Enfin, nous avons proposé un processus de production d'unités d'apprentissage. Ce processus nous permet à partir de documentation initiale comme des manuels d'utilisation en papier, de produire des unités d'apprentissage et de les stocker et indexer dans une base de données. Ce processus comporte 6 phases principales : 1. Collecte de documentation : collecter tous les documents possibles et leur transformation en format électronique. 2 : Fragmentation : fragmenter les documents électroniques en fragments. 3 : Analyse et catégorisation : analyser et catégoriser les fragments pour préparer la structuration d'unités d'apprentissage. 4 : Structuration : construire les contenus d'unité d'apprentissage en XML avec les fragments, à l'aide des arbres de tâches et arbres de structures. 5 : Ajout des métadonnées : ajouter les métadonnées AMLOM aux unités d'apprentissage. 6 : Stockage et indexation : stocker les unités d'apprentissage dans une base de données et les indexer selon leurs métadonnées.

Chapitre V. Conception de SAMCCO

Dans nos perspectives, SAMCCO (Système d'Apprentissage Mobile Contextuel et Collaboratif) est à concevoir pour permettre aux apprenants d'apprendre la maîtrise d'équipements domestiques, publics, et professionnels. Dans ce chapitre, nous allons d'abord présenter les objectifs de SAMCCO, ainsi que ses caractéristiques. SAMCCO est conçu sur la base de la plate-forme IMERA, qui supporte les activités avec des caractéristiques MOCOCO. Comme la livraison des unités d'apprentissage dépend du contexte concret de l'apprenant, la modélisation du contexte est l'aspect le plus important à prendre en compte pour permettre la contextualisation de ces unités. Nous allons ensuite présenter une méthode de modélisation du contexte d'apprentissage à partir de scénarios d'apprentissage. Enfin nous décrirons le modèle d'architecture de SAMCCO. Les éléments de cette architecture seront détaillés notamment en ce qui concerne le fonctionnement du moteur de contrôle du système.

V.1 Introduction

V.1.1 Apprentissage dans des situations professionnelles

L'apprentissage pour les professionnels est un sujet important. Avant de commencer la vie professionnelle, l'apprentissage a lieu pendant les études à l'école ou à l'université. Après l'entrée dans le monde professionnel, l'apprentissage a lieu souvent sur le lieu de travail et dans la vie quotidienne. Les études dans l'université offrent une période pour assimiler les théories importantes et les approches méthodologiques génériques, car dans le monde professionnel, ces aspects sont difficiles à acquérir. Au contraire, les comportements pratiques et les opérations précises sont difficiles à acquérir à l'université mais plus faciles dans des situations professionnelles. Il faut donc bien distinguer ces deux types de connaissances à assimiler dans l'apprentissage. L'objectif de l'apprentissage dans des vraies situations professionnelles est de développer des compétences et des connaissances professionnelles, fournir le support à la résolution de problèmes contextualisés, et augmenter la performance au travail.

L'approche EPSS (Cf. III.3) offre une solution appropriée pour le problème de l'apprentissage dans des situations professionnelles. EPSS vise à fournir le stockage et la mise à disposition des matériaux d'apprentissage aux utilisateurs, offrir cet apprentissage au moment opportun, et améliorer ainsi la performance de travail. Similairement, le TCAO (Cf. III.2) vise à faciliter le travail collaboratif. Ces deux approches sont considérées comme des supports importants de la performance, par l'apprentissage et la formation, liés au travail et plus particulièrement à la maintenance industrielle.

L'émergence de l'apprentissage mobile offre une nouvelle approche pour l'apprentissage dans des situations professionnelles. A l'aide des technologies mobiles, l'apprentissage est devenu plus mobile, plus informel (au sens de la programmation de formation), plus personnel, plus centré sur l'apprenant, plus situé, plus collaboratif, plus ubiquitaire et donc plus durable. L'apprentissage dans des situations

professionnelles peut également être le bénéficiaire de l'apprentissage mobile.

Nous avons étudié des méthodes d'apprentissage correspondantes aux situations professionnelles (Cf. III.1). Ces méthodes comme l'apprentissage sur le lieu de travail, l'apprentissage juste à temps, l'apprentissage par l'action, et l'apprentissage collaboratif partent des points de vue différents mais vont vers le même objectif : développer des compétences et des connaissances professionnelles potentielles, fournir le support à la résolution de problèmes contextualisés, et augmenter ainsi la performance au travail.

Nous sommes intéressés par l'apprentissage mobile contextuel et collaboratif dans des situations professionnelles, en particulier pour la maîtrise d'équipements domestiques, publics et professionnels. Nous avons approuvé des méthodes et des approches ci-dessus pour concevoir un nouveau système d'apprentissage : **SAMCCO (Système d'Apprentissage Mobile Contextuel et Collaboratif)**. SAMCCO s'inscrit dans le projet HMTD (Help Me To Do), qui a pour but d'assister des utilisateurs différents dans la maîtrise d'équipements domestiques, publics et professionnels.

V.1.2 Objectif

L'objectif de SAMCCO est pour augmenter l'efficacité de l'apprentissage pour une meilleure performance dans les activités de la maîtrise d'équipements domestiques, publics, ou professionnels. Ce système prend en compte des contextes d'apprenants, intègre des méthodes d'apprentissage et bénéficie des technologies mobiles pour fournir l'apprentissage efficace augmentant ainsi la performance des utilisateurs quand ils en ont besoin. En effet, la maîtrise d'équipements comprend l'installation, l'utilisation, les maintenances régulières, le diagnostic, le dépannage lors d'un problème, etc. L'acteur concerné peut être l'utilisateur courant, l'utilisateur avancé, le technicien, l'expert, le concepteur, etc., toutes ces sortes de personnes qui interviennent dans la maîtrise des équipements. SAMCCO est par construction compatible avec l'approche EPSS et l'approche TCAO pour faciliter le travail des professionnels et offrir des opportunités d'apprentissage juste à temps.

V.1.2.1 Apprentissage avec les caractéristiques MOCOCO

SAMCCO fournit des unités d'apprentissage ou services appropriés aux utilisateurs dans des contextes différents quand ils ont besoin de l'aide ou de l'apprentissage pour maîtriser des équipements. L'apprentissage de maîtrise d'équipement doit satisfaire des caractéristiques suivantes : **l'opérationnalité, la rentabilité, l'efficacité et la rapidité, ainsi que la qualité d'intervention**. En vue de cette démarche générale, les concepts **MOCOCO (Mobilité, Contextualisation, Collaboration)** sont des caractéristiques principales de notre système :

- **Mobilité** : les apprenants, les environnements, ou les dispositifs sont mobiles ; ou les apprenants peuvent effectuer les activités d'apprentissage avec les deux mains occupées.

- **Contextualisation** : les apprenants peuvent accéder aux informations et aux données contextualisées et précises selon leur contexte.
- **Collaboration** : les apprenants peuvent collaborer à distance avec d'autres acteurs, ou les apprenants peuvent collaborer entre eux-mêmes.

V.1.2.2 Apprentissage centré sur les tâches

Les méthodes d'apprentissage comme l'apprentissage sur le lieu de travail, l'apprentissage juste à temps, l'apprentissage par l'action et l'apprentissage collaboratif doivent être prises en compte dans SAMCCO. En effet, les méthodes d'apprentissage dans des situations professionnelles sont fortement liées aux activités ou aux tâches professionnelles (la maîtrise d'équipement), et le but final de l'apprentissage est d'effectuer ou être capable d'effectuer la tâche en question. Le système est fait de sorte à offrir des opportunités d'apprentissage en utilisant une méthode centrée sur la tâche. Dans les scénarios proposés, les apprenants veulent effectuer une ou plusieurs tâches de maîtrise (installation, utilisation, etc.) sur le lieu de travail. Si des problèmes ou des difficultés surgissent, le système offre juste à temps des unités d'apprentissage contextualisé sur les tâches de diagnostic et de réparation. Des apprenants peuvent essayer de maîtriser des tâches au travers des unités d'apprentissage correspondantes. L'apprentissage juste à temps non seulement aide des apprenants à accomplir leurs tâches, mais aussi augmente l'acquisition des connaissances. En plus, le fait d'exécuter la tâche directement dans la suite du cycle d'apprentissage selon la théorie de l'apprentissage par l'action donne des résultats très performants. Comme en plus des technologies de communication permettent l'apprentissage collaboratif permettant de combler les manques quand l'apprentissage individuel ne suffit plus. Dans la pratique, nous visons que notre système offre des opportunités d'apprentissage en trois étapes relatives aux tâches :

- **Avant les tâches** : les apprenants peuvent essayer d'apprendre les tâches à effectuer et se préparer pour les actions à prendre.
- **Pendant les tâches** : les apprenants peuvent apprendre juste à temps les actions à effectuer pendant l'exécution des tâches et disposer de l'assistance collaborative.
- **Après les tâches** : les apprenants peuvent réviser les actions passées et les expériences acquises, qui sont tracées par le système pour mieux les comprendre, conceptualiser et mémoriser.

V.1.2.3 Augmentations dans l'apprentissage

Nous estimons comme très important le couplage de l'apprentissage et du travail dans des situations concrètes. Les apprenants peuvent ainsi rafraîchir leurs connaissances acquises et renforcer l'expérience dans des situations précises en combinant les théories, les méthodes et les pratiques. SAMCCO est conçu pour offrir l'apprentissage dans des situations concrètes de la maîtrise d'équipements. Nous offrons aux apprenants des expériences augmentées d'apprentissage pendant

leur travail et apprentissage. Les augmentations que nous proposons se situent dans les trois aspects suivants :

- **Augmentation de l'apprenant** : pour créer les conditions de travail et d'apprentissage avec les caractéristiques MOCOCO, l'apprenant est équipé d'un dispositif mobile (Tablet PC, PDA, Smartphone, etc.) et d'autres périphériques d'interaction appropriés aux contextes d'apprentissage.
- **Augmentation de l'environnement** : l'apprenant évolue dans un environnement réel augmenté, qui peut lui offrir des informations contextuelles à travers son dispositif mobile et des périphériques. Nous avons décidé d'utiliser principalement les technologies RFID pour collecter les informations contextuelles, mais d'autres technologies sont envisageables.
- **Augmentation de l'équipement** : pour mieux supporter la maîtrise d'équipements dans les tâches de diagnostic, de maintenance et de réparation, les dispositifs mobiles qui équipent l'apprenant peuvent communiquer avec l'équipement à maîtriser. Différents niveaux de connexion : communication entre le dispositif mobile et l'équipement peuvent être identifiés.

V.2 Plateforme IMERA

La plateforme IMERA (Interaction Mobile pour Environnement Réel Augmenté) [David, et al., 2007a] a été conçu pour étudier des interfaces innovantes et appropriées pour des activités mobiles, collaboratives et contextuelles. Nous profitons de la plateforme IMERA pour concevoir SAMCCO dans des situations professionnelles.

V.2.1 Introduction

La plateforme IMERA a été conçue au sein du laboratoire ICTT (LIESP) à l'Ecole Centrale de Lyon, en bénéficiant du soutien de la Région Rhône-Alpes dans le cadre d'un projet Emergence en collaboration avec deux partenaires universitaires (CLIPS-IMAG et MSH-Alpes) et quatre industriels (France-Télécom R&D, TagProduct, Assetium, ainsi que HP par le Projet CAMPUS Mobile). Les principes concernés par la plate-forme IMERA sont :

- **IM** (Interfaces utilisateur Mobiles) décrit les interfaces utilisateur pour PDA, Smartphone et d'autres dispositifs adaptés aux situations mobiles.
- **ERA** (Environnement Réel Augmenté) dans le sens de la Réalité Augmentée/Mixte.
- **MOCOCO** (Mobilité, Contextualisation, Collaboration) décrit les activités en collaboration par plusieurs acteurs mobiles, qui ont l'accès à des données précises et contextualisées.

La plateforme technique expérimentale déployée sur le campus de l'Ecole Centrale de Lyon, s'appuie

sur l'infrastructure réseaux (filaire et WiFi) et prend en compte des objets communicants fixes ou mobiles, des acteurs mobiles équipés de dispositifs. Elle consiste en un **espace de travail principal** et trois **espaces de travail distants**.

L'espace de travail principal est un ERA, où évoluent des acteurs mobiles différents. L'ERA est un lieu couvert par le réseau sans fil WiFi. Des étiquettes RFID ou des lecteurs RFID sont déposées sur des endroits identifiés ou des objets physiques dans cet espace. Des acteurs mobiles peuvent se déplacer librement dans cet espace, et chacun d'entre eux est équipé d'un dispositif mobile avec la carte WiFi et le lecteur RFID. Le lecteur RFID permet aux acteurs de lire les étiquettes implantées et de collecter les informations contextuelles. La carte WiFi permet aux acteurs de se connecter au système par le réseau sans fil et d'obtenir les données contextualisées. En plus, la connexion au réseau permet également aux acteurs de communiquer entre eux et d'accéder aux systèmes centraux (serveur de base de données, EPSS, etc.).

Trois espaces de travail distants installés dans le laboratoire complètent la plate-forme. Le premier espace de travail distant constitue le centre de collaboration colocalisée. Le deuxième a pour l'objectif observation et supervision. Le troisième collecte toutes les données et les messages échangés pour l'évaluation de la plate-forme et des acteurs.

V.2.2 Adaptation de la plateforme IMERA à l'apprentissage mobile

La plateforme IMERA peut être utilisée dans beaucoup de situations différentes éducatives, industrielles, culturelles, etc. Nous profitons de fonctionnalités de cette plateforme pour les activités d'apprentissage mobiles dans des situations professionnelles. La conception de SAMCCO basé sur la plate forme IMERA conduit à identifier les acteurs, leurs activités, les informations contextuelles à être collectées, et les ressources d'apprentissage à être livrées, etc. Aussi nous devons déterminer les technologies à utiliser dans l'espace de travail principal et les dispositifs d'interaction pour chaque acteur.

En effet, le travail de l'identification des acteurs, des activités, des informations contextuelles à être collectées, etc., peut être réalisé par l'identification et la modélisation des contextes des utilisateurs. Un contexte d'utilisateur complet comporte tous les éléments ci-dessus pour un scénario d'apprentissage. Nous avons donc décidé d'abord de modéliser les contextes d'apprentissage dans des situations différentes, puis d'adapter les contextes dans la conception du système d'apprentissage. [Delotte, 2006] a proposé le processus CoCSys (Cf. Annexe V) pour adapter les scénarios à l'architecture collaborative. Nous nous inspirons de certaines méthodes de ce processus pour la conception de SAMCCO offrant différents contextes d'apprentissage.

V.3 Modélisation du contexte d'apprentissage

Dans la conception d'un système d'apprentissage contextuel (context-aware), le système examine le contexte d'apprentissage, et réagit en conséquence. Des unités d'apprentissage contextualisées sont livrées aux apprenants en fonction du contexte. Nous avons décrit dans le chapitre IV le processus de production des unités d'apprentissage dans lesquelles les métadonnées AMLOM sont définies. La contextualisation se base sur l'interrogation des métadonnées d'unité d'apprentissage et leur mise en correspondance avec les informations contextuelles.

Dans notre approche nous avons donc d'abord besoin des informations contextuelles pour initialiser le processus de contextualisation. Dans le cycle de vie de context-aware proposé par [Schilit, et al., 2002], **la découverte de contexte** capture toutes les informations contextuelles qui sont disponibles dans un contexte, **l'interprétation et la sélection** transforment les informations capturées en informations contextuelles utiles, **l'utilisation de contexte** utilise ces informations contextuelles pour exécuter des actions par le système. Les informations contextuelles représentent donc le contexte capturé et formalisé pour le système. Pour chaque système, la question est : quelles informations contextuelles sont utiles pour la contextualisation ? Cette question a besoin d'une **modélisation du contexte d'apprentissage** pris en compte par le système. La modélisation du contexte doit avoir des caractéristiques comme richesse et qualité d'information, complétude d'information, applicabilité au système, degré approprié de formalité, etc.

Les scénarios décrivent les activités d'utilisateurs dans un contexte concret. Les concepteurs utilisent les scénarios pour la collecte des besoins des utilisateurs. Ces besoins comportent la contextualisation des unités d'apprentissage dans le contexte (Cf. Annexe I). Nous proposons une méthode de modélisation du contexte à partir des scénarios :

- Premièrement, nous collectons les **scénarios d'apprentissage** des utilisateurs.
- Deuxièmement, nous extrayons les **informations contextuelles** dans les scénarios collectés et les analysons et catégorisons.
- Les **modèles du contexte** sont construits à travers la catégorisation des informations contextuelles analysées.

V.3.1 Collecte des scénarios d'apprentissage

Dans cette étape, nous collectons et décrivons précisément des scénarios possibles qui correspondent à l'apprentissage de la maîtrise d'équipement domestique, publics et professionnels. On demande aux utilisateurs du système de décrire leurs activités supportées par le système d'apprentissage. Dans un scénario d'apprentissage, nous collectons les éléments suivants :

- **Quoi** : l'équipement, la tâche de maîtrise.

- **Qui** : l'acteur, son rôle.
- **Avec qui** : l'acteur collaboratif, son rôle.
- **Avec quoi** : les dispositifs, l'artefact, le système.
- **Quand** : le temps, la continuité d'apprentissage et de processus.
- **Où** : l'environnement géographique et le contexte local.
- **Comment** : l'interaction, la collaboration, la méthode d'apprentissage.

L'écriture des scénarios de manière textuelle est d'abord faite pour bien expliquer le problème, la situation, et le processus. Puis nous exprimons les scénarios de manière graphique. Plusieurs formalismes peuvent être utilisés pour décrire ces scénarios : le diagramme des cas d'utilisation et le diagramme de séquence d'UML pour décrire l'interaction entre l'acteur et le système ; l'arbre de tâches CTT pour décrire l'activité et sa décomposition en tâches ; le diagramme Orchestra pour décrire la collaboration synchrone ou asynchrone, etc. Le formalisme de Scénarios Contextualisés est aussi un bon outil pour décrire les scénarios.

Les scénarios d'apprentissage collectés devraient couvrir les activités de chaque rôle d'utilisateurs du système dans toutes les situations possibles, par exemple, l'apprentissage sur l'équipement en autonomie, l'apprentissage sur le lieu de travail, l'appel de l'assistance en cas de difficulté, la révision des actions, etc. Nous illustrons deux scénarios d'apprentissage significatifs comme exemples.

V.3.1.1 Exemple : Apprentissage juste à temps sur le lieu de travail

L'apprentissage juste à temps sur le lieu de travail est un scénario important à être considéré dans la conception de notre système. Dans ce scénario, l'apprentissage vise à résoudre un problème rencontré pendant la maîtrise d'équipement. Par exemple, pendant une maintenance, le technicien ne sait plus les étapes pour remplacer une pièce, et il doit donc déclencher l'apprentissage juste à temps et apprend comment faire pour accomplir la tâche.

Scénario d'apprentissage textuel :

L'apprenant (un technicien) est en train de réparer une machine industrielle chez le client, mais soudain il y a une pièce qu'il ne sait pas démonter. L'apprenant démarre son PDA, accède au système d'apprentissage après identification. Il fait des recherches avec des mots-clés ou trouve le sujet par l'index. Le système offre la structure de la machine, les outils requis et les actions à faire pour démonter la pièce. L'apprenant s'assure de sa compréhension, et finalement réussit à démonter la pièce...

Scénario d'apprentissage graphique :

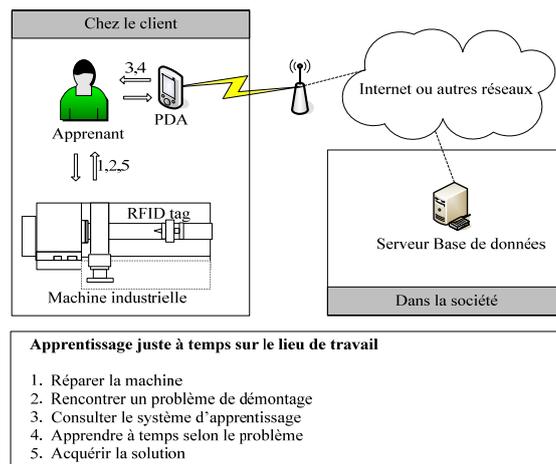


Figure 63 : Scénario d'apprentissage : apprentissage juste à temps sur le lieu de travail

Nous avons utilisé des schémas graphiques similaires au Scénario Contextualisé pour décrire un scénario d'apprentissage (Figure 63). Dans ce schéma, nous décrivons les éléments comme l'acteur, l'équipement, le dispositif, le système, etc. Les interactions principales entre l'acteur, l'équipement et le dispositif, et les activités sont également décrites.

V.3.1.2 Exemple : Apprentissage en collaboration à distance

L'apprentissage en collaboration avec les experts à distance peut avoir lieu quand l'apprenant ne peut pas trouver une solution pour le problème rencontré après l'apprentissage individuel. L'apprenant peut appeler l'assistance des experts à l'aide de ses dispositifs. Les experts vont étudier le problème ensemble avec l'apprenant pour trouver une solution.

Scénario d'apprentissage textuel :

L'apprenant (technicien) déclenche le processus de collaboration. Il peut trouver un ou plusieurs experts qui sont disponibles en ligne. L'apprenant et les experts ont une interface commune pour régler le problème. L'apprenant d'abord partage le contexte du travail. L'expert obtient des informations contextualisées : l'information de l'équipement (historique, caractéristiques), la situation, la description du problème. L'expert estime la situation, discute avec le technicien, et explique comment régler le problème. Les informations échangées comprennent textes, images, conversation sonore, et vidéos en direct avec des gestes, etc. Pour l'apprenant, l'interaction en entrée est réalisée avec clavier, souris, writing pad, microphone, webcam, etc., et l'interaction en sortie est réalisée avec l'écran de Tablet PC et des écouteurs...

Scénario d'apprentissage graphique

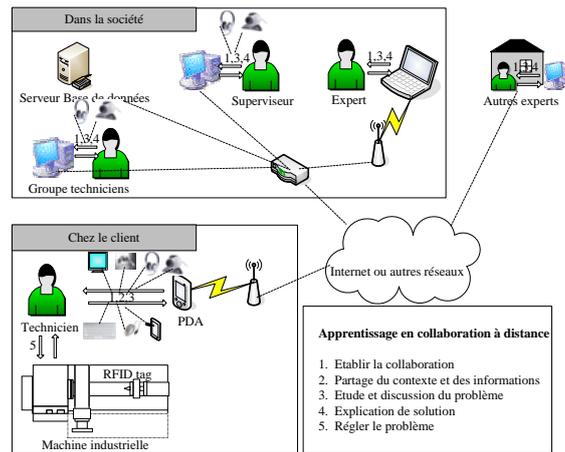


Figure 64 : Scénario d'apprentissage : apprentissage en collaboration à distance

Le schéma graphique pour ce scénario de l'apprentissage en collaboration à distance est présenté dans la Figure 64.

V.3.2 Extraction d'informations contextuelles

Les scénarios que nous avons collectés décrivent les activités des utilisateurs dans des contextes différents. Dans la description textuelle ou graphique, le contexte d'apprentissage est implicitement décrit. Premièrement, les rédacteurs de scénarios n'ont pas les mêmes lexiques et standards d'expression pour décrire leurs scénarios. Par exemple, « démonter un capot » et « enlever le capot » peuvent signifier la même tâche dans leurs activités. Deuxièmement, les informations contextuelles sont impliquées dans le texte. Par exemple, la phrase « *L'apprenant (un technicien) est en train de réparer une machine industrielle chez le client* » contient des informations contextuelles comme l'acteur (apprenant), le lieu (chez le client), l'équipement (machine industrielle), la tâche (réparation), etc. Nous voulons extraire les informations contextuelles et les catégoriser de manière formelle. Ce travail est effectué en trois étapes principales :

La première étape consiste à extraire les informations qui décrivent le contexte d'apprentissage à partir des scénarios d'apprentissage. Nous avons inclus dans le Tableau 8 des éléments du contexte potentiellement utiles dans nos perspectives : Il faut donc analyser les scénarios et extraire les informations qui sont relatives aux aspects listés par le Tableau 8. Par exemple, dans le scénario « apprentissage juste à temps sur le lieu de travail » nous pouvons extraire les informations contextuelles suivantes : *l'acteur (apprenant), le lieu (chez le client), l'équipement (machine industrielle), la tâche (réparation), la sous-tâche (démontage d'une pièce), le dispositif (PDA, connexion WiFi, etc.), la méthode d'apprentissage (juste à temps), etc.*

La deuxième étape consiste à rassembler les informations contextuelles extraites dans l'étape précédente et à les catégoriser. Nous élaborons une catégorisation pour que toutes les informations

contextuelles extraites puissent s'y inscrire. Cette catégorisation est similaire à celle du Tableau 8 :

- Acteur
- Dispositif
- Environnement
- Activité
- Apprentissage
- Collaboration

Les deux étapes ci-dessus sont itératives, car des nouveaux scénarios peuvent être ajoutés et complétés. Les utilisateurs et les concepteurs du système peuvent échanger des avis sur les informations contextuelles extraites, car parfois les concepteurs peuvent mal comprendre les scénarios d'apprentissage décrits par les utilisateurs. Les informations contextuelles doivent constituer un ensemble le plus complet possible, qui est capable de décrire tous les contextes dans les scénarios d'apprentissage.

La troisième étape est de filtrer les informations contextuelles catégorisées. L'objectif de ces informations contextuelles est de contextualiser les unités d'apprentissage. Les informations contextuelles que nous avons obtenues dans l'étape précédente sont assez complètes et bien catégorisées. Toutefois certaines informations ne sont pas utiles pour la contextualisation des unités d'apprentissage. Par exemple, la localisation géographique précise (comme la longitude/latitude en degrés) de l'acteur n'a rien à voir avec son activité d'apprentissage. Nous avons décidé d'abandonner ces informations redondantes dans la modélisation du contexte. Les informations contextuelles doivent être relatives aux activités d'apprentissage et influencent l'apprentissage de l'acteur.

V.3.3 *Modèle du contexte d'apprentissage*

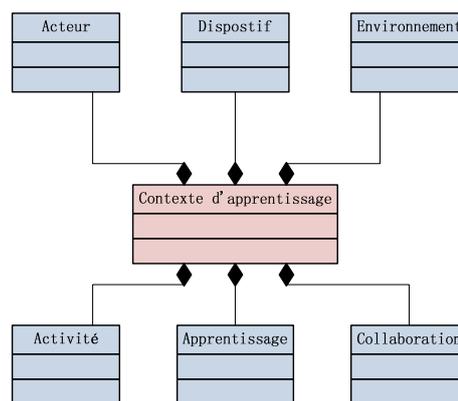


Figure 65 : Méta-modèle général du contexte d'apprentissage

Les informations contextuelles collectées et catégorisées dans la section précédente nous permettent de bâtir un modèle général du contexte d'apprentissage (Figure 65). Ce modèle du contexte

d'apprentissage synthétise les informations contextuelles utiles pour la contextualisation des unités d'apprentissage livrées aux apprenants. L'objectif de ce modèle est de décrire le contexte d'apprentissage d'une manière formelle, qui facilite la capture des informations contextuelles et la contextualisation des unités d'apprentissage. Nous allons détailler ce modèle dans les sections suivantes.

V.3.3.1 Modèle général du contexte d'apprentissage

Le contexte d'apprentissage contient les six éléments principaux suivants :

- **Acteur** : est la personne concernée dans le contexte d'apprentissage. Un contexte d'apprentissage doit avoir un acteur principal. L'acteur principal dispose du contexte d'apprentissage actuel.
- **Dispositif** : est le dispositif mobile (ou fixe) ou un périphérique à l'aide duquel l'acteur peut percevoir et interagir. Un acteur peut utiliser un ou plusieurs dispositifs.
- **Environnement** : représente l'environnement physique où se trouve l'acteur. Il contient plusieurs caractéristiques. Par exemple, le lieu, le temps, et les conditions comme la luminosité, le bruit, etc.
- **Activité** : représente l'activité exécutée par l'acteur. Elle peut contenir l'activité de travail comme la maîtrise d'un équipement, ou l'activité d'interaction, etc.
- **Apprentissage** : représente l'activité d'apprentissage exécutée par l'acteur.
- **Collaboration** : représente la collaboration entre les acteurs différents.

Les relations entre les éléments dans un contexte peuvent généralement se décrire comme : l'acteur dispose du dispositif ; l'acteur se trouve dans l'environnement ; l'acteur effectue l'activité ; l'acteur effectue l'apprentissage ; l'acteur effectue la collaboration avec d'autres acteurs ; l'activité requiert l'apprentissage et la collaboration, l'apprentissage requiert la collaboration, le dispositif aide l'activité, l'apprentissage et la collaboration ; etc. Tous ces éléments et les relations entre eux constituent un contexte d'apprentissage.

Chaque élément du contexte d'apprentissage contient des informations contextuelles importantes requises pour la contextualisation. Nous allons détailler les informations contextuelles de chaque élément et leur utilisation dans l'activité d'apprentissage dans la section suivantes.

V.3.3.2 Sous-modèles du contexte d'apprentissage

Acteur

L'acteur est l'élément le plus important dans un contexte d'apprentissage. La Figure 66 montre le méta-modèle de l'acteur. Les informations contextuelles sur l'acteur contiennent les éléments suivants :

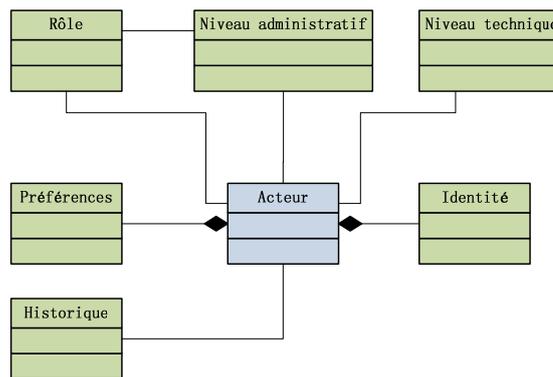


Figure 66 : Méta-modèle de l'acteur

- **Identité** : chaque acteur est représenté par son identité dans le contexte. L'identité est unique et obligatoire pour tous les acteurs du système. L'identité de l'acteur peut être décrite par un numéro d'identité, et complété par les informations personnelles comme le nom, le sexe, l'adresse email, etc.
- **Rôle** : dans l'activité actuelle ou dans l'interaction avec le système, chaque acteur joue un rôle. Le rôle peut évoluer au cours du temps et être constitué de plusieurs rôles élémentaires.
- **Niveau administratif** : l'acteur dans l'activité d'apprentissage peut avoir un niveau administratif qui décide le droit d'accès aux unités d'apprentissage ou aux services du système. Le niveau administratif peut être distribué selon le rôle de l'acteur. Mais parfois il peut être un élément indépendant de l'acteur.
- **Niveau technique** : le niveau technique de l'acteur reflète les connaissances et les compétences sur l'équipement maîtrisées par l'acteur. Des unités d'apprentissage de différents niveaux de difficulté peuvent être livrées selon le niveau technique de l'acteur.
- **Préférences** : les préférences de l'acteur reflètent les habitudes d'apprentissage de l'acteur. Par exemple, certains acteurs préfèrent l'image à la description textuelle. Les unités d'apprentissage qui comportent des explications en image sont fournies en priorité.
- **Historique** : l'historique de l'acteur représente l'historique d'apprentissage de l'acteur avec le système. Il permet à l'apprentissage de savoir ce qu'il a appris pendant une longue période.

Dispositif

L'élément dispositif représente l'ensemble de périphériques que l'acteur utilise dans l'activité d'apprentissage et leurs caractéristiques. La Figure 67 décrit les informations contextuelles concernées par l'élément dispositif. Il concerne des éléments suivants :

- **Matériel** : les composants d'un dispositif reflète les capacités offertes par le dispositif. Les capacités du dispositif limitent l'utilisation des unités d'apprentissage. Par exemple, un PDA sans haut parleur ne peut pas exécuter une unité d'apprentissage sonore.
- **Portabilité** : la portabilité concerne des caractéristiques physiques d'un dispositif comme le

pois, la taille, la vie de la batterie, etc.

- **Système d'exploitation et logiciel** : le système d'exploitation et les logiciels installés sur le dispositif conditionnent si certaines unités d'apprentissage peuvent bien s'afficher et être lues par l'apprenant. Les unités d'apprentissage multimédias demandent souvent un support logiciel particulier.
- **Périphérique** : un périphérique peut être lié au dispositif pour augmenter les capacités matérielles du dispositif. Par exemple, un casque pour le PDA sans haut parleur, un lecteur RFID, des lunettes de Réalité Augmenté, etc.

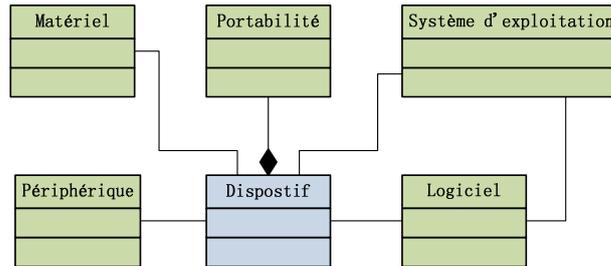


Figure 67 : Méta-modèle du dispositif

Environnement

L'environnement du contexte d'apprentissage représente les caractéristiques physiques de l'endroit où se passe l'activité d'apprentissage. Le méta-modèle est décrit sur la Figure 68.

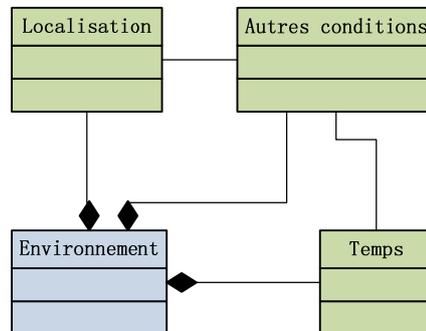


Figure 68 : Méta-modèle de l'environnement

- **Localisation** : la localisation est un élément traditionnel pour décrire le contexte. Il peut être soit un lieu physique comme « chez le client » soit un lieu logique comme « l'adresse IP interne ».
- **Temps** : le temps représente la position de l'activité d'apprentissage dans l'espace temps. Le système consulte souvent le temps actuel pour vérifier la validation des unités d'apprentissage.
- **Autres conditions** : les autres caractéristiques comme la luminosité et le niveau de bruit peuvent affecter l'interaction avec le système et l'activité d'apprentissage.

Activité

L'activité dans un contexte d'apprentissage représente les actions et les tâches exécutées par l'apprenant. Dans nos contextes, elle est utilisée surtout pour décrire l'activité (la tâche) de maîtrise d'équipement. Les éléments contextuels qu'elle concerne sont illustrés dans la Figure 69.

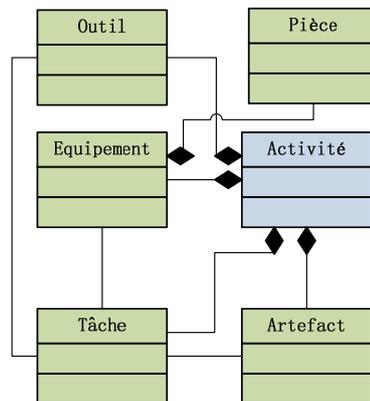


Figure 69 : Méta-modèle de l'activité

- **Équipement** : l'équipement représente l'objet que l'apprenant est en train de maîtriser. Il contient des sous éléments comme le modèle, le nom, le fabricant, etc., pour décrire l'équipement. Ces informations contextuelles permettent aux utilisateurs de trouver des unités d'apprentissage appropriées sur l'équipement.
- **Pièce** : la pièce représente la partie physique qui constitue un équipement. Dans le contexte d'apprentissage, il représente la pièce concernée par l'activité de l'apprenant.
- **Tâche** : la tâche représente le type d'activité que l'apprenant effectue sur l'équipement. Nous avons déjà défini un ensemble de tâches comme l'utilisation, la réparation, la maintenance, etc.
- **Outil et Artefact** : l'outil et l'artefact représentent les objets utilisés lors d'une activité. L'outil est un élément important dans la tâche de maîtrise d'équipement, parfois il faut en apprendre l'utilisation. Par exemple, un tournevis spécifique pour démonter le capot d'une machine. L'artefact est utilisé pour faciliter l'activité de travail, par exemple, un manuel, un livre, etc.

Apprentissage

L'apprentissage représente les caractéristiques de l'activité d'apprentissage effectuée par l'apprenant. Le méta-modèle de l'élément apprentissage est décrit dans la Figure 70. Il contient les éléments suivants :

- **Objectif** : chaque activité d'apprentissage a un objectif d'apprentissage, c'est la raison d'être de l'activité d'apprentissage. L'objectif d'apprentissage est un critère important pour évaluer l'expérience d'apprentissage après l'activité.

- **Méthode d'apprentissage** : la méthode d'apprentissage est une caractéristique importante pour diriger l'activité d'apprentissage et pour contextualiser les unités d'apprentissage. Par exemple, l'apprentissage par l'action a besoin des unités d'apprentissage qui décrivent les actions à prendre.
- **Unité d'apprentissage** : les unités d'apprentissage sont au cœur de toute activité d'apprentissage. Les unités d'apprentissage requises par un contexte sont mémorisées dans un dépôt de contextes. Cela devient une partie des informations contextuelles pour les contextes similaires dans le futur.

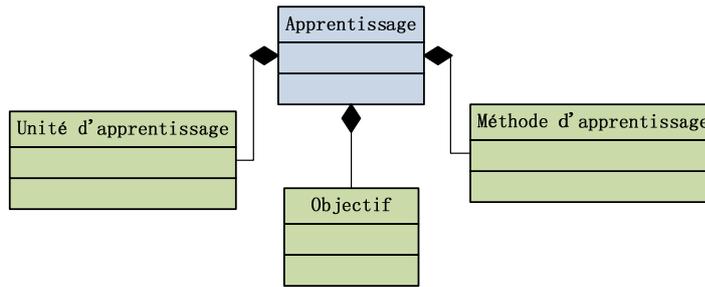


Figure 70 : Méta-modèle de l'apprentissage

Collaboration

La collaboration représente les informations contextuelles qui concernent l'activité collaborative avec d'autres acteurs. La Figure 71 décrit les informations concernées.

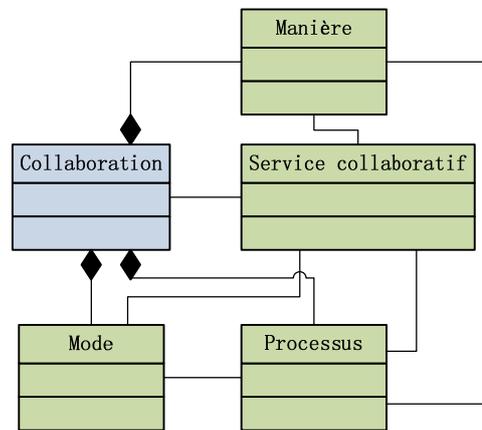


Figure 71 : Méta-modèle de la collaboration

- **Mode** : le mode de collaboration est utilisé pour décrire si l'activité d'apprentissage est synchrone ou asynchrone.
- **Manière** : la manière de collaborer est utilisée pour décrire sous quel format sont échangées les informations. Par exemple, le texte, la voix, la vidéo, le geste, etc.
- **Service collaboratif** : les services collaboratifs représentent les services utilisés par les

acteurs pour établir la collaboration.

- **Processus** : le processus de collaboration décrit les activités effectuées par les acteurs pendant la collaboration. Par exemple « établir la communication, partager un dossier,... », etc. Le processus de collaboration peut être décrit par des formalismes comme arbres de tâche collaborative, ORCHESTRA [David, et al., 2007b], etc.

V.3.4 Synthèse sur la modélisation du contexte d'apprentissage

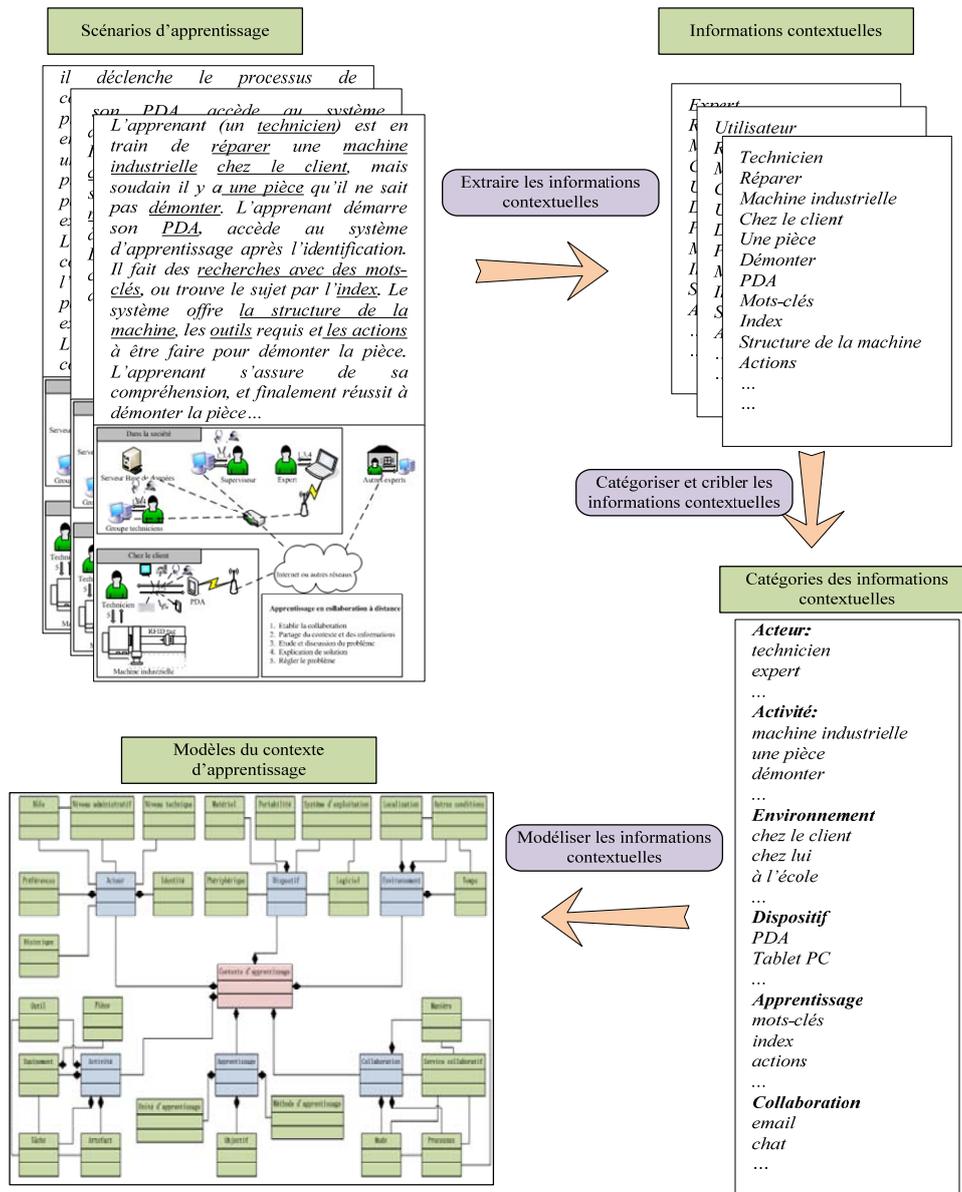


Figure 72 : Méthode de modélisation du contexte d'apprentissage

Nous avons présenté une méthode de modélisation du contexte d'apprentissage à partir des scénarios d'apprentissage (Figure 72). Les modèles d'apprentissage nous permettent de sélectionner et d'interpréter des informations contextuelles capturées dans l'activité et l'environnement, et faciliter la contextualisation des unités d'apprentissage que nous avons produites.

Les modèles du contexte d'apprentissage sont utilisés dans l'élaboration des métadonnées d'unité d'apprentissage (Cf. IV.3.2). Les métadonnées d'unité d'apprentissage réagissent aux informations contextuelles pendant la contextualisation. C'est pourquoi nous avons proposé d'utiliser les modèles du contexte d'apprentissage pour aider à valoriser les métadonnées.

V.4 Architecture du système

V.4.1 Principes

Lors de la conception, nous avons élaboré une architecture du SAMCCO (Figure 73). Cette architecture sépare les Interfaces Homme-Machine, les services génériques et les bases de données du le moteur de contrôle, qui joue le chef d'orchestre dans les activités d'apprentissage.

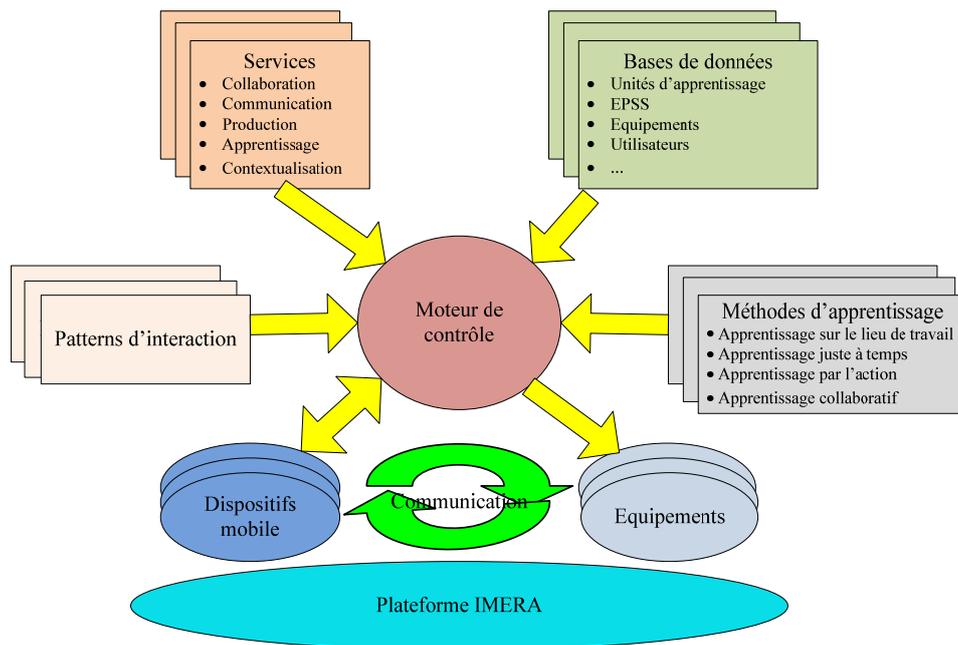


Figure 73 : Architecture de SAMCCO

Tout le système est basé sur la **plateforme IMERA**. L'apprenant équipé du **dispositif mobile** et des **périphériques** effectue ses activités (de travail ou d'apprentissage) qui concernent **l'équipement** dans l'ERA (Environnement Réel Augmenté). Le dispositif mobile et les périphériques sont correctement configurés pour l'apprenant. La plateforme IMERA permet la communication de différents niveaux entre le dispositif mobile et l'équipement.

Les **patterns d'interaction** contribuent à la bonne conception d'interfaces d'interaction. Les applications d'apprentissage intègrent ces patterns d'interaction pour interagir avec l'apprenant. Les patterns d'interaction peuvent être conçus à l'aide du formalisme AMF (Cf. Annexe III.3).

Les **services** sont des services génériques qui supportent des applications d'apprentissage. Ces services génériques sont indépendants des interfaces d'utilisateur et des applications d'apprentissage. Ils sont développés pour supporter des applications de différents types : la collaboration, la communication, la production, l'apprentissage, la contextualisation, la mobilité, etc.

Les **bases de données** stockent les contenus d'apprentissage, les messages de communication, etc. Ces données sont présentées aux utilisateurs ou utilisées par le système après la contextualisation.

Le **moteur de contrôle** organise les activités d'apprentissage. Il appelle les services génériques et utilise les patterns d'interaction. Le moteur de contrôle reçoit les informations contextuelles interprétées, interroge la base de données et choisit les unités d'apprentissage les plus appropriées. Il contrôle le déroulement de l'activité d'apprentissage en suivant les **méthodes d'apprentissage** différentes. Le moteur de contrôle travaille de façon systématique pour dérouler l'activité d'apprentissage.

V.4.2 Projection vers l'architecture de CoCSys

Le processus CoCSys [Delotte, 2006] est une démarche de conception de systèmes mobiles et collaboratifs couvrant les phases d'expression des besoins, de conception, de validation et de mise en œuvre sur l'architecture. Ce processus est basé sur la modélisation des besoins des utilisateurs et l'identification de leurs objectifs en s'appuyant sur des scénarios pour prendre en compte différents contextes. Il prend une approche basée sur les modèles qui se concrétise par des transformations des modèles en une application mobile et collaborative.

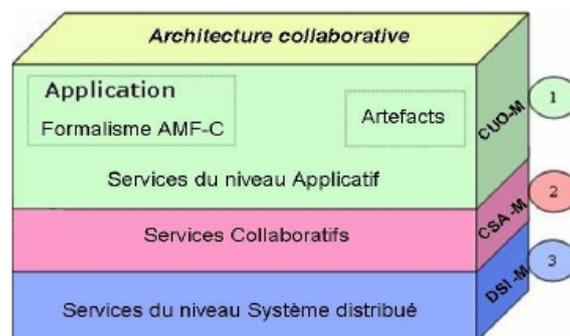


Figure 74 : Architecture à 3 niveaux proposé dans CoCSys (d'après [Delotte, 2006])

Dans le processus CoCSys, le système mobile collaboratif est représenté par une architecture en trois niveaux (Figure 74). En effet, cette architecture en trois niveaux peut recevoir la projection de

l'architecture de SAMCCO décrite ci-dessus.

- **Le niveau CUO-M** (Collaboration User-Oriented Model) le plus haut a pour but de superviser les interactions et de proposer les interfaces de présentation. Les **patterns d'interactions** de notre architecture peuvent s'inscrire dans ce niveau.
- **Le niveau CSA-M** (Collaborative System Architecture Model) au milieu est un niveau générique qui contient les éléments communs aux activités. Les **services génériques** de notre architecture peuvent s'inscrire dans ce niveau.
- **Le niveau DIS-M** (Distributed System Infrastructure Model) le plus bas est en charge de la distribution des messages et du contrôle du contenu. Les **bases de données** de notre architecture peuvent s'inscrire dans ce niveau.

Selon les principes de l'approche basée sur les modèles (Annexe II), grâce à cette projection entre l'architecture de SAMCCO et l'architecture de CoCSys, nous pouvons nous inspirer des méthodes (Cf. Annexe V.) du processus CoCSys pour la conception et la réalisation de SAMCCO, qui offre différents contextes d'utilisation, par exemple, utiliser le Scénario Contextualisé pour décrire les scénarios, partager la base des patterns d'interaction, etc.

V.4.3 Bases de données

Pour un SAMCCO, différentes bases de données doivent être proposées selon le besoin. Nous avons plusieurs propositions :

- **Base de données d'unités d'apprentissage.** Cette base de données XML native a été créée en suivant le processus de production d'unités d'apprentissage. Les unités d'apprentissage et leurs métadonnées sont décrites en format XML et stockées dans cette base de données.
- **Base de données EPSS.** La base de données EPSS est compatible avec le système d'apprentissage. Pour certaines entreprises, la base de données EPSS existe déjà spécifiquement pour supporter des informations portant sur le travail professionnel des employés internes. Le système d'apprentissage peut être « plongé » dans cette base pour pouvoir être interrogé en même temps.
- **Base de données d'équipements.** Cette base de données stocke les équipements. Chaque équipement a ses informations essentielles, comme ID, modèle, historique d'opérations, date de fabrication, etc. L'intégration d'étiquette RFID peut également être définie dans cette base de données. L'acteur peut accéder rapidement aux informations contextualisées sur l'équipement dans un contexte concret.
- **Base de données d'utilisateurs.** Cette base de données stocke toutes les informations qui concernent des utilisateurs du système. Les éléments essentiels sont ID, profil, niveau technique, préférences, etc.
- **Base de données de contextes.** Dans un contexte concret, l'acteur requiert des unités d'apprentissage contextualisées. Une base de données de contextes peut être créée pour

stocker les contextes passés. Dans le futur, si des contextes identiques ou similaires sont reconnus, les unités d'apprentissage peuvent directement être trouvées grâce au contexte stocké.

- **Autres.** Selon les applications concrètes du système d'apprentissage, d'autres bases de données peuvent être rajoutées. Par exemple, la messagerie, les historiques d'apprentissage, etc.

V.4.4 Services

Le fonctionnement du moteur de contrôle s'appuie sur la mise en place d'un ensemble de services logiciels pour supporter les applications d'apprentissage. Dans l'architecture CoCSys, le niveau CSA-M et le niveau DSI-M utilisent le framework SMAC (*Service for Mobile Applications and Collaborations*) [Imbert, 2006] comme support de collaboration (Figure 75).

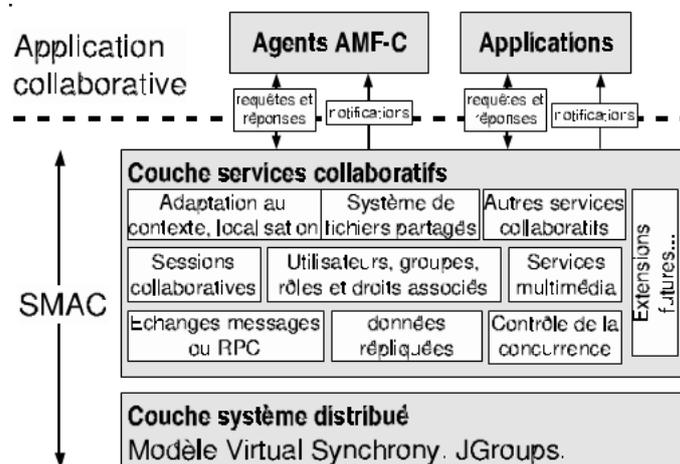


Figure 75 : Architecture SMAC (d'après [Imbert, 2006])

Les services génériques dans le middleware SMAC sont très proches de la couche de communication. Le travail de [Champalbert, 2008], qui a conduit à SMAC2 a proposé des nouveaux services génériques plus orientés applications. Ces nouveaux services génériques sont :

- Chat NewsGroup
- Administration
- Téléconférence
- Workflow
- Agenda Partagé
- Co Browser
- Editeur partagé
- Awareness

Nous avons décidé de profiter des services fournis par SMAC et SMAC2, et ajouter de nouveaux services génériques qui concernent l'apprentissage. Ces services peuvent se diviser principalement en deux catégories selon leur utilisation :

Apprentissage :

- **Gestion d'unités d'apprentissage**, pour créer, rajouter, supprimer, et modifier des unités d'apprentissage.
- **Gestion de cours**, pour organiser des cours ou des leçons avec des unités d'apprentissage existantes.
- **Suivi de l'apprentissage**, pour enregistrer l'historique de l'activité d'apprentissage des apprenants.
- **Evaluation de l'apprentissage**, pour évaluer l'activité d'apprentissage des apprenants.

Contextualisation :

- **Capture des informations contextuelles**, comme la lecture des étiquettes RFID, la récupération des informations dans la base de données sur l'apprenant ou l'équipement, les informations fournies par l'apprenant, etc.
- **Interprétation des informations contextuelles**, pour sélectionner les informations contextuelles utiles et les transformer avec les modèles du contexte d'apprentissage.
- **Dépôt de contextes**, pour enregistrer les contextes d'apprentissage passés dans une base de contextes, qui facilitera l'apprentissage dans le futur basé sur un contexte identique ou similaire.

Les services que nous avons identifiés sont ajoutés dans la couche de services SMAC. Ces services peuvent être utilisés par le moteur du contrôle ou par d'autres services ou applications.

V.4.5 Patterns d'interaction

Les patterns d'interaction disponibles au sein d'une bibliothèque de patterns permettent de choisir les interactions à mettre en place. Les patterns d'interactions s'appuient sur les services génériques et offrent des interfaces d'interaction aux utilisateurs.

Les patterns d'interactions peuvent être décrits avec le formalisme AMF (Cf. Annexe III). Chaque pattern d'interaction a une facette Présentation avec des ports qui décrivent l'interaction concrète avec l'utilisateur. AMF permet également de mettre en relations le pattern d'interaction avec les services abstraits décrits en AMF.

La Figure 76 représente un exemple du pattern d'interaction « sélectionner_titre » décrit en même temps avec CTT et AMF.

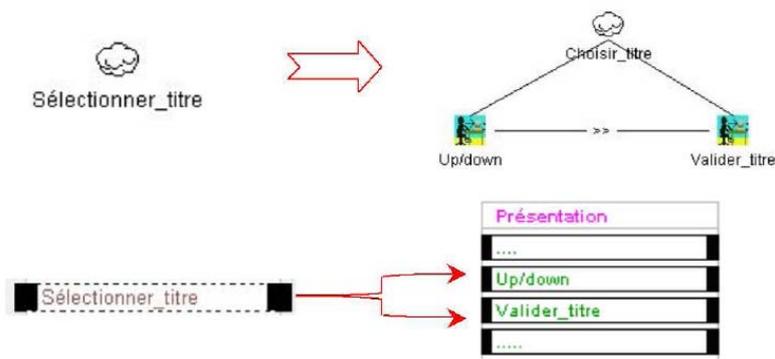


Figure 76 : Pattern d'interaction « Sélectionner_titre » en AMF (d'après [Tarpin-Bernard, et al., 2009])

Dans l'apprentissage de la maîtrise d'équipements, l'interaction avec les périphériques de la Réalité Augmentée est un aspect important à considérer. Cependant, AMF ne considère pas les périphériques d'entrées / sorties explicitement, c'est pourquoi [Chalon, 2004] propose un couplage d'AMF et du formalisme IRVO (Interacting with Real and Vituel Objects) (Cf. Annexe IV) pour décrire l'interaction avec les périphériques de la Réalité Augmenté /Mixte. Nous pourrions donc utiliser AMF pour décrire l'interaction concrète, et IRVO pour décrire l'interaction abstraite entre l'utilisateur et son dispositif. La Figure 77 illustre un exemple du couplage d'AMF et d'IRVO pour décrire l'interaction avec la Réalité Augmentée.

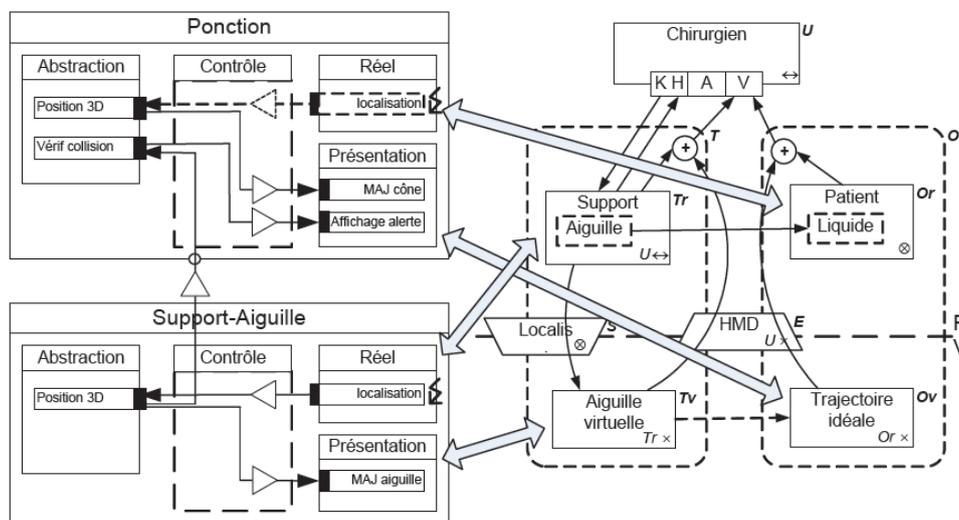


Figure 77 : Exemple du couplage d'AMF et d'IRVO (d'après [Chalon, 2004])

V.4.6 Fonctionnement du moteur de contrôle

Dans notre système, le moteur de contrôle d'apprentissage est un élément central qui s'appuie sur d'autres éléments indépendants comme les bases de données, les services génériques, les patterns

d'interaction, etc. Sa fonction principale est de recueillir les informations contextuelles portant sur l'apprenant, le dispositif, l'équipement, ... et en s'appuyant sur ces informations de faire le lien avec les métadonnées d'unités d'apprentissage pour choisir et présenter à l'apprenant l'unité d'apprentissage la plus appropriée tenant compte du contexte et de la méthode d'apprentissage préférée.

[Schilit, et al., 2002] a proposé un cycle de vie de contextualisation en trois étapes :

- **La découverte de contexte.**
- **L'interprétation et la sélection.**
- **L'abstraction et l'utilisation de contexte.**

Le fonctionnement du moteur de contrôle est un cycle systématique qui dirige le déroulement de l'activité d'apprentissage. Le cycle de vie de [Schilit, et al., 2002] est bien présent dans le cycle de fonctionnement du moteur de contrôle. Ce cycle de fonctionnement consiste principalement en quatre phases illustrées dans la Figure 78.

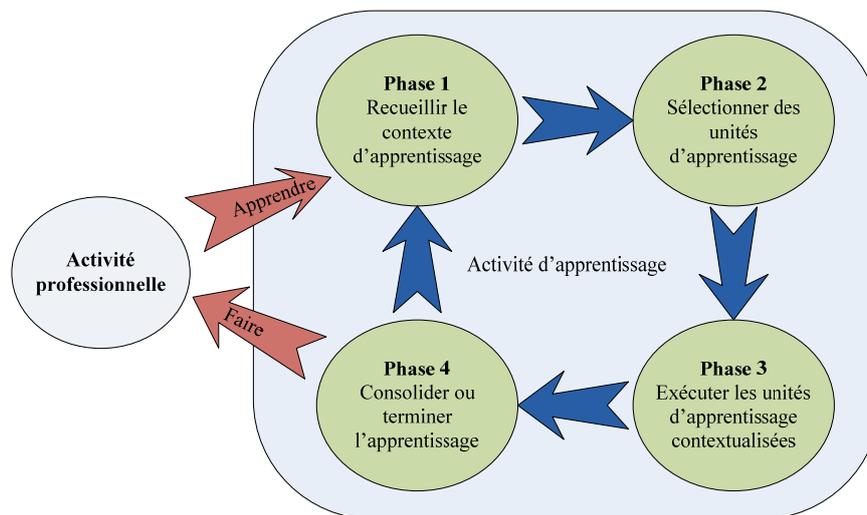


Figure 78 : Apprentissage animé par le moteur de contrôle

Phase 1 : Recueillir le contexte d'apprentissage.

Quand une activité professionnelle rencontre une difficulté, l'activité d'apprentissage est lancée. Le moteur de contrôle recueille les informations contextuelles en appelant les services correspondants. Ces services initialisent la capture, la collecte, puis l'interprétation des informations contextuelles. Dans cette étape, le moteur prend en charge la récupération des informations sur l'équipement dans la base de données, etc. Ainsi, le moteur de contrôle prend conscience du contexte d'apprentissage actuel.

Phase 2 : Sélectionner des unités d'apprentissage.

Quand le moteur de contrôle a recueilli le contexte formel, il utilise le système de gestion de base de

données pour interroger d'abord la base des contextes. S'il y a des contextes identiques ou similaires dans la base, le moteur de contrôle récupère directement les unités d'apprentissage requises selon les contextes passés. Si c'est un nouveau contexte, le moteur de contrôle interroge les métadonnées des unités d'apprentissage pour trouver les unités d'apprentissage appropriées pour le contexte d'apprentissage actuel.

Pendant la recherche des unités d'apprentissage, des règles à appliquer concernent les priorités des éléments contextuels. Par exemple, nous pouvons définir un ordre de priorités de recherche : contexte activité > contexte de l'acteur > contexte de l'environnement > contexte du dispositif > contexte de l'apprentissage. Des algorithmes précis de recherche sont à détailler pour les informations contextuelles via le système de gestion de base de données.

Phase 3 : Exécuter les unités d'apprentissage contextualisées.

Le moteur de contrôle appelle les services correspondants et les interfaces d'interaction appropriées pour présenter les unités d'apprentissage contextualisées. Dans cette étape, différentes méthodes d'apprentissage peuvent être prises en compte. Par exemple, si l'apprenant applique la méthode d'apprentissage juste à temps, il active donc les unités d'apprentissage au fur et à mesure du déroulement du processus du travail. Si l'apprenant applique la méthode d'apprentissage traditionnelle, il peut d'abord étudier les unités d'apprentissage, et faire le travail après l'apprentissage.

Phase 4 : Consolider ou terminer le processus d'apprentissage.

Après l'apprentissage, l'apprenant informe le système s'il est satisfait avec l'apprentissage de la phase précédente. S'il veut continuer à apprendre, le moteur de contrôle réajuste les informations contextuelles et commence un nouveau cycle de fonctionnement. Si l'apprenant est satisfait du résultat de l'apprentissage ou s'il pense avoir compris et pouvoir continuer sa tâche, il peut terminer le processus d'apprentissage et continuer son activité professionnelle. Le moteur du contrôle met à jour la base de contextes et les caractéristiques de l'apprenant.

Comme nous l'avons décrit ci-dessus, le moteur de contrôle accomplit la contextualisation de l'apprentissage et dirige l'activité d'apprentissage. Dans le processus d'apprentissage, le moteur de contrôle peut appeler tous les services génériques pour accomplir l'activité d'apprentissage, notamment les services de collaboration et de communication.

V.4.7 Configuration du dispositif mobile et des périphériques

Dans l'espace principal de travail de la plateforme IMERA, les acteurs évoluant dans des scénarios différents sont équipés de configurations différentes de dispositifs mobiles et de périphériques (qui concernent l'augmentation de l'apprenant). Une bonne configuration du dispositif mobile et des périphériques facilite l'activité de l'acteur tant en apprentissage qu'en travail. La configuration du

dispositif mobile et des périphériques est importante pour un acteur dans un contexte concret. Par exemple, pendant l'apprentissage d'un travail de maintenance, pour présenter les informations contextualisées, les lunettes semi-transparentes ou les lunettes à l'écran intégré sont soigneusement considérées et sélectionnées pour supporter l'information de Réalité Augmentée, qui permet à l'acteur de se concentrer sur le travail et l'apprentissage.

La configuration du dispositif mobile et des périphériques est basée sur **l'étude des tâches** de l'utilisateur et **les exigences des tâches**, qui concernent la complexité de l'information (textuel, graphique, son, vidéo, etc.), la complexité d'interaction (écriture, observation, manipulation, etc.), les conditions de travail (debout, assis, les mains occupées, etc.), etc.

Dans [Masserey, et al., 2006], un processus précis de configuration du dispositif mobile et des périphériques a été décrit pour la plateforme IMERA. Ce processus consiste principalement en étapes suivantes :

- Modélisation des tâches d'interaction du scénario en arbres de tâches.
- Pour chaque tâche, définir la technique d'interaction requise (visualiser, écouter, confirmer, etc.)
- Proposer des dispositifs et périphériques pour chaque tâche selon la technique d'interaction requise à partir d'un référentiel, qui contient les dispositifs mobiles et les périphériques d'interaction représentatifs.
- Evaluer les dispositifs avec une matrice « dispositifs (périphériques)/critères » pour chaque tâche.
- Choisir la configuration la plus appropriée pour chaque tâche selon les résultats d'évaluations en respectant des règles importantes comme la minimisation du nombre de périphériques, la continuité de leur utilisation entre les tâches, etc.

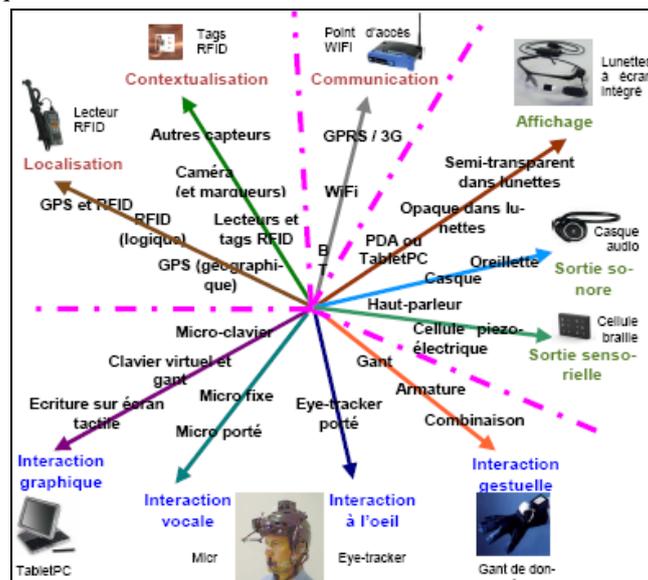


Figure 79 : Référentiel de dispositifs/périphériques (d'après [Masserey, et al., 2006])

Ce processus peut être utilisé pour la configuration du dispositif mobile et des périphériques dans notre contexte d'apprentissage. Dans la matrice d'évaluation « dispositifs (périphériques)/critères », nous proposons d'ajouter des critères qui évaluent l'expérience d'apprentissage.

Par exemple, dans un scénario d'apprentissage juste à temps sur une tâche de réparation, il faut choisir le périphérique de visualisation, entre (a).les lunettes semi-transparentes et (b).les lunettes à l'écran intégré. Nous ajoutons le critère « efficacité d'apprentissage » dans la matrice d'évaluation « périphériques/critères » (Tableau 15).

Périphérique / Critères	Mobilité	Confort	Efficacité de travail	Efficacité d'apprentissage	Total
(a)	4	3	4	4	15
(b)	3	2	3	3	11

Tableau 15 : Matrice d'évaluation « périphériques/critères »

V.4.8 Communication entre l'équipement et le dispositif

Un objectif de notre système est d'intégrer l'augmentation de l'équipement. C'est-à-dire de prendre en compte la communication entre l'équipement et le dispositif mobile (Tablet PC, PDA, etc. et les périphériques compris) pour faciliter la maîtrise d'équipements.

Dans notre système, trois types de relations entre le dispositif mobile et l'équipement peuvent être identifiés :

- **Sans communication.** Dans le cas le plus défavorable, il n'existe aucune possibilité de communication entre l'équipement et le dispositif mobile. Ceci veut dire que l'équipement n'est pas communicant. C'est à l'acteur d'établir le lien en s'adressant alternativement à l'équipement et au dispositif mobile, via les interfaces d'interaction de chacun (Figure 80).

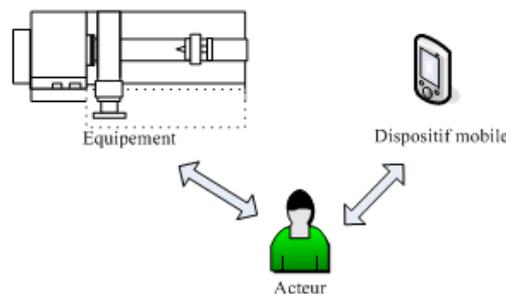


Figure 80 : Sans communication entre l'équipement et le dispositif mobile

- **Communication à sens unique.** Dans ce cas, il existe une communication à sens unique entre le dispositif mobile et l'équipement, soit l'information de l'équipement vers le dispositif mobile, soit l'information du dispositif mobile vers l'équipement. Dans le

premier cas, le dispositif mobile peut recevoir l'information de l'équipement (Figure 81 (a)), par exemple, l'état de fonctionnement de l'équipement comme la température intérieure, la tension électrique, etc. Dans le second cas, le dispositif mobile peut commander l'équipement (Figure 81 (b)), par exemple, on peut commander une télévision avec une commande universelle équipée se trouvant sur le dispositif mobile.

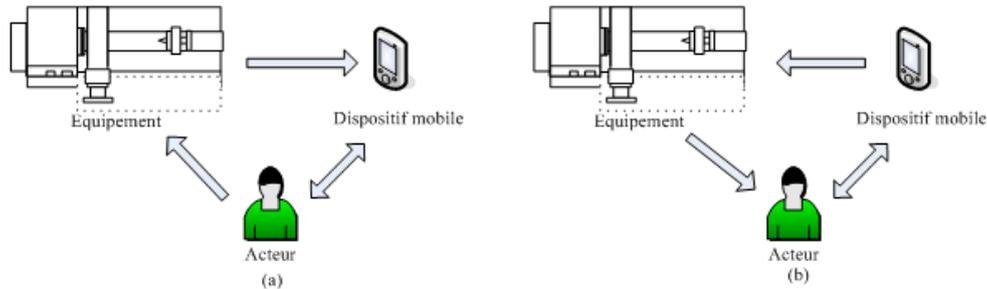


Figure 81 : Communication à sens unique entre l'équipement et le dispositif mobile

- **Communication duplexe.** Dans ce dernier cas, il existe une communication duplexe entre le dispositif mobile et l'équipement. Cela permet des échanges d'information entre l'équipement et le dispositif mobile dans les deux sens. Il est ainsi possible que le dispositif mobile puisse obtenir l'état de l'équipement, et le dispositif mobile puisse agir directement sur l'équipement (Figure 82). Dans ce cas, il est possible que l'interface du dispositif mobile puisse se substituer à l'interface de l'équipement. Cela représente beaucoup d'avantages surtout pour la maîtrise de l'interface, car on remplace l'interface spécifique de l'équipement par l'interface « universelle » du dispositif mobile et de l'utilisateur. En effet, cette interface peut être propre à chaque utilisateur.

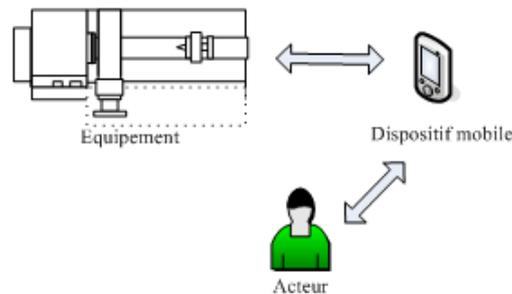


Figure 82 : Communication duplexe entre l'équipement et le dispositif mobile

V.5 Conclusion du chapitre V

Dans ce chapitre, nous avons principalement décrit la conception de SAMCCO. Nous avons commencé par l'étude de la problématique de l'apprentissage dans des situations professionnelles, et puis présenté nos objectifs et les caractéristiques de notre système.

Le système d'apprentissage mobile contextuel est conçu sur la plateforme IMERA. La plateforme

IMERA supporte les activités basées sur des caractéristiques MOCOCO. Nous avons donc décidé d'adapter cette plateforme à l'activité d'apprentissage mobile contextuel pour la maîtrise d'équipements. Le processus CoCSys nous a aidé à la conception du système sur la plateforme IMERA.

Pour permettre la contextualisation des unités d'apprentissage, il faut modéliser des informations contextualisées. D'où le besoin de modéliser le contexte d'apprentissage. Nous avons proposé une méthode de modélisation du contexte d'apprentissage à partir des scénarios d'apprentissage. D'abord, les scénarios d'apprentissage sont collectés à partir des utilisateurs, puis les informations contextuelles sont extraites. Après la catégorisation et la sélection, des modèles du contexte d'apprentissage sont construits.

Enfin, nous avons proposé une architecture de SAMCCO basé sur les modèles. Dans cette architecture, le moteur de contrôle dirige l'activité d'apprentissage. Il recueille le contexte d'apprentissage et interroge les unités d'apprentissage, puis les présente à l'apprenant. Le cycle de fonctionnement du moteur de contrôle contient la contextualisation de l'apprentissage. Les bases de données, les services génériques et les patterns d'interaction peuvent être appelés par le moteur de contrôle. Nous avons également introduit la configuration du dispositif mobile et des périphériques dans les activités d'apprentissage concrètes, et la communication entre l'équipement et le dispositif mobile.

Chapitre VI. Cas d'études d'applications

Dans ce chapitre, nous présentons trois cas d'études d'applications de SAMCCO. Nous avons choisi un scénario concret d'une machine industrielle, qui est représentatif en ce qui concerne des équipements domestiques, publics et professionnels, pour montrer un cas concret de déroulement du processus de production d'unités d'apprentissage. Nous présentons également deux applications de l'apprentissage mobile dans deux situations différentes. La première application permet d'apprendre à faire la maintenance d'un ordinateur à l'aide des dispositifs mobiles et des dispositifs de Réalité Augmentée. La deuxième application permet d'apprendre à constituer un repas équilibré en choisissant des plats dans un restaurant libre service selon les informations nutritionnelles fournies par des dispositifs mobiles.

VI.1 Scénario du banc de test MAPED

VI.1.1 Présentation

Un scénario industriel a été proposé au laboratoire LIESP. Maped est une société qui fabrique et vend des instruments et accessoires pour le scolaire, le bureau, les loisirs créatifs et l'encadrement. Averttech est une société qui conçoit et met en place l'automatisation de processus industriel et fabrique des machines spéciales. Averttech a construit pour Maped un banc de test pour automatiser des tests de performances d'agrafeuses et de perforateurs produits par Maped (Figure 83), qui concerne les fonctions suivantes :

- Evaluer la durée de vie d'agrafeuses et de perforateurs
- Se positionner vis-à-vis de la concurrence
- Réaliser des cycles d'agrafage et de perforation sans intervention humaine
- Pouvoir tester l'ensemble de la gamme des produits Maped



Figure 83 : Banc de test automatique d'agrafeuse et de perforateur Maped

La société Averttech prend en charge les problèmes techniques après la livraison du banc de test chez Maped. Elle propose un support papier pour l'apprentissage contextuel très bien fait pour les

utilisateurs (testeurs de Maped), contenant l'utilisation normale, des maintenances régulières, des diagnostics et des dépannages simples. En cas de problème grave du banc de tests, Averttech envoie un technicien chez Maped pour régler le problème. Nous proposons une approche EPSS qui supporte le technicien dans son travail (diagnostic, dépannage, etc...). Le technicien peut également profiter du système d'apprentissage pour obtenir l'opportunité de l'apprentissage juste à temps quand il rencontre des difficultés dans son travail. Cela donne un bon exemple industriel de mise en œuvre de principes de SAMCCO.

Comme la société Maped nous a fourni la documentation technique du banc de test, nous avons décidé d'abord de prendre ce scénario pour produire des unités d'apprentissage à partir de ces documentations techniques. Nous rappelons le processus de production d'unités d'apprentissage pour des équipements domestiques, publics et professionnels que nous avons présenté dans le chapitre IV (Figure 51). Nous allons décrire brièvement phase par phase le processus de production d'unités d'apprentissage pour ce scénario.

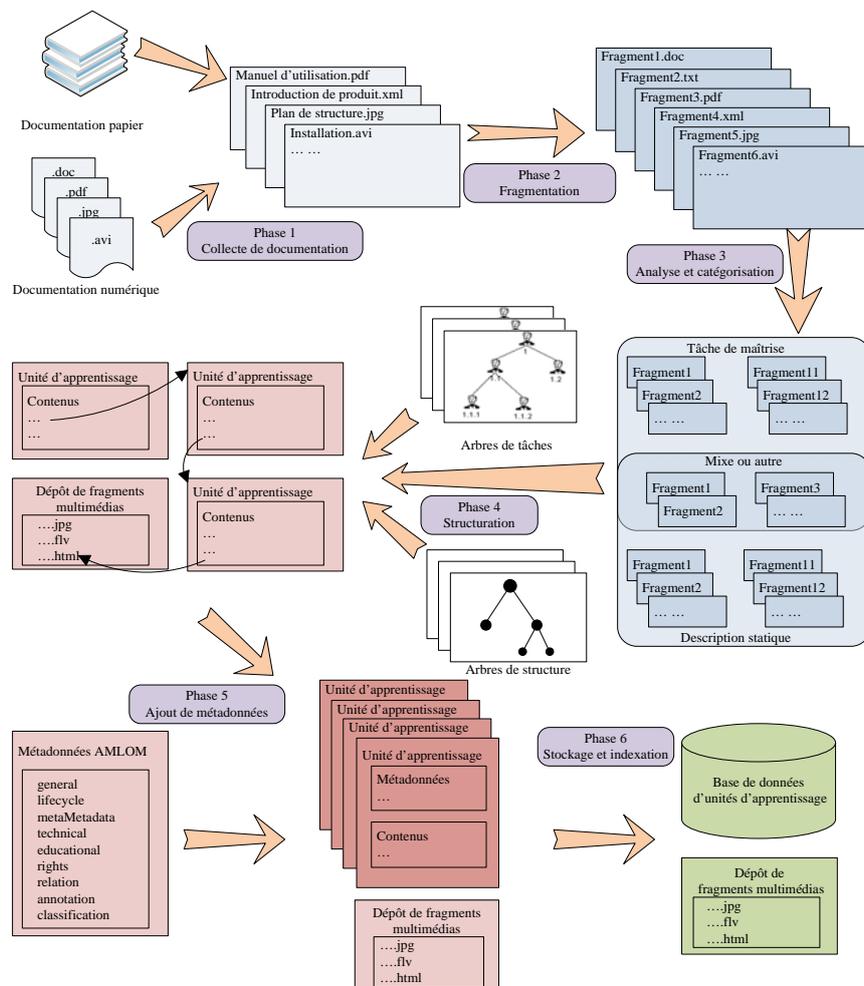


Figure 51 : Processus de production d'unités d'apprentissage

VI.1.2 Production d'unités d'apprentissage

VI.1.2.1 Phase 1 : collecte de documentation

Dans la phase 1 s'agit de collecter tous les documents qui concernent le banc de test, et transformer ces documents en formats électroniques.

En effet, les documents fournis par Maped et Avertch sont des documents en format .doc éditables sous Microsoft Word. Cela nous permis d'éviter la transformation en format électronique à l'aide du scannage et du traitement OCR. Les documents techniques que nous avons collectés comportent quatre fichiers :

- Notice d'instruction A06028 Indice D.doc, avec le titre « Instruction d'Utilisation : Banc de Test Agrafeuses & Perforateur ».
- S07-WI-006-FR (Aide aux réglages banc de test perfo).doc, avec le titre « Aide aux Réglages : Banc de Test Perfo / Agrafeuse ».
- S07-WI-007-FR (Trier les données de test banc de test perfo).doc, avec le titre « Trier les Données de Test : Banc de Test Perfo / Agrafeuse ».
- S07-WI-008-FR (Plan de formation utilisation banc de test perfo-agrafeuses).doc, avec le titre « Plan de Formation : Banc de Test Perfo / Agrafeuse ».

VI.1.2.2 Phase 2 : fragmentation

La fragmentation a pour but de transformer les documents en fragments d'une granularité appropriée. Les fragments sont à réutiliser pour structurer les unités d'apprentissage après l'analyse et la catégorisation. Dans ce scénario, il faut fragmenter les quatre documents .doc que nous avons collectés. Les documents en .doc contiennent principalement des données en formats suivants : texte, image, et tableau. Nous proposons des manières différentes pour traiter ces formats.

Pour le texte : nous découpons le texte en fragments selon son organisation logique, par exemple, une paragraphe, un ensemble de paragraphes sur le même sujet, une section indépendante, etc. Dans cette procédure, nous suivons les règles que nous avons définies pour la fragmentation : les textes d'un fragment sont centrés sur un même sujet ; la division d'un fragment n'a pas de sens pour la réutilisation. Les fragments de texte restent dans le fichier .doc d'originel. Les fragments sont séparés avec des séparateurs « -----fragment----- » entre eux.

Par exemple, Le texte « procédure d'utilisation simple » ci-dessous est une tâche d'utilisation, qui peut être découpée en trois fragments de sous-tâches. Chaque fragment concerne une tâche indépendante d'utilisation. Chaque tâche pourrait être réutilisée dans des tâches composées. Par exemple, la tâche « mise sous tension » pourrait être réutilisée dans les tâches « installation », « utilisation avancé »,

« diagnostic », etc.

-----fragment-----

I.1 Mise sous tension

- Tourner le sectionneur sur la position "1"
- Appuyer sur le BP mise sous tension

-----fragment-----

I.2 Mise hors tension

- Appuyer sur le BP arrêt (programme onglet principal).
- Arrêter le PC
- Après arrêt du PC tourner le sectionneur sur la position « 0 »

-----fragment-----

I.3 Mise en service

- Après mise sous tension
- Appuyer sur le BP réarmement ARU.
- Fermer les portes et appuyer BP réarmement.
- Si un défaut était présent, acquitter le défaut avec le BP acquits défaut.

-----fragment-----

Pour le contenu qui concerne l'image ou le tableau, nous extrayons l'image ou le tableau et les stockons comme un fichier indépendant. Les fichiers extraits sont considérés comme des fragments indépendants. Si l'image ou le tableau est requis dans un contenu de texte, nous pouvons laisser dans le texte une référence à l'endroit où on en a besoin.

I.1.1.1 Raccordement électrique

Raccorder la ligne d'arrivée sur la borne d'alimentation dans la boîte de raccordement située sur le toit de la machine (en amont du sectionneur général, respecter les normes de sécurité et les codes d'usage). (voir la photo ci-dessous).



Figure 12: Raccordement électrique

Figure 84 : Contenu mixte à fragmenter

Par exemple, Figure 84 est un contenu mixte qui concerne le texte et l'image. L'image de « Figure 12 : Raccordement électrique » est enregistrée comme un fragment indépendant avec le nom de fichier « raccordement_électrique.jpg ». Ci-dessous on a le fragment de texte après l'extraction de l'image :

-----fragment-----
I.1.1.1.1 Raccordement électrique
 Raccorder la ligne d'arrivée sur la borne d'alimentation dans la boîte de raccordement située sur le toit de la machine (en amont du sectionneur général, respecter les normes de sécurité et les codes d'usage). (voir la photo (**référence: raccordement_électrique.jpg**)).
 -----fragment-----

En suivant cette méthode, nous avons à la fin de cette phase des fichiers .doc, .jpg, ou .xls qui décrivent tous les fragments que nous avons produits. Nous les mettons dans un dépôt de fichiers pour les phases suivantes.

VI.1.2.3 Phase 3 : analyse et catégorisation

Dans cette phase, nous analysons les fragments et les catégorisons selon leur utilité dans les unités d'apprentissage. Nous parcourons les contenus des fragments et choisissons leur catégorisation. Les catégories principales que nous utilisons sont :

- Description statique
- Tâche de maîtrise
- Mixte ou autres

La catégorisation des fragments en texte peut être indiquée dans le texte avec un indicateur compréhensible et clair. Les fragments multimédias comme l'image peuvent être déposés dans des dossiers différents pour indiquer leur catégorisation. Le texte ci-dessous montre la catégorisation du fragment de l'exemple ci-dessus.

-----fragment-----tâche---installation -----
I.1.1.1.1 Raccordement électrique
 Raccorder la ligne d'arrivée sur la borne d'alimentation dans la boîte de raccordement située sur le toit de la machine (en amont du sectionneur général, respecter les normes de sécurité et les codes d'usage). (voir la photo (**référence: raccordement_électrique.jpg**)).
 -----fragment-----

Les trois catégories ci-dessus sont essentielles et préliminaires après l'analyse de contenu des fragments. Mais nous pouvons aussi à catégoriser les fragments plus précisément selon leurs contenus, comme la tâche de maîtrise qui comporte l'installation, l'utilisation, la réparation, etc., et la description statique qui comporte l'introduction générale, la structure physique, etc. Cette catégorisation plus fine est optionnelle car certains fragments peuvent s'inscrire dans des catégories différentes, par exemple, « démontage du capot » peut être utilisé à même temps dans les unités d'apprentissage de réparation et de maintenance, etc.

VI.1.2.4 Phase 4 : structuration

Dans cette phase, les fragments sont transformés en unités d'apprentissage en XML. Les contenus d'unités d'apprentissage sont organisés de façon arborescente en tâche de maîtrise et en structure physique. Nous prenons deux exemples pour illustrer la structuration arborescente des unités d'apprentissage à partir des fragments.

La Figure 85 présente une photo du panneau de commandes du banc de test. Elle illustre la structure physique, et les parties attachées au panneau. Pour chaque partie, des unités d'apprentissage correspondantes sont créées. Les contenus de ces unités d'apprentissage sont rédigés à partir des fragments qui sont relatifs à chaque partie.

L'unité d'apprentissage du panneau de commandes transformée en XML est présentée ci-dessous :

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<UA identifiant="Panneau_commandes" ua_type="composée" xmlns:xlink="http://www.w3.org/
1999/xlink">
<métadonnées/>
<contenus>
  <contenu>
    <titre>introduction</titre>
    <contenu/>
  </contenu>
  ... ..
  <contenu>
    <titre>figure</titre>
    <réf xlink:type="simple" xlink:href="Figure_panneau.xml"/>
  </contenu>
  ... ..
  <contenu>
    <titre>compositions</titre>
    <contenu>
      <titre>1. Sélectionneur général </titre>
      <réf xlink:type="simple" xlink:href="sélectionneur_général.xml"/>
    </contenu>
    <contenu>
      <titre>2.Marche automatique/ Arrêt PC manuel </titre>
      <réf xlink:type="simple" xlink:href="Auto_manuel.xml"/>
    </contenu>
    ... ..
  </contenu>
</contenus>
</UA>
```

Pour produire les unités d'apprentissage de la tâche de maîtrise, nous avons modélisé les tâches concernées avec l'outil CTTE. Nous obtenons des arbres de tâches qui décrivent la composition des tâches et les relations entre elles. Des unités d'apprentissage sont créées pour chaque tâche, et les contenus d'unité d'apprentissage sont organisés selon les arbres de tâches. Les contenus sont récupérés des fragments des catégories « tâche de maîtrise » ou « mixte ou autre ».



Figure 85 : Structure physique du panneau de commandes

La Figure 86 illustre l'arbre de tâches d'une tâche de maintenance du banc de test : le changement de lame du massicot. La tâche est composée de plusieurs niveaux de tâches. Chaque tâche correspond à au moins une unité d'apprentissage. Nous rassemblons les fragments que nous avons catégorisés pour chaque tâche et récupérons des informations dans les fragments pour rédiger les contenus des unités d'apprentissage.

Nous prenons un nœud sur l'arbre de tâches comme exemple : la tâche 1.1.1 Démontage_Capot. Cette tâche a deux sous-tâches : la tâche 1.1.1.1 Enlever_vis et la tâche 1.1.1.2 Lever_Capot. L'unité d'apprentissage pour 1.1.1 Démontage_Capot peut donc référencer les unités d'apprentissage des deux sous-tâches.

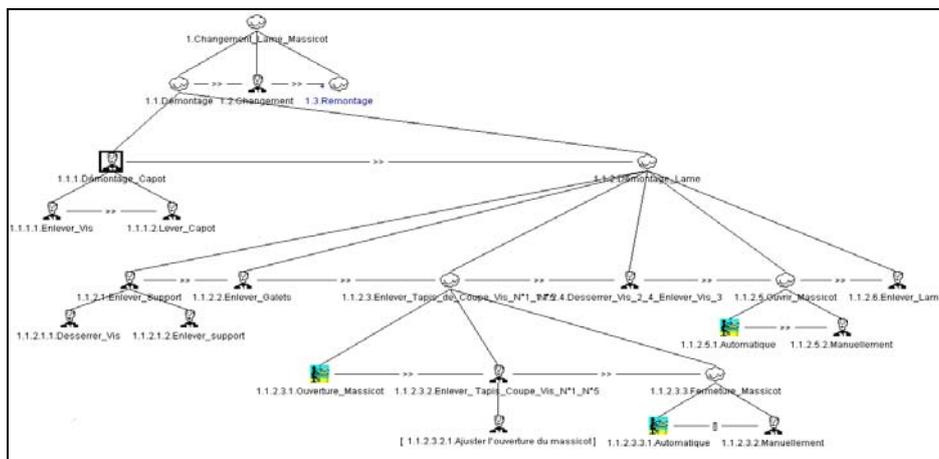


Figure 86 : Arbres de tâches : maintenances du changement lame massicot du banc de test

L'unité d'apprentissage en XML pour la tâche : 1.1.1 Démontage_Capot :

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<UA identifiant="démontage_capot" ua_type="composée" xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/
xlink">
  <métadonnées/>
  <contenus>
    <contenu>
      <titre>introduction</titre>
    </contenu>
    <contenu>
      <titre>préparation</titre>
    </contenu>
    <contenu>
      <titre>sous-tâches</titre>
      <contenu>
        <titre>Enlever vis </titre>
        <réf xlink:type="simple" xlink:href="enlever_vis.xml"/>
      </contenu>
      <contenu>
        <titre>Lever capot </titre>
        <réf xlink:type="simple" xlink:href="lever_capot.xml"/>
      </contenu>
    </contenu>
  </contenus>
</UA>

```

Après la structuration, les unités d'apprentissage ont été créées. Les contenus des unités d'apprentissage ont été rédigés, et les métadonnées sont à rédiger dans la phase suivante. De plus, à chaque unité d'apprentissage est donné un identifiant et son type d'unité d'apprentissage dans son fichier XML. A partir de maintenant, les fragments en texte sont transformés en unités d'apprentissage, et les fragments multimédias référencés sont stockés avec les unités d'apprentissage dans un dépôt de fichiers.

VI.1.2.5 Phase 5 : ajout des métadonnées

Les métadonnées sont utilisées pour décrire les caractéristiques de l'unité d'apprentissage. La rédaction des métadonnées se fait après l'analyse du contenu de l'unité d'apprentissage. Il faut que le rédacteur connaisse bien les contextes d'utilisation de l'unité d'apprentissage. Nous utilisons le schéma des métadonnées AMLOM pour aider à créer ces métadonnées.

Les métadonnées AMLOM ont 9 catégories d'éléments. A travers l'analyse de l'unité d'apprentissage en aspect syntaxique et en aspect sémantique, nous exprimons les éléments de métadonnées selon leurs profils d'application, et définissons leurs valeurs selon leurs types de données et leurs espaces de valeurs. Notons bien que les éléments marqués « Mandatory » dans leur profil d'utilisation sont obligatoires.

Après l'ajout de métadonnées, les unités d'apprentissage sont devenues formelles et complètes. Les unités d'apprentissage et leurs métadonnées peuvent être validées par des fichiers XSD pour vérifier la structure et les valeurs d'éléments.

Ci-dessous est la source complète XML de l'unité d'apprentissage « démontage_capot » avec ses métadonnées.

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<UA identifiant = "démontage_capot" ua_type = "composée" xmlns:xlink =
"http://www.w3.org/1999/xlink">
  <métadonnées>
    <amlom>
      <general>
        <identifiant>
          <entry> démontage_capot </entry>
        </identifiant>
        <title>
          <string language= " fr "> Démontage du capot du banc de test perfo/agrafeuse
            Maped</string>
        </title>
        <language>fr</language>
        <description>
          <string language= "fr "> cette unité d'apprentissage décrire comment démonter le
            capot du ban de test</string>
        </description>
        <keyword>
          <string language=" fr "> démontage</string>
          <string language= "fr "> capot</string>
          <string language= "fr "> banc de test</string>
          <string language= "fr "> Maped</string>
        </keyword>
        <structureType>
          <source>amlom</source>
          <value>composé</value>
        </structureType>
      </general>
      <lifecycle>
        <version>
          <string language= "fr"> 1.0</string>
        </version>
        <contribute>
          <role>
            <source>amlom</source>
            <value>content author</value>
          </role>
          <entity>BEGIN : VCARD\nFN : Chuantao Yin END :VCARD</entity>
          <date>
            <dateTime>2009-06-18</dateTime>
          </date>
          <description>
            <string language="fr">création de l'unité d'apprentissage</string>
          </description>
        </contribute>
      </lifecycle>
    </metaMetadata>
  </amlom>
</UA>

```

```

<entry>amlom</entry>
</identifiant>
<metadataSchema>amlom</metadataSchema>
<language>fr</language>
</metaMetadata>
<education>
  <interactivityType>
    <source>amlom</source>
    <value>task</value>
  </interactivityType>
  <unitType>
    <source>amlom</source>
    <value>unknown</value>
  </unitType>
  <intendedEndUserRole>
    <source>amlom</source>
    <value>technician</value>
  </intendedEndUserRole>
  <concernedProduct>
    <name>
      <string language= " fr "> banc de test perforateur / agrafeuse </string>
    </name>
    <category>
      <source>amlom</source>
      <value>industrial</value>
    </category>
    <brand> Averttech</brand>
  </concernedProduct>
  <concernedPart>
    <string language= " fr ">capot </string>
  </concernedPart>
  <concernedTool>
    <name>
      <string language= "fr "> tournevis </string>
    </name>
  </concernedTool>
</education>
<relation>
  <kind>
    <source>amlom</source>
    <value>references</value>
  </kind>
  <ressource>
    <identifiant>
      <entry> enlever_vis </entry>
    </identifiant>
  </ressource>
</relation>
<relation>
  <kind>
    <source>amlom</source>
    <value>references</value>
  </kind>
  <ressource>
    <identifiant>
      <entry> lever_capot </entry>
    </identifiant>
  </ressource>
</relation>

```

```

    <relation>
      <kind>
        <source>amlom</source>
        <value>isreferencedby</value>
      </kind>
      <ressource>
        <identifiant>
          <entry>démontage </entry>
        </identifiant>
      </ressource>
    </relation>
  </amlom>
</métadonnées>
<contenus>
  <contenu>
    <titre>introduction</titre>
  </contenu>
  <contenu>
    <titre>préparation</titre>
  </contenu>
  <contenu>
    <titre>sous-tâches</titre>
    <contenu>
      <titre>Enlever vis </titre>
      <réf xlink:type="simple" xlink:href="enlever_vis.xml"/>
    </contenu>
    <contenu>
      <titre>Lever capot </titre>
      <réf xlink:type="simple" xlink:href="lever_capot.xml"/>
    </contenu>
  </contenu>
</contenus>
</UA>

```

VI.1.2.6 Phase 6 : stockage et indexation

Les unités d'apprentissage sont maintenant créées au format XML. En conformité avec nos choix justifiés dans la section IV.4.7, nous avons décidé d'utiliser la base de données XML native eXist pour stocker les unités d'apprentissage (Figure 87). Le système d'apprentissage pourra interroger les unités d'apprentissage à travers la base de données eXist.

Les unités d'apprentissage stockées dans la base de données eXist ont des caractéristiques suivantes dans leur utilisation :

- Les unités d'apprentissage peuvent être interrogées par les langages d'interrogation XML comme Xpath, XQuery. La base de données eXist supporte également des autres technologies XML comme XInclude, XPointer, XUpdate, etc.
- La base de données eXist supporte facilement des protocoles web (SOAP, XMLRPC, etc.) et des applications Java.

- La base de données eXist construit automatiquement des indexations pour les unités d'apprentissage stockées et propose divers mécanismes d'indexations.

The screenshot shows the 'Client d'administration eXist' window. The main area displays a table with columns: Ressource, Date, Propriétaire, Groupe, and Permissions. Below the table is a terminal window showing the following commands and output:

```

exist:/db> cd ..
cannot go above /db
exist:/db> cd ..
cannot go above /db
exist:/db> cd "system"
exist:/db/system> cd "config"
exist:/db/system/config> cd ..
exist:/db/system> cd ..
exist:/db> cd "unité d'apprentissage"
exist:/db/unité d'apprentissage>

```

The status bar at the bottom indicates: 'Client d'administration eXist connecté : admin@xmldb:exist:/embedded-eXist-server'

Figure 87 : Stockage des unités d'apprentissage dans la base de données XML native eXist

Les unités d'apprentissage sur la maîtrise du banc de test MAPED sont donc produites en suivant le processus. Ces unités d'apprentissage dans la base de données peuvent être complétées et modifiées par les services de gestion d'unités d'apprentissage d'un SAMCCO. Ces unités d'apprentissage peuvent également être réutilisées dans les leçons de formation pour la maîtrise du banc de test. D'autres applications ou systèmes comme EPSS peuvent profiter de cette base de données d'unités d'apprentissage selon leurs contextes d'utilisation.

VI.2 Scénario de maintenance de l'ordinateur

VI.2.1 Présentation

Sur la base des principes de l'apprentissage mobile contextuel, nous avons implanté dans notre laboratoire une application basée sur le scénario de maintenance de l'ordinateur. Comme l'ordinateur est devenu un équipement indispensable presque dans tous les domaines de notre société, il est fréquent de rencontrer des problèmes techniques avec celui-ci. Si c'est un problème matériel, la plupart des employés ne savent pas comment régler le problème, et parfois même pour un technicien, il est difficile de le faire. Il est donc extrêmement utile d'apprendre les compétences nécessaires pour installer, réparer, ou faire la maintenance quand il y a des problèmes matériels. Pour résoudre ce

problème avec les principes de l'apprentissage mobile contextuel, nous avons élaboré une solution qui utilise les dispositifs mobiles (Tablet PC ou PDA) et les périphériques de la Réalité Augmentée (lunettes semi-transparentes) pour fournir un environnement d'apprentissage juste à temps quand l'utilisateur rencontre des difficultés de maintenance d'un ordinateur.

L'objectif original de cette application était d'étudier la Réalité Augmentée dans les scénarios de maintenances industrielles. Il était proposé comme sujet de mémoire CNAM (Conservatoire National des Arts et Métiers) au sein de l'équipe LIESP-ECL, et le travail a été mené par Alain Riboulet [Riboulet, 2008]. Cette application réunit des caractéristiques d'apprentissage mobile, de l'apprentissage juste à temps mettant en œuvre des unités d'apprentissage d'équipements, dans une situation industrielle [Yin, et al., 2009a].

VI.2.2 Démarche du système

Le scénario de maintenance de l'ordinateur s'inscrit parfaitement dans notre vision d'apprentissage mobile contextuel dans des situations professionnelles. La conception du système a permis de mettre en pratique les concepts principaux que nous avons proposés dans les chapitres précédents.

Les unités d'apprentissage ont été créées et stockées dans la base de données en suivant le processus de production d'unités d'apprentissage. Dans cette application, des objets 3D sont proposés et utilisés dans les unités d'apprentissage pour décrire les actions à faire sur les objets.

Les étiquettes RFID sont placées sur les pièces de l'ordinateur qui ont besoin d'être contextualisées. Ceci permet de connaître leurs caractéristiques et choisir les tâches appropriées à apprendre. Ces informations servent à l'utilisateur pour initier l'activité d'apprentissage.

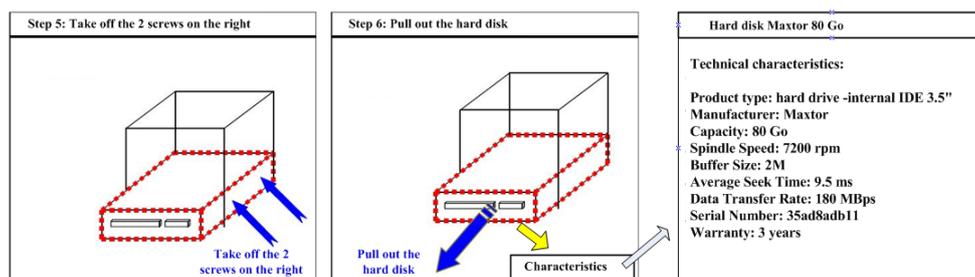


Figure 88 : Séquence d'actions à apprendre et à faire affichée sur l'écran de dispositif mobile

Avec l'aide du système, l'utilisateur choisit à tout moment une tâche à apprendre selon le besoin. Nous avons pris comme cas précis le changement d'un disque. La tâche du changement de disque dur consiste en plusieurs étapes : 1. Démonter les 3 vis du capot, 2. Démonter le capot, 3. Débrancher le connecteur électrique, ... Si l'utilisateur ne sait pas comment faire pour effectuer une ou plusieurs étapes, il peut lancer la procédure d'apprentissage correspondante et apprendre les actions à faire pour accomplir la tâche. Ce choix peut se baser soit sur l'index de tâches soit par la recherche basée sur des mots-clés. Sur

l'écran de son dispositif mobile (Tablet PC ou PDA). L'utilisateur peut observer la séquence d'actions pour faire la tâche, et apprendre à faire sur l'ordinateur (Figure 88).

Pendant le processus d'apprentissage, l'utilisateur peut non seulement apprendre à faire les actions pour accomplir la tâche de maintenance, mais aussi essayer de comprendre tout le processus d'actions. L'utilisateur peut également apprendre plus d'informations relatives à la tâche faite. Par exemple, quand il démonte l'ancien disque dur, il peut apprendre les caractéristiques principales du disque dur concerné « Hard disk Maxtor, 80 Go, IDE, 7200tr/min, etc. », comme illustré dans la Figure 88, ainsi que les principales caractéristiques des disques durs pour pouvoir choisir le disque de remplacement en connaissance de cause.

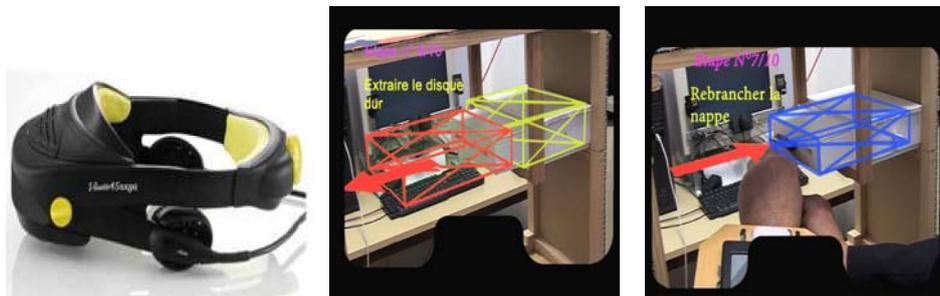


Figure 89 : Lunettes semi-transparentes et les vues superposées avec la Réalité Augmentée.

Dans cette application, les interactions sont basées sur un système de Réalité Augmentée. Grâce à l'utilisation des lunettes semi-transparentes et du capteur de *Head Tracking*, l'utilisateur peut voir les informations envoyées par le système superposées sur la vue des objets réels (Figure 89). Cela lui permet d'apprendre comment faire sans interrompre les actions de tâche. Pour l'utilisateur, l'apprentissage et l'action sont mélangés, ce qui assure une expérience d'apprentissage plus effective et plus intuitive.

VI.2.3 Expérimentation et évaluations

L'expérimentation de l'application a été faite au laboratoire. Dix volontaires (entre 25 et 45 ans) de domaines différents ont participé à cette expérimentation d'environ 25 minutes. Puis ils ont rempli un questionnaire. Les participants étaient équipés des lunettes semi-transparentes (*see-through Head Mounted Display*) et d'un touchpad de commande. On leur a demandé d'accomplir un changement de disque dur de l'ordinateur (une maquette en bois et carton pour éviter la perturbation au système de tracking (Figure 90 (a)). Ils pouvaient apprendre comment faire leurs actions à chaque étape et progresser dans l'accomplissement de la tâche à l'aide du touchpad de commande, les informations sur les actions à effectuer étant projetées sur les écrans des lunettes de Réalité Augmentée (Figure 90 (b)).



(a) Changement de disque dur



(b) Apprendre comment faire

Figure 90 : Expérimentation du scénario de maintenance de l'ordinateur

L'objectif de l'expérimentation était d'évaluer les activités d'apprentissage mobile dans des situations de maintenances industrielles. L'utilisabilité et l'acceptabilité du système et des dispositifs mobiles de Réalité Augmentée étaient les éléments principaux qui nous concernaient. Nous voulions connaître aussi l'efficacité et la satisfaction des expériences d'apprentissage d'utilisateurs dans ce scénario.

Les résultats extraits des questionnaires remplis par les participants sont plutôt positive et plein de suggestions. Les participants ont montré un grand intérêt pour ce type d'apprentissage mobile basé sur la pratique, en particulier sur les dispositifs mobiles et de la Réalité Augmentée. Tous les participants ont maîtrisé après l'apprentissage les compétences demandées concernant le changement de disque dur de l'ordinateur et les huit participants ont trouvé que l'apprentissage était bien utile pendant le processus de tâches. Trois participants trouvaient les dispositifs un peu compliqués à utiliser, surtout les lunettes semi-transparentes étaient considérées comme un peu lourdes et inconfortables sur la tête. Nous avons aussi reçu des suggestions pour améliorer l'interface utilisateur, par exemple, pour simplifier les manipulations sur le touchpad.

Ce que nous avons apprécié c'est le fait que tous les participants ont montré l'envie de voir ce type d'applications d'apprentissage mobile s'intégrer dans leur vie quotidienne et leur travail. Les technologies de Réalité Augmentée pourront ainsi constituer une perspective pratique large dans le domaine d'apprentissage dans l'industrie si les dispositifs deviennent plus légers et plus confortables.

VI.3 Scénario HSHB – Healthy Spirit in Healthy Body

VI.3.1 Présentation

De plus en plus de personnes font attention à l'équilibre de leur alimentation. Quand on fait la cuisine à la maison, on peut prendre plus facilement en compte ses besoins nutritionnels. Quand on mange au restaurant, il est plus difficile de savoir la composition nutritionnelle du repas ou des plats qu'on choisit. On se pose alors souvent toujours des questions comme « Est-ce que j'ai mangé trop de sucres pendant ce repas ? », « Est-ce que ce plat n'est pas trop gras pour moi ? », etc. Il apparaît donc souhaitable d'avoir accès aux informations précises sur des plats choisis dans cette situation, notamment dans un

restaurant libre service. Nous avons décidé d'étudier cette problématique en appliquant les principes d'apprentissage mobile contextuel. En effet, nous avons proposé une solution qui permet aux utilisateurs d'accéder aux informations nutritionnelles précises des plats choisis et d'apprendre à configurer un repas équilibré avec l'aide de dispositifs mobiles dans un restaurant libre service comme le restaurant universitaire.

Le projet HSHB (*Healthy Spirit in Healthy Body*, en français Esprit Sain dans un Corps Sain) a donc été lancé comme un projet d'étude proposé aux élèves ingénieurs de l'Ecole Centrale de Lyon au sein de notre laboratoire. Il s'agit d'une application de l'apprentissage mobile contextuel ayant pour but d'aider à choisir ses plats dans un restaurant université avec l'aide de dispositifs mobiles (PDA ou Smartphone) en respectant les préférences personnelles et l'équilibre nutritionnelle, et permettre l'apprentissage de connaissances nutritionnelles [David, et al., 2009].

VI.3.2 Conception et réalisation

VI.3.2.1 Conception du système

Le système HSHB a été conçu pour permettre aux utilisateurs d'apprendre :

- **Avant le choix de plats** : comprendre la problématique nutritionnelle et le processus du choix de plats, apprendre des principes de la nutrition, etc.
- **Pendant le choix de plats** : maîtriser le processus du choix de plats et configurer un repas équilibré.
- **Après le choix de plats** : étudier l'historique des repas choisis et améliorer la configuration nutritionnelle sur le long terme.

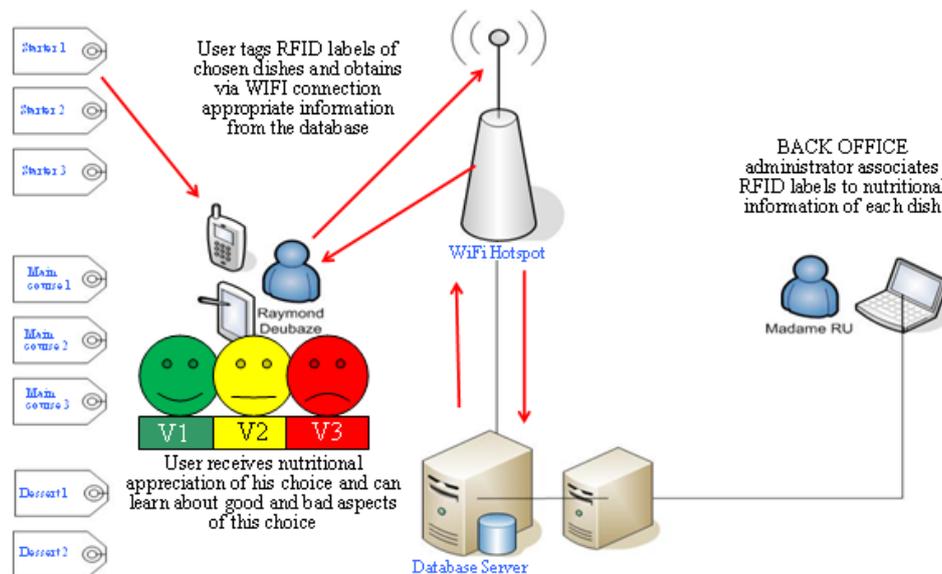


Figure 91 : Architecture générale du système HSHB (d'après [David, et al., 2009])

L'architecture générale du système HSHB est présentée dans Figure 91. Des étiquettes RFID sont déposées sur les panneaux de menus, ou devant les plats à choisir. Toutes les informations nutritionnelles des plats sont stockées dans la base de données par les employés du restaurant et les nutritionnistes. Chaque plat disponible est lié à une étiquette RFID dans la base de données. Les utilisateurs utilisent des dispositifs mobiles pour lire les étiquettes RFID et se connecter au système via un réseau sans fil comme WIFI, GPRS, UMTS, etc.

Les employés du restaurant informent le système sur les plats disponibles tous les jours et ajustent leur disponibilité instantanée. Une interface est proposée aux employés de restaurant pour gérer la base de données et composer des plats. Avec la participation des nutritionnistes, des plats peuvent être soigneusement composés avec des éléments de base (viande : porc, bœuf ; légume : carotte, tomate ; etc.)

Quand ils arrivent au restaurant, les utilisateurs pointent les étiquettes RFID des plats qui les intéressent avec le dispositif mobile, le système récupère les informations contextualisées de la base de données via le réseau sans fil WiFi, calcul le bilan nutritionnel et le présente à l'utilisateur. Celui-ci peut alors demander des explications pour apprendre à choisir des plats appropriés pour composer un repas équilibré. Le système peut également prendre en compte le profil précis de l'utilisateur stocké dans la base de données et indiquer des besoins nutritionnels particuliers. Des suggestions appropriées de repas sont alors proposées par le système selon : les préférences d'utilisateur, les contraintes nutritionnelles, les plats disponibles, etc. Les utilisateurs choisissent leurs plats selon les informations nutritionnelles et les suggestions du système. Une fois le choix des plats terminé, le système donne une évaluation nutritionnelle du repas global.

Les utilisateurs peuvent aussi étudier les plats disponibles avant de manger. Par exemple, la veille du repas, ils peuvent se connecter au système et configurer le repas équilibré comme sur place mais sans la contextualisation de l'étiquette RFID. Cela permet aux utilisateurs de prendre directement les plats choisis au restaurant. Ils peuvent également apprendre plus sur la nutrition.

Le système trace et met à jour les choix de plats des utilisateurs et les stocke dans la base de données. Il offre ainsi une évaluation nutritionnelle longitudinale aux utilisateurs. Les utilisateurs peuvent de cette façon étudier à partir de ces données comment améliorer leur comportement nutritionnelle selon leur état de santé. Ces données peuvent aussi être accessibles aux nutritionnistes pour l'analyse avancée de besoins et l'accompagnement, voire le coaching des utilisateurs.

VI.3.2.2 Réalisation du système

Un premier système HSHB expérimental a été construit supportant les fonctionnalités principales [Yin, et al., 2009c]. Le système comporte un site web et une base de données relationnelles du côté serveur, et une application de lecteur RFID sur le dispositif mobile. Le site web est construit en HTML et PHP qui est accessible sur tous les dispositifs mobiles comme PDA ou Smartphone avec un navigateur web via

les réseaux sans fils comme WIFI, GPRS, UMTS, etc. La Figure 92 montre le diagramme de cas d'utilisation général du site web.

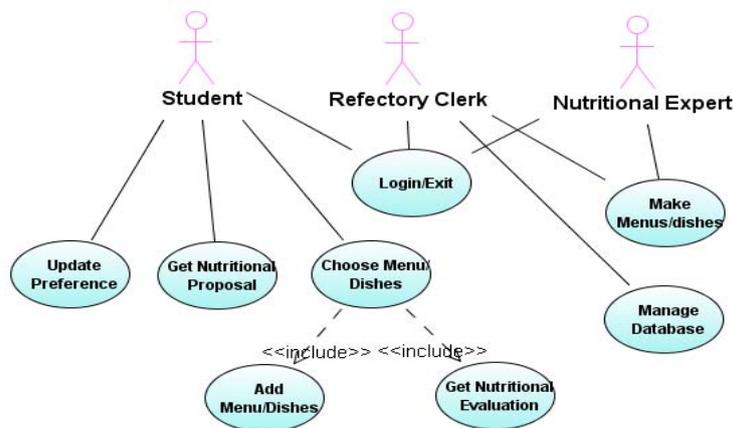


Figure 92 : Cas d'utilisation du système HSHB

Le système actuel propose les fonctionnalités principales en respect de la conception :

Pour les employés du restaurant et les nutritionnistes :

- Se connecter au / se déconnecter du système
- L'élaboration de plats/menus avec les éléments de base.
- Gérer la base de données de plats/menus.
- Ajuster la disponibilité de plats/menus existants.
- Gérer la base de données d'utilisateurs.
- Donner des conseils nutritionnels aux utilisateurs.

Pour les utilisateurs :

- Se connecter au/ se déconnecter du système
- Enregistrer le profil personnel
- Calculer les besoins nutritionnels selon le profil personnel
- Voir les plats/menus disponibles.
- Lire l'étiquette RFID et obtenir les informations contextualisées de plats/menus.
- Choisir un repas selon les informations contextualisées et le profil personnel.
- Regarder l'évaluation nutritionnelle du repas choisi.
- Consulter l'historique des repas choisis et l'évaluation nutritionnelle sur le long terme.

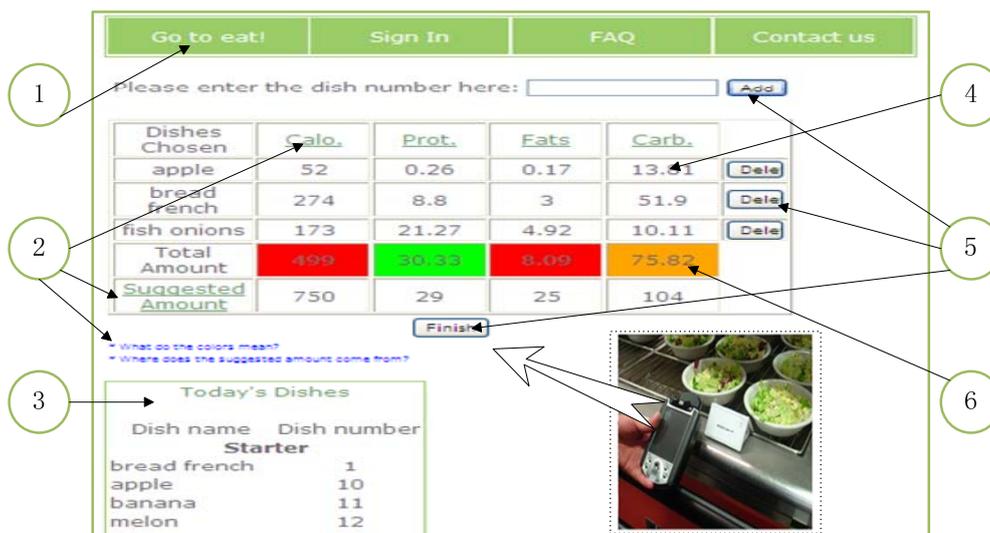


Figure 93 : La page principale pour choisir des plats et configurer le repas

La Figure 93 est la page « Manger au Restau U » qui offre les fonctionnalités les plus importantes du système : choisir des plats au restaurant, et configurer un repas équilibré selon les informations contextualisées et le profil personnel. Nous décrivons les éléments importants de cette page :

- Élément 1 : **la barre d'outils** liste les groupes de fonctionnalités du système. Les utilisateurs peuvent entrer dans les pages différentes en cliquant les liens. Après l'identification d'utilisateur, des fonctionnalités différentes plus riches vont apparaître selon le rôle d'utilisateur.
- Élément 2 : **les informations supplémentaires** permettent aux utilisateurs d'apprendre plus sur les informations nutritionnelles ou l'utilisation du système. Par exemple, en cliquant sur « Suggested Amount », l'utilisateur peut apprendre comment les besoins nutritionnels sont calculés selon son profil personnel.
- Élément 3 : **les plats disponibles** listent les plats qui sont actuellement disponibles au restaurant et leur ID.
- Élément 4 : **les informations nutritionnelles de plat** liste la composition des éléments nutritionnels d'un plat et la quantité de chaque élément nutritionnel, comme calories, protéines, lipides, etc....
- Élément 5 : **les boutons d'opération** sont des boutons pour configurer le repas. Ils permettent aux utilisateurs d'ajouter et de supprimer un plat au repas, et terminer la configuration du repas. L'ajout d'un plat peut s'effectuer soit par la lecture de l'étiquette RFID soit par l'insertion manuelle avec le numéro de plat.
- Élément 6 : **l'évaluation du repas choisi** permet aux utilisateurs de voir directement la composition nutritionnelle du repas choisi et son évaluation par rapport aux besoins nutritionnels personnels. Des couleurs différentes sont utilisées pour indiquer le niveau de recommandation par le système, par exemple, la couleur verte représente la quantité d'élément nutritionnel convenable par rapport à la quantité recommandée.

VI.3.3 Expérimentations et évaluations

Le projet HSHB a été expérimenté et évalué par des élèves de l'école d'été sur l'apprentissage mobile 2009 (Mobile Learning Summer School, 4-9, July 2009, Brest, France) pendant une séance de travaux pratiques (Figure 94). Nous avons simulé un scénario du choix de plats dans un restaurant libre service. Plusieurs maquettes de plat avec l'étiquette RFID étaient déposées à l'avance dans la salle de cours. Les élèves utilisaient un PDA (lecteur RFID équipé) ou un Smartphone (sans lecteur RFID) pour se connecter au système. Les élèves essayaient d'apprendre comment choisir des plats appropriés pour configurer un repas, selon leurs préférences et leurs profils nutritionnels.



Figure 94 : Expérimentation du système HSHB

Nous avons collecté les questionnaires remplis par les élèves qui ont participé à l'expérimentation [Yin, et al., 2009b]. Le questionnaire était concentré sur la faisabilité du système dans la situation simulée, l'efficacité et la satisfaction de l'activité d'apprentissage, et l'adaptation à l'apprentissage mobile. Par exemple, la question 2 : Est-ce que la composition des plats que vous choisissez dans le restaurant est importante pour vous ? La question 3 : Est-ce que le projet HSHB est utile à votre avis dans la situation proposée ? (Cf. Annexe VI.)

Les réponses que nous avons collectées nous ont informé comment les élèves évaluaient le projet HSHB et son expérimentation. Le résultat obtenu est plutôt satisfaisant car après une analyse de réponses 86% des élèves avaient pensé aux problèmes nutritionnels de leurs repas et voulaient apprendre sur cela, 75% des élèves trouvaient que le projet HSHB était utile dans la situation proposée, 75% des élèves considéraient que le projet était au moins partiellement un exemple d'apprentissage mobile contextuel. Les élèves participants ont également donné leurs suggestions pour améliorer les fonctionnalités du système. Par exemple, il faut lister des exemples de repas équilibrés ; un système expert et la reconnaissance de photos pourraient être intéressants pour enrichir le système ; etc.

Cependant, nous avons aussi reçu quelques inconvénients issus de l'expérimentation du système. Par exemple, il semblait compliqué pour certains de manipuler le dispositif mobile comme un PDA dans un environnement de restaurant ; il y avait trop d'interactions pour trouver les informations ; etc. Ces réponses devraient être prises en considération lors du développement de la nouvelle version du système. Des expérimentations sont en cours dans le restaurant du campus de l'ECL.

VI.4 Conclusion du chapitre VI

Le chapitre VI a été consacré sur les cas d'études de l'apprentissage mobile contextuel. En s'appuyant sur les principes de notre approche, nous l'avons illustré par plusieurs applications concrètes nous permettant de valider l'intérêt de l'apprentissage mobile contextuel dans différentes situations.

Le scénario du banc de tests MAPED a été choisi pour montrer la création des unités d'apprentissage en respectant le processus que nous avons proposé dans la section IV.4 . Le banc de tests agrafeuses/perforateurs est une machine industrielle représentative parmi les équipements professionnels. A partir des documentations initiales fournies par la société MAPED, nous avons détaillé phase par phase le processus de production d'unités d'apprentissage et les méthodes utilisées à l'aide de ce scénario.

Le scénario de maintenance de l'ordinateur est un cas d'application de l'apprentissage mobile contextuel dans une activité de maintenance d'équipement. Dans cette application les caractéristiques MOCOCO ont été prises en compte. En plus, la réalité augmentée a été adaptée à l'apprentissage pour augmenter l'efficacité de celui-ci et la performance de travail. L'expérimentation du changement d'un disque dur a donné lieu à une évaluation d'usage par des utilisateurs.

Le projet HSHB permet un autre type d'apprentissage, l'apprentissage mobile contextuel dans le processus de constitution d'un repas équilibré dans un restaurant libre service, dans lequel notre système peut également utilisé, bien qu'il s'agisse d'un apprentissage d'une autre nature maîtrise de la composition nutritionnelle d'un repas et pas celle d'un équipement. Nous avons réalisé un site web du système qui prend en compte les exigences et les contextes des apprenants mobiles. La méthode d'apprentissage que nous avons proposée comme l'apprentissage avant l'activité, pendant l'activité et après l'activité a été également adapté au système. Ce projet montre que nous pouvons profiter de l'apprentissage mobile contextuel dans diverses situations de notre vie.

Chapitre VII. Conclusions et Perspectives

VII.1 Résumé de nos contributions

Nos travaux de recherche ont porté sur l'étude de l'apprentissage mobile dans des situations professionnelles, notamment sur l'apprentissage de la maîtrise d'équipements domestiques, publics ou professionnels en mobilité. Pour ces situations, nous avons proposé le système d'apprentissage SAMCCO qui prend en compte les exigences MOCOCO (Mobilité, Contextualisation, coopération). Nous avons intégré dans nos travaux les domaines des technologies mobiles, d'apprentissage mobile, du contexte d'apprentissage et la contextualisation, des méthodes d'apprentissage, du TCAO, de l'IHM, de la RA, etc. Les contributions de cette thèse se concentrent sur les aspects suivants :

Etat de l'art

Nous avons dressé un état de l'art de l'apprentissage mobile où les caractéristiques principales et les techniques utilisées dans ce domaine ont été étudiées. Nous avons étudié des architectures représentatives de l'apprentissage mobile dans le but de recensement et de comparaison des différentes conceptions et des différentes techniques mises en œuvre. A travers cette étude nous avons dégagé **des tendances de l'apprentissage mobile assisté par les technologies de l'informatique mobile : situé, contextuel, personnel, collaboratif, et tout au long de la vie.**

Nous avons passé en revue des modélisations du contexte d'apprentissage et des méthodes de la contextualisation. **Les éléments du contexte doivent être extraits et modélisés selon les différents scénarios d'apprentissage.** Nous avons étudié également des méthodes de contextualisation où apparaît l'importance des **métadonnées des unités d'apprentissage**. La collecte d'informations contextuelles s'appuie sur des technologies de la capture du contexte comme la technologie **RFID** que nous avons décidé d'utiliser après comparaison.

L'intégration et l'adaptation des méthodes d'apprentissage appropriées dans des situations professionnelles concrètes était un des nos objectifs de l'apprentissage mobile. Nous avons donc étudié des méthodes d'apprentissage appliquées dans des situations professionnelles notamment **l'apprentissage sur le lieu de travail, l'apprentissage juste à temps, l'apprentissage par l'action et l'apprentissage collaboratif.** Les deux solutions pour assister le travail par des systèmes informatiques, **le TCAO et EPSS** ont été étudiées et leurs méthodologies mises en application.

Nous avons étudié également des approches pour concevoir des systèmes informatiques. Les approches basées sur des scénarios et les approches basées sur les modèles ont été adoptées dans notre démarche par **les méthodes pour la description des scénarios et les formalismes de modélisations.**

Production d'unités d'apprentissage

Modèle de l'unité d'apprentissage. Nous avons étudié la problématique des ressources d'apprentissage dans la maîtrise d'équipements domestiques, publics et professionnels, puis proposé un modèle de l'unité d'apprentissage basé sur des balises XML. Ce modèle peut être identifié par l'analyse syntaxique (fragment, atomique, composée) et l'analyse sémantique (description statique et tâche de maîtrise) pour permettre de formaliser les ressources d'apprentissage sur la maîtrise d'équipements en unités d'apprentissage XML.

Métadonnées AMLOM. Pour mieux décrire les caractéristiques du domaine de la maîtrise d'équipements, nous avons élaboré les métadonnées AMLOM (Appliance Mastering LOM) sur la base de LOM. De nouveaux éléments et leurs espaces de valeurs ont été définis. Ces métadonnées permettent la contextualisation des unités d'apprentissage dans un contexte d'apprentissage concret de la maîtrise d'équipement par l'apprenant.

Par rapport aux deux autres solutions portant sur des ressources d'apprentissage : SCORM et IMAT, le modèle de l'unité d'apprentissage et les métadonnées que nous proposons ont des spécificités suivantes :

- L'unité d'apprentissage est spécialement orientée vers l'apprentissage de la maîtrise d'équipements domestiques, publics et professionnels. L'unité d'apprentissage et ses métadonnées peuvent bien décrire les différents types de ressources d'apprentissage, comme la tâche de maîtrise ou la structure physique, etc.
- Les unités d'apprentissage en XML permettent l'accès n'importe quand et n'importe où à l'aide de dispositifs mobiles et le réseau sans fil. Les unités d'apprentissage peuvent être exécutées soit à distance, soit localement.
- Les unités d'apprentissage peuvent être réutilisées dans les applications grâce aux systèmes de gestion différents comme EPSS ou des systèmes d'apprentissage, etc. Les unités d'apprentissage peuvent également être réutilisées dans de nouvelles unités d'apprentissage ou des leçons par références.
- Les métadonnées AMLOM permettent la contextualisation des unités d'apprentissage dans une situation concrète d'apprentissage. Neuf catégories de métadonnées sont utilisées pour assurer la précision de contextualisation dans tous les contextes d'apprentissage possibles.
- Les unités d'apprentissage peuvent être partagées entre des rôles dans un contexte collaboratif. Les métadonnées définissent la priorité de l'unité d'apprentissage (comme le niveau d'accès, le niveau technique, etc.) pour des rôles différents du contexte.

Processus de production d'unités d'apprentissage. Ce processus en 6 étapes fournit une méthode pour produire des unités d'apprentissage à partir des documentations initiales jusqu'au stockage dans une base de données. Pour définir les structures des unités d'apprentissage, ce processus a introduit l'analyse de tâches et l'analyse de structure d'équipements. Une base de données d'unités

d'apprentissage est prête pour l'interrogation de différentes applications ou systèmes.

Conception de SAMCCO

Système d'apprentissage basé sur la plateforme IMERA. Nous avons choisi de construire un système d'apprentissage mobile sur la plateforme IMERA. Grâce à l'ERA offert par IMERA et sa configuration, le système d'apprentissage mobile pour la maîtrise d'équipements domestiques, publics et professionnels admet les caractéristiques suivantes :

- MOCOCO (Mobilité, Contextualisation, Coopération)
- Centré aux tâches (l'apprentissage avant, pendant, après la tâche)
- Augmentations dans l'apprentissage (de l'apprenant, de l'environnement, de l'équipement).

Modélisation du contexte d'apprentissage basée sur les scénarios. La contextualisation des unités d'apprentissage est un processus du mapping (mise en correspondance) entre le contexte précis (situation) et les métadonnées. Cette mise en correspondance a besoin d'une modélisation du contexte d'apprentissage qui modélise les informations contextuelles utiles pour la contextualisation. La modélisation du contexte d'apprentissage basée sur les scénarios permet d'extraire et collecter toutes les informations contextuelles et d'organiser les modèles en catégories. Le modèle du contexte et ses sous-modèles couvrent toutes les informations contextuelles utiles.

Proposition de l'architecture de SAMCCO. En utilisant les approches basées sur les modèles et les services, l'architecture de SAMCCO s'organise autour du moteur de contrôle avec les éléments suivants :

- Bases de données (unités d'apprentissage, équipements, utilisateurs, équipements, etc.)
- Services génériques (SMAC, SMAC2, apprentissage, contextualisation, etc.)
- Patterns d'interaction (formalismes CTT, AMF, etc.)
- Méthodes d'apprentissage (l'apprentissage juste à temps, l'apprentissage par l'action, l'apprentissage collaboratif, etc.)
- Communications entre le dispositif et l'équipement (non-communication, sens unique, duplexe)

Le moteur de contrôle travaille en un cycle de quatre phases pour réaliser la contextualisation des unités d'apprentissage et animer l'activité d'apprentissage. Le moteur de contrôle peut interroger tous les éléments ci-dessus pour offrir des opportunités d'apprentissage sur la maîtrise d'équipements. Nous avons également défini les conditions d'utilisations de chaque élément du système.

Cas d'études d'application

Nous avons défini les approches et les concepts de SAMCCO dans des situations professionnelles notamment pour l'apprentissage de la maîtrise d'équipements domestiques, publics et professionnels. Nous avons également appliqué nos approches et concepts dans plusieurs situations concrètes. Des résultats d'expérimentations ont été obtenus dans le but de valider, évaluer et améliorer la conception de SAMCCO.

- **Le scénario du banc de test MAPED** a été choisi pour illustrer le processus de production d'unités d'apprentissage concernant une machine industrielle.
- **Le scénario de maintenance de l'ordinateur** est un cas d'application de l'apprentissage mobile contextuel juste à temps dans une activité de maintenance d'équipements. La réalité augmentée a été utilisée pour améliorer l'efficacité d'apprentissage et de la performance de travail.
- **Le projet HSHB** est un exemple de l'apprentissage mobile contextuel dans la vie quotidienne. Il a été conçu pour l'apprentissage portant sur la constitution d'un repas équilibré dans un restaurant libre service, dans lequel notre système peut également être utilisé.

VII.2 Perspectives

Les travaux accomplis jusqu'à présent nous ont permis de construire un ensemble d'approches pour concevoir SAMCCO dans des situations professionnelles. Il reste cependant de nombreux prolongements qui se situent sur les différents axes de nos travaux de recherche.

Outils pour la production d'unités d'apprentissage

Dans le processus de production d'unités d'apprentissage, les documents sont décomposés en fragments. Les fragments sont analysés et catégorisés, et structurés en unités d'apprentissage. Les unités d'apprentissage et les métadonnées sont créées en XML. Actuellement, ce processus de production est fait manuellement (e.g. Scénario du banc de test MAPED). Dans nos perspectives, la production d'unités d'apprentissage devrait progressivement devenir un processus automatique et efficient avec le minimum d'intervention humaine. Il faut donc un ensemble d'outils pour faciliter le traitement des documents, des fragments et des unités d'apprentissage.

Ces outils devraient contenir les fonctionnalités suivantes :

- Collecte de documentations et stockage
- Aide à la fragmentation des documents
- Aide à la catégorisation des fragments

- Création, structuration, et validation des unités d'apprentissage en XML.
- Gestion des unités d'apprentissage (ajouter, supprimer, mettre à jour, etc.)
- Autre ...

Le projet IMAT offre un ensemble d'outils [Desmoulins, et al., 2000] similaires et il existe des outils comme Reload [Milligan, et al., 2005] pour créer et naviguer dans des ressources d'apprentissage de SCORM. Cela nous donne des exemples à étudier pour la conception d'outils pour la production d'unités d'apprentissage.

IMSLD et les unités d'apprentissage

Les unités d'apprentissage que nous avons défini sont centrées sur la tâche de maîtrise et la description statique. L'activité d'apprentissage est organisée facultativement par la tâche ou l'intention de l'apprenant dans un contexte concret. Cependant, certains spécialistes en pédagogie et en technologies éducatives considèrent qu'il faut mettre les activités d'apprentissage au centre de la modélisation des unités d'apprentissage. IMS a adopté un modèle « Learning Design » dans l'unité d'apprentissage pour décrire l'activité d'apprentissage [IMS, 2003]. Dans la conception de IMSLD, Unit of Learning = IMS Content Package + IMS Learning Design.

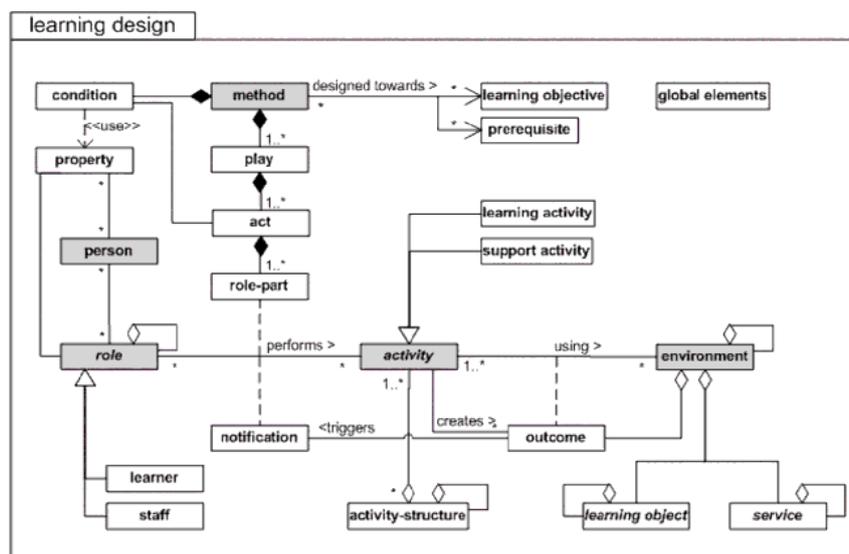


Figure 95 : Modèle général IMS Learning Design (d'après [IMS, 2003])

IMSLD fournit un modèle pour décrire l'activité d'apprentissage où s'appliquent différentes méthodes d'apprentissage. Comme l'activité d'apprentissage est déjà planifiée par ce modèle, nous pouvons l'adapter dans l'approche de SAMCCO. Dans l'apprentissage de la maîtrise d'équipement, l'apprentissage avant la tâche peut être considéré comme la formation formelle, où le processus d'apprentissage se déroule en suivant le modèle « Learning Design ». Nous pouvons donc adapter ce modèle à l'unité d'apprentissage pour organiser des cours ou des formations de la maîtrise d'équipements dans nos perspectives.

Adaptation du processus CoCSys dans la conception de SAMCCO

Le processus CoCSys est une méthodologie centrée sur l'utilisateur pour la conception de systèmes mobiles et collaboratifs. Ce processus est basé sur la formalisation des besoins des utilisateurs et l'identification de leurs objectifs en s'appuyant sur des scénarios. Il s'appuie sur plusieurs modèles qui se concrétisent par des transformations des modèles en une application collaborative. Nous pourrions appliquer ce processus dans l'apprentissage mobile de notre contexte pour prendre en compte les scénarios d'apprentissage que nous avons produit (Cf. V.3.1) dans la conception de SAMCCO basé sur la plateforme IMERA.

Constitution d'une base de patterns d'interaction et d'une base de services génériques

En effet, la base de patterns d'interaction reste à constituer pour mettre en place les interfaces utilisateur. Cette base pourrait être bâtie à partir d'une généralisation des modélisations des applications existantes. Une base de services génériques est également à compléter. Nous avons utilisé le modèle de SMAC et défini de nouveaux services génériques sur l'apprentissage et la contextualisation, mais de nombreux nouveaux services sont à ajouter et à affiner pour offrir plus de fonctionnalités pour les applications diverses.

Adaptation de la Réalité Augmentée/Mixte dans l'apprentissage de la maîtrise d'équipements

La Réalité Augmentée/Mixte est beaucoup étudiée dans la maintenance industrielle, qui concerne l'apprentissage professionnel comme l'apprentissage de la maîtrise d'équipements. Nous avons montré dans le scénario de maintenance de l'ordinateur l'utilisation de périphériques de Réalité Augmentée dans l'apprentissage. Cependant, l'utilisation de ces périphériques ajoute des contraintes sur l'exécution des unités d'apprentissage et l'interaction d'utilisateur. En plus, la méthodologie de l'apprentissage pourrait être un sujet à étudier avec l'adaptation de RA dans l'apprentissage mobile. L'utilisation du modèle IRVO ([Chalon, 2004]) pourrait faciliter la constitution des patterns d'interaction qui concernent la Réalité Augmentée/Mixte dans l'apprentissage de maîtrise d'équipements.

Implantations et expérimentations

Dans le chapitre VII, nous avons présenté la mise en œuvre de trois applications pour illustrer les principes de notre conception de l'apprentissage mobile. Ces trois applications ne concernent respectivement que certains aspects des principes. Un SAMCCO sur la maîtrise d'équipements avec des fonctionnalités complètes reste à mettre en œuvre. La conception et la réalisation d'un système d'application auraient besoin d'une participation plus soutenue des industriels portant à la fois sur la maîtrise du domaine et sur le financement de dispositifs appropriés, notamment de réalité augmentée et des capteurs associés.

Les expérimentations que nous avons réalisées ne sont pas complètes. Des expérimentations et des

évaluations devraient être faites après la mise en œuvre du système. La nouvelle version du projet HSHB est en cours de construction avec la participation d'élèves ECL. Elle devrait permettre une expérimentation de plus grande envergure dans le restaurant universitaire de l'Ecole Centrale de Lyon à la fin du projet.

Annexe I. Approches basées sur les scénarios

1. Définition des scénarios

Les concepteurs utilisent les scénarios comme support d'échange pour la collecte des besoins d'utilisateurs. Les scénarios sont aussi considérés comme des outils qui favorisent la créativité, l'imagination sur le comportement futur du système. J.M. Carroll définit les scénarios de la manière suivante : « *Scenarios have been defined variously as sketches of use and as a narrative description of an activity, taking the form of a story, a vignette, or an episode bound in time and taking place within a given context.* » [Carroll, 2000].

[Carroll, 2000] énonce 5 propriétés clés pour motiver l'utilisation des scénarios dans la conception d'IHM :

- Les scénarios suscitent un travail de réflexion sur la conception, aident les développeurs à coordonner les activités de conception et de réflexion sur la conception.
- Les scénarios sont une proposition concrète de conception qui permette à un concepteur d'évaluer et de développer. Cependant, ils peuvent être déroutants en fournissant beaucoup trop de détails qui vont éloigner les concepteurs des buts importants à atteindre par l'utilisateur.
- Les scénarios fournissent plusieurs vues d'une interaction, différents types et niveaux de détails, et aident les concepteurs à gérer les conséquences dues aux changements des besoins ou habitudes des utilisateurs.
- Les scénarios peuvent être aussi bien abstraits et/ou spécialisés, fournissant ainsi aux concepteurs une manière de reconnaître, capturer et réutiliser leurs généralisations.
- Les scénarios fournissent une communication orientée sur le travail entre les participants, aident à rendre la conception des activités plus accessibles à une grande variété d'expertises, afin qu'ils contribuent à la conception de manière participative et ainsi traiter le problème de l'éloignement entre les concepteurs et les utilisateurs. Cet éloignement a généralement pour conséquence le manque de prise en compte des besoins réels des utilisateurs finals.

2. Formalismes pour exprimer les scénarios

Il n'existe pas un seul formalisme pour exprimer un scénario. C'est le domaine d'utilisation ou de conception qui va fixer les règles d'écriture. Les scénarios pour la représentation des habitudes des utilisateurs et pour aider la conception des IHM sont représentés généralement à l'aide de nombreux médias : sous forme textuelle, graphique, avec des images, des vidéos ou des prototypes logiciels. Les formalismes qui permettent une expression rapide des besoins par les utilisateurs et étudier s'ils sont

adaptés à la gestion du contexte sont introduits ci-dessous.

Scénario sous forme d'Histoire

[Carroll, 2000] propose l'utilisation de scénarios dans la conception et re-conception de systèmes informatiques. La méthode proposée s'appuie tout d'abord sur une forme textuelle du scénario (histoire). A partir de cette première ébauche, une analyse de bas niveau du contenu du scénario est faite avec une analyse des mots clés.

La forme d'une histoire est un récit parlé ou écrit, mais les histoires peuvent être aussi racontées de manière visuelle. Le récit généralement décrit les habitudes ou les conditions spécifiques de la description d'une activité, décrivant les participants et le contexte dans laquelle elle a lieu. Ci-dessous est un exemple de l'histoire textuelle qui raconte le travail d'un technicien dans le projet HMTD.

Chez le client, le technicien montre au chef réparateur (Superviseur), à l'aide de la caméra de son PDA et grâce à une connexion au serveur de l'entreprise, la réparation qu'il est en train d'effectuer. Le chef réparateur (Superviseur) lui donne des conseils (par la voix). La réparation peut être soutenue par un dispositif de réalité augmentée montrant des actions à effectuer en superposition de la situation réelle...

Scénario sous forme de Cas d'utilisation UML

Un cas d'utilisation UML est une approche graphique centrée sur le concepteur pour le recueil des besoins fonctionnels. Il permet de modéliser les fonctionnalités que le logiciel devra offrir. Les cas d'utilisation servent dans un premier temps à l'élaboration des spécificités du logiciel et dans un deuxième temps aux tests de vérification du cahier des charges.

Les cas d'utilisation offrent une solution de décrire les résultats que les systèmes doivent fournir. Un utilisateur qui utilise un système logiciel a un objectif. Les cas d'utilisation permettent de décrire l'interaction entre l'utilisateur et le système qui va permettre à l'utilisateur d'atteindre son objectif.

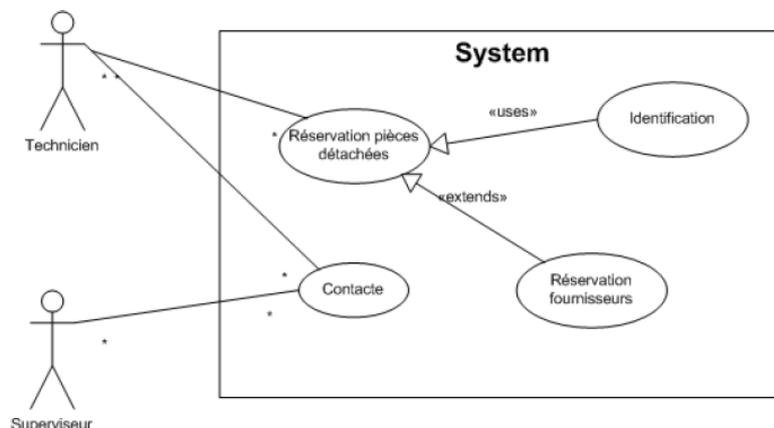


Figure 96 : Exemple d'un cas d'utilisation UML

Figure 96 : est un exemple du cas d'utilisation dans le projet HMTD. La boîte représente le système applicatif et se décompose en fonctionnalités comme « Réservation pièces détachées ». Le cas d'utilisation exprime aussi les sous-fonctionnalités que doit fournir le système par exemple « Identification » pour la fonctionnalité « Réservation pièces détachées ».

Scénario sous forme de Diagramme de séquence

Le diagramme de séquence permet de décrire les interactions entre différentes entités et acteurs : par exemple des objets dans un modèle d'un logiciel, des sous-systèmes dans un modèle d'un système complet. Le temps est représenté comme s'écoulant du haut vers le bas le long des « ligne de vie » des entités.

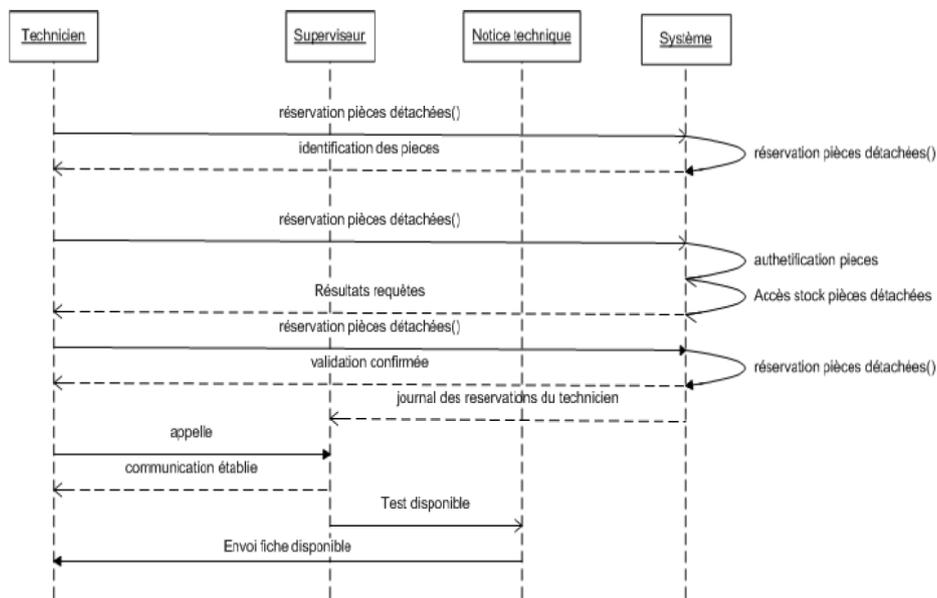


Figure 97 : Exemple de diagramme de séquence UML

Dans le diagramme de séquence, une flèche représente le message qui est transmis d'une entité vers l'autre. Le nom de messages apparaît sur chaque flèche. Si l'extrémité de la flèche est pleine, le message est synchrone. Si l'extrémité de la flèche est creuse, le message est asynchrone.

Figure 97 est un exemple de diagramme de séquence qui décrit la réservation pièces détachées dans le projet HMTD. Il existe autant de lignes de vie que d'objets (acteurs, artefacts et le système). Le diagramme exprime tous les échanges entre les différentes entités lors du déroulement d'une action. Cet exemple montre le manque de simplicité de ce formalisme pour exprimer des actions simples.

Scénario sous forme de Scénario Contextualisé

Scénario Contextualisé (SC) est un formalisme introduit par [Delotte, 2006]. Il intègre un support de type textuel sous forme d'histoires courtes et un support de type graphique au même titre que les cas

d'utilisation UML. Ce formalisme s'apparente aux cas d'utilisation, mais chaque scénario décrit dans quel contexte d'utilisation les fonctionnalités doivent être disponibles. De plus, le choix de SC permet de mieux formaliser le comportement des utilisateurs et surtout favorise la définition des objectifs.

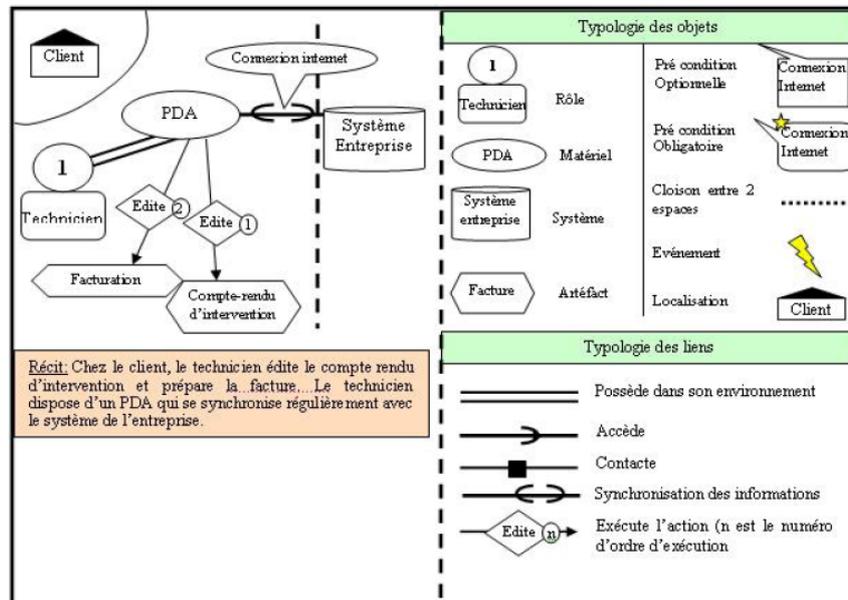


Figure 98 : Exemple d'un scénario en SC et la légende (d'après [Delotte, 2006])

Différents éléments graphiques du scénario sont représentés dans le SC : rôle, localisation, moment, artefact, dispositif, système. Les relations entre ces éléments sont également représentées graphiquement pour une meilleure description du scénario. La collaboration est supportée grâce à la présence de la notion « espace de vie ». Figure 98 est un exemple représenté par le formalisme SC, et la légende des éléments et des relations complètes.

3. Collecte des besoins via les scénarios

L'analyse des besoins est un processus dans lequel différents types de méthodes et techniques peuvent être utilisées pour obtenir les exigences réelles du système. Les approches basées sur scénario proposent de collecter les besoins via les modèles de scénario. [Delotte, 2006] a proposé une démarche de la collecte des besoins via les scénarios contextualisés (Figure 99) :

- **Etape 1 : écriture des scénarios.** Chaque utilisateur est demandé à écrire de manière informelle (textuelle) et de manière formelle (graphique) leurs scénarios contextualisés. Il ressort généralement de cette étape ce que les utilisateurs font dans des situations précises.
- **Etape 2 : compléter les scénarios.** Il s'agit de représenter l'objectif de l'activité dans le scénario. Le concepteur et les utilisateurs échangent des informations pour fixer un objectif pour chaque scénario.
- **Etape 3 : dégager les objectifs formels.** Le concepteur essaie de produire les objectifs

formels qui permettront de proposer de nouveaux cas d'utilisation afin d'atteindre les objectifs, le cas échéant.

- **Etape 4 : proposer de nouveaux scénarios à partir des objectifs extraits.** Cette étape sert à compléter les cas oubliés et ainsi obtenir un ensemble complet de scénarios contextualisés. Il nécessite la participation des utilisateurs de n'importe quelle façon utile.

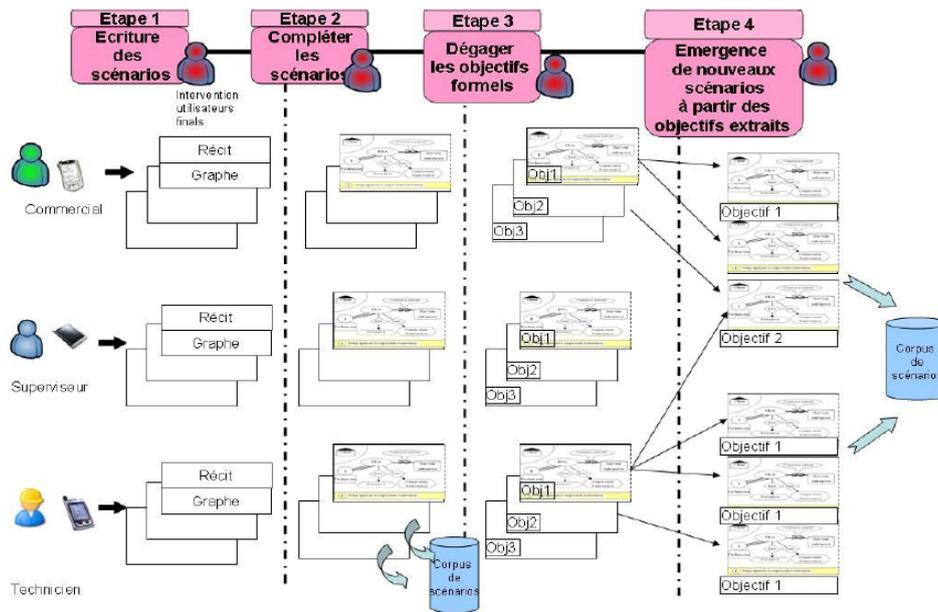


Figure 99 : Collecte des besoins via des scénarios (d'après [Delotte, 2006])

Le résultat obtenu de la collecte des besoins est un corpus de scénarios contextualisés. Ces scénarios contextualisés sont la base pour bâtir le modèle de comportement (Cf. Annexe V), qui synthétise les exigences et objectifs parcellaires des utilisateurs.

Annexe II. Approches basées sur les modèles

1. Approche MDA (*Model Driven Architecture*)

L'architecture dirigée par les modèles ou MDA (*Model Driven Architecture*) [OMG, 2004] est une démarche de réalisation de logiciel soutenue par l'OMG (Object Management Group). Il se présente sous la forme d'un jeu de standards proches (mais non co-dépendants), utilisés pour créer un modèle et l'affiner jusqu'à obtenir un produit fini.

De manière globale, MDA fournit au monde du développement des méthodes pour la création efficace de modèles non liés à une plate-forme et à leur réutilisation. Dans la perspective de nos recherches sur la construction d'un système d'apprentissage mobile, nous nous proposons d'étudier ces modèles et méthodes.

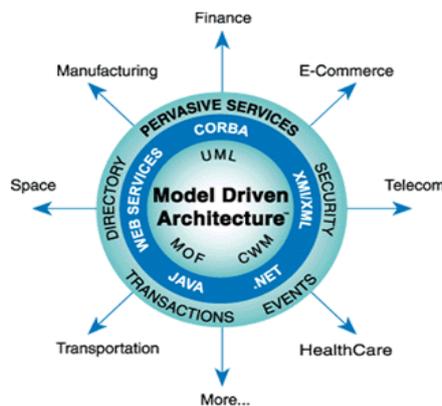


Figure 100 : Schéma synthétisant les langages et méthodes fournis par l'architecture MDA

Comme il est illustré dans Figure 100, l'architecture du MDA se découpe en quatre couches. Au centre, se trouvent le standard UML (*Unified Modeling Language*), MOF (*Meta-Object Facility*) et CWM (*Common Warehouse Metamodel*). Dans la couche suivante, se trouve aussi un standard XMI (XML Metadata Interchange) qui permet le dialogue entre les middlewares (Java, CORBA, .NET et web services). La troisième couche contient les services qui permettent de gérer les événements, la sécurité, les répertoires et les transactions. Enfin, la dernière couche propose des frameworks spécifique au domaine d'application (Finance, Télécommunication, Transport, Espace, Médecine, Commerce électronique, Manufacture, etc.)

La démarche MDA permet de séparer les spécifications fonctionnelles d'un système des spécifications de son implémentation sur une plate-forme donnée. Pour ce but, MDA définit une architecture de spécifications structurées en modèles indépendants des plates-formes (*PIM - Plateforme Independent*

Model) et en modèles prenant en compte les plates-formes (*PSM – Plateforme Specific Model*).

L'approche MDA vise à dégager d'abord le même modèle, puis de le décliner sur plusieurs plates-formes grâce à des projections standardisées. Elle permet aux applications d'interopérer en reliant leurs modèles et supporte l'évolution des plates-formes et des techniques. La mise en œuvre de MDA est entièrement basée sur les modèles et leurs transformations (Figure 101).

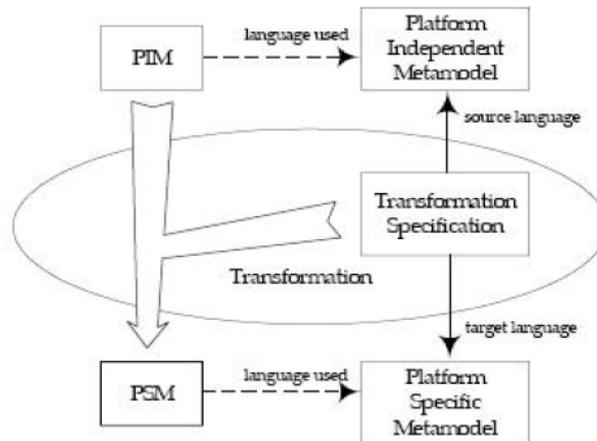


Figure 101 : Schéma représentant l'approche MDA

La démarche MDA suit principalement des étapes ci-dessous, et les étapes 2 et 4 sont répétables indéfiniment selon le besoin.

- **Etape 1** : Réalisation d'un modèle indépendant de plate-forme appelé PIM.
- **Etape 2** : Enrichissement du modèle de l'étape 1 par étapes successives.
- **Etape 3** : Choix d'une plate-forme de mise en œuvre et génération du modèle spécifique correspondant appelé PSM.
- **Etape 4** : Raffinement de ce modèle jusqu'à obtention d'une implémentation exécutable.

2. Modélisation de tâches

Définition de tâches

[Balbo, 1994] définit la tâche comme « un but que l'utilisateur vise à atteindre assorti d'une procédure (plan) qui décrit les moyens pour atteindre ce but ». Dans le cadre de nos recherches sur l'apprentissage mobile dans des situations professionnelles, la tâche a deux sens :

- La tâche est un objectif à atteindre par l'utilisateur lors de son travail ou l'apprentissage avec l'aide du système, par exemple, la connexion au système, la communication avec un expert, etc.
- La tâche est un objectif à apprendre faire par l'apprenant quand il maîtrise des équipements,

par exemple, démontage d'un disque dur, choix d'une entrée à un repas, etc.

CTT (Concur Task Trees)

Le formalisme CTT (ConcurTaskTrees) [Paterno, et al., 2002] est un formalisme graphique qui :

- est plus spécifiquement conçu pour la modélisation des interactions homme-machine.
- prend en compte explicitement le travail collaboratif.
- possède un éditeur graphique CTTE [Mori, et al., 2002] et un générateur d'IHM Tera [Mori, et al., 2004].

Ce formalisme considère 4 catégories de tâches :

- Les **tâches de l'utilisateur** : ce sont des tâches cognitives comme choisir une méthode de résolution de problème.
- Les **tâches de l'application** : ce sont des tâches où seul le système informatique intervient comme produire le résultat à une requête.
- Les **tâches d'interaction** : ce sont des actions de l'utilisateur sur le système avec la possibilité d'un retour immédiat.
- Les **tâches abstraites** : ce sont des tâches de plus haut niveau qui se décomposent en sous tâches pouvant appartenir à l'une des 4 catégories.

Les tâches sont reliées par des opérateurs temporels. Il en existe huit principaux qui sont :

- **La concurrence** (notée $T1 \parallel T2$) : les 2 tâches peuvent être exécutées en parallèle sans aucune contrainte. Il existe une variante (notée $T1 \parallel\parallel T2$) où les 2 tâches doivent se synchroniser pour échanger de l'information.
- **Le choix** (noté $T1 \square T2$) : les 2 tâches sont alternatives et le début d'exécution de l'une empêche l'autre de s'exécuter tant que la première n'est pas terminée.
- **L'indépendance d'ordre** (notée $T1 \mid\equiv T2$) : les 2 tâches doivent être exécutées mais dans un ordre quelconque, T1 puis T2, ou T2 puis T1.
- **La désactivation** (notée $T1 \triangleright T2$) : la tâche T1 est définitivement stoppée dès que la tâche T2 commence à s'exécuter.
- **L'activation** (notée $T1 \gg T2$) : lorsque la tâche T1 est terminée la tâche T2 commence à s'exécuter. Une variante (notée $T1 \square\gg T2$), permet de signifier qu'en plus la tâche T1 transmet des informations à la tâche T2.
- **La suspension-reprise** (notée $T1 \triangleright T2$) : la tâche T2 peut suspendre l'exécution de la tâche T1. Lorsqu'elle est terminée, la tâche T1 reprend son exécution là où elle a été interrompue.
- **L'itération** (notée T^*) : la tâche est exécutée en boucle indéfiniment jusqu'à ce qu'elle soit désactivé par une autre tâche. Une variante ($T(n)$) permet de limiter la boucle à n itérations.
- **Les tâches optionnelles** (notée $[T]$) : leur exécution est facultative.

Chaque tâche est décrite par un ensemble d'attributs :

- **Des informations générales** : un identificateur, son nom, sa catégorie, son type, sa fréquence d'utilisation, des pré-conditions éventuelles et des annotations libres.
- **Les objets qui sont manipulés pour accomplir la tâche** : ce sont soit des objets de l'interface utilisateur, soit des objets de l'application.
- **Le temps d'exécution** : il est possible d'indiquer le temps d'exécution de la tâche (minimum, maximum, moyen) pour permettre des évaluations de performance de tâches.

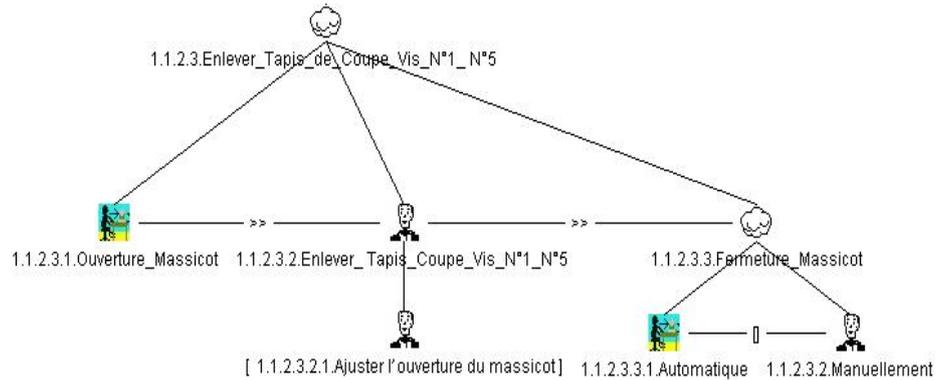


Figure 102 : Exemple de modélisation de tâches avec CTT pour un cas de maintenance

Figure 102 représente une tâche de maintenance pour un seul technicien avec CTT. En fait pour une activité collaborative, chaque rôle dispose d'un arbre de tâches et il existe un arbre global qui permet de visualiser la répartition des tâches à chaque rôle.

CTTE (Concur Task Tree Environnement) est un outil basé sur le formalisme CTT qui permet de construire des arbres de tâches collaboratives ou pas. Un module spécifique permet d'assister la décomposition d'un scénario textuel en arbre de tâche CTT. Cette fonctionnalité a été désactivée dans la dernière version. Maintenant la dernière version est la version 2.3.3 du 1 juillet 2009, qui est disponible sur le site web de CTTE (<http://giove.isti.cnr.it/tools/CTTE/index.html>).

Annexe III. Modèles d'architecture

L'architecture d'un système informatique est un ensemble de structures comprenant chacune des composants, les propriétés extérieurement visibles de ces composants et les relations qu'ils entretiennent ([Coutaz, et al., 2001]). Les architectures ont deux principales catégories : les modèles en couche et les modèles multi-agents.

1. Modèle Arch

Le modèle Arch [UIMS, 1992] hérite du modèle Seeheim [Reynolds, 1997] et en constitue un raffinement. Il reprend le contrôle de dialogue de Seeheim au centre de l'arche (Figure 103), qui définit les aspects syntaxiques de l'interaction et qui est responsable des aspects dynamiques de l'application. Du côté du « pilier » applicatif, il distingue 2 niveaux :

Le noyau fonctionnel de l'application qui gère les données internes et leurs rémanences.

L'adaptateur du noyau fonctionnel qui est une couche d'adaptation du noyau fonctionnel pour la conformer au style d'interaction envisagé.

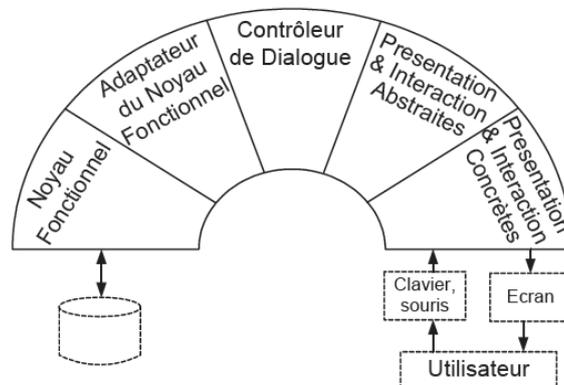


Figure 103 : Modèle Arch (d'après [Chalon, 2004] adapté de [UIMS, 1992])

Du côté du « pilier » interface, il décompose l'interface utilisateur en 2 niveaux :

- Un **niveau abstrait**, comportant les objets de présentations et d'interaction indépendants de l'interface concrète et donc des dispositifs d'interaction avec l'utilisateur.
- Un **niveau concret**, lié à une « toolkit » précise gérant le dialogue avec l'utilisateur (et donc lié à des dispositifs d'entrée/sortie précis).

Dans le modèle original, ces deux couches sont appelées « *Presentation Component* » et « *Interaction*

Toolkit Component » ce qui peut porter à confusion en laissant sous-entendre qu'une couche est dédiée aux sortie (affichage à l'écran) alors que l'autre se consacre aux entrées (souris, clavier) ce qui est évidemment faux. Dans le travail de [Chalon, 2004], ces deux couches sont renommées comme « Présentation et Interaction Abstraites » et « Présentation et Interaction Concrètes ».

2. Modèle PAC et PAC*

Le modèle PAC a été développé par [Coutaz, et al., 2001]. Il modélise la structure d'un logiciel sous la forme d'une hiérarchie d'agents. Chaque agent est responsable d'un aspect spécifique d'une fonctionnalité de l'application et il possède 3 facettes (Figure 104) :

- La facette **Présentation** (P) modélise le comportement visible de l'agent.
- La facette **Abstraction** (A) maintient le modèle de données sous-jacent à l'agent.
- La facette **Contrôle** (C) relie les facettes P et A de l'agent, et gère la communication avec les autres agents PAC par l'intermédiaire de la facette C de ces agents.

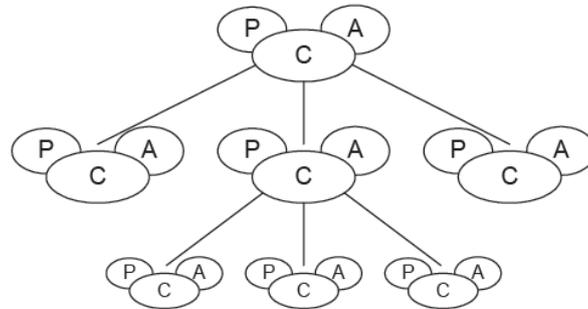


Figure 104 : Modèle PAC (d'après [Coutaz, et al., 2001])

PAC* [Calvary, et al., 1997] est un modèle orienté vers les collecticiels où chaque facette est décomposée selon les 3 dimensions du trèfle du collecticiels : production, coordination et communication (Figure 105(a)).

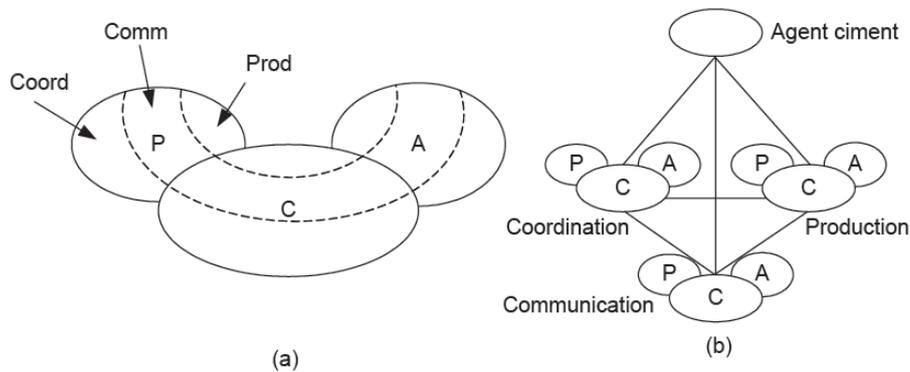


Figure 105 : Modèle PAC* (d'après [Calvary, et al., 1997])

De manière alternative, l'agent PAC* peut être décomposé en 3 agents PAC, chacun dédié à l'un des aspects du modèle en trèfle. Les 3 agents communiquent entre eux directement et, via un « agent ciment », communiquent avec d'autres agents PAC*(Figure 105(b)).

3. Modèle AMF et AMF-C

Le modèle AMF (Agent Multi-Facettes) a été développé à l'Ecole Centrale de Lyon par Kamel Ouadou[Ouadou, 1994]. Ce modèle a été complété et étendu au travail collaboratif comme AMF-C (AMF Coopératif) par Franck Tarpin-Bernard [Tarpin-Bernard, 1997].

Modèle AMF

Le modèle AMF part sur deux critiques du modèle PAC :

- La décomposition Abstraction/Présentation est généralement insuffisante pour des applications complexes. Des fonctionnalités se retrouvent mélangées dans des composants trop macroscopiques alors qu'elles relèvent de thématiques différentes.
- La structure de la facette Contrôle est peu formalisée. Or cette facette est la clef de voûte des modèles d'architecture.

Pour répondre à la première critique, AMF reprend les mêmes facettes de base P, A, C mais permet d'en ajouter de nouvelles pour des besoins plus particuliers ce qui permet un découpage plus fin des agents interactifs. Pour répondre à la deuxième critique, AMF propose un formalisme complet pour modéliser la facette Contrôle et représenter les échanges entre les différentes facettes de l'agent et entre les différents agents.

Dans le modèle AMF, les agents sont organisés de manière hiérarchique selon des règles de composition. Au plus haut niveau se trouve un agent racine (appelé généralement « Application »). La composition peut s'exprimer soit sous forme d'emboîtement (Figure 106(a)), soit sous forme de graphes utiles pour les schémas complexes (Figure 106(b)).

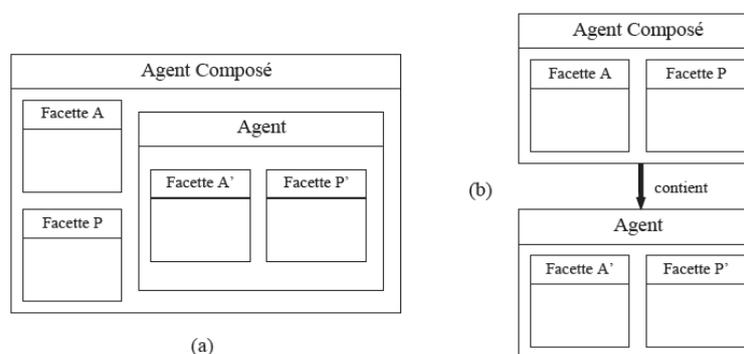


Figure 106 : Représentation de la composition d'agents AMF (d'après [Tarpin-Bernard, 1997])

La modélisation du contrôle est basée sur 2 concepts :

Les ports de communication, au niveau des facettes, représentent les services qui sont offerts par la facette (ports en entrée) et ceux qui sont nécessaires (ports en sortie). Un troisième type de port est proposé (port en entrée/sortie) qui correspond à un service offert dont l'activation se conclut par l'invocation d'un autre service distant (Figure 107).

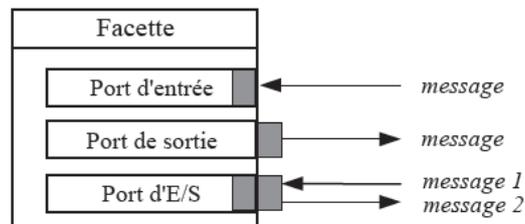


Figure 107 : Représentation des ports de communication (d'après [Tarpin-Bernard, 1997])

Les administrateurs de contrôle, au niveau de l'agent, connectent les ports de communication entre eux. Un administrateur de contrôle joue trois rôles :

- Un rôle de connexion qui consiste à gérer les relations logiques pouvant exister entre les ports de communication qui lui sont attachés.
- Un rôle comportemental qui exprime les règles d'activation de l'administrateur, c'est-à-dire sous quelles conditions et à quel moment les messages émis par les ports sources seront transmis aux ports cibles.
- Un rôle de traduction qui consiste à transformer les messages émis par les ports sources en messages compréhensibles par les ports cible.

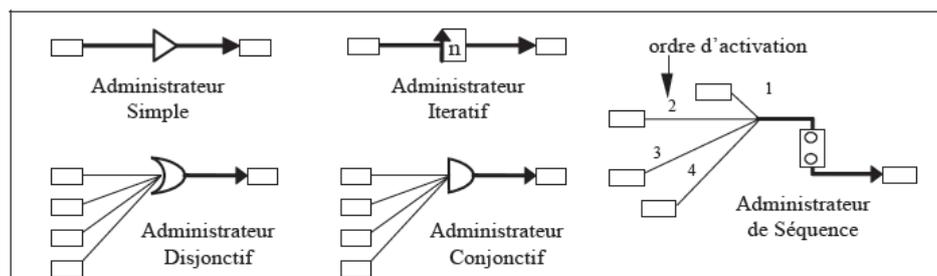


Figure 108 : Représentation schématique des administrateurs (d'après [Tarpin-Bernard, 1997])

Modèle AMF-C

Le modèle AMF-C (AMF Coopératif) est une extension du modèle AMF au travail collaboratif proposé par [Tarpin-Bernard, 1997]. A la base, le logiciel est toujours structuré en agents AMF. Les utilisateurs interagissent avec les agents selon 2 approches différents :

- Soit ils interagissent tous avec un seul agent. Celui-ci doit être fragmenté en plusieurs morceaux répartis sur les différents postes de travail et éventuellement sur un ou plusieurs serveurs.
- Soit ils interagissent chacun avec leur propre copie de l'agent qui est donc répliqué sur chaque poste de travail.

AMF-C fragmenté

Le principe est donc de fragmenter les agents sur les différents postes de travail ou serveurs. Une frontière naturelle de fragmentation est bien sûr la facette de l'agent AMF-C. Ainsi, une fragmentation classique repose sur un découpage de l'agent.

- Sur le serveur, les facettes Contrôle et Abstraction
- Sur chaque client, une facette Présentation. Il y a donc autant de facettes Présentation qu'il y a d'utilisateur.

L'un des intérêts du modèle AMF-C est la possibilité de l'ajout d'un nombre quelconque de facettes ce qui permet de multiplier les différentes « vues » pour les utilisateurs : ces facettes peuvent être identiques ou différentes en fonction des rôles des utilisateurs. La fragmentation des facettes n'est pas limitée aux facettes présentation mais peut tout aussi bien s'appliquer aux facettes contrôle et abstraction. Cependant, lorsqu'il y a trop de facettes réparties, il semble préférable de ne plus fragmenter les agents mais de les répliquer. Figure 109 est un exemple d'un agent AMF-C fragmenté. Un nouvel administrateur permet le verrouillage pour gérer la concurrence d'accès à l'objet.

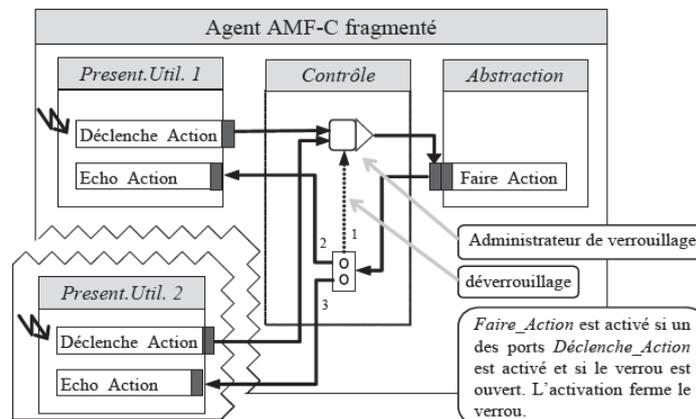


Figure 109 : Exemple d'agent AMF-C fragmenté (d'après [Tarpin-Bernard, et al., 1998])

AMF-C répliqué

La réplication est basée sur les notions d'agent de référence et d'agent local :

- Dans le premier cas, il existe un agent de référence (typiquement placé sur un serveur)

partagé par n participants : chaque participant interagit avec un agent local qui est sur le poste de travail. L'avantage de cette architecture est la simplicité et la régularité mais elle est rigide et peut provoquer des goulots d'étranglement (Figure 110(a)).

- Dans le deuxième cas, l'agent de référence peut être « virtuel » : les agents locaux placés sur les postes de travail communiquent directement entre eux à travers le réseau. C'est le cas typique d'une architecture pair à pair sans serveur central. En pratique, au lieu d'un véritable agent de référence réparti, c'est l'un des agents locaux qui peut être « élu dynamiquement » agent de référence pour la durée d'une session. Cette architecture permet une meilleure tolérance aux pannes et des temps de réponse meilleurs mais elle est plus complexe à gérer (Figure 110(b)).

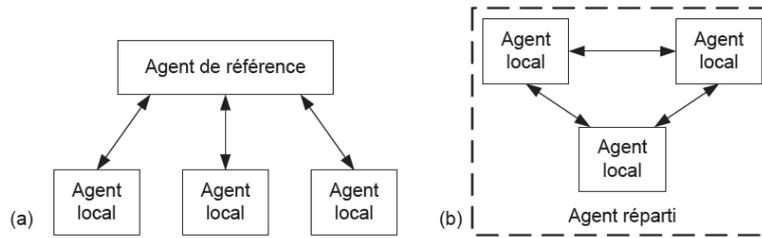


Figure 110 : AMF-C répliqué. (a) gestion centralisée (b) gestion répartie (d'après [Tarpin-Bernard, 1997])

Figure 111 donne un exemple des 2 agents AMF-C répartis. Une nouvelle facette « Distant » est ajoutée qui permet de faire l'écho local des autres utilisateurs. La facette « Accès » permet de désactiver la facette « Présentation » en fonction des droits effectifs de l'utilisateur. Une dernière facette « Adaptation locale » permet de changer les stratégies locales des administrateurs.

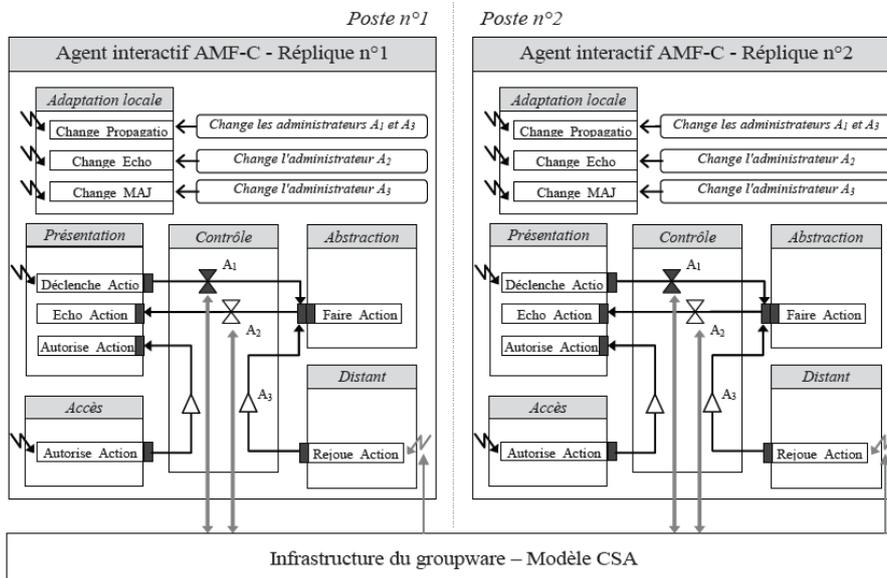


Figure 111 : Exemple d'agents AMF-C répartis (d'après [Delotte, et al., 2003])

Annexe IV. Réalité Augmentée

1. Définitions

La Réalité Augmentée (RA) est définie par [Mackay, 1996] comme **une manière de réintégrer « l'information électronique dans le monde physique »**. Il s'agit de « permettre aux gens de tirer parti de leurs compétences dans l'interaction avec le monde de tous les jours, tout en profitant de la puissance des réseaux informatique ».

[Azuma, et al., 2001] considère que un système RA complète le monde réel avec des objets virtuels, qui semblent coexister dans le même espace que le monde réel. Un système de RA combine des objets réels et virtuels dans un environnement réel, fonctionne de manière interactive en temps réel, et fait coïncider les objets réels avec les objets virtuels.

Ces définitions de la RA, qui parlent des objets réels et virtuels, ont poussés à étudier d'abord les notions objets réels et objets virtuels. Une définition représentative qui distingue les objets en 3 catégories est proposée par [Trevisan, et al., 2003] :

- **Les objets réels ou physiques** sont des objets qui ont une existence concrète et objective et qui peuvent être observés directement.
- **Les objets numériques virtuels** sont des objets qui existent par essence ou effet mais non formellement ou concrètement. Pour être vus, ils doivent être simulés.
- **Les objets numériques réels** sont des objets réels perçus par des moyens numériques comme la vidéo d'une scène réels.

[Milgram, et al., 1994] définit la RA comme l'ensemble des cas où un environnement réel est augmenté au moyen d'objets virtuels. Ils ont proposé une unification des concepts en considérant un continuum réel – virtuel (Figure 112) qui va de l'environnement réel à l'environnement virtuel. La RA se situe dans la partie gauche de l'axe, en opposition à la Virtualité Augmentée qui concerne l'ajout d'éléments réels dans des environnements virtuels.



Figure 112 : Continuum réel/virtuel (d'après [Milgram, et al., 1994])

2. Dispositifs pour la RA

[Chalon, 2004] a proposé une classification deux grandes catégories des dispositifs pour la RA :

- Les dispositifs en sortie :
 - Les dispositifs s'adressant au sens de la vue
 - Les dispositifs s'adressant au sens de l'ouïe
 - Les dispositifs s'adressant au sens du toucher
- Les dispositifs en entrée :
 - Les dispositifs capturant les mouvements et les actions de l'utilisateur
 - Les dispositifs capturant la parole émise par l'utilisateur
 - Les dispositifs capturant la direction du regard de l'utilisateur

De plus en plus de nouveaux dispositifs de la RA n'ont jamais arrêté d'émerger depuis ces plusieurs années. Quelques dispositifs représentatifs qui pourront être potentiellement concernés dans les scénarios de la maîtrise d'équipements sont :

Casques de visualisation ou HMD (Head-Mounted Display):

- **Casques opaques** (non-see-through HMD) (Figure 113). Ces casques coupent l'utilisateur de la vision du monde extérieur et ne permettent que de voir l'image virtuelle. Une vision indirecte du monde réel peut être intégrée, par exemple, on filme le monde réel et on mélange cette image avec celle du monde virtuel par le système.

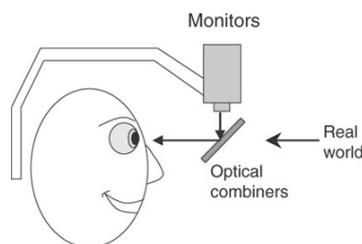


Figure 113 : Fonctionnement des casques opaques (d'après [Bapst, 2007])

- **Casques semi-transparents** (see-through HMD) (Figure 114). Ces casques permettent de visualiser le monde réel directement avec la superposition de l'image du monde virtuel.

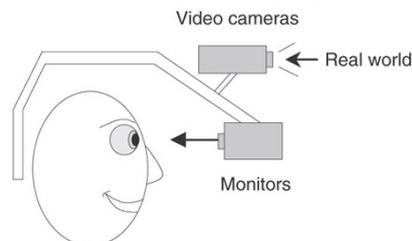


Figure 114 : Fonctionnement des casques semi-transparents (d'après [Bapst, 2007])

Capteurs de la position

Dans un système RA, le système doit connaître, en permanence, la position et l'orientation de l'utilisateur, afin d'adapter les informations affichées en fonction de son champ de vision. Les informations du monde réel et les informations virtuelles doivent bien être associées. Le suivi, en continu, de la position et de l'orientation de la tête est appelé aussi Tracking. Pour que le système de réalité augmenté soit utilisable, la précision du tracking et la vitesse de rafraîchissement doivent être suffisantes. Nous avons étudié dans la section II.3 des technologies capteurs de la localisation et listé des technologies GPS, RFID, Code barre 2D, etc. La capture de la position et la capture de la localisation ont une grande partie croisée, mais ils ne sont pas tout à fait pareils. La capture de la position prend en compte en plus la capture du mouvement et de l'action de l'utilisateur. Cela demande une position précise 3D dans un espace. Les capteurs électromagnétiques et les capteurs acoustiques ultrasoniques peuvent satisfaire ces demandes ([Riboulet, 2008]).

Ecrans tactiles

Les écrans tactiles sont de plus en plus utilisés sur les dispositifs mobiles comme les PDA, les smartphones, les GPS, etc. Ils combinent les fonctionnalités d'affichage d'un écran ou moniteur, et celles d'un dispositif de pointage, comme la souris ou une boule de commande. Cela permet de réduire le nombre de périphériques sur les systèmes et de réaliser des logiciels ergonomiques très bien adaptés à certaines fonctions. La RA s'en sert principalement pour la capture de dessins ou de textes réalisés à la main directement sur l'écran. Les technologies d'écrans tactiles se développent rapidement, par exemple, l'écran tactile multipoint s'émerge déjà sur les téléphones mobiles comme les iPhone.

3. Formalisme IRVO

Introduction

Le formalisme IRVO (*Interaction with Real and Virtual Objects*) a été défini par René Chalon [Chalon, 2004] afin d'exprimer les interactions dans le contexte MOCOCO. Ce formalisme permet de modéliser les interactions entre les utilisateurs et le système de réalité mixte en expliciter les outils et les objets réels ou virtuels mis en jeu ainsi que leurs relations. IRVO permet également la prise en compte du travail collaboratif ; il est en effet possible de représenter des cas d'interaction multi-utilisateurs.

Principes

Le modèle IRVO distingue 3 catégories principales d'entités :

- **Utilisateur (U)**, ou plus généralement des utilisateurs des systèmes mixtes.
- Les objets manipulable et perceptibles par les utilisateurs ; ils sont répartis en 2

sous-catégories selon l'usage qui en test fait par l'utilisateur :

- **Objet (O)** : c'est l'objet sur lequel se porte l'intérêt de l'utilisateur pour la tâche. Cela peut être soit un objet physique, soit des données informatiques représentées sous une forme externe perceptible (objet virtuel).
- **Outil (T - Tool)** : ils participent à la réalisation de la tâche en permettant à l'utilisateur d'agir sur d'autres objets.
- **Modèle (M)** interne de l'application qui représente l'application informatique privée de la couche de présentation concrète.

Les utilisateurs sont en relation avec les objets mais pas directement avec le modèle interne. Le modèle interne est en relation avec les objets pour connaître leur état et éventuellement les modifier (Figure 115(a)). L'utilisateur se trouve dans le monde réel et le modèle interne de l'application se trouve dans le monde virtuel, dans le cas de réalité mixte, les outils peuvent être réels (Tr) ou virtuel (Tv), et peuvent agir sur des objets réels (Or) ou virtuels (Ov) (Figure 115(b)).

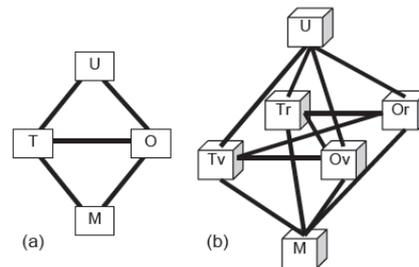


Figure 115 : Principales entités et relations du modèle IRVO (d'après [Chalon, 2004])

Les **frontières** permettent de représenter des propriétés des entités de manière topologique : il suffit qu'une entité se trouve dans un lieu délimité par des frontières pour qu'elle possède l'une des valeurs possible de la propriété représenté par la frontière. Deux types de frontières sont représentés :

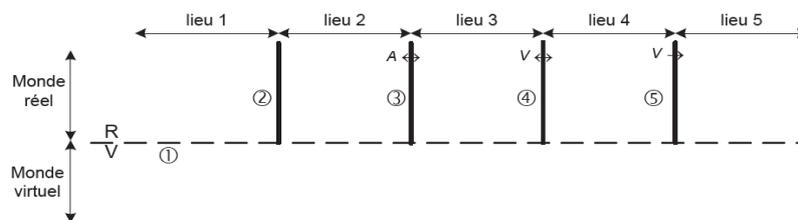


Figure 116 : Représentation des frontières du modèle IRVO (d'après [Chalon, 2004])

- La frontière monde réel/monde virtuel représenté par une ligne horizontale pointillée (Figure 116 ①).
- Les frontières entre différents lieux du monde réel représentés par une ligne verticale (Figure 116 ②). Les lignes ③④⑤ représente respectivement la frontière franchissable par audio, la frontière franchissable par la vue, la frontière franchissable semi sens par la vue.

L'**utilisateur** est principalement représenté par les canaux qu'il peut utiliser :

- Le canal visuel (V) : c'est essentiellement une entrée (sens de la vue) mais aussi une sortie (direction du regard détectée par un eye-tracker)
- Le canal Audio (A) : ce canal peut être en entrée ou en sortie.
- Le canal Kinesthésique/Haptique (Kh) : en sortie (manipulation, geste, ...) ainsi qu'en entrée (sens de toucher).

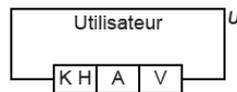


Figure 117 : Représentation d'un utilisateur du modèle IRVO (d'après [Chalon, 2004])

Les **relations** sont matérialisées par des flèches et représentent l'échange d'information entre deux entités (Figure 118). Pour un utilisateur cela peut être une action (une flèche partant de U) ou une perception (une flèche arrivant à U). Le canal de l'utilisateur d'où part ou arrive une relation indique la nature de l'information.

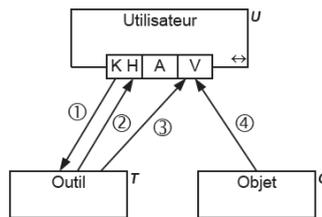


Figure 118 : Représentation des relations du modèle IRVO (d'après [Chalon, 2004])

L'**objet mixte** est « à cheval » sur les mondes réel et virtuel. IRVO réalise une composition entre un objet réel (Or) et un objet virtuel (Ov) pour un objet mixte, respectivement Tr et Tv dans le cas d'un outil (Figure 119).

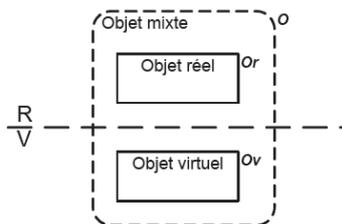


Figure 119 : Représentation d'un objet mixte du modèle IRVO (d'après [Chalon, 2004])

Exemple :

IRVO est conçu pour être utilisé dans la phase de conception du système et reflète l'utilisation future

du système par l'utilisateur. Il se place au niveau des tâches élémentaires d'interaction. Il s'agit d'un niveau très concret où l'on considère les actions élémentaires de l'utilisateur avec le système. Pour une application donnée, il existe un priori autant de modélisation IRVO que de tâches élémentaires. Figure 120 est un exemple de la modélisation par IRVO pour décrire l'application de la réalité mixte de chirurgie.

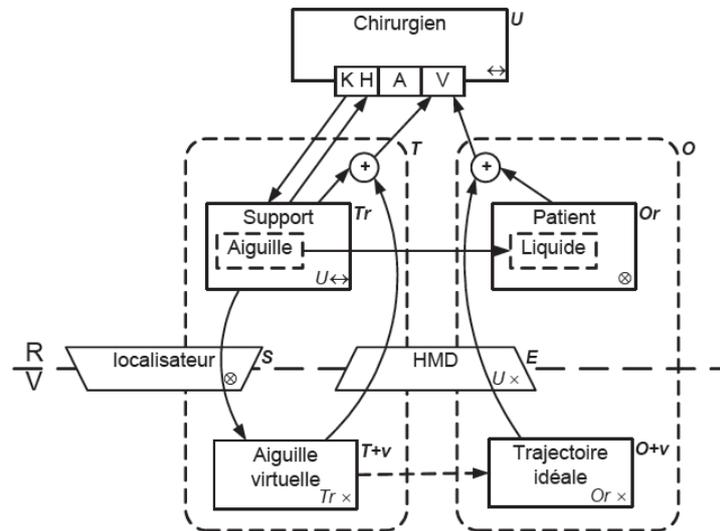


Figure 120 : Exemple de modélisation de l'application de chirurgie (d'après [Chalon, 2004])

Annexe V. Processus CoCSys

1. Introduction

La construction du système collaboratif mobile en tenant compte des contextes est un travail complexe. Pour l'organiser et pour rapprocher les développeurs et les utilisateurs, une démarche appelée CoCSys (*COoperative Capillary SYstem*) pour la construction et l'évolution des systèmes collaboratifs mobiles a été présentée par [Delotte, 2006]. L'approche par les modèles, et leur transformation permettant la contextualisation et l'adaptation sont des caractéristiques majeures de CoCSys.

CoCSys est un processus qui peut être considéré comme un cycle de vie d'applications collaboratives mobiles centrées utilisateurs. Sa finalité est la création d'applications collaboratives ayant comme point de départ l'identification des besoins à l'aide de scénarios appropriés (scénario contextualisés). A partir des besoins exprimés par les utilisateurs, la conception de l'application collaborative est formalisée et assistée.

En général, CoCSys est un processus :

- Centré utilisateur (participation des utilisateurs dans tous les quatre phases)
- Basé sur les scénarios contextualisés
- Basé sur les modèles (modèles de scénarios, modèle comportemental, modèle d'architecture)

2. Principes

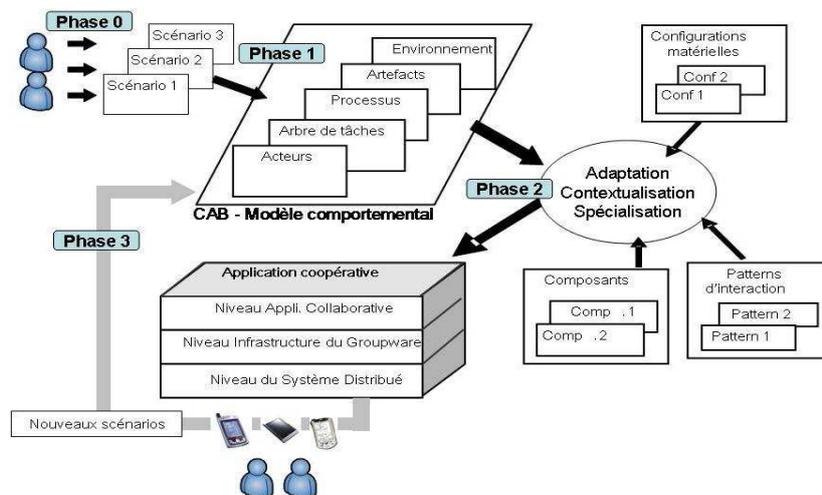


Figure 121 : Processus CoCSys (d'après [Delotte, 2006])

Figure 121 illustre une vue globale du processus CoCSys. Ce processus se décompose en 4 phases principales, dont la quatrième phase et l'évolution du processus et du système, qui permet à réintégrer les changements des contextes des utilisateurs ou les scénarios du travail collaboratif. Les trois phases de développement sont :

Collection des scénarios : Les scénarios sont collectés durant les discussions avec les utilisateurs potentiels. Ces scénarios sont reliés à des tâches spécifiques ou activités d'utilisateurs particuliers (décrit comme dans Figure 122).

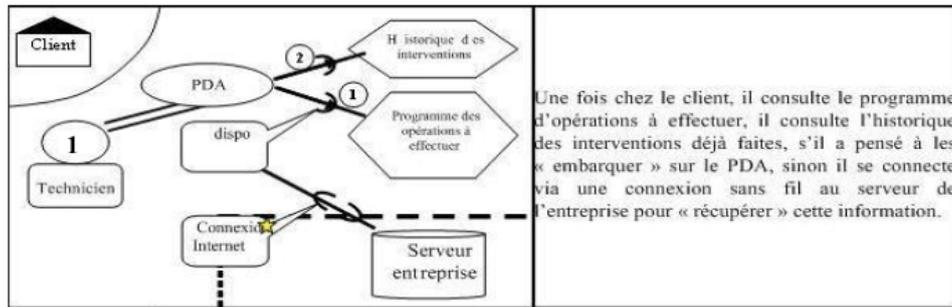


Figure 122 : Exemple d'un scénario d'utilisateur décrit dans CoCSys (d'après [Delotte, 2006])

Elaboration du modèle comportement (CBM - Cooperative Behaviour Model) : Ce modèle de comportement coopératif caractérise l'application collaborative concernée, contient des acteurs concrets, des artefacts, des tâches et contextes que cette application coopérative prendra en compte (Figure 123). Les scénarios sont étudiés afin d'extraire les tâches des différents acteurs et déterminer les contraintes fonctionnelles et temporelles permettant de définir l'organisation de ces activités.

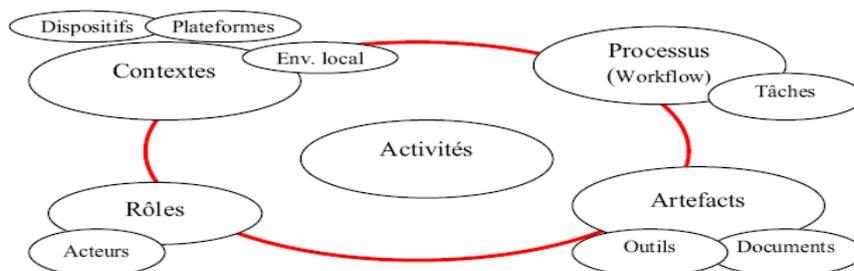


Figure 123 : Informations synthétisées dans le modèle comportemental (d'après [Delotte, 2006])

Projection du modèle comportemental sur l'architecture collaborative. A partir du modèle comportemental, une transformation (au sens MDA) basée sur des modèles de plateforme matérielle, des patterns d'interactions et des composants permet de produire une architecture adaptée à la plateforme d'application coopérative. Cette architecture est structurée en 3 niveaux (Figure 124) :

- **Le niveau de système distribué** (modèle DSI : Distributed System Infrastructure) est en charge essentiellement de la distribution des messages et de la gestion du contrôle du

contenu. Ce niveau est orienté système qui fournit les mécanismes pour la communication et la synchronisation des composants distribués qui ne sont pas adaptés au travail collaboratif.

- **Le niveau intermédiaire** (modèle CSA : Collaborative System Architecture) est un niveau générique entre l'application et le système distribué. Il contient les éléments communs de l'activité du groupe et peut être vu comme un « système d'exploitation » dédié aux collecticiels. Il supporte le travail collaboratif en contrôlant les sessions, les utilisateurs et les groupes, fournit des outils coopératifs génériques et est responsable de la gestion de la concurrence.
- **Le niveau de l'application collaborative** (modèle CUO : Collaboration User-Oriented) utilise les services du niveau intermédiaire. Ce niveau regroupe les éléments spécifiques à l'application développée. Elle englobe notamment ce qui a trait à l'interface utilisateur.

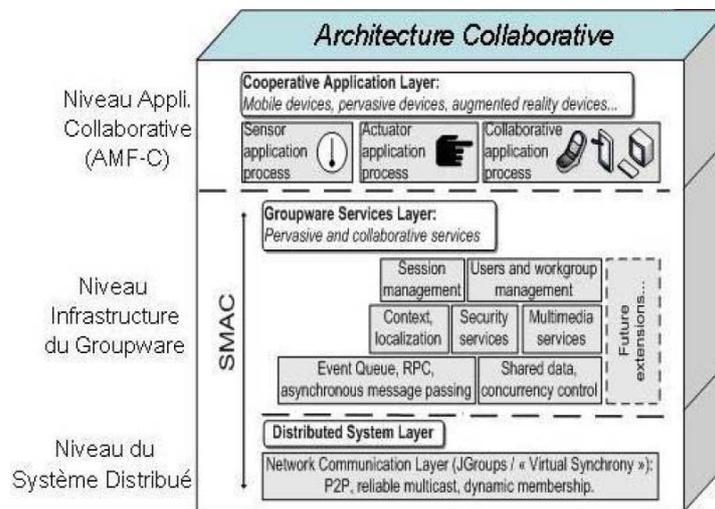


Figure 124 : Modèle de l'architecture en 3 niveaux proposé dans CoCSys (d'après [Delotte, 2006])

Annexe VI. Questionnaire et résultats de HSHB

Le projet HSHB a été évalués par des élèves de l'école d'été sur l'apprentissage mobile 2009 (Mobile Learning Summer School, 4-7, July 2009, Brest, France) pendant une séance de travaux pratiques. Après la simulation de scénario du choix de plats à l'aide des dispositifs mobiles, nous avons collecté 10 questionnaires remplis par les élèves. Nous listons ici les questions dans le questionnaire et le résumé de leurs réponses.

Question 1: Have you ever thought about the nutritional problems of your meals, or had a desire to learn about it? **Réponse:** Pour la première question, 8 yes, 2 a little. Pour la deuxième question, 7 yes, 2 a little, 1 no. Quelques réponses représentatives:

- Yes, sometimes I ask myself about it.
- I have the desire to learn it.
- I have had a desire to learn about it.
- Yes, that is something I would like to know about: Nutrition —>Health → Quality life

Question 2: Do you care about the nutrient compositions of the dishes that you choose in restaurant? **Réponse:** 4 yes, 1 sometimes, 1 a little, 4 no. Quelques réponses représentatives:

- Some times, but I must say I am not very aware about what it is in them.
- No, but we should care.
- Yes, but not every time.

Question 3: Do you think the HSHB project is helpful in the proposed situation? If not, why? **Réponse:** 7 yes, 1 maybe, 2 no. Quelques réponses représentatives:

- Yes, but maybe too much interaction to know the information.
- Yes, for sure it is helpful.
- I think it is interesting.
- No, because it doesn't help to make decisions.
- Too complicated, a simple expert system would be better.

Question 4: Do you think the HSHB project is an example of mobile learning? If not, why? **Réponse:** 4 yes, 3 maybe, 2 no, 1 partly. Quelques réponses représentatives:

- Mobile yes, learning maybe yes, but not the typical example of mobile learning.
- No, it is more a mobile information system.
- No, I think it is mobile supporting daily life.
- Only a part, it is just in time, but still delivers web pages.

Question 5: Do you think the system is a context-aware example? If not, why? **Réponse:** 7 yes, 2 maybe, 1 partly. Quelques réponses représentatives:

- Yes, because it uses RFID to know about the product to give the information and about previous dishes to give a total.
- I am not sure if dishes are part of the user context, but maybe.
- Partly (use of RFID).

Question 6: If in the future every mobile phone is equipped a micro RFID reader, will you really like to use the HSHB system in a restaurant? **Réponse:** 7 yes, 1 don't know, 2 no. Quelques réponses représentatives:

- Yes, if it is faster to use and better interaction.
- No point, they will not install RFID.
- Why not?

Question 7: What other useful functions should be added to the system in your opinion? **Réponse:** Quelques réponses représentatives:

- Maybe an eye-tracking to give direct information of the food without much user-based interactions.
- GPS, Mapping.
- Example of balanced meals that could be followed.
- Recommendation, but I think you already have it.
- It should make suggestions. E.g, what to eat today to fulfill one's nutrition plan.
- To pay with, to modify automatically to propose the best dishes.
- Profile manager, historical advice.
- Photo recognition, expert system.

Question 8: Overall comment on the HSHB project? **Réponse:** Quelques réponses représentatives:

- Important topic, but still a lot of HIC can be added.
- It is a nice start.
- The information provided to constitute the meal is too low-level. It would be easier to learn how to constitute (more or less) a balanced meal based on dishes categories than with exact number at calories or nutrients.

Bibliographies

- [Abowd G. D., et al., 1998] **Abowd G. D., et al.** Contexte-Awareness in Wearable and Ubiquitous Computing. *Virtual Reality*. 1998;3:200-211
- [ADL (Advanced Distributed Learning), 2004a] **ADL (Advanced Distributed Learning)**, ed. *Scorm Content Aggregation Model*; 2004a.
- [ADL (Advanced Distributed Learning), 2004b] **ADL (Advanced Distributed Learning)**, ed. *Scorm Run-Time Environment*; 2004b.
- [ADL (Advanced Distributed Learning), 2004c] **ADL (Advanced Distributed Learning)**, ed. *Scorm Sequencing and Navigation*; 2004c.
- [ADL (Advanced Distributed Learning), 2009] **ADL (Advanced Distributed Learning)**. What Is Scorm. 2009.
- [Akman V. et Surav M., 1997] **Akman V. et Surav M.** The Use of Situation Theory in Context Modeling. *Computational Intelligence*. 1997;13(3):427-438
- [Alparslan N. C., et al., 2008] **Alparslan N. C., et al.** Teaching Usage of Equipments in a Remote Laboratory. *Turkish Online Journal of Educational Technology*. 2008;7(1)
- [Anani A., et al., 2008] **Anani A., et al.** M-Learning in Review: Technology, Standard and Evaluation *Journal of Communication and Computer*. 2008;5(11)
- [ANTA, 2002] **ANTA**. A Glossary of Vet Terms. 2002.
- [Arrow K. J., 1962] **Arrow K. J.** The Economic Implications of Learning by Doing *review of economic studies*. 1962;29:155-173
- [Azuma R., et al., 2001] **Azuma R., et al.** Recent Advances in Augment Reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*. 2001;21(6):34-47
- [Balbo S., 1994] **Balbo S.** Evaluation Ergonomique Des Interfaces Utilisateur: Un Pas Vers L'automatisation. Université Joseph Fourier; 1994.
- [Banerji A., 1995] **Banerji A.** Electronic Performance Support Systems. *International Conference on Technology in Education (ICCE'95)*. Singapore; 1995:54-60.
- [Banerji A. et Bhandari R., 1997] **Banerji A. et Bhandari R.** Designing Epss for the Marine Industry. *International Conference on Computers in Education*. Kuching, Sarawak, Malayasia; 1997.
- [Bapst J., 2007] **Bapst J.** La Réalité Augmentée : Un Sixième Sens Au Service De L'industrie. *FI spécial été 2007* 2007.
- [Barker P. G., 1995] **Barker P. G.** Electronic Performance Support Systems (Epss). *Special Edition of Innovations in Education and Training International*. 1995;32(1):1-73
- [Bauer J., 2003] **Bauer J.** (Technische Universität Berlin Fakultät IV - Elektrotechnik und Informatik Institut für Computergestützte Informationssysteme). Identification and Modeling of Contexts for Different Information Scenario in Air Traffic. 2003.
- [Bayram S., 2004] **Bayram S.** Revisioning Theoretical Framework of Electronic Performance Support Systems (Epss) within the Software Application Examples *Turkish Online Journal of Distance Education*. 2004;5(2)
- [Bezanson W., 2002] **Bezanson W.** *Performance Support Solutions: Achieving Goals through Enabling User Performance* BookSurge Publishing; 2002.

- [Borriello G. et Deshpande N., 2002] **Borriello G. et Deshpande N.** Location-Aware Computing: Creating Innovative and Profitable Applications and Services. *Interl Developer Magazine*. 2002;1-6
- [Bouzy B. et Cazenave T., 1997] **Bouzy B. et Cazenave T.** Using the Object Oriented Paradigm to Model Context in Computer Go. *Context 97*. Rio, Brazil; 1997.
- [Brown P. J., 1996] **Brown P. J.** The Stick-E Document: A Framework for Creating Context-Aware Applications. *Electronic Publishing 1996*. Laxenburg, Austria; 1996.
- [Brown P. J., 1998] **Brown P. J.** Triggering Information by Context. *Personal Technologies*. 1998;2(1):1-9
- [Brown P. J., et al., 1997] **Brown P. J., et al.** Context-Aware Applications: From the Laboratory to the Marketplace. *IEEE Personal Communications* 1997;4(5):58-64
- [Byun H. E. et Cheverst K., 2004] **Byun H. E. et Cheverst K.** Utilizing Context History to Provide Dynamic Adaptations. *Applied Artificial Intelligence*. 2004;18(6):533
- [C.Chu W., et al., 2005] **C.Chu W., et al.** Context-Sensitive Content Representation for Mobile Learning. *ICWL2005- the 4th International Conference of Web-Based learning*. Hong Kong, China; 2005.
- [Calvary G., et al., 1997] **Calvary G., et al.** From Single-User Architectural Design to Pac*: A Generic Software Architecture Model for Cscw. *Conference on Human Factors in Computing Systems 1997*. Atlanta, USA; 1997:242-249.
- [Canalys, 2008] **Canalys**. Worldwide Smart Mobile Device Market. 2008.
- [Carroll J. M., 2000] **Carroll J. M.** *Making Use: Scenario-Based Design of Human-Computer Interactions*.; 2000 Mit Press).
- [Chalmers M. J., 2004] **Chalmers M. J.** A Historical View of Context. *Computer Supported Cooperative Work*. 2004;13(3-4):223-247
- [Chalon R., 2004] **Chalon R.** Réalité Mixte Et Travail Collaboratif: Irvo, Un Modèle De L'interaction Homme - Machine. Ecole Centrale de Lyon; 2004.
- [Champalbert F., 2008] **Champalbert F.** Identification Et Mise En Place De Service Collaboratifs Génériques Au Sein Du Système Smac (Services for Mobile Applications and Collaborations). Conservatoire National des Arts et Metiers; 2008.
- [Chan T., et al., 2004] **Chan T., et al.** Educational Metadata for Mobile Learning. *Second IEEE Workshop on wireless and Mobile Technoloiges in Education*. Taoyuan, Taiwan; 2004.
- [Chen G. et Kotz D., 2000] **Chen G. et Kotz D.** A Survey of Context-Aware Mobile Computing Research. *Dartmouth College Technical Report TR2000-381*. 2000
- [Cheverst K., et al., 1999] **Cheverst K., et al.** Design of an Object Model for a Context Sensitive Tourist Guide. *Computer and Graphics*. 1999;23(6):883-891
- [Chu Y. L. et Liu T. Y., Year] **Chu Y. L. et Liu T. Y.** Handheld Computer Supported Context-Aware Learning with 2d Barcodes. In: Spector JM, Sampson DG, Okamoto T, et al., eds. 7th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies. Niigata, JAPAN; 2007: 485-486.
- [Coutaz J. et Nigay L., 2001] **Coutaz J. et Nigay L.** Architecture Logicielle Conceptuelle Des Systèmes Interactifs. In: C. K, ed. *Analyse Et Conception De L'ihm*. Hermès, Paris; 2001:207-246.
- [Daruwala Y., 2008] **Daruwala Y.** A Constructive Memory Architecture for Context Awareness. University of Sydney; 2008.
- [David B., 2001] **David B.** Ihm Pour Les Collecticiels. *Réseaux et Système Répartis*. 2001;13:169-206

- [David B. et Chalon R., 2007a] **David B. et Chalon R.** Imera: Experimentation Plateforme for Computer Augmented Environment for Mobile Actors *3rd IEEE International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications*. New York, USA; 2007a.
- [David B., et al., 2007b] **David B., et al.** Orchestra: Formalism to Express Static and Dynamic Model of Mobile Collaborative Activities and Associated Patterns. *12th International Conference, HCI international 2007*. Beijing, China; 2007b.
- [David B., et al., 2003] **David B., et al.** Capillary Cscw. *Human-Computer Interaction Theory and Practice*. 2003;2:879-883
- [David B., et al., 1996] **David B., et al.** Ergonomie Du Travail Coopératif En Conception. *ERGO'IA 1996*; 1996.
- [David B., et al., 2008] **David B., et al.** Contextual Mobile Learning for Repairing Industrial Machines : System Architecture and Development Process. *iJAC Journal: International Journal of Advanced Corporate Learning*. 2008;Vol 1, No 2
- [David B., et al., 2009] **David B., et al.** Contextual Mobile Learning: Principles and Nutritional Human Being Case Study. *IADIS International Conference Mobile Learning 2009*. Barcelona, Span; 2009.
- [Delotte O., 2006] **Delotte O.** Cocsys: Une Approche Basée Sur La Construction D'un Modèle Comortementale Pour La Conception De Systèmes Collaboratifs Mobiles. Ecole Centrale de Lyon; 2006.
- [Delotte O., et al., 2003] **Delotte O., et al.** Environnement Et Démarche Pour La Construction Et L'évaluation De Systèmes Collaboratifs. *Conférence IHM 2003*. Caen, France; 2003:72-79.
- [Desmoulin C. et Grandbastien M., 2000] **Desmoulin C. et Grandbastien M.** Des Ontologies Pour Indexer Des Documents Techniques Pour La Formation Professionnelle *Congrès Ingénierie des connaissance IC'2000*. Toulouse; 2000:49-57.
- [Dey A. K., 1998] **Dey A. K.** Contexte-Aware Computing: The Cyberdesk Project. *the AAAI 1998 Spring Symposium on Intelligent Environment*. Palo Alto, CA; 1998:51-54.
- [Dey A. K., 2000] **Dey A. K.** Providing Architectural Support for Building Context-Aware Applications; 2000.
- [Dillenbourg P., 1999] **Dillenbourg P.** What Do You Mean by 'Collaborative Learning'? In: Dillenbourg P, ed. *Collaborative Learning: Cognitive and Computational Approaches*. geneva: Oxford: Elsevie; 1999:1-19.
- [Dourish P., 2004] **Dourish P.** What We Talk About When We Talk About Context. *Personal and Ubiquitous Computing*. 2004;8(1):19-30
- [Dumout E., 2005] **Dumout E.** Les Français Accros Au Téléphone Mobile. 2005.
- [Ellis C., et al., 1991] **Ellis C., et al.** Groupeware: Some Issues and Experiences. *Communications of the ACM*. 1991;34(1):38-58
- [Emery J., 2001] **Emery J.** Hewlett-Packard Call Agent Performance-Centered Design: Closing the Gap between Training & Working *Performance-Centered Design (PCD) Competition 2001* Boise, USA; 2001.
- [Engeström Y., 1994] **Engeström Y.** *Learning for Change: New Approach to Learning and Training in Companies* Geneva: ILO; 1994.
- [Frohberg D., 2006] **Frohberg D.** Mobile Learning Is Coming of Age - What We Have and What We Still Miss. *DeLFI 2006, 4. e-Learning Fachtagung Informatik*. Darmstadt, Germany; 2006.

- [Georgieva E., et al., 2005] **Georgieva E., et al.** A General Classification of Mobile Learning Systems. *International conference on computer systems and technologies 2005*. Technical University, Varna, Bulgaria; 2005.
- [Gery G., 2002] **Gery G.** Achieving Performance and Learning through Performance Centered Systems. *Advances in Developing Human Ressources*. 2002;4(4):464-478
- [Gery G. J., 1991] **Gery G. J.** *Electronic Performance Support Systems: How and Why to Remake the Workplace through the Strategic Application of Technology*; 1991 Gery Performance Press).
- [Gibbs G., 1988] **Gibbs G.** *Learning by Doing: A Guide to Teaching and Learning Methodes* Future Education Unit; 1988.
- [Greeberg S., 2001] **Greeberg S.** Context as a Dynamic Construct *Human-Computer Interaction*. 2001;16(2-4):257-268
- [Greif I., 1988] **Greif I.** *Computer-Supported Cooperative Work: A Book of Readings*. San Mateo CA: Morgan Kaufman Eds; 1988.
- [Gu T., et al., 2004] **Gu T., et al.** An Ontology Based Context Model in Intelligent Environments. *Communication Networks and Distributed Systems Modeling and Simulation Conference* San Diego, California, USA; 2004.
- [Habermeier, 1990] **Habermeier.** Product Use and Product Improvement. *Research Policy*. 1990;19:271-283
- [Halin G. et Kubicki S., 2005] **Halin G. et Kubicki S.** Architecture Dirigée Par Les Modèles Pour Une Représentation Multi-Vues Du Contexte De Coopération. *IHM 2005*. Toulouse, France; 2005.
- [Harris R., et al., 2000] **Harris R., et al.** (National centre for vocational education research). More Than Meets the Eye? Rethinking the Role of Workplace Trainer. 2000.
- [Hazas M., et al., 2004] **Hazas M., et al.** Location-Aware Computing Comes of Age. *Computer*. 2004;37(2):95-97
- [Held A., et al., 2002] **Held A., et al.** Modeling of Context Information for Pervasive Computing Applications. *Proceedings of SCI 2002/ISAS 2002* 2002
- [Henricksen K., et al., 2003] **Henricksen K., et al.** Generating Context Management Infrastructure from High-Level Context Models. *4th International Conference on Mobile Data Management*. Melbourne Australia; 2003.
- [Hippel E. et Tyre M. J., 1995] **Hippel E. et Tyre M. J.** How Learning by Doing Is Done: Problem Identification in Novel Process Equipment. *Research Policy*. 1995;24:1-12
- [Hong J.-y., et al., 2008] **Hong J.-y., et al.** Context-Aware Systems: A Literature Review and Classification. *Expert Systems with Applications*. 2008;36(2009):8509-8522
- [Hsu J. M., et al., Year] **Hsu J. M., et al.** Using the Rfids to Construct the Ubiquitous Self-Learning Environment for Understanding the Plants in the Schoolyard. *5th IEEE International Workshop on Wireless, Mobile and Ubiquitous Technologies in Education*. Beijing, PEOPLES R CHINA; 2008: 210-212.
- [Hull R., et al., 1997] **Hull R., et al.** Towards Situated Computing. *1st International Symposium on Wearable Computers ISWC'97*. Cambridge, MA; 1997.
- [IEEE, 2002] **IEEE.** Draft Standard for Learning Object Metadata. New York, NY 10016-5997, USA; 2002:44.
- [Imbert M., 2006] **Imbert M.** Etude D'un Ensemble De Services Logiciels Réutilisables Adaptés Au

- Développement De Logiciels Collaboratifs En Environnement Mobile. CNAM LYON; 2006.
- [IMS, 2003] **IMS**. *Ims Learning Design Information Model* IMS Global Learning Consortium; 2003 Learning Design Specification).
- [Indulska J., et al., 2003] **Indulska J., et al.** Experiences in Using Cc/Pp in Context-Aware Systems *Mobile Data Management*. 2003:247-261
- [IPGems, 2001] **IPGems**. Kp2000 Learner Interface Redesign. *Performance-Centered Design Competition 2001*. Derwood, USA; 2001.
- [Jermann P., 1996] **Jermann P.** Cognition Distribuée in Conception Et Analyse D'une Interface Semi-Structurée Dédinée À La Co-Résolution De Problème. Université de Genève; 1996.
- [Joiner R., et al., 2006] **Joiner R., et al.** Designing Educational Experiences Using Ubiquitous Technology. *Computers in Human Behavior*. 2006;22(1):67-
- [Kabel S. C., et al., 1999] **Kabel S. C., et al.** Ontologies for Indexing Technical Manuals for Instruction *Workshop on ontologies for intelligent education systems*. Le Mans, France; 1999.
- [Karsenty A., 1994] **Karsenty A.** Le Collecticiel: De L'interaction Homme-Machine À La Communication Homme-Homme. *Technique et Science Informatique (TSI)*. 1994;13(1):105-127
- [Kay A. et Goldberg A., 1977] **Kay A. et Goldberg A.** Personal Dynamic Media. *Computer*. 1977;10(3):31-41
- [Keegan D., 2005] **Keegan D.** *The Incorporation of Mobile Learning into Mainstream Education and Training*; 2005 Mobile Learning-a Handbook for Educators and Trainers).
- [Keesah J. H., 2001] **Keesah J. H.** Maintainer's Electronic Performance Support System Mepss™. *Performance Centered Design (PCD) Competition 2001*. Atlanta, USA; 2001.
- [Kim T. J. et Kim M. C., Year] **Kim T. J. et Kim M. C.** Context Awareness Using Semantic Web Technology in the Ubiquitous Learning Service. In: Gervasi O, Murgante B, eds. International Conference on Computational Science and Its Applications (ICCSA 2008). Perugia, ITALY; 2008: 501-515.
- [Kolb D. A., 1984] **Kolb D. A.** *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development* New Jersey: Prentice-Hall; 1984.
- [Krueger B., et al., 2005] **Krueger B., et al.** Transfer in Learning by Doing. *International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI2005*. EDINBURGH, SCOTLAND; 2005.
- [Laouris Y., 2005] **Laouris Y.** We Need an Educationally Relevant Definition of Mobile Learning. *4th World conference on mLearning*. Cape Town, South Africa; 2005.
- [Laura L. H., 1999] **Laura L. H.** Just-in-Time Learning: Web-Based/Internet Delivered Instruction. *AMCIS 1999: 5th Conference on information systems*. Milwaukee, WI; 1999:912-914.
- [Lin N. H., et al., 2004] **Lin N. H., et al.** Pocket Scorm. *24th International Conference on Distributed Computing Systems Workshops*; 2004.
- [Lonsdale P., et al., 2004] **Lonsdale P., et al.** A Context Awareness Architecture for Facilitating Mobile Learning. *Learning with Mobile Devices: Research and Development*. London: Learning and Skills Development Agency; 2004.
- [Luckin R., 2005] **Luckin R.** Learning Contexts as Ecologies of Resources: Issues for the Design of Educational Technology. *Cognitive Science Research Papers*. 2005.
- [Maa H., 1997] **Maa H.** Location-Aware Mobile Applications Based on Directory Services. *the third annual ACM/IEEE international conference on mobile computing and networking*. Budapest,

- Hungary; 1997:23-33.
- [MacGraw K. L., 1994] **MacGraw K. L.** Intergrating Ai, Hypermedia and Cbt to Enhance the User Performance. *Journal of Artificial Interlligence in Education*. 1994;5(1):3-26
- [Mackay W. E., 1996] **Mackay W. E.** Réalité Augmentée: Le Meilleur Des Deux Mondes. *La Recherche*. 1996;Mars(285):32-37
- [Marrer G., 2009] **Marrer G.** A Mobile Learning Definition for My Campus 2009.
- [Mason R., et al., 2005] **Mason R., et al.** A Learning Object Success Story. *Jaln Case Study*. 2005;9(1):97105
- [Masserey G., et al., 2006] **Masserey G., et al.** Démarche D'aide Au Choix De Dispositifs Pour L'ordinateur Porté. *Conférence ERGO-IA- L'humain comme facteur de performance des systèmes complexes* Biarritz, France; 2006.
- [Mccarthy J., 1993] **Mccarthy J.** Notes on Formalizing Contexts. *Thirteenth International Joint Conference on Artificial Interlligence*. San Mateo, California, USA; 1993:555-560.
- [Meyer C., et al., 2006] **Meyer C., et al.** Caractérisation De Situations De M-Learning. *TICE 2006: Technologies de l'Information et de la Communication dans l'Enseignement Supérieur et l'Entreprise*. Toulouse; 2006.
- [Milgram P. et Kishino F., 1994] **Milgram P. et Kishino F.** A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *Transactions on Information Systems*. 1994;E77-D(12)
- [Milligan C. D., et al., 2005] **Milligan C. D., et al.** The Reload Learning Design Tools. *Learning Design, a Handbook on Modelling and Delivering Networked Education and Training*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag; 2005.
- [Moran T. P. et Dourish P., 2001] **Moran T. P. et Dourish P.** Context-Aware Computing. *Human-Computer Interaction*. 2001;16(2-4):87-94
- [Mori G., et al., 2002] **Mori G., et al.** Ctte: Support for Developing and Analyzing Task Models for Interactive Système Design. *IEEE Transactions on Software Engineering*. 2002;28(8):797-813
- [Mori G., et al., 2004] **Mori G., et al.** Design and Development of Multidevice User Interfaces through Multiple Logical Description. *IEEE Transactions on Software Engineering*. 2004;30(8):507-520
- [Motiwalla L. F., 2007] **Motiwalla L. F.** Mobile Learning: A Framework and Evaluation. *Computer & Education*. 2007;49(3):581-596
- [Naismith L., et al., 2004] **Naismith L., et al.** (Futurelab, United Kindom). Literature Review in Mobile Technologies and Learning. 2004.
- [O'Malley C., et al., 2003] **O'Malley C., et al.** Guidelines for Learning/Teaching/Tutoring in a Mobile Environment. 2003.
- [Ogata H., et al., Year] **Ogata H., et al.** Computer Supported Ubiquitous Learning Environment for Vocabulary Learning Using Rfid Tags. In: Courtiat JP, Davarakis C, Villemur T, eds. Technology Enhanced Learning Workshop held at the18th IFIP World Computer Congress. Toulouse, FRANCE; 2004: 121-130.
- [Ogata H. et Soc I. C., Year] **Ogata H. et Soc I. C.** Computer Supported Ubiquitous Learning: Augmenting Learning Experiences in the Real World. 5th IEEE International Workshop on Wireless, Mobile and Ubiquitous Technologies in Education. Beijing, PEOPLES R CHINA; 2008: 3-10.
- [OMG, 2004] **OMG.** Model Driven Architecture. 2004.

- [Onstenk J., 1995] **Onstenk J.** Apprendre Sur Le Lieu De Travail En Situation De Changement Organisationnel Dans L'industrie De Transformation. *Formation Professionnelle*. 1995;5:33-40
- [Ozturk P. et Aamodt A., 1997] **Ozturk P. et Aamodt A.** Formalizing Context (Expanded Notes). *the AAAI fall symposium on context in knowledge representation and natural language*. Menlo Park, California, USA; 1997:99-135.
- [Ouadou K., 1994] **Ouadou K.** Amf: Un Modèle D'architecture Multi-Agents Multi-Facettes Pour Interfaces Homme-Machine Et Les Outils Associés. Ecole Centrale de Lyon; 1994.
- [Pascoe J., 1998] **Pascoe J.** Adding Generic Contextual Capabilities to Wearable Computers. *the Second International Symposium on Wearable Computers*. Pittsburgh, Pennsylvania; 1998.
- [Paterno F. et Santoro C., 2002] **Paterno F. et Santoro C.** One Model, Many Interfaces. *Computer Aided Design of User Interfaces*. Valenciennes, France; 2002:143-155.
- [Patterson E. T., 2004] **Patterson E. T.** Just-in-Time Teaching: Technology Transforming Learning: A Status Report *Teaching strategies & guidelines*. 2004(2004.):49-54
- [Pinkwart N., et al., 2003] **Pinkwart N., et al.** Educational Scenarios for the Cooperative Use of Personal Digital Assistants. *Journal of Computer Assisted Learning*. 2003;19(3):203-207
- [Polsani P., 2003] **Polsani P.** Network Learning. *Mobile Learning Essays on Philosophy, Psychology and Education*. vienna; 2003:135-150.
- [Quinn C., 2000] **Quinn C.** M-Learning: Mobile, Wireless, in Your Pocket Learning. *linezine*; 2000.
- [Research A., 1998] **Research A.** 1998 Learning Technology Research Report. 1998.
- [Reynolds C., 1997] **Reynolds C.** A Critical Examination of Separable User Interface Management Systems: Constructs for Individualization. *SIGCHI Bulletin*. 1997;29(3)
- [Riboulet A., 2008] **Riboulet A.** Mise En Place, Utilisation Et Expérimentation Des Lunettes De Réalité Augmentée Dans Les Application Industrielles. Ecole Centrale de Lyon; 2008.
- [Rogers Y., et al., 2005] **Rogers Y., et al.** Ubi-Learning Integrating Indoor and Outdoor Learning Experiences. *Communications of the ACM*. 2005;48(1):55-59
- [Rosenberg N., 1982] **Rosenberg N.** Inside the Black Box: Technology and Economics. *Cambridge University Press*. 1982
- [Ryan N., et al., 1998] **Ryan N., et al.** Enhanced Reality Fieldwork: The Context-Aware Archaeological Assistant. In: Gaffney V, Van M, Exxon S, eds. *Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*: Oxford; 1998.
- [Salber D., et al., 1995] **Salber D., et al.** De L'observabilité Et De L'honnêteté Dans La Communication Homme-Homme Médiatisée. *Septièmes Journées sur l'Ingénierie de l'Interaction Homme-Machine IHM'95* Toulouse, France; 1995:27-33.
- [Sambataro M., 2000] **Sambataro M.** Just-in-Time Learning. *computer world*; 2000.
- [Sanyas N., 2008] **Sanyas N.** Près De 3 Millions De Smartphones Vendus En France En 2009 ? ; 2008
- [Schilit B. N., et al., 1994a] **Schilit B. N., et al.** Context-Aware Computing Applications. *1st International Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*. Santa Cruz, CA: IEEE; 1994a:85-90.
- [Schilit B. N., et al., 2002] **Schilit B. N., et al.** Context-Aware Communication. *IEEE Wireless Communications*. 2002;9(5):46-54
- [Schilit B. N. et Theimer M. M., 1994b] **Schilit B. N. et Theimer M. M.** Disseminating Active Map Information to Mobile Hosts. *IEEE Network*. 1994b;8(5):22-32

- [Schmidt A., et al., 1999] **Schmidt A., et al.** There Is More to Context Than Location. *Computers and Graphics*. 1999;23(6):893-901
- [Sharlples M., 2003] **Sharlples M.** Disruptive Devices: Mobile Technology for Conversational Learning. *International Journal of Continuing Engineering Education and Lifelong Learning*. 2003;12(5/6):504-520
- [Sharlples M., et al., 2002] **Sharlples M., et al.** The Design and Implementation of a Mobile Learning Resource. *Personal and Ubiquitous Computing*. 2002;6:220-234
- [Sharma S. K. et Kitchens F. L., 2004] **Sharma S. K. et Kitchens F. L.** Web Services Architecture for M-Learning. *Electronic Journal on e-Learning*. 2004;2(1):203-216
- [Sharlples M., et al., 2005] **Sharlples M., et al.** Towards a Theory of Mobile Learning. *4th World Conference on mLearning*. Cape Town, South Africa; 2005.
- [Smith B. L. et MacGregor J. T., 1992] **Smith B. L. et MacGregor J. T.** What Is Collaborative Learning. In: Goodsell A, Maher M, Tinto V, Smith BL, MacGregor JT, eds. *Collaborative Learning: A Sourcebook for Higher Education*: National center on postsecondary teaching learning and assessment at pennsylvania state university; 1992.
- [Stahl G., et al., 2006] **Stahl G., et al.** Csl: An Historical Perspective. In: Sawyer RK, ed. *Cambridge Handbook of the Learning Sciences*: Cambridge University Press 2006.
- [Strang T., 2003] **Strang T.** Service Interoperability in Ubiquitous Computing Environments; 2003.
- [Strang T. et Linnhoff-Popien C., 2004] **Strang T. et Linnhoff-Popien C.** A Context Modeling Survey. *the Sixth International Conference on Ubiquitous Computing*. Nottingham, England; 2004.
- [Tarpin-Bernard F., 1997] **Tarpin-Bernard F.** Travail Coopératif Synchrone Assisté Par Ordinateur: Approche Amf-C. Ecole Centrale de Lyon; 1997.
- [Tarpin-Bernard F., et al., 1998] **Tarpin-Bernard F., et al.** Frameworks and Patterns for Synchronous Groupware: Amf-C Approach. *Working conference on Engineering for HCI*. Greece; 1998:225-241.
- [Tarpin-Bernard F., et al., 2009] **Tarpin-Bernard F., et al.** Achieving Usability of Adaptable Software: The Amf-Based Approach. *Software Engineering Models, Patterns and Architectures for Hci*; 2009.
- [Traxler J., 2007] **Traxler J.** Defining, Discussing and Evaluating Mobile Learning: The Moving Finger Writes and Having Writ *The International Review of Research in Open and Distance Learning*. 2007;8(2)
- [Trevisan D., et al., 2003] **Trevisan D., et al.** Model-Based Approach and Augmented Reality Systems. *Human-Computer Interaction Theory and Practice*. 2003;1:1273-1277
- [Trifonova A. et Ronchetti M., 2004] **Trifonova A. et Ronchetti M.** A General Architecture for M-Learning. *The fourth IEEE Conference on Advanced Learning Technologies*. Joensuu, Finland; 2004.
- [Turunen H., et al., 2003] **Turunen H., et al.** Supporting Observation Tasks in a Primary School with the Help of Mobile Devices. *Mobile Learning Essays on Philosophy, Psychology and Education*. Vienna; 2003:209-221.
- [UIMS, 1992] **UIMS**. A Metamodel for the Runtime Architecture of an Interactive System. *The UIMS Workshop Tool Developers*. Vol. 24; 1992:32-37.
- [Unesco, 1998] **Unesco**. Definition of Just in Time Learning. <http://www.unesco.org/education/educprog/lwf/doc/portfolio/definitions.htm>; 1998.

- [Wang Y. K., Year] **Wang Y. K.** Context Awareness and Adaptation in Mobile Learning. Proceedings - 2nd IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education; 2004: 154-158.
- [Wikipedia, 2008] **Wikipedia.** Radio-Frequency Identification. <http://en.wikipedia.org/wiki/Rfid>; 2008.
- [Wikipedia, 2009a] **Wikipedia.** Global Positioning System. http://fr.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System; 2009a.
- [Wikipedia, 2009b] **Wikipedia.** Mlearning. <http://en.wikipedia.org/wiki/M-learning>; 2009b.
- [Wright T. P., 1936] **Wright T. P.** Factors Affecting the Cost of Airplanes. *Journal of Aeronautical*. 1936;3:122-128
- [Yin C., et al., 2009a] **Yin C., et al.** A Contextual Mobile Learning System for Mastering Domestic and Professional Equipments. *2009 IEEE International Symposium on IT in Medicine & Education (ITME2009)*. Jinan, China; 2009a.
- [Yin C., et al., 2009b] **Yin C., et al.** A Contextual Mobile Learning System in Our Daily Lives and Professional Situations. *8th European Conference on E-Learning*. University of Bari, Italy; 2009b.
- [Yin C., et al., 2009c] **Yin C., et al.** Use You Mobile Computing Devices to Learn. *2nd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology*. Beijing, China; 2009c.
- [Yin C. J., et al., 2005] **Yin C. J., et al.** Ubiquitous-Learning System for the Japanese Polite Expressions. In: Ogata H, Sharples M, Kinshuk X, Yano Y, eds. *3rd IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education*. Tokushima, JAPAN; 2005:269-273.
- [Zhao X. Y., 2006] **Zhao X. Y.** An M-Learning System Model for the Taxi Driver. In: Callaghan V, Hu B, Lin Z, Zhang H, eds. *1st International Symposium on Pervasive Computing and Applications*. Urumchi, China; 2006:408-410.

AUTORISATION DE SOUTENANCE

Vu les dispositions de l'arrêté du 7 août 2006,

Vu la demande du Directeur de Thèse

Monsieur B. DAVID

et les rapports de

Monsieur S. GARLATTI
Professeur - Institut TELECOM - TELECOM Bretagne - Computer Science Department
LabSTICC UMR 3192 - Technopôle BREST Iroise - CS 83818 - 29238 BREST cedex 3

et de

Monsieur A. DERYCKE
Professeur - LIFL - UMR USTL/CNRS 8022 - Bâtiment M3 - 59655 VILLENEUVE D'ASCQ cedex

Monsieur YIN Chuantao

est autorisé à soutenir une thèse pour l'obtention du grade de **DOCTEUR**

Ecole doctorale INFORMATIQUE ET MATHÉMATIQUES

Fait à Ecully, le 19 janvier 2010

P/Le Directeur de l'E.C.L.
La Directrice des Etudes



M.A. GALLAND

SAMCCO : un Système d'Apprentissage Mobile Contextuel et Collaboratif dans des Situations Professionnelles

Résumé :

Sous l'influence des technologies de l'informatique mobile, l'apprentissage devient de plus en plus mobile. En effet, utiliser des dispositifs mobiles pour apprendre, n'importe où et n'importe quand, c'est l'objectif de l'apprentissage mobile (Mobile Learning). Nous nous plaçons principalement dans des situations professionnelles, portant sur l'apprentissage contextuel de la maîtrise d'équipements domestiques, publics ou professionnels en mobilité. Nos travaux de recherche visent à mettre en oeuvre l'apprentissage mobile que nous voulons situé, contextuel, personnel, collaboratif, et tout au long de la vie. Nous proposons un système d'apprentissage mobile contextuel appelé SAMCCO (Système d'Apprentissage Mobile Contextuel et Collaboratif) qui prend en compte les exigences MOCOCO (Mobilité, Contextualisation, Collaboration). Dans nos travaux, nous explorons les domaines des technologies mobiles, de l'apprentissage mobile, de la contextualisation, des méthodes d'apprentissage en contexte, du Travail Collaboratif Assisté par Ordinateur (TCAO) de l'Interaction Homme-Machine (IHM) et de la Réalité Augmentée (RA).

Nos travaux ont commencé par l'étude de la modélisation d'unités d'apprentissage. Nous avons défini des modèles de ces unités d'apprentissage en tant que ressources d'apprentissage pour la maîtrise d'équipements. Nous définissons les métadonnées AMLOM (Appliance Mastering LOM) pour décrire ces unités d'apprentissage. Les métadonnées AMLOM sont issues d'IEEE LOM (Learning Object Metadata) avec la redéfinition de certains éléments et l'ajout de nouveaux éléments pour permettre la contextualisation des unités d'apprentissage dans nos contextes d'apprentissage. Nous avons également élaboré un processus de production d'unités d'apprentissage. Ce processus permet de transformer les documentations initiales, comme des manuels papier ou d'autres formats numériques, en unités d'apprentissage XML et de les stocker et indexer dans une base de données, pour être prêtes à être interrogées par le système d'apprentissage SAMCCO.

La conception de SAMCCO s'appuie sur l'approche basée sur les scénarios et sur les modèles. SAMCCO se base sur la plateforme IMERA (Interaction Mobile dans l'Environnement Réel Augmenté) développée par notre équipe, qui a pour but de prendre en compte les augmentations suivantes : apprenant augmenté, environnement augmenté, équipement augmenté. La modélisation, la prise en compte des exigences d'apprenant et du contexte d'apprentissage dans son activité professionnelle sont au coeur de nos travaux. Nous avons également adapté des méthodes d'apprentissage, comme l'apprentissage juste à temps, l'apprentissage par l'action et l'apprentissage collaboratif, à nos activités d'apprentissage mobiles. L'architecture du système se base sur des modèles (bases de données, services génériques, patterns d'interaction, etc.). L'objectif de SAMCCO est d'augmenter avec les caractéristiques MOCOCO l'efficacité de l'apprentissage et la performance du travail associé dans les activités de la maîtrise d'équipements domestiques, publics, ou professionnels.

En s'appuyant sur les principes de notre approche, nous avons réalisé plusieurs applications pour valider l'intérêt de SAMCCO dans différentes situations. Le scénario du banc de tests MAPED nous a permis de valider le processus de production d'unités d'apprentissage dans un cas concret. Le scénario de maintenance de l'ordinateur est un cas d'application de l'apprentissage mobile contextuel dans une activité de maintenance d'équipement. Le projet HSHB (Healthy Spirit in Healthy Body) permet un autre type d'apprentissage, l'apprentissage mobile contextuel dans le processus de constitution d'un repas équilibré dans un restaurant libre service, dans lequel notre système peut également être utilisé.

Mots clés : Apprentissage mobile, unité d'apprentissage, contexte, contextualisation, méthode d'apprentissage, Interaction Homme-Machine, travail collaboratif assisté par ordinateur.

SAMCCO: a Collaborative Contextual Mobile Learning System in Professional Situations

Abstract:

With the rapid development of mobile computing technologies, mobile learning has become a new important learning style in our life. Situated, contextual, personal, collaborative, informal and lifelong are the main characteristics of mobile learning. We are interested in applying mobile learning in contextual professional situations, particularly in the learning of mastering domestic, public and professional appliances. In our work, a learning system named SAMCCO (French acronym of Collaborative Contextual Mobile Learning System) which concerned MOCOCO (Mobility, Contextualization, Collaboration) concepts was proposed for the above aimed situations. The research involved the domains of mobile technologies, mobile learning, learning context, contextualization, learning methods, CSCW (Computer Supported Cooperative Work), HCI (Human Computer Interaction) and AR (Augmented Reality).

The problem of learning units was firstly studied. We considered learning units and their models as the learning resources for appliance mastering in our approach. We defined AMLOM (Appliance Mastering LOM) metadata to describe learning units. AMLOM metadata were extended from IEEE LOM (Learning Object Metadata) by redefining the existent elements and adding some new elements, which would support the contextualization of learning units in our proposed learning contexts. We also proposed a process for the production of learning units, which allows us to transform the original documentations, such as paper manuals or other electronic documents, into learning units in XML format, store and index them in database.

The conception of SAMCCO is based on the IMERA (Computer Augmented Environment for Mobile Interaction) platform designed by our research team which concerns the following augmentations: augmented learners, augmented environment and augmented appliances. Learner's requirements and learning context in professional situations were identified and modeled in the conception of system. Learning methods such as just in time learning, learning by doing and collaborative learning were properly adapted into professional learning activities. The system architecture is based on models (generic services, databases, interaction patterns, etc) and explains how the learning system works. The objective of SAMCCO is to augment the learning efficiency and working performance associated in the activities of mastering domestic, public and professional appliances with MOCOCO characteristics.

Based on the principles of our approach, we made several applications to validate the interest of SAMCCO in different concrete situations. MAPED test bench scenario allowed us to validate the process of the production of learning units in a precise industrial case. The scenario of computer maintenance is an application of contextual mobile learning in the activity of appliance maintenance. HSHB (Healthy Spirit in Healthy Body) project illustrates another type of contextual mobile learning for establishing a balanced meal in self-service restaurant, in which our system design was also used.

Keywords: mobile learning, learning unit, context, contextualization, learning methods, human computer interaction, Computer Supported Cooperative Work