

République algérienne démocratique et populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Centre Universitaire de Khenchela

Ecole doctorale Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication

Option : Systèmes d'information et de connaissances

Mémoire de magister

Thème :

**Capitalisation des processus métiers dans un
contexte e-learning**

Présenté par : ISKHAR Belkacem

Membres de jury :

Mr. Mohamed BENMOHAMMED	Professeur, UMC	Président
Mr. Nacer Eddine ZAROOUR	Professeur, UMC	Examineur
Mr. Amar BALLA	MCA, ESI	Examineur
Mme. Latifa MAHDAOUI	MCA, USTHB	Directrice de thèse

Novembre-2010

*Louange à dieu, seigneur des mondes ;
C'est toi que nous adorons et de toi que nous implorons secours.
Que la paix et la bénédiction soit sur son dernier envoyé.*

*A mes très chers parents,
A mon oncle Tahar,
A mes sœurs et frères,
A ma nièce Takoua et toute ma famille.*

A mes amis.

Remerciements

Tout d'abord je remercie énormément mon encadreur et promoteur Mme Latifa MAHDAOUI, maitre de conférences à l'université des sciences et technologies Houari Boumediene, qui a accepté de diriger ma thèse de magister et qui a bien voulu me faire profiter de sa rigueur scientifique, de la pertinence de ses remarques, critiques et conseils. Elle a su me faire initier dans la recherche et dans un domaine disciplinaire aussi important, mon travail ne serait pas ce qu'il est sans la coopération et l'assistance de mon encadreur ; je la remercie pour son écoute, sa gentillesse, sa patience.

Je tiens à remercier très particulièrement Mohamed BENMOHAMMED, professeur à l'université de Constantine de m'avoir fait l'honneur de présider le jury de ma soutenance de thèse de magister. Je remercie également les membres du jury qui ont accepté de juger mon travail, je nomme, le professeur Nacer Eddine ZAROOUR de l'université de Constantine et Amar BALLA, maitre de conférences à l'Ecole nationale Supérieure d'Informatique.

Je souhaite également remercier vivement mon oncle M^{ed} Akli NEKHILI (AMI MOH), ainsi que mon cher ami et collègue Mourad ATTIA pour leur soutien et encouragement tout au long de mon travail.

Mes remerciements vont aussi à mes amis et collègues entre autre : Mohamed KHERGAG, Adel BOUKHADRA, El Hadj Madani MEGHAZI, Mohamed BOUSSALEM, Makhoulf LEDMI, Nabil AZIZI, Abdel Ouahab.

Résumé

On s'intéresse dans notre travail au monde des entreprises et plus précisément aux processus métiers de plus en plus deviennent largement utilisés dans les différents services de l'entreprise au point où cette dernière peut même être définie comme une multitude de processus métiers. Ces derniers présentent l'avantage d'être non seulement de conteneurs d'entités métiers mais bien aussi d'entités cognitives relatant et décrivant la façon dont les entités métiers sont arrangées et exploitées ainsi que la façon dont le travail est accompli à l'intérieur de l'entreprise pour réaliser et produire les services métiers attendus.

On s'intéresse à explorer et étudier ces processus métiers, destinés à la production des services métiers, pour la construction d'un capital e-learning destiné à la formation et l'apprentissage. Nous proposons de concevoir à partir de ces processus métiers, des processus d'apprentissage e-learning qui se veut une façon de capitaliser le savoir et savoir-faire dans des formes instructives et formatrices plutôt que dans des formes archivées (e.g. bases de connaissances) qui participeront à répondre aux besoins et nécessité de la formation et la mise-à-jour en permanence des connaissances et compétences des employés de l'entreprise, et ainsi de faire face aux problèmes liés aux départs des ressources humaines qualifiées en les impliquant dans la formation des non qualifiés. Les processus d'apprentissage e-learning permettent de tirer profil de ce mode d'apprentissage, à savoir l'utilisation pleinement des technologies de l'information et de la communication. Ce qui permet d'assurer des formations sur les lieux de travail à l'intérieur de l'entreprise et sur les métiers de celle-ci.

Pour cela, nous avons considéré un processus en **A** pour la création de processus d'apprentissage e-learning à partir de processus métiers, ce processus s'articule autour de deux branches verticales, dédiées respectivement aux processus métier et d'apprentissage, et deux autres horizontales exposant la démarche pour la conception des entités d'apprentissage à partir des entités métiers. Chaque branche verticale comporte deux étapes, la première étape introduit un modèle de définition pour le processus en question (i.e. processus métier pour la première branche et processus d'apprentissage pour la seconde) en décrivant ses entités et leurs interrelations ; la deuxième étape discute les étapes de conception et d'implémentation du processus en question. La première branche horizontale expose les entités d'apprentissage qu'on peut faire associer aux entités métiers en suivant une analyse orientée connaissances, elle sert aussi d'introduction à notre démarche adoptée. Celle-ci, présentée dans la deuxième branche horizontale, se constitue de trois phases successives : la première considère les documents métiers décrivant et spécifiant les processus métiers en menant une analyse orientée connaissances et un remmappage pour construire des modèles graphiques ; ceux-ci, appelés modèles métiers, sont transcrits en des modèles pédagogiques, ce qui aura lieu dans la deuxième phase ; enfin dans la dernière phase, les modèles pédagogiques décrivant les entités du processus d'apprentissage sont mappés vers une notation textuelle dérivée du langage XML exécutée par un système de gestion de cours (e.g. plateforme e-learning). Une mise en oeuvre technique est fournie en présentant notre outil qui permet d'assister et de venir en aide dans la conception de processus d'apprentissage formaté conformément à la spécification IMS-LD, le standard de spécification des situations d'apprentissage e-learning, à partir de processus métier opérationnels, i.e., ceux qui sont déjà productifs et validés par la pratique. Cet outil, offre un assistant composé de plusieurs écrans invitant l'expert métier à fournir d'amples informations à propos des entités métiers que contient le processus métier. Pour expérimenter notre démarche, une étude de cas est présentée.

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE	11
CHAPITRE I. LES PROCESSUS METIERS.....	15
I.1. Introduction.....	16
I.2. Définition.....	16
I.3. Taxonomie des processus métiers	17
I.4. Cycle de vie d'un processus métier.....	18
I.5. Gestion des processus métiers.....	20
I.5.1. Conception des processus métiers	20
I.5.1.1. Modèle du processus métier.....	20
I.5.1.2. Langages et standards de modélisation	21
I.5.1.2.1. BPMN.....	22
I.5.1.2.2. XPDL.....	23
I.5.1.2.3. WS-BPEL.....	25
I.5.1.3. Synthèse sur les langages de modélisation.....	26
I.5.2. Analyse des processus métiers.....	27
I.5.2.1. Processus d'analyse.....	27
I.5.2.2. Techniques d'analyse.....	28
I.5.3. Réingénierie des processus métiers	28
I.6. Technologies des processus métiers	29
I.6.1. Workflow	29
I.6.1.1. Métamodèle du processus workflow	30
I.6.1.2. Système de gestion workflow	30
I.6.1.3. Modèle de référence des systèmes workflow	32
I.6.1.4. Classification des systèmes workflow	33
I.6.2. Les systèmes de gestion des processus métiers	34
I.6.2.1. Définition.....	34
I.6.2.2. Comparaison entre WFMS et BPMS	35
I.6.3. L'architecture orientée service.....	35
I.6.3.1. Web service	35
I.6.3.2. Model fonctionnel des web service.....	36
I.6.3.3. Technologies des web services.....	36
I.6.3.3.1. XML.....	36
I.6.3.3.2. SOAP.....	37
I.6.3.3.3. WSDL.....	37
I.6.3.3.4. UDDI.....	38
I.6.3.4. Composition des web services.....	38
I.6.3.4.1. Modes de composition.....	38

I.6.3.4.2. Langages de composition	39
I.7. Synthèse et conclusion.....	40
CHAPITRE II. GESTION DES CONNAISSANCES	41
II.1. Introduction.....	42
II.2. Définitions.....	42
II.2.1. Donnée	42
II.2.2. Information.....	43
II.2.3. Connaissance	43
II.2.4. Compétence	43
II.2.5. Travailleur de connaissance	43
II.2.6. Gestion de connaissances.....	44
II.3. Typologie de connaissances.....	45
II.4. Processus de gestion de connaissances.....	46
II.5. Mémoire d'entreprise	48
II.5.1. Définition.....	48
II.5.2. Typologie de mémoire organisationnelle.....	49
II.5.3. Méthodes de construction	49
II.5.3.1. Méthodes du travail coopératif.....	49
II.5.3.2. Méthodes dédiées	50
II.5.3.3. Méthodes de l'ingénierie des connaissances	50
II.5.3.3.1. Méthodes ascendantes.....	50
II.5.3.3.2. Méthodes descendantes	51
II.6. Systèmes de gestion de connaissances.....	51
II.7. Synthèse et conclusion	53
CHAPITRE 3. E-LEARNING & IMS-LD	55
III.1. Introduction générale	56
III.1.1. Introduction	56
III.1.2. Définition	57
III.1.3. Système de gestion de cours.....	58
III.1.4. Objet pédagogique.....	58
III.2. Standardisation et normalisation	59
III.2.1. Besoin de normalisation	59
III.2.2. Organismes de standardisation et normalisation	60
III.2.3. Standards et normes	61
III.2.3.1. AICC	62
III.2.3.2. LOM.....	62
III.2.3.3. SCORM.....	62

III.2.3.4. IMS	63
III.3. IMS Learning Design.....	63
III.3.1. Introduction	63
III.3.2. Définition	64
III.3.3. Niveaux de conception et d'implémentation	64
III.3.4. Modèles de conception et d'implémentation.....	65
III.3.4.1. Vocabulaire de la spécification.....	65
III.3.4.2. Modèle de conception	66
III.3.4.2.1. Modèle d'agrégation	66
III.3.4.2.2. Modèle de structure conceptuelle.....	68
III.3.4.2.3. Modèle de conception d'unité d'apprentissage	69
III.3.4.3. Modèle de comportement	70
III.3.4.3.1. Instanciation (instantiation)	70
III.3.4.3.2. Exécution (runtime)	71
III.3.4.3.3. Contrôle hiérarchique	72
III.4. Synthèse et conclusion.....	72
CHAPITRE IV. CREATION DE PROCESSUS D'APPRENTISSAGE A PARTIR DES METIERS DES ENTREPRISES	73
IV.1. Introduction.....	74
IV.2. Motivation.....	74
IV.3. Aspect connaissance des processus métiers.....	76
IV.4. Processus en A	77
IV.4.1. Définition du processus métier.....	78
IV.4.2. Conception et implémentation du processus métier.....	81
IV.4.3. Définition du processus d'apprentissage	82
IV.4.4. Conception et implémentation du processus d'apprentissage.....	83
IV.4.5. processus métier vs processus d'apprentissage	85
IV.4.6. Démarche.....	87
IV.5. Mise en œuvre technique	88
IV.6. Présentation d'une étude de cas.....	89
IV.7. Synthèse et conclusion	94
CONCLUSION GENERALE	95
BIBLIOGRAPHIE	97
ANNEXE	103
Mise en œuvre technique (suite).....	103

Liste des figures

Figure I.1. Cycle de vie du processus métier	19
Figure I.2. Évènements, activités, passerelles et objets de connexion de BPD	22
Figure I.3. Modèle du processus métier Workflow.....	24
Figure I.4. Structure générale du processus métier en WS-BPEL	26
Figure I.5. Processus d'analyse	27
Figure I.6. Méta modèle de définition de processus	30
Figure I.7. Caractéristiques de systèmes workflow	31
Figure I.8. Modèle de référence workflow, composants et interfaces	32
Figure I.9. Classes des systèmes workflow.....	33
Figure I.10. Modèle fonctionnel des web service	36
Figure I.11. Schéma d'un message SOAP	37
Figure I.12. Structure générale d'un fichier WSDL.....	37
Figure I.13. Orchestration des web services	38
Figure I.14. Chorégraphie des web services	39
Figure II.1. Taxonomies des connaissances.....	45
Figure II.2. Processus de capitalisation.....	47
Figure II.3. Processus de knowledge management.....	48
Figure III.1. Niveaux d'agrégation sémantique dans IMS-LD.....	67
Figure III.2. Modèle de structure conceptuelle de IMS-LD	68
Figure III.3. Structure de l'unité d'apprentissage.....	70
Figure IV.1. Processus en A.....	78
Figure IV.2. Modèle conceptuel du processus métier.....	78
Figure IV.3. Modèle structurel du processus métier	79
Figure IV.4. Phases de conception et implémentation.....	81
Figure IV.5. Modèle conceptuel du processus d'apprentissage.....	82
Figure IV.6. Modèle structurel du processus d'apprentissage	82
Figure IV.7. Phases de conception et implémentation de l'unité d'apprentissage.....	84
Figure IV.8. Phases de conception d'entités d'apprentissage	85
Figure IV.9. Phases de la démarche	88
Figure IV.10. L'outil LearningBP.....	89
Figure IV.11. Représentation BPMN du processus	91
Figure IV.12. Modèle conceptuel du processus d'apprentissage.....	93

Liste des tables

Table I.1. Structure d'un processus métier Workflow	24
Table IV.1. Types de connaissances	86
Table IV.2. Processus d'apprentissage vs processus métier	87
Table IV.3. Code BPEL du processus	90
Table IV.4. Activités du processus métier	91
Table IV.5. Code IMS-LD du processus d'apprentissage	94

Introduction générale

Contexte et motivation

Le monde des entreprises a toujours été la source de divers besoins et problèmes dictés par l'environnement concurrentiel de plus en plus rude, ou bien par les raisons lucratives évidentes ou encore par les exigences de la modernisation, l'évolution et la maîtrise des nouvelles technologies qui apparaissent au fur et à mesure. Ces besoins et problèmes suscitaient la préoccupation de la communauté des scientifiques et chercheurs qui menaient des travaux d'étude, de réflexion et de recherche conduisant parfois à l'émergence de nouveaux domaines de recherche informatique comme celui de knowledge management ou le e-learning, ou à l'apparition de nouvelles technologies de production ou de gestion telle que les technologies des processus métiers.

Les processus métiers occupent actuellement une place importante ; que ce soit au sein de la communauté des scientifiques et chercheurs en tenant compte le nombre de conférences s'intéressant au sujet des processus métiers et le nombre d'ouvrages et livres leurs sont consacrés, ou bien à l'intérieur des entreprises où les processus métiers sont de plus en plus adoptés comme des solutions métiers et sont alors largement utilisés dans les divers métiers (back-office, front-office) et dans les différents niveaux de la hiérarchie pyramidale de l'entreprise (i.e., production, soutien et support, direction). Les processus métiers sont accompagnés de technologies intervenant dans les différentes phases de leur cycle de vie ; des méthodes, langages, notation et standards qui leur sont développés pour répondre aux besoins de la modélisation et la spécification des divers aspects métiers. Ils sont aussi munis de systèmes et outils informatiques facilitant leur conception et implémentation à l'intérieur des entreprises.

Défini comme un ensemble structuré et mesuré d'activités liées et conçues pour réaliser un produit destiné au marché ou à un client particulier [Davenport, 93], le processus métier détient une influence directe sur les services métiers à réaliser et présente la capacité de l'entreprise à produire et à atteindre ses objectifs.

Les processus métiers, spécifiant comment le travail est fait au sein de l'entreprise [Davenport 93], présentent l'avantage d'être non seulement de conteneurs d'entités métiers telles que les activités métiers, les ressources humaines et les ressources matérielles utilisées, mais bien aussi des entités cognitives liées à la façon dont les différentes entités métiers sont arrangées, orchestrées et exploitées pour produire le service métier attendu. Les processus métiers renferment des connaissances, principes et expériences exprimées et traduites en des pratiques et des façons de faire accomplir le travail métier à l'intérieur de l'entreprise pour des meilleurs résultats et dans les bonnes conditions. Les processus métiers contiennent donc un ensemble de savoir et savoir-faire. Les savoirs décrivent la capacité des processus métiers à la définition des entités métiers participantes, à leur arrangement et exploitation ; le savoir-

produire (i.e. le comment) concerne et caractérise la capacité d'action, de contrôle d'enchaînement, de gestion d'éventuelles anomalies (i.e. exceptions, erreurs, activités abandonnées), et de réalisation des objectifs métiers.

De nos jours, des notations et langages sont adoptés comme des standards pour intervenir dans la conception, modélisation et spécification des processus métiers. Ceux-ci sont définis et décrits moyennant deux types de descriptions, une dédiée à la conception et la modélisation via des modèles graphiques et des annotations textuelles, et une autre dédiée à l'exécution et renferme donc plus de détails techniques liés à l'exécution. Ayant des standards les décrivant, étant largement utilisés, présentant les métiers des entreprises et renfermant des entités cognitives, les processus métier ont autant de facteurs qui nous ont amenés à revoir et reconsidérer les processus métiers pas pour une finalité d'exécution et production mais plutôt pour une finalité d'apprentissage et de formation.

Ainsi, nous nous intéressons à explorer les processus métiers pour construire des processus d'apprentissage e-learning formatés conformément au langage IMS-LD, le standard de spécification des situations d'apprentissage e-learning. Ces processus d'apprentissage seront destinés à la formation des employés de l'entreprise sur les métiers de celle-ci où les ressources humaines expérimentées sont invitées et impliquées à jouer le rôle du staff pédagogique pour les non expérimentés.

Problématique

Dans ce travail, il s'agit donc de proposer une démarche qui permettra de créer à partir des processus métier des processus d'apprentissage e-learning se propose pour répondre aux besoins de la formation et la mise à jour en permanence des connaissances et compétences des employés de l'entreprise sur les métiers de celle-ci afin d'élever et d'accroître leur productivité et permettre ainsi une intégration dans la chaîne de production la moins coûteuse possible (i.e. la plus rapide et moins chère possible). Les ressources humaines qualifiées et expérimentées sont amenées à assumer le rôle du staff pédagogique pour les non-expérimentées, ce qui se veut une façon de partage des connaissances, expériences et pratiques entre les membres de l'entreprise (i.e. experts et non experts). Ceci permet de faire face aux problèmes liés aux pertes des connaissances et expériences dues aux départs des employés qualifiés (retraite, licenciement, démission, décès, ...).

Les processus d'apprentissage e-learning permettent de tirer profit de ce mode d'apprentissage, à savoir l'utilisation pleinement des technologies de l'information et de la communication (TIC) et l'indépendance des contraintes du temps et de lieu ; ce qui rend possible des formations sur les lieux de travail à l'intérieur de l'entreprise. Ces formations sont dans la plupart du temps assurées à l'extérieur de l'entreprise dans des établissements possédant un environnement et des équipements d'apprentissage et de formation. Elles sont très coûteuses en termes d'argent et de temps (i.e. déplacement, hébergement, ...). Les formations déroulées dans les lieux de travail s'avèrent plus appropriées et moins chères où les apprenants s'entraîneront sur des cas issus des pratiques de l'entreprise.

Notre travail se préoccupe de la conception, à partir des processus métiers de l'entreprise, des processus d'apprentissage e-learning. Ceci ne sous-entend pas que ces processus d'apprentissage se voient comme une réponse à toutes et aux diverses formations que les employés de l'entreprise peuvent en avoir besoin. Ils sont, bien entendu, destinés à la formation des employés que sur les processus métiers à partir desquels ils sont créés.

Organisation du mémoire

Ce mémoire s'articule autour de la création et conception de processus d'apprentissage e-learning à partir des métiers des entreprises, à savoir les processus métiers appelés également procédures d'entreprise, que vous découvrirez dans le quatrième chapitre. Mais bien avant cela, trois chapitres le précèdent ; le premier se consacre aux processus métiers et les technologies leurs sont dédiées, le deuxième concerne la gestion des connaissances et le troisième se concentre sur le e-learning et le standard IMS-LD.

Le premier chapitre, celui des processus métiers, fait l'office d'entrée au domaine des métiers des entreprises. Il est structuré en six sections, la première correspond à une introduction en donnant une vue générale de ce que va contenir le chapitre, i.e., les différents volets qui seront l'objet de présentation et discussion. La deuxième section vous livre plusieurs définitions recensées pour les processus métiers et qui sera suivie d'une discussion autour de la taxonomie des ces derniers dans la troisième section. Leur cycle de vie vous est présenté dans la quatrième section. A ce stade, une discipline d'actualité fera l'objet de la cinquième section, il s'agit de la gestion des processus métiers (Business Process Management) qui couvre plusieurs autres sous-domaines, à savoir la conception et modélisation des processus métiers (Business Process Design and Modelisation), leur analyse (Business Process Analyse) et ingénierie (Business Process Reengineering). Les technologies des processus métiers, telles que les technologies workflow, systèmes de gestion des processus métiers et l'architecture orientée service, vous seront exposées dans la sixième section. La dernière section sert de synthèse et conclusion pour ce chapitre.

Le deuxième chapitre, contrairement au premier qui se concentre sur l'aspect productif et métier des processus d'entreprise, aborde l'autre aspect celui des connaissances et savoir-faire. Il est découpé en sept sections, une section introduction qui initie le domaine du knowledge management ; la deuxième section revient sur la définition d'un ensemble de termes liés aux connaissances, en l'occurrence donnée, information, gestion de connaissances etc. leur typologie est discutée dans la troisième section qui sera suivie d'une section présentant le processus de gestion de connaissance le plus adapté. Les mémoires d'entreprise, leurs classifications et leurs méthodes de construction vous seront expliquées dans la cinquième section. Avant de conclure ce chapitre, les divers systèmes en rapport avec la gestion des connaissances sont introduits.

Le troisième chapitre porte sur le e-learning, il comporte cinq sections. La première se veut une introduction au mode d'apprentissage e-learning, système de gestion de cours et de contenus ainsi que les objets pédagogiques. La section suivante présentera les groupes et organismes de standardisation les plus influents ainsi que leurs spécifications et standards. Le langage de spécification des situations d'apprentissage, IMS-LD, sera l'objet d'une présentation détaillée dans la quatrième section en relatant ses différents modèles de conception et d'implémentation. Une section synthèse et conclusion conclura ce chapitre.

Le dernier chapitre, celui de la contribution, porte sur la présentation de notre processus de création de processus d'apprentissage à partir des processus métiers, il comporte sept sections. Une introduction dans la première section suivie d'une deuxième présentant les motifs qui nous ont conduit à reconsidérer les processus métiers pour une finalité d'apprentissage. L'aspect connaissances des processus métiers sera discuté dans la troisième section. A ce stade, on introduit le processus en **A** pour la création de processus d'apprentissage e-

e-learning à partir des processus métiers, ce processus s'articule autour de deux branches verticales, dédiées chacune à l'un des deux processus, et deux autres horizontales destinées à présenter la démarche de création des entités d'apprentissage à partir des entités métiers. Les deux branches verticales comportent deux étapes, la première étape introduit un modèle de définition du processus métier pour la première branche et processus d'apprentissage pour la seconde ; la deuxième étape discute les étapes de conception et implémentation du processus en question. La première branche horizontale permet de dresser une méthode d'analyse orientée connaissances pour la conception des entités d'apprentissage à partir des entités métiers ; elle sert aussi d'introduction à notre démarche adoptée dans notre travail. Ensuite, la cinquième section présente une mise en œuvre technique en décrivant notre outil venant en aide dans la conception de processus d'apprentissage. Une présentation d'une étude de cas est fournie dans la sixième section. Enfin, on conclure avec une synthèse et conclusion.

Finalement, nous présentons une conclusion générale et traçons les perspectives à ce travail.

Une annexe traite la mise en œuvre technique de notre démarche adoptée dans notre processus en **A**. Cette annexe se voit complémentaire et illustrative, à la sous-section mise en œuvre technique du dernier chapitre.

Chapitre I. Les processus métiers

Les processus métiers sont actuellement au centre des préoccupations des organisations et entreprises du fait qu'ils représentent le métier et la façon de faire réaliser et atteindre les services et les objectifs de celles-ci, et que des méthodes, techniques et systèmes se sont mis en place pour venir en aide dans la définition, conception et implémentation des processus métiers. Ainsi, ce chapitre se veut une réponse à un ensemble de questions dont "qu'est ce qu'on entend par les processus métiers ?", "Pourquoi ces derniers sont d'une telle importance pour susciter la préoccupation des organisations ?", "Et comment sont t-ils conçus, modélisés et mis en production ?".

Dans le souci de cerner de façon progressive les concepts, disciplines et technologies accompagnant les processus métier, le présent chapitre est organisé en six sections. Une section introduction qui se propose comme une ébauche et entrée vers le domaine des processus métiers, ces derniers seront décrits moyennant une variété de définitions que nous exposons dans la deuxième section. Puis, une discussion autour de taxonomie des processus métiers sera l'objet de la troisième section. A ce stade, avant d'aborder une discipline d'une importance capitale qui intervient dans le cycle de vie des processus métiers, une section est consacrée au cycle de vie de ces derniers. Ensuite, dans la section suivante, la discipline BPM (Business Process Management) est présentée, y compris la conception des processus métier (Business Process Design), langages et standards de modélisation, techniques et processus d'analyse (Business Process Analyze) et enfin la réingénierie des processus métiers (Business Process Reengineering). Ceux-ci sont accompagnés de technologies et systèmes, intervenant tout au long de leur cycle de vie, faisant le sujet de la cinquième section. Enfin, la dernière section est une synthèse et conclusion

I.1. Introduction

Actuellement, au sein des entreprises et organisations économiques ou non, l'utilisation des solutions métiers basées sur les processus métiers est de plus en plus importante et large, ceci revient au fait que les processus métiers ainsi que les méthodes et technologies qui les accompagnent se proposent comme une réponse aux attentes des entreprises en matière d'apporter des changements et améliorations au niveau de la chaîne de production de celles-ci, plutôt que d'apporter des changements et améliorations uniquement au niveau de la chaîne de soutien de la chaîne de production.

La tendance actuelle au sein des entreprises est dans la chaîne de production et réalisation des services et objectifs de celles-ci, i.e., entraîner et mener des analyses, changements, modifications et améliorations au niveau des tâches et activités élémentaires constituant la chaîne de production. Ceci est rendu possible en extrayant ces activités et tâches de production dans des entités logiques, standardisées et mesurables appelées procédures d'entreprises. Ces dernières se voient donc comme une façon de reconsidérer la chaîne de production en adoptant un ensemble d'approches, méthodes et techniques en vue de rendre possible l'automatisation de cette chaîne de production. Les procédures d'entreprise permettent, une fois modélisées et automatisées, d'apporter plus de clarté, d'exercer plus de contrôle et de fournir plus de performances.

Les technologies de l'information et de la communication (TIC), un domaine en perpétuelle croissance, ont contribué à l'adoption et la généralisation des solutions métiers basées sur les procédures d'entreprise en fournissant un ensemble de technologies prenant part dans le développement des techniques, systèmes et architectures dédiés aux procédures d'entreprise. Ainsi, autour de ces dernières, des disciplines et sous-domaines ont émergés afin d'intervenir dans les phases constituant le cycle de vie que détiennent les procédures d'entreprise, telle que la conception de procédures d'entreprise (i.e. Business Process Design) qui s'intéresse à leur conception et modélisation moyennant des langages et standards développés à cet effet ; ou encore l'analyse des procédures d'entreprise (i.e. Business Process Analysis) qui s'occupe de l'analyse, vérification et évaluation en vue d'optimiser les lacunes repérées.

Dans le reste de ce chapitre, on aborde de façon progressive ces différents sous domaines et technologies associés aux procédures d'entreprise, appelées également processus métiers. Les définitions de ces derniers font l'objet de la section suivante.

I.2. Définition

De nos jours, les mouvements de modernisation, de développement et d'automatisation des façons de faire accomplir le travail métier à l'intérieur de l'entreprise ont conduit à une nouvelle façon de définir cette dernière ; elle est vue comme une multitude de processus métiers chacun est destiné à un métier particulier d'un service, département ou unité de l'entreprise ; ces processus métiers peuvent contenir d'autres sous-processus.

Dans la littérature, on recense pour les processus métiers plusieurs définitions, chacune les aborde et les définit selon leur fin d'utilisation (e.g. administration, production) ou bien selon les technologies employées pour leur implémentation (i.e. web service, workflow).

[Davenport, 93] a défini le processus métier comme un ensemble structuré et mesuré d'activités exécutées sur des durées précises pour produire un résultat spécifique à un client

ou destiné au marché. Il est identifié en termes de début et fin, interfaces, et l'unité de l'organisation impliquée, en particulier l'unité clientèle [Yogesh, 98]. Le groupe le plus actif en matière des processus métiers, Workflow Management Coalition (WFMC), définit le processus métier comme une représentation disposée à supporter d'amples traitements automatiques, telles que la modélisation ou l'exécution par un WFMS (de l'anglais Workflow Management System) ; un processus métier consiste en une connexion d'activités, leurs interrelations, conditions de début et de fin des activités ainsi que de transitions entre activités ; il contient aussi des informations à propos des participants, applications informatiques et données [WFMC, 99]. Le processus métier se voit comme une composition et une orchestration de plusieurs entités, dites partenaires ou encore web services, impliquées chacune à fournir un service dont le processus en a besoin pour produire le service global attendu [Alves et al, 07]. Ces processus métiers peuvent s'exécuter au sein d'une même unité (e.g. service, département) ou encore entre ces unités pour accomplir les objectifs attendus [Chang, 06].

Un processus d'entreprise se voit comme une multitude en série et/ou en parallèle d'activités produisant vers la fin un service, ou encore un flux d'activités associé à un flux de contrôle relatant la façon dont les activités sont enchainées, les ressources sont exploitées et les rôles sont affectés aux opérateurs humains. Ces définitions se convergent sur le fait que les processus métiers sont une connexion d'activités, et se divergent sur les entités métiers, autres que les activités, participantes à la définition des processus métiers. Par exemple, un processus métier administratif contient des activités administratives, activités répétitives et de routines qui sont généralement entièrement automatisées et accomplies par la machine ; par contre, un processus métier de production renferme des ressources humaines impliquées dans la réalisation des tâches de production qui sont moins automatisables par la machine.

I.3. Taxonomie des processus métiers

Vus comme des connexions d'activités en série et/ou en parallèle exécutées au sein d'un service d'une entreprise pour réaliser et produire un service donné, les processus métiers peuvent être différenciés en fonction de plusieurs critères qu'on résume dans 5 éléments, à savoir : leur service métier produit, la nature de leurs activités, la qualification des participants humains impliqués, l'importance des ressources qu'ils manipulent et le service ou le département dans lequel sont exécutés.

- 1) Selon le département : au sein de l'entreprise, il existe plusieurs départements ou services chacun définit des processus spécifiques au métier qu'il doit assurer pour l'entreprise, sachant que ces processus peuvent transiter et traverser entre ces départements. Ainsi, on trouve autant de type de processus métier que de département au sein de l'entreprise, i.e., les processus administratifs dans le département administration, de vente dans le département de vente, etc.
- 2) Selon le service métier : on désigne par le mot service métier le résultat produit vers la fin de l'exécution d'un processus métier. Selon l'objectif attendu, [Mury, 02] distingue 4 types : processus principaux (i.e. liés à la réalisation des objectifs stratégiques), processus spécifiques aux clients et à la satisfaction de leurs demandes, processus critiques (i.e. qui ont un niveau de risque important) et en fin processus normaux qui sont sans enjeu spécifique mais dont la maîtrise doit être conservée au sein de l'entreprise.

- 3) Selon la qualification des participants humains impliqués dans la réalisation des activités métier et leur niveau dans la hiérarchie de l'entreprise, [Jolicoeur, 04] a proposé 3 types de processus métier : processus opérationnels (i.e. relatifs aux activités de bases de l'organisation réalisées par des simples employés), processus de support ou de soutien aux processus opérationnels (i.e. par les moyens et ressources d'informations) et processus de management et de pilotage (i.e. contrôle et supervision des deux premiers types).
- 4) Selon les ressources manipulées : qui désignent les équipements matériels (e.g. machines) et ressources numériques (i.e. outils et données numériques) qui participent à l'exercice des activités métier. Deux types de processus métiers peuvent être différenciés : processus matériels (i.e. liés à la manipulation des objets physiques pour la réalisation d'un résultat matériel et tangible, par exemple un processus de fabrication d'un produit) et processus informationnels (i.e. liés à la gestion et la manipulation des données, informations et connaissances) [MEDINA-MORA et al, 92].
- 5) Selon la nature des activités métier, leur capacité et habilité d'être réalisées ou non par la machine, on peut saisir 3 types de processus métier : processus entièrement automatiques (i.e. processus avec des activités entièrement réalisées par la machine et l'intervention humaine est réduite, par exemple les processus informationnels), processus semi-automatisés (i.e. processus avec des activités qui nécessitent dans leur réalisation une intervention humaine) qui présentent la plupart des processus métiers, et enfin processus manuels dont les activités sont réalisées manuellement et aucun traitement automatique n'est impliqué.

On constate qu'avec l'utilisation des TIC, les processus métiers manuels se tendent de plus en plus vers les processus semi-automatisés, i.e., une activité qu'est aujourd'hui complètement réalisé par un participant humain et aucun traitement automatique ne peut lui être envisagé sera probablement semi-manuelle où une partie de cette activité sera accomplie par la machine ; comme par exemple la signature automatique qui est actuellement possible ce qui n'est pas le cas précédemment. Les processus semi-automatisés présentent la majorité des processus métiers là où toujours les participants humains ont un rôle à remplir dans la réalisation des activités.

I.4. Cycle de vie d'un processus métier

Le cycle de vie du processus métier se constitue de plusieurs phases, [Hollingsworth, 04] les a résumées en 3 étapes durant lesquelles, le processus est d'abord conçu et modélisé, ensuite exécuté et enfin analysé et évalué. [Weske, 07] a proposé un cycle de vie de 4 phases qui semble plus exhaustif que le premier en dégageant une phase dédiée uniquement à l'implémentation et la configuration qui se voit utile pour les technologies accompagnants les processus métiers ; ces phases sont exposées dans la figure suivante.

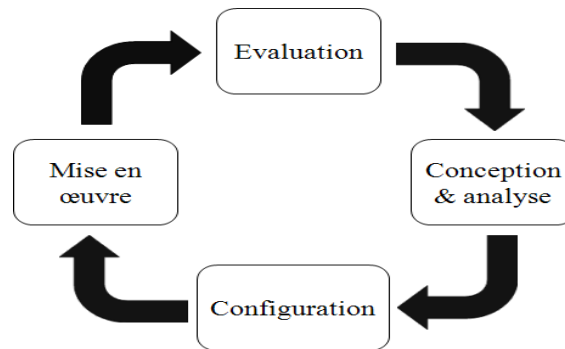


Figure I.1. Cycle de vie du processus métier, issue de [Weske, 07]

- 1) **Conception & analyse** : c'est la première phase du cycle de vie du processus métier durant laquelle un aperçu du processus métier, de l'environnement technique ainsi que l'organisation est établi ; le processus métier est identifié, revu, représenté et conçu moyennant des modèles graphiques supportant la description et facilitant la communication de ces processus. Une fois celui-ci est modélisé, il est utile de le valider ; les techniques de validation, simulation et vérification sont alors utilisées. Un workshop regroupant les personnes impliquées dans le processus métier ainsi que les ressources nécessaires peut être employé pour supporter la validation en vue de repérer d'éventuelles erreurs, séquences indésirables ou déficiences.
- 2) **Configuration** : après que le modèle du processus métier est conçu et vérifié, il doit être mis en œuvre ; pour cela, on peut faire référence au système de gestion de processus métier (BPMS du l'anglais Business Process Management System) dédié ou non dédié ; dans les deux cas, une configuration est nécessaire. Une plateforme d'implémentation est choisie et le modèle du processus métier est enrichi d'informations techniques facilitant son implémentation par un BPMS. Ce dernier doit aussi être configuré à l'environnement organisationnel de l'entreprise, telle que l'interaction des employés avec le BPMS ou l'intégration des systèmes d'information existants dans le BPMS.
- 3) **Mise en œuvre** : Une fois que la configuration du BPMS est accomplie, le processus métier est alors mis en œuvre pour produire les services métiers attendus. Pour cela, une instance du processus métier est initiée et exécutée suite à un évènement (e.g. réception d'un ordre d'achat d'un client). Le BPMS exécute l'instance du processus métier conformément à l'ordre de définition des activités, ainsi que les contraintes et règles de transition entre activités.
- 4) **Evaluation** : la phase d'évaluation tente d'améliorer d'avantage le modèle de définition du processus métier, le journal d'exécution du processus métier peut être évalué en utilisant les techniques de fouille des processus (Process Mining) et celles de contrôle des activités métiers (Business Activity Monitoring). Ces dernières peuvent repérer les ressources partagées provoquant des temps d'exécution des activités considérables.

Après avoir exposé le cycle de vie et les différentes phases le constituant que passe un processus métier, on entame maintenant dans la section qui suit un domaine de recherche d'actualité qui s'intéresse et se focalise sur la façon et la manière dont les différentes phases du cycle de vie sont menées, il s'agit de la gestion des processus métiers.

I.5. Gestion des processus métiers

Gestion des processus métiers, traduit littéralement de l'anglais Business Process Management (BPM), est une discipline existée depuis plusieurs années [BPMSer, 08]. Elle a reçue récemment de considérable attention de la part des professionnels métiers et des scientifiques qui s'intéressent à mettre en place des approches, méthodes et techniques pour mener à bien la chaîne de production à l'intérieur de l'entreprise, réduire les coûts de production et satisfaire les besoins des clients [Weske, 07].

Selon Elzinga et al [Chang, 06], BPM se définit comme une approche structurée et systémique pour analyser, améliorer, contrôler et gérer les processus métiers afin d'accroître la qualité des services produits. [Weske, 07] présente BPM comme le domaine qui regroupe les méthodes et techniques supportant la conception, modélisation, administration, exécution et analyse des processus métiers, elle consiste en premier lieu à représenter le processus métier qui sera par la suite le sujet d'exécution, d'analyse et d'amélioration. D'après [Chang, 06], le concept-clé de BPM est la convergence entre les théories autour des processus métiers avec les technologies, cette convergence a fait apparaitre une nouvelle approche de conception, de modélisation et d'implémentation des processus métiers ; les systèmes supportant les méthodologies et techniques de BPM (BPMS abrégé de Business Process Management Systems) permettant aux entreprises de bien maîtriser la gestion de ses processus métiers tout au long de leur cycle de vie.

BPM se voit comme une discipline en permanence évolution et qui fait intervenir plusieurs autres sous domaines tels que Business Process Analysis (BPA), Business Process Reengineering (BPR), Business Process Design/Modélisation (BPD ou BPM), etc. Ce qui est très loin de traiter BPM de manière un peu exhaustive dans le présent manuscrit, le lecteur est invité à se référer aux bibliographies citées.

Dans le reste de cette section, il sera question de trois sous-domaines de la BPM présentés dans trois sous-sections successives ; il s'agit de la conception et modélisation des processus métiers, leur implémentation et exécution par les BPMS et enfin leur évaluation et amélioration.

I.5.1. Conception des processus métiers

La conception et la modélisation des processus métiers est d'une importance capitale, elle demeure la toute première étape des pratiques et sous-domaines de BPM, elle peut servir à plusieurs activités de BPM, telles l'analyse, l'exécution ou encore l'évaluation et l'amélioration des processus métiers. Selon [Junginger et al, 07], la modélisation des processus métiers pour un domaine métier donné (e.g. chaîne de valeur) requiert des expériences de modélisation, des connaissances sur ce domaine et une approche structurée pour la conception du modèle du processus métier.

I.5.1.1. Modèle du processus métier

La conception d'un modèle du processus métier consiste à représenter les activités métiers le constituant ainsi que les règles et contraintes qui régissent entre celles-ci [Weske, 07]. [Cousins, 02] met en évidence qu'un modèle du processus métier est un ensemble de diagrammes, de descriptions textuelles, des éléments de données et des entrées/sorties

fournissant une vue générale et/ou détaillée d'un processus métier ; ce modèle doit être décrit moyennant un langage graphique facilitant la compréhension et la manipulation aussi bien par les professionnels métiers que par les concepteurs ; ce même modèle donne un aperçu sur l'organisation et le flux d'activités et informations transitant entre ses départements et services.

Un modèle d'un processus métier peut servir à plusieurs projets et applications, [Cousins, 02] en recense la gestion de la chaîne de production, la gestion de relation client (CRM abrégé de Customer Relationship Management), l'intégration des processus métiers (Business Process Integration), ou encore le développement de solutions métiers.

[GREENWOOD et al, 96] propose de distinguer trois types de modèles de processus,

- **Modèle passif** : c'est un modèle statique qui représente l'état (structure et composants) d'un processus à un moment donné, le modèle passif ne fournit pas une représentation instantanée de l'état du processus, c'est-à-dire, le modèle n'est pas affecté lorsque le processus a subi une modification ;
- **Modèle dynamique passif** : sert à modéliser et à représenter le fonctionnement et le comportement de processus métier, il permet donc de servir de support à l'étude, à l'analyse, à la validation, et à l'optimisation ;
- **Modèle actif** : c'est un modèle qui représente l'état du processus de façon synchrone, c'est-à-dire, toute modification ou affectation de la définition du processus est capturée par le modèle, il met en œuvre deux liens "réactif" et "actif" permettant respectivement de capturer le comportement du processus et de rester lié au processus en évoluant avec ses changements.

La conception de modèles spécifiant et décrivant les processus métiers requiert le recours à des notations, langages et standards développés pour cet effet. Ces divers langages seront le sujet de la section suivante.

I.5.1.2. Langages et standards de modélisation

Actuellement, nombreux sont les langages et standards développés et dédiés à la conception et la spécification des processus métiers. [Lonjon, 04] distingue deux catégories de langages de modélisation, ceux destinés à décrire les processus métiers moyennant des modèles et notations graphiques réservés à des fins de conception, d'analyse et de partage entre les utilisateurs humains ; la deuxième catégorie décrit les processus métiers via des langages dérivés du langage XML et réservés à l'exécution par un BPMS. L'OMG (Object Management Group) a ensuite lancé plusieurs spécifications pour la prise en compte des différents aspects métiers à modéliser ; telles que Business Process Definition Metamodel pour représenter et modéliser les processus métiers indépendamment d'une notation ou méthodologie, Business Motivation Model qui fournit une stratégie ou une structure pour le développement, la communication et le management des plans métiers des entreprises de façon organisée ; ou encore Semantics of Business Vocabulary and Business Rules pour définir une sémantique pour le vocabulaire et les règles des processus métiers ainsi qu'un format d'échange entre outils et organisations, etc [OMG, 09]. Ce nombre d'initiatives et de travaux participent à spécifier les divers aspects métiers et à contribuer à la diffusion et la généralisation de l'utilisation des processus métiers.

Les organismes de standardisation sont l'OMG (Object Management Group) et OASIS (Organization for the Advancement of Structured Information Standards). Ce dernier a créé un groupe de travail chargé du développement du standard destiné à l'exécution des processus métiers à savoir WS-BPEL (Web Service-Business Process Execution Language), il possède un métalangage et un vocabulaire riche ainsi que un format d'échange en utilisant une notation textuelle XML, cependant il ne dispose pas d'une notation graphique lui permettant d'être employé dans les phases de conception et modélisation ; ainsi il est dédié qu'à l'exécution des processus métiers. Consciente de ce constat, l'OMG travaille en étroite collaboration avec BPMI.org afin de réunir leurs activités et efforts en vue de répondre au besoin d'un standard pour la conception.

Nous présentons ci-dessous la notation BPMN (Business Process Modelisation Notation) qui est adopté par l'OMG comme standard destiné à des fins de conception et d'analyse, le standard WS-BPEL soutenu par l'OASIS et enfin le langage du groupe WfMC (Workflow Management Consortium) à savoir XPD (XML Process Definition Language) du fait qu'il est mature, considéré comme un standard de fait et beaucoup de produits workflow l'utilisent.

I.5.1.2.1. BPMN

Le groupe de travail de Business Process Management Initiative (BPMI.org), l'un des organismes les plus actifs dans le domaine des BPM, a publié vers mai 2004, la première version de la spécification BPMN. L'objectif principal est de fournir une notation facilement compréhensible aussi bien par les concepteurs métiers que par les utilisateurs manipulant les processus métiers, ainsi que par les développeurs de BPMS. Cette notation est le produit d'un processus de développement, de réflexion et d'étude d'une pléthore de spécifications et standards, tels que UML Activity Diagram, UML EDOC Business Processes, IDEF, ebXML BPSS, Activity-Decision Flow (ADF) Diagram. BPMN fournit une notation graphique offrant aux spécialistes du BPM la faculté de mieux comprendre leurs processus métiers, de partager et changer leurs processus entre entreprises de façon commune.

Pour la conception et la modélisation, BPMN [White et al, 09] définit un ensemble de diagrammes Business Process Diagram (BPD), qui est basé sur une technique de schématisation (i.e. éléments graphiques) destinée à la définition de modèles graphiques pour spécifier les processus métiers ; le modèle du processus métier est un ensemble d'objets reliés pour former le flux des activités et le flux de contrôle décrivant l'ordre de leur exécution et d'enchaînement. Le processus métier peut contenir plusieurs sous-processus, chacun modélisé dans un diagramme séparé, et les interactions entre sous-processus sont modélisées sous forme de messages entre ces digrammes. La notation consiste en un ensemble d'éléments BPD de base et un autre ensemble d'éléments BPD étendus. Les quatre catégories d'éléments de base sont : Flux d'objets (Flow Objects), Objets de connexion (Connecting Objects), Couloirs (Swimlanes) et Artefacts (Artifacts) [Ferrari, 09].

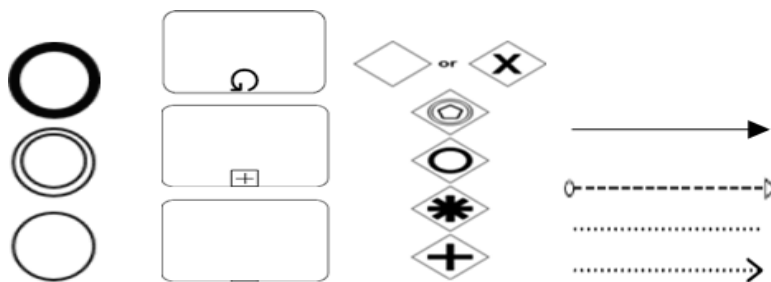


Figure I.2. Évènements, activités, passerelles et objets de connexion de BPD

Objets de flux (Flow Objects) : trois éléments d'objets de flux sont employés, évènement (Event), activité (activity) et passerelle (gateway). Un évènement correspond à une occurrence qui survient pendant le cycle d'exécution d'un processus métier, qui se déclenche suite à une cause et qui possède son impact ou résultat sur le flux d'exécution du processus métier. Une activité est un travail effectué dans une durée précise, elle peut être atomique (i.e. tâche), composée (i.e. sous-processus) ou encore boucle (i.e. exécutée plusieurs fois). Les passerelles sont introduites afin d'exercer un contrôle sur le flux des activités en instaurant des règles et contraintes de transitions entre activités.

Objets de connexion (Connecting Objects) : les objets de flux (Flow Objects) sont reliés et raccordés dans les modèles métiers moyennant les objets de connexion. Ceux-ci sont de trois types : flux de séquence (Sequence Flow), flux de messages (Message Flow) et les associations (Association). Le flux de séquence, un trait plein continu avec une flèche pleine, expose l'ordre dans lequel les activités sont exécutées. Le flux de message est réservé pour représenter l'échange de messages entre les activités métiers, il est modélisé en un trait pointillé avec une flèche non pleine. Des objets textuels ou graphiques (i.e. artefacts) peuvent être rattachés aux objets de flux via des traits pointillés dites associations.

Couloirs (Swimlanes) : BPMN offre deux types de d'objets swimlanes : Pool et Lane. Le Pool est un rectangle, utilisé pour partitionner les activités d'un participant métier, ou renfermer le flux d'activités d'un processus privé surtout dans le contexte B2B. Le Lane est une partition d'un Pool en étendant sa longueur verticalement ou horizontalement, il est employé afin d'organiser en catégories les activités selon un rôle particulier (e.g. gestionnaire, associé), ou bien selon les services et départements d'une organisation.

Artefacts : ils servent à apporter aux modèles métiers construits plus d'informations complémentaires et à permettre une certaine flexibilité de modélisation des situations spécifiques. BPMN spécifie trois artefacts, objets de données (Data Object) requises ou produites par les activités métiers ; l'artefact groupe (Group) pour regrouper les activités de même catégorie et enfin l'artefact annotation consistant en des descriptions textuelles.

BPMP.org et l'OMG ont annoncé, en juin 2005, la fusion de leurs travaux autour de Business Process Management ; ainsi, ils ont créé un groupe de travail nommé Business Modeling & Integration (BMI) Domain Task Force (DTF) [BMI-DTF, 09], dont la mission principale est le développement de spécifications de modèles d'intégration afin de supporter le management des processus métiers, et promouvoir l'intégration et la collaboration au sein des entreprises entre les systèmes de processus métier, les clients et les partenaires.

I.5.1.2.2. XPDL

Le langage XPDL est développé par le WFMC, un des groupe de référence en matière des processus métiers ; il est mature, largement utilisé par les logiciels workflow et considéré comme un standard de fait. XPDL [Shapiro et al, 08] est dérivé du fameux langage XML et dédié pour la spécification des processus métiers runtime (i.e. exécutables), il possède un vocabulaire riche en concepts et termes métiers pour modéliser et décrire les entités métiers définies à l'intérieur d'un processus métier (e.g. données, participants). Le processus métier est alors encapsulé dans un fichier XML textuelle qui peut servir comme un format d'échange entre applications et produits workflow ; ce format d'échange permet même de stocker et mémoriser toutes les informations liées à l'analyse et la modélisation, i.e. les informations à propos de ce qui est modélisé graphiquement avec BPMN (i.e. la notation employée pour des fins d'analyse et de modélisation).

XPDL définit un métamodèle pour la spécification et la description des processus métiers pour une méthode commune de partage et communication des définitions du processus métiers (BPD abrégé de Business Process Definition). Il décrit les entités contenues dans BPD, leurs relations et attributs, y compris ceux réservés à la simulation, monitoring et l'exécution. Il définit aussi un ensemble de conventions pour grouper plusieurs BPD dans des modèles de processus métier ainsi que pour partager les données entre ces BPDs. Un modèle de processus métier renferme plusieurs entités qui peuvent être référencées par plusieurs BPDs (e.g. participants, applications, données).

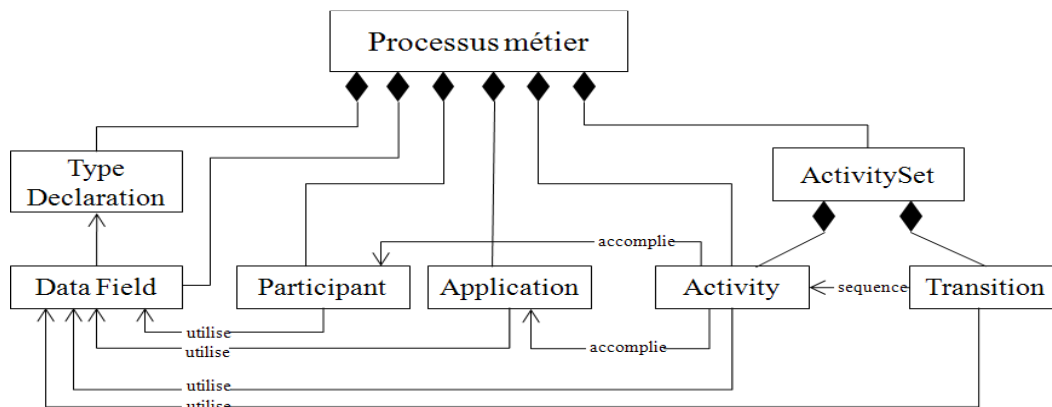


Figure I.3. Modèle du processus métier de type Workflow, issu de [Shapiro et al, 08].

Ainsi présenté, le modèle se compose d'activités de type simple (i.e. Activity) ou composé (i.e. ActivitySet) qui peuvent être accomplies automatiquement (i.e. par applications) ou manuellement par un participant en utilisant un ensemble de données définies dans une entité (Data Field) et déclarées localement au niveau du modèle. Ce dernier peut définir des attributs. Ci-dessous, on présente tous les éléments et attributs qui constituent la structure d'un processus métier workflow.

Eléments	Eléments facultatifs	Attribut
ProcessHeader	Participants	Id
RedefinableHeader	Applications	Name
FormalParameters	DataFields	AccesLevel
InputSets		ProcessType
OutputSets		Status
ActivitySet		SuppressionJoinFailure
Activity		EnableInstanceCompensation
Transitions		AdHocCompletionCondition
ExtendedAttributes		DefaultStartActivitySetId
Assignements		DefaultStartActivityId
PartnerLinks		
Object		

Table I.1. Structure d'un processus métier de type Workflow

Le concept de package est introduit dans cette spécification afin de contenir et renfermer plusieurs BPDs dans un même module ; les entités partagées par plusieurs BPDs peuvent être définies au niveau du package plutôt qu'au niveau de chaque BPDs. Chaque BPD est encapsulée dans un package héritera automatiquement les entités et attributs déclarés au niveau de ce package. Celui-ci correspond à un Business Process Diagrams de BPMN, il

contient un Pool et ses lanes, flux de message et association. Un package peut faire référence à d'autres BPDs définies dans un package externe qui peut être défini dans le même environnement d'exécution ou dans un autre BPMS.

Un des élément-clé de XPDL est son extensibilité afin de prendre en charge et de fournir une flexibilité de manipuler les informations ajoutées et proposées par les concepteurs d'outils de conception des processus métiers.

I.5.1.2.3. WS-BPEL

Il s'agit du plus important des langages d'orchestration ; WS-BPEL, une notation textuelle basée sur XML, fournit un langage de spécification du comportement des processus métiers en se basant sur les web services tout en étendant leur modèle d'interactions afin de supporter les transactions métiers. Il est la fusion et l'évolution de deux langages, à savoir WSFL (Web Services Flow Language) et XLANG ; le premier initié par IBM pour ses produits workflow Message Queueing, le second développé par Microsoft pour les applications B2B (Business to Business) et son serveur Biztalk. Ces deux compagnies ont décidé en 2002 de combiner leurs langages pour créer le BPEL4WS et concurrencer le langage BPML (Business Process Modelisation Language) de BPMI devenu de plus en plus populaire [Chang, 06].

Appelé désormais WS-BPEL [Alves et al, 07] ou (BPEL tout court) est soutenu et adopté par l'organisme OASIS comme standard pour la description exécutable des processus métiers, il comble plusieurs lacunes et présente divers avantages. Un comportement de compensation des activités exécutées complètement et abandonnées est fourni, ce qui est aussi utile pour restituer les données modifiées à leurs valeurs originales et pour les interactions longues entre processus métiers. Il permet une gestion des activités métiers basée sur les événements ; le rattrapage d'erreurs est une autre caractéristique de ce langage qui permet de capturer et traiter les erreurs apparaissant lors de l'exécution de processus. Le standard BPEL permet de décrire deux types de processus, abstrait et exécutable ; le premier est spécifié de façon exhaustive avec toutes les informations nécessaires à son exécution, le second n'est pas destiné à l'exécution et il est décrit partiellement avec quelques détails sur ses activités ; cette séparation permet aux concepteurs pour des raisons de concurrence de cacher/exposer les détails d'implémentation de leurs processus métiers.

Dérivé du métalangage XML, BPEL est un langage de spécification des processus métiers par la composition des web services ; il supporte les standards accompagnant ces derniers. Il s'agit de WSDL (Simple Object Access Protocol), l'interface pour décrire les fonctions fournies par les web services publiées dans des annuaires UDDI et invoqués par le standard SOAP (Simple Object Access Protocol). Le langage BPEL emploie la spécification XML Schema définissant un modèle de données utilisées par le processus BPEL, XPath et XSLT qui fournissent un support pour la manipulation de données.

Le standard BPEL fournit un modèle et une grammaire pour la description du comportement des processus métiers basés sur les interactions entre processus et partenaires, qui sont définis dans l'interface des web services et encapsulées dans une structure appelée *partnerLink*. Le processus métier BPEL définit comment les interactions avec ses partenaires sont coordonnées afin d'accomplir sa tâche et réaliser son service. Un mécanisme sémantique est introduit pour remédier aux problèmes d'exceptions et traiter les erreurs, en plus, il définit comment une activité individuelle ou composite est compensée dans un cas d'exception ou d'annulation de la requête de la part d'un partenaire. Dans la figure suivante, on présente la structure générale d'un processus métier BPEL.



Figure I.4. Structure générale du processus métier en WS-BPEL

Ainsi présenté, le processus métier BPEL est donc un fichier XML définissant les partenaires (i.e. web services) avec lesquels interagit moyennant l'échange de messages encapsulant des variables contenant des données échangées. Le processus définit deux gestionnaires d'erreurs et d'évènements et instaure deux autres pour gérer la terminaison du processus et la compensation des activités. Ces dernières, simples ou structurées (i.e. composées), constituent la partie capitale du code du processus métier, elles spécifient les opérations et tâches élémentaires décrivant le comportement et la façon dont le processus interagit avec ces partenaires pour accomplir son travail, ce qui fournit le logique métier.

I.5.1.3. Synthèse sur les langages de modélisation

Dans son cycle de vie, le processus métier est premièrement conçu et modélisé moyennant une notation graphique (i.e. BPMN) spécifiant et décrivant l'ordre des activités métiers définies, les participants humains impliqués et les ressources à mettre en œuvre. Ensuite, pour être exécuté, le modèle graphique du processus métier obtenu doit être transcrit et mappé vers un langage dédié à l'exécution des processus métiers (i.e. XPD, BPEL). Le choix du langage dépend de divers critères.

[Chang, 06] rapporte que le langage XPD est mieux placé pour la spécification des processus métiers non basés sur les web services, ainsi que ceux qui renfermant des participants humains dans la réalisation des activités métiers. Il fournit des attributs pouvant servir à la simulation et l'optimisation des processus métiers. BPEL, quant à lui, est adéquat pour la description des processus métiers basés sur la composition des web services, la technologie devenue un choix dans l'informatique distribuée ; ainsi, BPEL détient l'avantage d'être approprié pour la modélisation des processus métiers traversant entre les entreprises, i.e., dans l'interaction et la coopération entreprise-vers-entreprise.

Contrairement à XPD, on constate que BPEL permet une gestion des erreurs et une compensation des activités. Il est moins riche en concepts métier, ce qui rend de lui à la fois, un langage plus simple à maîtriser et un langage pauvre en terme de vocabulaire métier par rapport à XPD. Celui-ci s'avère mature et permet même de stocker toutes les informations

liées à l'analyse et la modélisation graphiques utilisée dans BPMN ; ainsi, XPDL se montre comme une couche d'abstraction proche de la notation BPMN.

En se basant sur les web service et en supportant leurs standards associés, le code BPEL est exécuté sur un moteur BPEL (e.g. OracleBPEL) tandis que ses partenaires (i.e. web services) ne sont pas exécutés sur le moteur BPEL mais plutôt sur des machines locales ou distantes ; ce qui permet aux entreprises d'utiliser BPEL pour ses processus internes et externes. Un processus métiers XPDL est exécuté intégralement dans un ou plusieurs moteur workflow (i.e. Workflow Engine) moyennant une interface dédiée (i.e. interface n°4) via le WAPI (Workflow Application Programming Interface) ; ce dernier se voit comme un ensemble d'appel API et de fonctions de change qui utilise un protocole spécifique ; ce qui restreint l'utilisation des solutions workflow à grande échelle.

I.5.2. Analyse des processus métiers

L'analyse des processus métiers (BPA de l'anglais Business Process Analyse) [Junginger et al, 07] se voit comme un cycle de gestion des processus métiers, durant lequel ces derniers sont conçus et modélisés, évalués et analysés en fonction de leurs objectifs attendus. Les modèles des processus sont employés tout au long du processus d'évaluation et l'analyse qui font souvent usage de données et d'informations concernant les processus métiers (e.g. calcul de temps et coûts d'exécution). Pour apporter des modifications dans un processus métier, il est nécessaire de bien spécifier et décrire son état actuel (as-is) et l'état désiré ou souhaité (to-be). Ci-après, on présente les phases de la discipline analyse des processus métiers.

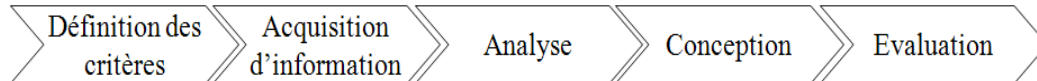


Figure I.5. Processus d'analyse [Junginger et al, 07]

I.5.2.1. Processus d'analyse

Le processus d'analyse des processus métiers se constitue de 5 phases durant lesquelles les modèles des processus métiers sont employés ; le modèle actuel dit as-is sert de point de départ de l'analyse qui produit un ou plusieurs modèles souhaités appelés to-be.

- 1) **Définition des critères** : dans cette phase, les objectifs et les critères de mesure sont déterminés de façon claire afin d'évaluer les modèles to-be et pourvoir choisir entre ces derniers le mieux approprié et adapté pour les objectifs donnés
- 2) **Acquisition d'information** : les informations nécessaires à la description du modèle de processus as-is et son modèle to-be sont collectées durant cette phase, généralement les experts métiers du domaine sont impliqués. Le modèle à obtenir (i.e. to-be) est développé en fonction des objectifs préalablement définis et des services à obtenir, les informations à collecter doivent être rangées selon ces objectifs.
- 3) **Analyse** : une fois les informations sont réunies, le modèle as-is est conçu, ce dernier subira un processus de validation qui consiste en une série d'étapes mesurant la qualité et vérifiant tout le contenu du modèle avec sa conformité avec les règles techniques de modélisation. Dans cette phase, les éventuels défauts et les points faibles (e.g. activités divisées, activités dupliquées) représentés graphiquement dans

le modèle as-is sont analysés ; ils sont généralement source de faiblesse de la qualité, telle que cycle plus long, erreurs, coûts élevés.

- 4) **Conception** : en se basant sur les points faibles détectés, des solutions et alternatives sont proposées qui suggèrent plusieurs modèles du processus to-be. Ces derniers sont conçus et décrits de façon en éliminant les failles et améliorant la qualité.
- 5) **Evaluation** : les modèle to-be obtenus sont l'objet d'une évaluation en vue d'en sélectionner le mieux approprié et adéquat. Ils sont alors testés en fonction de leurs résultats qui sont généralement mesurés par des paramètres quantitatifs (e.g. coûts, temps). Les critères fixés dans la première phase servent comme des valeurs cibles pour la mesure des résultats en choisissant le modèle qui rempli au maximum ces critères.

I.5.2.2. Techniques d'analyse

L'analyse de modèles de processus métiers peut être effectuée de différentes manières, en utilisant les méthodes d'analyse ou des techniques de simulation. Les méthodes d'analyse utilisent des distributions de valeurs de probabilités assignées aux différents chemins d'un processus, des coûts et des temps sont attribués à chaque activité d'un chemin. L'analyse se base donc sur les critères quantitatifs.

- 1) **Simulation** : elle utilise 3 algorithmes, le premier ne prend pas en compte la structure organisationnelle de l'entreprise et se focalise sur le modèle du processus ; celui-ci est employé avec un contrôle de flux contenant une distribution de probabilités sur des coûts et des temps d'exécution assignés à chaque activité et chemins du processus. Le second algorithme, tenant en compte la structure organisationnelle de l'entreprise, il utilise les valeurs quantitatives (i.e. coût et temps) ainsi que des éléments et facteur organisationnels tels que combien de participants et ressources nécessaires à un processus, combien de fois celui-ci est exécuté dans un service donné. Basé sur l'analyse de la charge, le troisième algorithme utilise des calendriers de temps attribués au processus, participants et ressources référencés ; le calendrier du processus décrit les intervalles de temps durant lesquels se déclenche le processus ; celui du participant contient les périodes d'inoccupation du participant ; le calendrier de ressources précise leurs temps de disponibilité pour leur utilisation.
- 2) **Analyse basée sur les coûts** : cette analyse généralise les méthodes de calcul des coûts en incluant d'autres types de coûts sur les activités, elle est basée sur la supposition que les activités consomment une variété de ressources (e.g. matériels, équipements, logiciels). Les valeurs de coûts attribuées pour toutes les ressources impliquées requièrent d'être organisées en catégories et des centres de coûts (cost centers) qui sont utilisés pour l'exécution des activités et sous-processus.

I.5.3. Réingénierie des processus métiers

La réingénierie des processus métiers (BPR de l'anglais Business Process Reengineering) est l'un des domaines importants de la BPM. Thomas H. Davenport et James R. [Chang, 06] définissent la BPR comme étant une méthode d'analyse et de conception de processus au sein des organisations et entre elles. C'est une méthode qui entraîne des changements et des mutations radicales et en profondeur dans l'optimisation des processus métiers, voire même de proposer de nouveaux processus métiers. Contrairement à la méthode précédente, cette

approche est descendante "top down" en commençant du haut dans la partie pilotage, conception et définition de processus et en finissant à la partie basse relative à la façon d'exécution ; elle se base sur le concept "clean state" qui consiste à l'introduction de nouveaux processus indépendamment des anciens tout en conservant leurs objectifs.

Cette méthode décrit une série de 5 étapes, elle commence par définir le champ du processus qui sert à déterminer les buts à réaliser par des nouveaux processus et leurs états finals "to be state". Ensuite la seconde étape identifie les processus à redéfinir ; selon [Yogesh, 98] deux méthodes envisageables, la première met l'accent sur les processus importants ou ceux qui ne satisfaisant pas les buts établis dans l'étape précédente ; tandis que la deuxième traite les processus d'organisation. La troisième étape sert à comprendre et mesurer les processus existants. La quatrième étape permet d'identifier comment les technologies de l'information peuvent être impliquées dans la BPR. La dernière étape implémente le prototype du processus obtenu, ce prototype sert de base pour les améliorations itératives avant la phase d'implémentation.

I.6. Technologies des processus métiers

Après avoir présenté et introduit la discipline BPM et ses divers sous-domaines, on s'intéresse dans cette section à relater et exposer les diverses technologies accompagnant la BPM. En plus des standards et langages de spécification, des outils, systèmes et plateformes ont été développés pour supporter les pratiques de la BPM. Ces technologies regroupent aussi des architectures mises en place pour l'implémentation de ces différents systèmes et outils.

I.6.1. Workflow

Nombreux sont les organismes et groupes qui interviennent dans les technologies accompagnant les processus métiers, le plus actif et le plus référencé est le WFMC (Workflow management Consortium). Ce dernier créé en 1993 par un groupe de professionnels et chercheurs compte actuellement près de 300 producteurs de systèmes workflow. Celui-ci est considéré comme une technologie-clé et essentielle des BPMS [Chang, 06]. Dans la suite, on met l'accent sur le modèle basique de définition d'un processus workflow, les parties composantes du système workflow, son modèle de références et les types de systèmes workflow.

Le workflow, signifiant flux de travail, est la facilitation informatisée ou automatisée, totale ou partielle des procédures métier ; c'est un système qui définit, exécute et gère les processus métiers par l'intermédiaire de logiciel exécutant la représentation logique de ces processus métiers [WFMC, 95]. Le concept du workflow est une évolution des outils et méthodologies dédiés à la gestion des processus métiers, il permet aux entreprises de définir et modéliser leurs processus métiers en tant que processus workflow, les automatiser, et enfin les reconcevoir et optimiser [Georgakopoulos, 95].

Les systèmes workflow se veut donc une perfection informatique de la gestion, du traitement et du suivi de cycle de vie des processus de travail. Ils donnent une possibilité de supervision de ces derniers, en permettant de savoir l'état d'avancement des tâches, les durées du temps nécessaires, les prochaines activités programmées, les rôles et les acteurs impliqués dans une telle ou telle activité [Zacharewicz, 06].

I.6.1.1. Métamodèle du processus workflow

Le WFMC a proposé en 1999 un métamodèle de base pour la définition des processus métiers workflow, il identifie les activités, les données employées, les applications référencées, les participants humains impliqués et leurs interrelations [WFMC, 99].

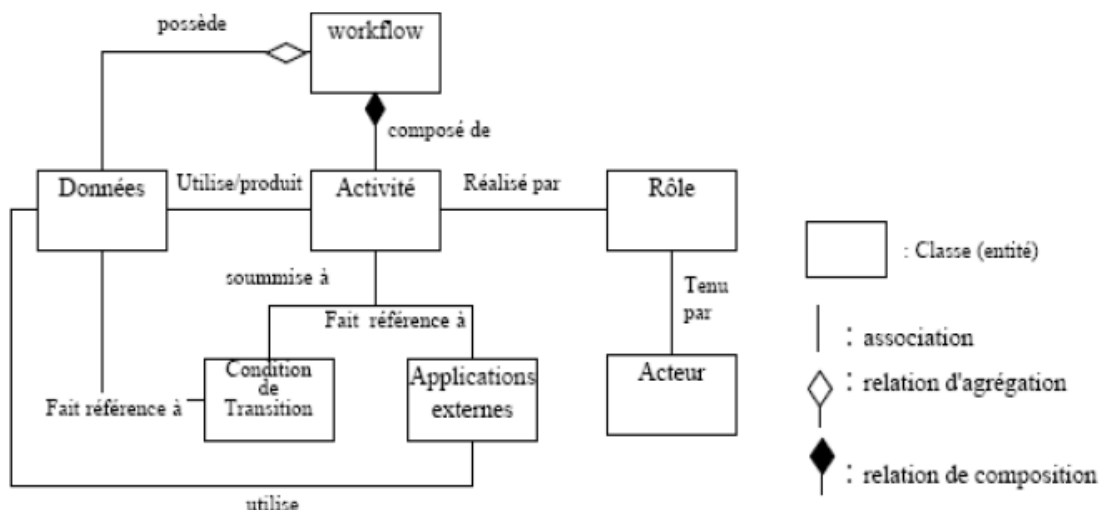


Figure I.6. Méta modèle de définition de processus [WFMC, 99]

Le modèle illustré dans la figure, facilite la compréhension des processus métiers et les principaux concepts impliqués. La définition d'un processus workflow est exprimée en termes d'activités atomiques (i.e. une tâche de travail non décomposable) ou composées d'autres sous-activités. Les activités font référence aux données qui permettent d'exprimer les conditions de transition et les itinéraires d'exécution ; deux types de données sont utilisées, celles gérées par les systèmes workflow appelées Workflow Process Control Data et celles gérées par les applications dites Application Data. Les participants sont impliqués dans l'accomplissement des rôles précisant les activités qui leurs sont affectées, ils sont regroupés dans un modèle organisationnel. Les activités peuvent aussi faire appel à des applications informatiques pour leur fournir un service particulier.

I.6.1.2. Système de gestion workflow

La figure ci-dessous montre la structure générale d'un système de gestion workflow (WFMS pour Workflow Management System), ainsi que les différents modules le constituant, leurs caractéristiques et fonctionnalités. On aborde maintenant le principe de fonctionnement des systèmes workflow, après avoir introduit et défini un processus workflow.

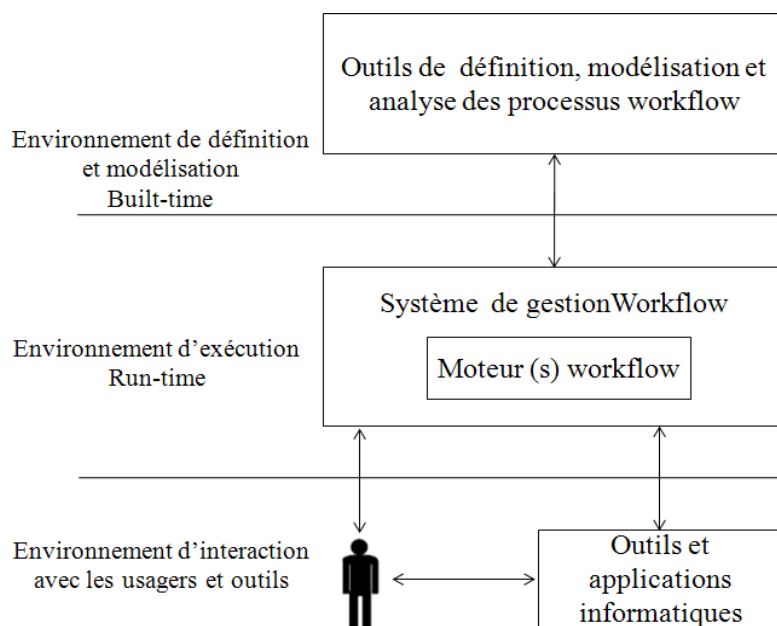


Figure I.7. Caractéristiques de systèmes workflow [WFMC, 95]

Le modèle se veut donc un modèle commun pour le développement et la facilitation de l'interopérabilité entre les différents systèmes workflow. Ces derniers exposent, malgré leur variété, certaines caractéristiques communes, à savoir trois fonctionnalités de base qui sont éclaircies ci après [WFMC, 95] :

- **Environnement de conception (Built time) :** C'est la première partie, elle définit et modélise les procédures workflow. Pour cela, on trouve deux composants essentiels dans cette phase, le premier est un outil qui se charge, en partant d'une analyse d'une procédure d'entreprise, de la formaliser souvent sous une description graphique, et ainsi de la modéliser. Le deuxième composant utilise les modèles définis pour obtenir une définition de procédure qu'on peut exécuter dans la partie *Run time*. Dans cette dernière, il est possible d'effectuer des modifications dans la définition de la procédure.
- **Environnement d'exécution (Run time) :** elle est responsable de la gestion et de l'exécution des procédures workflow définies dans la première partie, via un simulateur *run time*. Elle partage entre les acteurs les tâches qui résultent de la procédure, mobilise les données et les outils nécessaires, et garantit ensuite le contrôle et la supervision. Cette partie met en œuvre 4 composants, un moteur de workflow (Workflow Engine) qui assure la gestion et l'exécution de procédures workflow, des listes de tâches (Worklists) listant les activités affectées aux participants humains dans des durées précises, un gestionnaire de liste de tâches (Worklists Handler) qu'il lui appartient de récupérer auprès du workflow les tâches ou les bon de travail et de les répartir sur les acteurs selon leurs rôles définis dans le modèle organisationnel, et enfin des outils d'administration et de contrôle (Workflow Process Monitoring) permettant d'exercer le contrôle et la supervision des processus workflow, donnent l'état actuel des composants, et permettent même de modifier le modèle de procédures.
- **Interaction avec les utilisateurs et outils :** Une application workflow est un programme qui participe au traitement d'un bon de travail, elle est lancée par le système de gestion de workflow (application appelée par workflow), ou bien invoqué et lancée par un acteur de workflow ou une autre application (application cliente workflow).

L'outil, quant à lui, est une application interfacée pour être appelée par le système workflow en utilisant le standard WAPI (Workflow Application Programming Interface). Ce dernier permet au système workflow de communiquer et de changer avec d'autres systèmes workflow, outils, ou autres applications externes en utilisant des interfaces dédiées.

I.6.1.3. Modèle de référence des systèmes workflow

Le modèle de référence de workflow est développé pour offrir une structure d'application workflow générique, tout en identifiant les interfaces avec lesquelles les produits se communiquent entre eux et s'interopèrent aux différents niveaux. Afin de permettre l'interopérabilité entre les produits workflow, un ensemble standardisé d'interfaces et un format de change de données entre divers produits sont nécessaires [WFMC, 95].

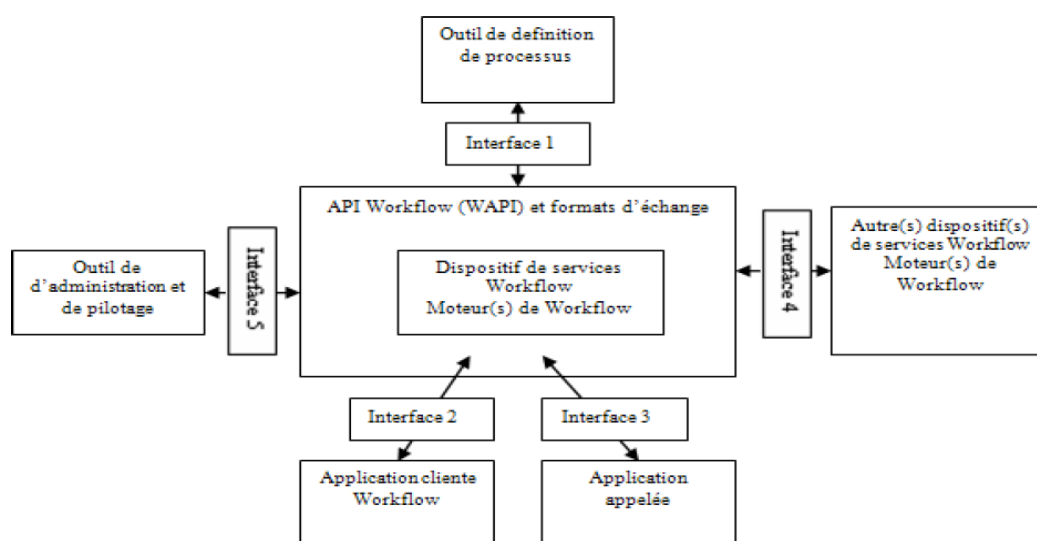


Figure I.8. Modèle de référence workflow, composants et interfaces [WFMC, 95]

Le modèle de référence présente un ensemble de composants dédiés à la gestion des processus workflow ainsi que les interfaces employées pour standardiser la communication et l'interopérabilité entre ces composants et modules. Ceux-ci sont présentés ci-après.

- 1) **Outils de définition de processus** (Process Definition Tools) : ces outils permettent la définition, conception et modélisation des processus métiers. Qui sont ensuite stockées dans des packages pour permettre leur partage entre différents outils. La génération du code XPDL se fait de manière automatique, et le processus XPDL est inséré dans la chaîne d'exécution dans un système d'exécution des processus workflow via l'interface n°1 ; celle-ci se veut une façon de standardiser l'échange de processus workflow entre les outils de conception et systèmes d'exécution.
- 2) **Système d'exécution workflow** (Workflow Enactment Service) : il est destiné au contrôle de l'exécution des processus workflow ; les applications peuvent s'interfacer avec ce service via les WAPI (Workflow Application Programming Interface). Un ou plusieurs moteurs workflow (Workflow Engine) peuvent être employés, de façon centralisée ou distribuée ; dans ce dernier cas, les moteurs workflow se changent en utilisant un ensemble de protocoles et formats spécifiques moyennant une interface dédiée à cet effet, l'interface n°4.

- 3) Outils de contrôle et d'administration** (Administration & Monitoring Tools) : l'interface n°5 est défini afin de permettre aux outils d'administration et de contrôle de communiquer avec les moteurs workflow exécutant les processus workflow. Ceci permet de mener différentes opérations sur les processus workflow, telle que le contrôle et l'analyse de l'exécution et l'amélioration par la suite des processus workflow.
- 4) Applications workflow clientes** (Workflow Client Applications) : elles représentent les applications utilisées dans l'exercice des activités par les participants humains ou bien les participants humains eux-mêmes. Un exemple d'application est gestionnaire des listes de tâches (Worklists Handler) à accomplir par les participants. L'interface n°2 se veut pour standardiser la communication entre les moteurs d'exécution et les applications clientes.
- 5) Applications invoquées** (Invoked Applications) : au cours de l'exécution du processus workflow, des applications externes au système workflow peuvent être invoquées pour fournir un service nécessaire dans la réalisation du processus. L'interface employée est l'interface n°3.

I.6.1.4. Classification des systèmes workflow

Ci-dessous, est présentée une classification de [McCready 92] qui est plus utilisée et plus référenciée. Elle divise les systèmes workflow en classes, exposées dans la figure 8, et relatées ci-après.

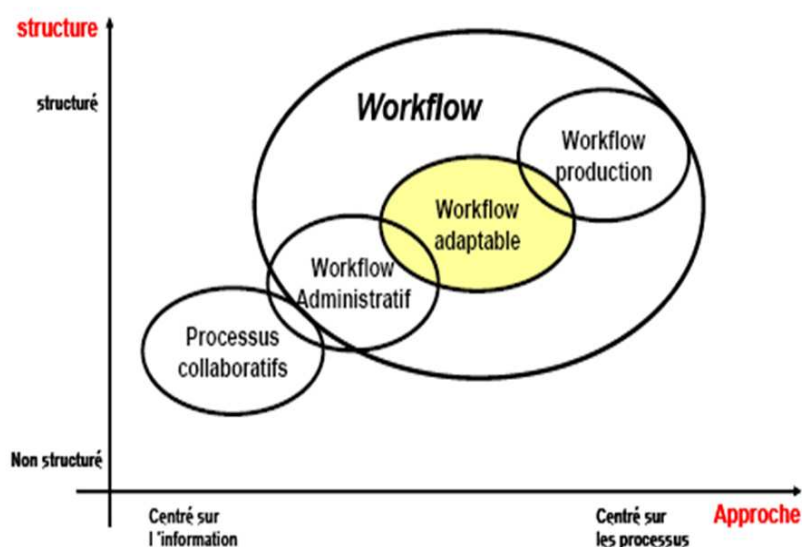


Figure I.9. Classes des systèmes workflow [McCready 92]

- a) **Workflow collaboratif** : Regroupe, cette première classe, les systèmes collaboratifs qui mettent l'accent sur la communication et le change d'informations, dont les processus métiers sont de structure faible, avec des tâches faiblement couplées et peu répétitives. Cependant, ils soutiennent le travail en groupe, et assistent un groupe dans la conception et la gestion de projets [Georgakopoulos, 95].
- b) **Workflow administratif** : Les procédures administratives sont peu modifiables, très répétitives, et prédictibles ; constituées de tâches simples, dont l'enchaînement est connu, et claire qu'on peut les prédéfinir et les automatiser. Les workflow administratifs

prennent en charge ce type de processus et permettent de dégager de ce travail, un acteur humain tout en lui permettant de s'occuper de d'autres travaux [Zacharewicz, 06]. Ces systèmes gèrent les transitions de documents, changement d'informations, le remplissage de formulaires [Georgakopoulos, 95].

- c) **Workflow de production** : Cette catégorie de workflow traite les procédures répétitives, prédictives, et souvent complexes et modifiables à cause des modifications des objectifs métiers aux quel elles sont liées. Ils ont une capacité d'effectuer des appels d'informations et d'interrogation de d'autres systèmes informatiques, hétérogènes et distribués, afin de traiter la répartition d'activités sur plusieurs sites [Zacharewicz, 06]. La complexité des procédures réside aussi dans leurs structures, et leur caractéristique de ne pas se poursuivre toujours de manière automatisée. Les systèmes workflow de production font intervenir les acteurs humains pour la prise de décision [Georgakopoulos, 95].
- d) **Workflow ad hoc** : sont envisagés pour régir sur les procédures métier structurées, connues au préalable et définies dans la partie *build time* [Georgakopoulos, 95]. C'est-à-dire, avant l'exécution (*run time*), cela veut dire que, l'enchaînement des activités est déterminé, précisé, et ne peut subir des modifications après. Cependant, la dynamique et le changement se présentent dans les flux de travail. Les systèmes workflow ad hoc supportent ces processus peu ou non structurés, ce qui signifie que, les structures peuvent se construire et se définir par étape au cours de l'exécution, les changements peuvent survenir dans l'enchaînement des activités, et voire même la création de nouvelles tâches pour la même procédure [Van der Aalst, 99 ; Zacharewicz, 06].

I.6.2. Les systèmes de gestion des processus métiers

I.6.2.1. Définition

Les systèmes de gestion des processus métiers (BPMS abrégé de Business Process Management System) sont des systèmes génériques permettent de contrôler et d'exécuter les processus métiers en suivant bien le modèle définissant l'ordre des activités et les ressources impliquées en vue de produire les services métiers attendus [Weske, 07]. Les BPMS fournissant d'autres capacités et fonctions, en l'occurrence la conception et modélisation, l'analyse et l'amélioration des processus métiers. Ces capacités et fonctions diffèrent d'un BPMS à un autre, on distingue des systèmes dédiés à la modalisation, d'autres à l'exécution ou à l'analyse et l'amélioration. Ainsi, les BPMS assistent les entreprises dans la gestion des processus métiers tout au long de leur cycle de vie.

[Chang, 06] résume que la discipline BPM comme un ensemble de théories, approches et méthodologies autour de processus métiers accompagnées d'un ensemble de pratiques et technologies ; les BPMS représentent ces pratiques et technologies. Ils supportent les techniques de BPM et fournissent un outil permettant aux entreprises d'exécuter ses processus métiers, contrôler les participants humains impliqués et gérer les ressources référencées (e.g. données). Pour la conception, les BPMS offrent au concepteur métier un outil graphique facilitant la conception et la modélisation des processus métiers, ainsi que la génération automatique du code exécutable (e.g. BPEL). Les BPMS permettent l'analyse et l'amélioration des processus métiers en exploitant le journal d'exécution des activités, le temps consommé dans l'accomplissement d'une activité par un employé, le flux des données et les statistiques sur l'utilisation des autres ressources. Une autre caractéristique des BPMS

est la simulation de l'exécution afin de repérer et identifier les éventuels failles, ceci est possible en utilisant des algorithmes de simulation contenant des modèles de distribution de probabilités sur des intervalles de temps d'exécution de chaque activité ainsi que des processus de gestion de flux des données.

I.6.2.2. Comparaison entre WFMS et BPMS

Un WFMS sont conçus pour créer, définir et gérer les processus workflow, ils contiennent des outils de définition assistant les concepteurs dans la conception des processus workflow ; ceux-ci sont exécutés et contrôlés efficacement par les moteurs workflow. La vérification des données ainsi que les statistiques d'exécution par les moteurs workflow peuvent être utilisées pour analyser et améliorer les processus métiers. Les WFMS permettent de satisfaire les approches et méthodologies des BPM. Ainsi, d'un point de vue haut, les WFMS sont bien des BPMS. D'un point de vue fonctionnel et technique, il existe une différence entre BPMS et WFMS. Le modèle de référence workflow spécifie les interfaces 2 et 3 comme des API pour l'intégration d'applications. Ces interfaces sont fournies en C et ne suivent pas le modèle des autres technologies telle que, J2EE, COM/.NET ou CORBA. Le WAPI fournit des fonctions limitées par rapport à celle des outils de Entreprise Application Integration (EAI). Ces derniers permettent l'interaction à travers les messages, interfaces composants et web services ; ils fournissent aussi le mappage d'un format d'une application à un autre. EAI est une partie intégrale des BPMS. Ces derniers sont considérés comme l'évolution des WFMS, ils fournissent des applications d'intégration plus robustes, des outils de définition d'analyse des processus métiers et des capacités de simulations plus riches que celle traditionnellement disponible dans les WFMS.

I.6.3. L'architecture orientée service

Le principe de l'architecture orientée service (AOS) consiste à offrir des web services dont chacun assure et réalise une tâche bien précise (cryptage de données par exemple), les applications informatiques peuvent leur faisant appel par l'envoi de messages textuelles dérivés du langage XML, le métalangage largement utilisé et accepté comme format de change de données textuelles [Margolis et al, 07]. Les applications informatiques peuvent être déployées comme des services web qui se veut comme une façon d'organiser les systèmes d'informations hétérogènes de façon rapide et moins couteuse en permettant aux entreprises l'interopérabilité et la flexibilité vis-à-vis les plateformes. Ceci est rendu possible grâce à l'utilisation d'une pléthore de technologies, le langage XML facilitant le change de données, l'utilisation de standards (TCP/IP, SMTP, SOAP) acceptés par un grand nombre de fournisseurs de logiciels (Microsoft, W3C, OMG, OASIS). Basés sur le protocole HTTP qui utilise le port 80, les web services traversent les pare-feux de sécurité des entreprises, ce qui est intéressant dans les trafics B2B (Business-to-Business) ou B2C (Business-to-Customer) [Rampacek, 06 ; Salatgé, 06].

I.6.3.1. Web service

Selon le World Wide Web Consortium (W3C) [W3C, 02] un web service est une entité logicielle identifiée par une URI (Uniform Ressource Identifier), dont l'interface permet de les publier et de les localiser grâce aux protocoles standards basés sur le fameux langage XML, qui permet l'interaction entre applications, en utilisant des messages XML et des protocoles de l'internet.

Il s'agit donc, d'une collection de fonctionnalités mises en disposition aux applications en temps réel, accessibles via le réseau par des messages écrits en XML en utilisant de protocoles standards (HTTP). Ces fonctions permettent d'instaurer des communications inter-applications, voire même la construction rapide et moins chère d'applications distribuées plus flexibles et évolutives.

Contrairement aux plateformes déjà employées (CORBA, DCOM) qui sont fortement couplées, c'est-à-dire la modification d'une composante logicielle entraîne forcément la modification des autres, les web services présentent l'avantage d'être faiblement couplées, et peuvent être modifiés indépendamment les uns des autres. L'utilisation des web services se voit nécessaire pour une meilleure interopérabilité de plateformes.

I.6.3.2. Model fonctionnel des web service

Le modèle fonctionnel sert à fournir une vue descriptive de la façon dont les web services sont publiés, localisés et invoqués avec les divers protocoles impliqués.

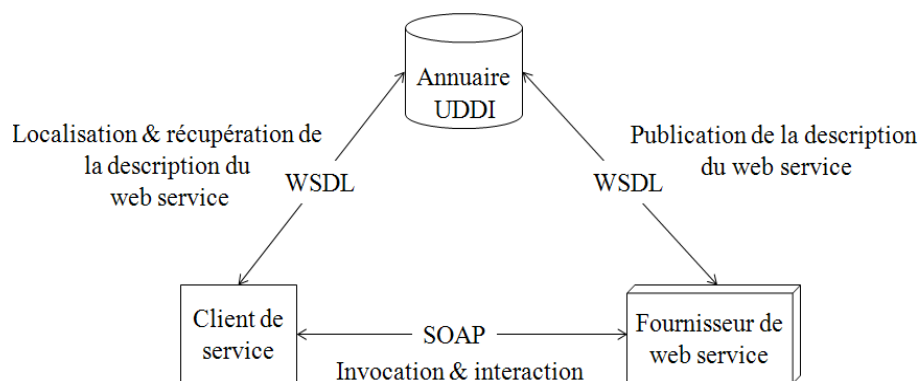


Figure I.10. Modèle fonctionnel des web service

Ainsi illustré dans la figure ci-dessous, un client ou une application peut interroger un web service auprès d'un fournisseur de web service, par l'envoi de messages écrits en SOAP. La communication se fait par étapes, la localisation et ensuite la consommation des web services. La localisation ou la découverte consiste à l'émission d'un message, en utilisant le protocole WSDL, à l'annuaire UDDI, celui-ci contient des fichiers décrivant les web services à l'aide du langage WSDL, permettant de retourner toutes les informations (URI, paramètres) nécessaires à l'invocation et à la consommation du web service [Rampacek, 06 ; Salatgé, 06].

I.6.3.3. Technologies des web services

Les web services fait référence à une pléthore de technologies qui s'enrichissent au fil du temps, elles sont des standards telles que XML, SOAP, WSDL, UDDI que nous allons les relier dans la suite de cette section.

I.6.3.3.1. XML

XML [Margolis et al, 07] (eXtensible Markup Language) est depuis 1998 une standard et recommandation du World Wide Web Consortium (W3C), il est développé par le XML Working Group sous l'égide du W3C dans le but de rendre simple et utilisable sur le Web le SGML (Standard Generalized Markup Language), utilisable dans la gestion électronique de

documents. Ce langage a servi de métalangage pour la création de plusieurs autres standards et langages, tels que MathML, XHTML, chacun relatif à un domaine particulier.

I.6.3.3.2. SOAP

La communication avec les web services se fait via le protocole SOAP (Simple Object Access Protocol), qui est une technologie très populaire dans la transmission et l'échange d'informations. Il est proposé par Microsoft, IBM et fut adopté comme standards par le W3C.

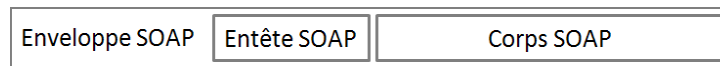


Figure I.11. Schéma d'un message SOAP

SOAP est formellement spécifié comme un ensemble d'information XML fournissant une description abstraite de son contenu. Un message renferme trois composants : une enveloppe englobant le contenu et son traitement, un entête optionnel regroupant les règles et mécanismes de représentation des données, et en fin un corps obligatoire contenant les requêtes et les réponses échangées entre systèmes [Margolis et al, 07] ; le tout est encapsulé dans un protocole applicatif avec son entête (version, type d'encodage). Le protocole applicatif le plus utilisé est HTTP, bien évidemment qu'il est possible d'utiliser d'autres tels que SMTP ou FTP [Salatgé, 06].

I.6.3.3.3. WSDL

C'est un langage de description des web services, initiative de Microsoft, IBM et Ariba afin de fournir un langage de description unifié pour les web services, et normalisé par le W3C. Le WSDL est une norme dérivée de XML, il fournit les spécifications nécessaires à l'utilisation des web services en décrivant les méthodes pouvant être invoquées, leurs signatures (paramètres), en précisant le format de messages et les URI des web services [Salatgé, 06].

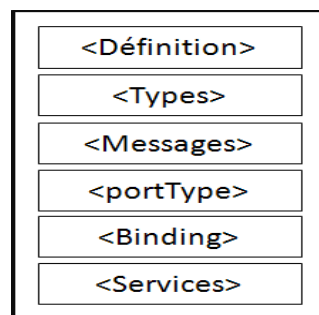


Figure I.12. Structure générale d'un fichier WSDL

Le fichier WSDL renferme 6 éléments essentiels et d'autres optionnels [Margolis et al, 07] ; l'élément définition est la racine du fichier, il précise le nom du web service et déclare les multiples namespaces utilisés dans le reste du document WSDL ; l'élément types indique tous les types de données utilisées entre le client et le fournisseur ; l'élément messages décrit un message unique, qu'il soit le message d'une requête ou d'une réponse, il peut comporter l'élément **part** qui indique les paramètres d'un message ou bien ses valeurs retournés ; l'élément portType combine plusieurs messages pour former une opération, celle-ci se réfère en entrée à un message et à plusieurs en sortie ; l'élément binding décrivant comment accéder au service, il regroupe des spécifications relatives à l'implémentation du service (e.g.

protocole de communication, format de données pour les opérations, et messages définis par un type de port particulier) ; et enfin l'élément service qui renferme les adresses nécessaires à l'invocation d'un service donnée : ensemble de ports reliés ou URL invoquant le service SOAP ;

I.6.3.3.4. UDDI

Un annuaire UDDI (Universal Description, Discovery and Integration) [Margolis et al, 07] offre des mécanismes permettant de répertorier les web services, il détermine comment organiser et localiser les informations liées à la description des web services d'une entreprise, organisme ou d'une seule personne, afin qu'ils peuvent être découverts et invoqués par les divers clients et applications. L'objectif central des UDDI est la représentation des données et métadonnées à propos des web services et des interfaces regroupant les informations techniques relatives ; le registre UDDI fournit un mécanisme standard pour classer, répertorier et gérer les web services afin qu'ils puissent être découverts et consommés.

I.6.3.4. Composition des web services

Grâce à la technologie des web services, les entreprises offrent à ces clients une très large gamme de services sur Internet, réservation d'un billet d'avion d'une compagnie aérienne, ou location d'une voiture, ou encore réserver une chambre dans un hôtel, faire l'achat et le paiement en ligne. Dans certains cas, un web service peut assurer à lui seul un service donné, comme par exemple utilisation d'un dictionnaire en ligne pour la traduction immédiate d'un mot ; et pour d'autres cas, le web service est forcé de se combiner et de se compléter avec d'autre web services afin de réaliser un service donné, par exemple la réservation d'une chambre dans un hôtel nécessite un certain temps pour la négociation du prix, de son paiement, et de sa réservation.

I.6.3.4.1. Modes de composition

Un web service composite ou complexe est un service composé de plusieurs services, dont son exécution entraîne l'exécution des autres, en termes de faire appel à leurs fonctionnalités. La composition des web services sert à déterminer la combinaison, la coordination et l'ordre d'exécution des web services, elle peut se faire de deux manières : orchestration ou chorégraphie [Rampacek, 06].

L'orchestration consiste à l'instauration d'un coordinateur (web services) de l'orchestration qui se charge de diriger le déroulement des différentes opérations des web service ainsi que les interactions via des messages. Les web services n'ont pas connaissance d'être dans une même composition. Cette façon de composition semble plus flexible, l'implémentation du coordinateur est facile, il régit des interactions connues entre les web services.

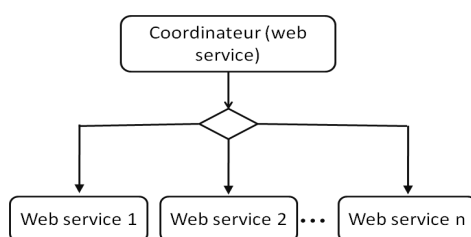


Figure I.13. Orchestration des web services

La chorégraphie, quant à elle, n'implique pas un coordinateur qui gère les interactions. Les web services ont connaissance de leur appartenance à une composition, de leurs opérations qui doivent être exécutées et avec qui leurs interactions peuvent avoir lieu. Elle présente l'avantage de la non-centralisation du traitement, les web services sont sensés de mener la coordination entre eux et être développés en tenant en compte la composition qu'ils formeront [Rampacek, 06].

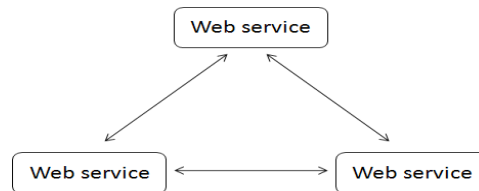


Figure I.14. Chorégraphie des web services

I.6.3.4.2. Langages de composition

La description de la composition des web services concerne la description des web services appartenant à la composition, et ensuite la description de la composition elle-même [Claro, 06]. Les langages de description ou de programmation des web services composite sont plusieurs, ci-après les plus référencés.

- **WSFL** : Web Services Flow Language [WSFL, 01] est développé par IBM dans le but de permettre la définition des processus métiers, c'est une grammaire dérivée de XML afin de permettre la description de la composition des web services. La définition de processus métier en WSFL revient à deux niveaux : dans le premier, une approche basée sur un modèle d'un graphe direct définissant un flux de travail, et en deuxième niveau, une interface publique permettant la publication des processus métiers en tant que web services.
- **BPML** : Le Business Process Modeling Language [Bpml, 02] est un métalangage mis en place par BPMI (Business Process Management Initiative), Il sépare les interfaces publiques (description) des interfaces privées (implémentation) ; il permet la description des paramètres nécessaires à l'exécution par un moteur d'orchestration de processus métiers. Ces derniers sont modélisés et présentés par des flux de données, flux d'évènements. On peut exercer un contrôle sur ces flux en entrainant des règles métier, des règles de sécurité, ou des règles de transactions.
- **XLANG** : Développé en 2001 par Microsoft pour les besoins de l'outil de gestion de processus Biz Talk, pour combler les lacunes du langage de description des web services WSDL en matière d'information concernant le comportement ; sont ajoutées 4 types d'opérations (requêtes/réponses, sollicitation de la réponse, le sens unique et la notification), et 2 types d'actions à savoir : arrêt et exceptions. XLANG ressort de la première génération des langages de la description des web services complexes (processus métier).
- **BPEL** (cf. section 5.1.2.3).

I.7. Synthèse et conclusion

Le domaine dans lequel sont impliqués les processus métiers est vaste et ne cesse de s'étendre de plus en plus. Néanmoins, nous avons essayé de cerner de façon progressive les aspects, méthodes, techniques, standards et technologies autour des processus métiers. Ceux-ci sont actuellement employés pour représenter et modéliser le fonctionnement des entreprises, y compris toutes les ressources impliquées et employées ; autrement dit, ils représentent et modélisent le savoir-faire des entreprises à réaliser et atteindre leur services et objectifs. Les processus métiers impliquent dans l'accomplissement de leurs activités des qualifications humaines nécessaires et inhérentes ; ces qualifications humaines font usage de leurs connaissances, expériences et compétences dans la réalisation de leurs tâches. Ainsi, les processus métiers sont considérés comme des conteneurs de connaissances et savoir-faire, ils constituent même un capital intellectuel pour l'entreprise d'où l'avantage de les considérer pour des fins d'apprentissage.

Ces processus métiers sont dotés de langages, notations et standards les décrivant et spécifiant, ce qui participe à la création des contenus pédagogiques à partir de ces processus métiers. Ces derniers possèdent un aspect orienté production et métier qui est souvent l'aspect étudié et mis en valeur ; les processus métiers détiennent aussi un autre aspect celui de connaissance et qui est moins présenté et décrit. Le chapitre qui suit, celui de gestion des connaissances se consacre pour les connaissances et les entités cognitives.

Chapitre II. Gestion des connaissances

De nos jours, les entreprises ont pris conscience de l'intérêt que présente la gestion des savoir et savoir-faire, individuels et collectifs dans la nouvelle stratégie orientée connaissance afin d'accroître leur performance et créativité ; d'autre part, ces mêmes entreprises ont pris en compte l'importance de l'offre en termes de méthodologies et logiciels autour de la discipline gestion de connaissance. Celle-ci continue de recevoir l'intérêt de professionnels et chercheurs et demeure un domaine d'actualité durant toutes ces deux dernières décennies.

Le présent chapitre se propose comme une ébauche au domaine de la gestion des connaissances, et sans être exhaustif, il essaie d'aborder et traiter les principaux volets de cette discipline. Ainsi, ce chapitre est découpé en sept sections ; une introduction dans la première section ; suivie d'une section exposant et définissant différents concepts et termes fréquemment employés ; puis on discute les divers types de connaissances dans la troisième section ; ensuite on entraîne une section mettant en exergue le processus de capitalisation des connaissances. La mémoire d'entreprise sera développée avec ses diverses classifications et méthodes de construction, ce qui aura lieu dans la cinquième section. Un autre volet est présenté celui des systèmes de gestion de connaissances qui interviennent dans le processus de gestion de connaissances, la sixième section lui sera consacrée. Finalement, on conclure ce chapitre avec une synthèse et conclusion.

II.1. Introduction

Le monde métier, celui des entreprises et organisations, est en permanence le monde des besoins et exigences qui conduisent à l'émergence de nouveaux domaines de recherche. La gestion des connaissances est apparue dans le constat que le capital matériel ou physique n'est pas uniquement le seul moyen pour l'amélioration de la productivité et la capacité de résistance aux différents défis du monde métier. Les connaissances et savoir-faire ont un rôle à jouer dans la capacité de créativité des entreprises, elles sont considérées comme un capital vital aussi important que le capital matériel d'où la nécessité de savoir le gérer et l'accroître. La gestion des connaissances se propose pour répondre à un ensemble de besoins. Dans le monde industriel, [Dieng, 02] affirme que la gestion des connaissances est introduite pour faire face aux pertes de connaissances en capitalisant les connaissances individuelles en une connaissance collective, tirer profit des expériences des projets passés, aider à la stratégie de décision et d'actions, et participer à la diffusion de connaissances entre les membres de l'organisation.

De nos jours, les entreprises ont pris conscience de l'intérêt que présente la gestion des savoir et savoir-faire, individuels et collectifs dans la nouvelle stratégie orientée connaissance afin d'accroître leur performance et créativité ; d'autre part, ces mêmes entreprises ont pris en compte de l'importance de l'offre en termes de méthodologies et logiciels autour de la discipline gestion de connaissance. Celle-ci demeure un domaine d'actualité durant toutes ces deux dernières décennies.

Appelée encore Knowledge Management, la gestion des connaissances est un domaine qui fait intervenir plusieurs autres domaines en rapport avec le traitement des connaissances et informations, comme celui de l'intelligence artificielle, les systèmes experts ou encore l'ingénierie des connaissances. Le domaine social est un autre domaine qui est aussi impliqué dans la gestion de connaissances ; selon Aristote [Schwartz, 06], le contexte social demeure le moyen dominant pour l'acquisition et le transfert de connaissances, le langage est essentiel pour la diffusion et le partage de connaissance entre individus.

II.2. Définitions

La gestion des connaissances a fait renaître et repousser la discussion autour de trois concepts-clés, à savoir donnée, information et connaissance. Ainsi, il sera question dans cette section de la définition de la discipline knowledge management, mais bien avant, de la définition des concepts et termes liés à cette discipline, en l'occurrence donnée, information, connaissance, compétence et travailleur de connaissance.

II.2.1. Donnée

Selon le grand dictionnaire de l'office québécois de la langue française, une donnée est une représentation d'une information codée dans un format pour son traitement par un ordinateur. Cette définition informatique nous révèle que les données sont des éléments utilisées pour décrire les informations ; cependant, elle ne met pas l'accent sur le sens ou encore la valeur que peut avoir une donnée pour pouvoir décider de l'ensemble des opérations qu'on peut appliquer sur cette donnée. Par exemple, une donnée qui porte un sens qualitatif n'aura pas le même traitement que celle qui a un sens quantitatif ou numérique.

Par ailleurs, on voit qu'une donnée est un mot du vocabulaire d'un langage particulier, le mot possède un sens qui fait l'unanimité des usagers de ce langage. Par exemple, si on prend le mot "lovable" de la langue française, qui possède le sens d'être ce qui peut être enroulé, constitue une donnée. Il convient de noter que le sens est attribué aux données par les concepteurs et usagers du langage utilisé.

II.2.2. Information

Une information, selon le grand dictionnaire, est un élément de connaissance concernant un phénomène et qui, pris dans un contexte déterminé, a une signification particulière. La définition de l'information est donnée en terme de connaissance pour faire savoir que cette dernière est constituée d'informations, et que celle-ci est attendue d'être transformée en connaissance pour en tirer profit.

En termes de données, on considère qu'une information correspond à une agrégation de données, la somme des sens de chaque donnée constituant l'information crée un contexte particulier à l'information.

II.2.3. Connaissance

Une connaissance, le concept le plus difficile, est une information ayant une valeur ajoutée qui est celle d'avoir la faculté d'être employée et utilisée pour prendre une décision ou faire face à un problème particulier. [Bulter, 06] avance qu'une connaissance est une combinaison d'expériences, valeurs, informations contextuelles et de perspicacité d'experts qui fournit un cadre permettant d'évaluer et d'incorporer de nouvelles expériences et informations ; l'origine des connaissances est l'esprit des connaisseurs qui les créent et les appliquent. Dans les organisations, les connaissances sont souvent incorporées dans des documents et répertoires ainsi que des processus, routines et pratiques des organisations.

Dans le monde métier, les connaissances sont d'une importance capitale. Selon [Ermine, 00], une connaissance est "*ressource stratégique pour la productivité croissante ; un facteur de stabilité dans un environnement stable et dynamique ; et c'est un avantage concurrentiel et décisif*".

II.2.4. Compétence

La compétence exprime la capacité de l'individu à accomplir un rôle, une tâche ou une mission en exploitant les connaissances acquises ainsi que les pratiques et habitudes accumulées pendant les expériences précédentes. Ainsi, la compétence est liée à l'individu et ses savoirs et savoir-faire, celui-ci s'accroît et se diminue en fonction des expériences. Pour [Grundstein, 95], la compétence se réalise dans l'action : c'est un processus qui, au-delà des savoirs et des savoir-faire, fait appel aux comportements des personnes, à leur savoir être, à leurs attitudes éthiques.

II.2.5. Travailleur de connaissance

Le travailleur de connaissances [Drucker, 94] (Knowledge Worker) se distingue des autres travailleurs et ouvriers par la nature des rôles et tâches qu'il remplit, ces rôles ne sont pas des

activités de routine et n'exige pas des compétences manuelles et physiques mais plutôt l'utilisation de connaissances, théories et pratiques ainsi que l'accès à une grande quantité de documents et d'informations.

Dans le monde des entreprises et processus métiers, [Weske, 07] définit les travailleurs de connaissances comme les participants humains dans les processus métiers, ils ont des connaissances détaillées à propos du domaine d'application dont lequel sont impliqués et qui utilisent les systèmes informatiques pour l'accomplissement des activités qui leurs sont affectées.

II.2.6. Gestion de connaissances

Dans la littérature, on recense plusieurs définitions à la discipline gestion de connaissances qui continue de recevoir l'attention des professionnels et chercheurs. Ces définitions se convergent sur le fait que la gestion de connaissances est le domaine regroupant l'ensemble de méthodes, approches, techniques et systèmes organisés autour d'un processus d'étapes et de phases progressives qui sont sensés de répondre aux problèmes de la perte de connaissances au sein des entreprises ainsi que l'amélioration de la créativité de ces dernières. [Albert, 98] a défini le knowledge management comme le processus de collecte, organisation, classification et partage d'informations au sein de l'organisation afin de les rendre utiles à ceux qui l'ont besoin. Ainsi, les connaissances ne sont partagées et exploitées qu'après leur capitalisation, celle-ci met en œuvre un ensemble de techniques d'identification, repérage, collecte et représentation des connaissances. Pour [Ermine, 00], la gestion de connaissances s'articule autour de 3 mots-clés : capitalisation, partage et création de nouvelles connaissances. Cette définition présente un autre aspect de la discipline gestion de connaissance, celui de créer de nouvelles connaissances qui vient après la phase de capitalisation et partage. La création de nouvelles connaissances implique le recours à des méthodes et techniques qui relèvent d'autres domaines en rapport avec les connaissances, e.g., le datamining ou les systèmes experts. Une autre définition est fournie selon trois finalités [Dieng, 02], une finalité patrimoniale qui se focalise sur le processus de capitalisation de connaissances en vue de créer un capital intellectuel constituant un patrimoine pour l'entreprise ; une deuxième finalité managérielle qui se concentre sur la gestion de ressources de connaissances pour en faciliter l'accès, le partage et l'utilisation ; la dernière finalité est orientée innovation durable qui met en œuvre des activités destinées à amplifier la réutilisation et la création de nouvelles connaissances.

La gestion de connaissances est accompagnée de méthodologies, technologies et systèmes pour intervenir dans la facilitation et l'implémentation des approches et processus de gestion de connaissances. [Schwartz, 06] avance que le knowledge management se voit comme un processus d'acquisition (i.e. création, découverte, collecte et validation), d'organisation (i.e. modélisation, classification et intégration) et de distribution (i.e. partage, réutilisation, maintenance et diffusion) de connaissances au sein des organisations ; ce processus est implémenté et mis en œuvre par un ensemble de technologies venant en aide dans les différentes phases du processus de gestion de connaissances. Ce même processus doit tenir en compte les connaissances individuelles et collectives, tacites et explicites.

II.3. Typologie de connaissances

Plusieurs travaux se sont focalisés sur la définition et la taxonomie des connaissances pour pouvoir les identifier, les représenter et automatiser par la suite le processus de gestion de connaissances. Celles-ci sont alors classifiées en catégories : tacites et explicites [Nonaka et al, 95], statiques et dynamiques [Grundstein, 02], internes et externes [Bahloul, 06]. Cependant, ces catégories ou classes de connaissances sont opposantes (e.g. tacites et explicites) et les connaissances peuvent avoir une partie appartenant à l'une des classe (e.g. tacite) et l'autre partie à la classe opposante (e.g. explicite). [Ein-Dor, 06] a proposé une taxonomie, basée sur la multi-dimensionnalité des connaissances, qui présente mieux la classification des connaissances ; une dimension possède dans une extrémité une classe de connaissances (e.g. tacite) et la classe opposante (e.g. explicite) à l'autre extrémité. La figure suivante présente une vue non exhaustive des différentes dimensions que peuvent avoir les connaissances.

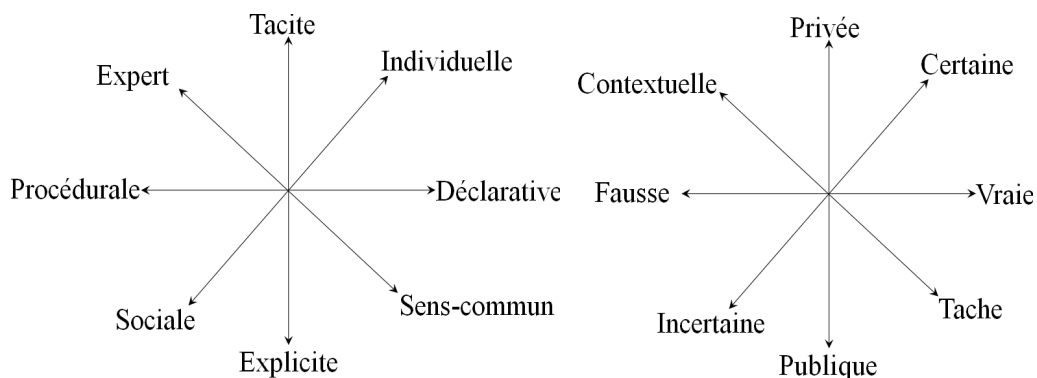


Figure II.1. Taxonomies des connaissances [Ein-Dor, 06]

- 1) **Connaissance explicite vs tacite** : les connaissances explicites sont les connaissances qu'on peut matérialiser, i.e., celles qui peuvent être décrites et exprimées moyennant un langage de représentation donnée. Elles sont donc mémorisées et stockées dans des documents, archives et base de connaissances. Les connaissances tacites sont détenues par des individus et qui ne peuvent pas être transmises via un langage formel (e.g. langage verbal) ; ceci dû aux limites d'expressivité du langage employé. Les experts sont souvent les détenteurs des connaissances tacites, ils font recours à des facteurs non formels (e.g. évaluation intuitive) dans l'utilisation des ces connaissances dans leurs tâches ce qui rend difficile l'explicitation de ces connaissances.
- 2) **Connaissance individuelle vs sociale** : les connaissances individuelles sont celles détenues par les individus, elles peuvent être explicites ou tacites ; dans ces derniers cas, le départ de ces individus peut entraîner une perte de connaissances. Les connaissances sociales ou collectives représentent une partie considérable des connaissances des entreprises, elles correspondent à l'autre type des connaissances individuelles et qui n'est pas l'addition des connaissances individuelles mais plutôt l'ensemble de savoirs, de comportements et de pratiques de coopération et collaboration entre les individus. Ainsi, les connaissances des entreprises dépendent fortement des personnes d'où le rôle de la discipline gestion de connaissances.
- 3) **Connaissance procédurale vs déclarative** : les connaissances déclaratives correspondent aux savoirs qui ne décrivent pas la façon de faire mais plutôt caractérisent et spécifient une tâches ou une fonction d'un domaine particulier. Les

connaissances procédurales, comme leur non l'indique, correspondent aux savoir-faire qui décrivent la procédure, la routine ou la méthode de faire accomplir et réaliser une tâche ou un objectif. Les connaissances déclaratives (i.e. savoir-quoi) se complètent avec les connaissances procédurales (i.e. savoir-comment) dans l'accomplissement des activités et objectifs des entreprises.

- 4) **Connaissance expert vs sens commun** : les connaissances du sens commun sont celles partagées par la majorité des membres d'une communauté (e.g. communauté des employeurs d'une entreprise) qui les utilisent de façon intuitive au point où ces connaissances deviennent un patrimoine culturel de la communauté (e.g. connaissances générales à propos du métier d'une entreprise). Les connaissances des experts sont celles détenues uniquement pas ces derniers et qui relèvent d'un domaine particulier et spécialisé (e.g. domaine scientifique). Les connaissances d'experts une fois transmises aux membres de la communauté deviennent du sens commun, e.g., savoir administrer un micro-ordinateur est aujourd'hui du sens commun ce qui n'est pas le cas lorsque les micro-ordinateurs sont apparus pour la première fois.
- 5) **D'autres catégories** : les connaissances des tâches des entreprises, dites encore internes, sont celles liées aux activités et métiers des entreprises, elles sont utilisées à l'intérieur des entreprises dans l'accomplissement de ces activités et tâches. Les connaissances contextuelles, appelées externes, sont liées à l'environnement externe des entreprises, elles concernent l'étude du marché, les clients et les concurrents, etc. Les connaissances internes ou externes peuvent avoir la probabilité d'être vraies ou fausses, dans ce dernier cas, elles doivent être mises à jour et validées pour en tirer profit. Les connaissances certaines, à notre avis, correspondent aux connaissances vraies, sûres et fondées ; les connaissances incertaines ne sont pas forcément fausses mais qui ne sont pas sûres et prouvées. Une connaissance peut être privée pour signifier qu'elle est réservée à une catégorie d'individus, ou bien publique dont l'accès est autorisé aux autres catégories d'individus.

Cette classification n'est pas exhaustive et les connaissances peuvent avoir d'autres dimensions. En considérant la criticité des connaissances, on peut distinguer des connaissances critiques dont l'importance est capitale par rapport à celui qui les détiennent ou le risque que présentent une fois perdues ; les connaissances non critiques ou normales ne présentent pas un degré d'importance ou de risque. Une autre classification est fonction du domaine d'application des connaissances, e.g., connaissances informatiques qui relèvent du domaine de l'informatique ou connaissances administratives liées à l'administration, etc. Enfin, on remarque que la taxonomie des connaissances dépend de ses caractéristiques (i.e. propriétés) et des ressources qui détiennent les connaissances ; par exemple, connaissances individuelles pour les individus, sociales et sens-commun pour une communauté, experte pour les experts, procédural pour les procédures de travail, etc.

II.4. Processus de gestion de connaissances

Dans la littérature, les spécialistes de knowledge management se sont entendus que celle-ci se fait au travers un processus constitué de plusieurs phases successives et progressives où la sortie de chaque phase est l'entrée de la phase suivante. On voit que ce processus détient un ensemble d'avantages :

- 1) Permet de découper la tâche globale compliquée, celle de gestion des connaissances, en plusieurs sous-tâches moins compliquées réparties sur plusieurs étapes ; ceci réduira la complexité et facilitera la maîtrise de la gestion des connaissances.
- 2) Avoir plusieurs sous-tâches sur plusieurs phases signifie d'avoir des spécialistes, des méthodes, techniques et outils dédiés à chacune d'elles.

[Rasovska, 06] présente dans sa thèse une étude de dix sept modèles ou processus de gestion de connaissances, dresse un tableau comparatif entre ces modèles en termes d'activités de chaque phases du processus, et enfin elle conclut que le modèle introduit par [Grundstein, 02] semble le mieux représentatif et adapté. Celui-ci comporte 4 phases, la première, dite repérage, est dédiée à l'identification, localisation, caractérisation et hiérarchisation des connaissances ; celles-ci sont actualisées, mises à jours et standardisées dans la deuxième phase, appelée actualisation ; la phase de valorisation est la troisième phase ou les connaissances obtenues sont exploitées, partagées, diffusées et combinées afin de créer de nouvelles connaissances ; la dernière phase, préservation, est consacrée à la modélisation, représentation et conservation des connaissances pour construire un capital intellectuel.

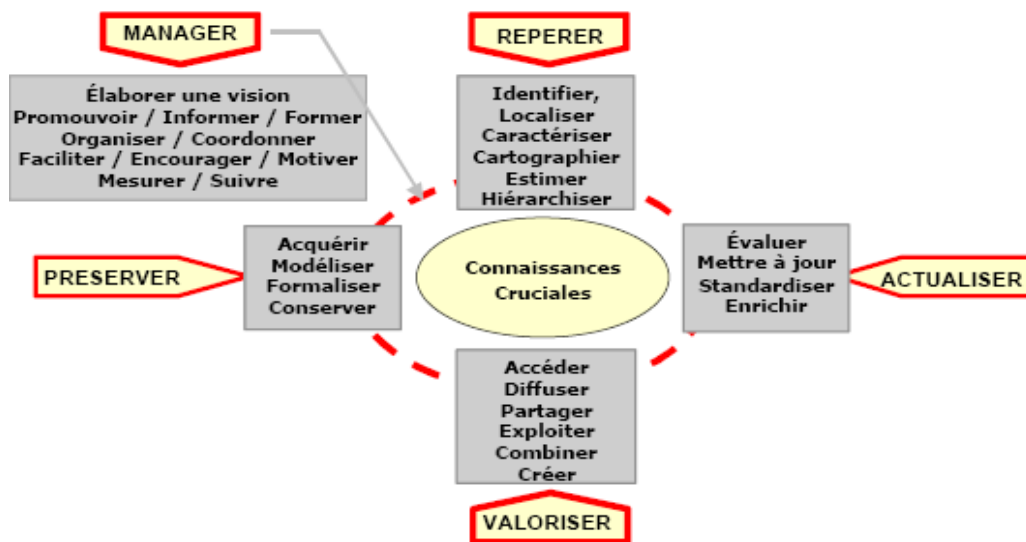


Figure II.2. Processus de capitalisation [Grundstein, 02]

Par ailleurs, [Schwartz, 06] a proposé dans son ouvrage un processus qui nous semble plus pratique et mieux adapté du fait que les connaissances modélisées, capitalisées et préservées sont moins difficiles d'être utilisées, partagées et diffusées aussi bien par les humains que par les systèmes que les connaissances non-modélisées. Le processus proposé capitalise les connaissances bien avant qu'elles soient exploitées et diffusées, il comporte trois phases. La première s'intéresse à l'acquisition des connaissances par la création, la découverte, la collecte et ensuite la validation des connaissances. Celles-ci sont ensuite modélisées, classifiées adaptées et intégrées dans la deuxième phase. La dernière phase permet l'utilisation, l'exploitation, la réutilisation, la maintenance et la diffusion des connaissances déjà capitalisées. La figure suivante donne une vue de ce processus.



Figure II.3. Processus de knowledge management, issue de [Schwartz, 06]

II.5. Mémoire d'entreprise

[Grundstein, 02] avance que les connaissances utilisées et produites par une entreprise sont considérées comme un ensemble de richesse constituant un capital, dont il faut en tirer des intérêts afin de contribuer à l'augmentation de la valeur de ce capital. Ce capital intellectuel se voit comme une mémoire organisationnelle. Dans cette section, on s'intéresse à la définition de la notion de mémoire d'entreprise, ses différents types et ses méthodes de construction recensées.

II.5.1. Définition

L'une des définitions courantes de la notion mémoire d'entreprise revient à Van Heijst qui la définit comme "*la représentation explicite, persistante et désincarnée des connaissances et des informations d'une organisation*" [Bahloul, 06]. Ainsi, afin de rendre visibles et explicites les connaissances, celles-ci doivent être rendues indépendantes des ressources (individuelles ou collectives) qui les détiennent ; cela signifie le recours à des spécifications et langages permettant de décrire, spécifier et modéliser les connaissances en vue de permettre leur capitalisation dans des mémoires, leur exploitation par les individus et systèmes d'information et enfin leur persistance au fil du temps.

La mémoire d'entreprise sert donc à "*localiser et rendre visible les connaissances de l'entreprise, être capable de les conserver, y accéder et les actualiser, savoir comment les diffuser et mieux les utiliser, les mettre en synergie et les valoriser*" [Grundstein, 95]. La mémoire d'entreprise, appelée encore mémoire organisationnelle, est un terme générique qui peut être employé aussi bien pour désigner la mémoire d'une entreprise à caractère commerciale ou tout autre type d'organisation. Elle se voit comme un conteneur des connaissances, informations et données à propos des stratégies et politiques de gestion, procédures métiers et produits, services et clients, marché et concurrents, etc.

II.5.2. Typologie de mémoire organisationnelle

Une typologie des mémoires organisationnelles est donnée par Gardon, qui distingue des mémoires de projet, mémoires métiers, mémoires distribuées, mémoires documentaires et mémoires à base de cas [Bahloul, 06]. Par ailleurs, [Dieng, 02] présente deux typologies de mémoires d'entreprise fournies par Pomian et Tourtier ; la première compte trois types : mémoire technique, de projet et managériale ; la deuxième énumère quatre types : mémoire de projet, métier, de société et individuelle.

Ainsi, on remarque que les typologies de mémoire d'entreprise différencient ces dernières selon deux facteurs, le premier est la typologie des connaissances, informations et données qu'elles détiennent, le second réside dans le type des procédés et métiers que capitalisent ces mémoires. La distinction faite selon le premier facteur peut entraîner une variété de mémoires d'entreprise : mémoires individuelles (i.e. pour les connaissances individuelles), sociales (i.e. pour connaissances collectives), documentaires (i.e. pour ressources documentaires) etc. selon le métier des procédés, on peut citer des mémoires métiers (i.e. capitalise le processus métiers), des mémoires techniques (i.e. qui s'intéresse aux procédés techniques), des mémoires de pilotages (i.e. processus de direction et planification), de projet (i.e. pour retour d'expérience des projets précédents), etc.

II.5.3. Méthodes de construction

[Dieng, 02] souligne que les méthodes de construction des mémoires d'entreprise dépendent des sources de connaissances (i.e. individus, communauté ou bases de données qui détiennent les connaissances). Cela signifie qu'à chaque type de connaissances, on peut lui faire correspondre une méthode de construction appropriée et adéquate ; par exemple, les connaissances sociales nécessitent le recours à des méthodes et techniques qui relèvent du domaine des collecticiels, ou encore les méthodes datamining pour les données et informations archivées dans des bases de données, etc.

La gestion de la mémoire d'entreprise consiste à identifier les besoins en mémoire d'entreprise, à la construire, diffuser, utiliser, évaluer, maintenir et faire évoluer [Dieng et al., 98]. Trois classes de méthodes sont distinguées, des méthodes dédiées à la construction des mémoires d'entreprise, des méthodes issues du domaine de travail coopératif et des méthodes venues de l'ingénierie des connaissances [Dieng, 02]. Ci-dessous, on exposera les méthodes couramment citées.

II.5.3.1. Méthodes du travail coopératif

Les méthodes référencées du domaine de collecticiel sont IBIS et QOC, elles sont développées dans le but de supporter la conception de raisonnement (i.e. Design Rational) qui se veut une documentation explicite des politiques, processus de collaboration, des processus du raisonnement et des raisons derrière les décisions prises pour faire face aux problèmes donnés. La méthode IBIS (Issue-Based Information System) est une notation d'argumentation, elle utilise des éléments de raisonnement (e.g. problème, position, argument, résolution) dénotés sous forme de nœuds ainsi que des liens (e.g. plus générale que, successeur de, successeur temporaire de, similaire de) afin de connecter les discussions autour de problèmes. Plusieurs variantes à cette méthode ont été proposées, QOC (Questions, Options and Criteria) figure comme une alternative pour la représentation du raisonnement

basé-argumentation. QOC est utilisée pour l'analyse de l'espace (Space Analysis), elle identifie des clés de problèmes comme des questions, les réponses possibles comme des options et les critères (e.g. conditions de satisfaction des propriétés désirées) pour expliciter la description des méthodes d'évaluation des options proposées. Les options sont liées positivement ou négativement avec les critères de sélection des solutions adéquates [Buckingham et al, 06].

II.5.3.2. Méthodes dédiées

Nombreuses sont les méthodes développées et destinées à la construction de mémoire d'entreprise, les plus utilisées sont REX, MEREX et CYGMA [Rasovska, 06].

La méthode REX (retour d'expériences) a été développée dans le but de capitaliser dans une base de connaissances, le retour d'expériences précédentes au profil des futures équipes d'employés. Le principe consistait à considérer trois types d'éléments, élément de connaissance documentaire pour la description d'un document, élément d'expérience obtenu moyennant des entretiens avec l'expert et enfin élément de savoir-faire de l'expert dans une activité particulière. Cette méthode suit un processus de trois étapes, analyse des besoins et identification des ressources de connaissances, la construction et enfin la mise en place et l'exploitation.

La méthode MEREX (mise en règle de l'expérience) est une méthode se basant sur un principe consistant à décrire, dans des fichiers papiers simples, un ensemble d'informations et de connaissances (e.g. activité, problème, contexte, solutions techniques, personnes impliquées, son poste). Ces fichiers sont ensuite informatisés et mis à l'exploitation dans un système de fichiers implanté dans le réseau interne de l'entreprise au profil de ces employés.

La méthode CYGMA (cycle de vie et gestion des métiers et des applications) est développée spécialement pour les activités de l'industrie manufacturière pour la construction des systèmes experts. Elle préconise des entretiens avec les experts, mène des études de la documentation de l'entreprise et définit six catégories de connaissances industrielles : connaissances singulières, terminologiques, structurelles, comportementales, stratégiques et opératoires. Ces connaissances sont stockées dans des référentiels métiers et des bases de connaissances qui seront gérées par des systèmes d'inférence et raisonnement déductif

II.5.3.3. Méthodes de l'ingénierie des connaissances

Il existe deux classes de méthodes de construction des mémoires d'entreprise issues du domaine de l'ingénierie des connaissances, méthodes ou approches ascendantes ou descendantes ; ces dernières présentent l'avantage d'être plus génériques du fait qu'elles séparent les connaissances du domaine d'utilisation, ce qui leur permet de définir des modèles réutilisables, non liés et limités au domaine d'application et utilisation des connaissances ; ce qui n'est pas le cas pour les méthodes ascendantes [Rasovska, 06].

II.5.3.3.1. Méthodes ascendantes

Les méthodes ascendantes consistent à établir un maximum de recueil des données verbales employées par les experts et à les regrouper en vue de former des modèles de connaissances. Les méthodes ascendantes les plus connues sont KOD et Métadoc.

La méthode KOD (knowledge oriented design) est fondée sur des techniques d'observation et d'analyse de discours des experts et de sources documentaires ; elle produit un ensemble de concepts de base et des liens conceptuels représentant des modèles de connaissances. Cette méthode est développée dans le cadre de l'intelligence artificielle. La méthode Métadoc (méthode d'acquisition et de modélisation de connaissances) est développée dans le cadre des systèmes à base de connaissances, plus précisément pour supporter les activités d'analyse des besoins, analyse du réel.

II.5.3.3.2. Méthodes descendantes

Les méthodes descendantes sont des méthodes dirigées par des modèles de connaissances définis dans le niveau de l'expert afin de guider et filtrer l'acquisition des connaissances. KADS (knowledge acquisition and design structuring) figure parmi les premières méthodes descendantes, elle se base sur le principe de définir, dans un bon niveau d'abstraction, des mécanismes de résolution de problèmes. Trois niveaux sont définis, un niveau domaine pour les concepts du domaine considéré, un niveau inférence pour la représentation des concepts, et niveau tâche pour établir la structure de contrôle. Une nouvelle variante à cette méthode est apparue sous le nom Common KADS, celle-ci qui présente six modèles pour l'analyse des connaissances : organisation, tâche, agent, communication et conception. Les conventions graphiques du langage UML sont utilisées pour la représentation des modèles de Common KADS.

MKSM (methodology for knowledge system management) est une autre méthode descendante mise en place au commissariat à l'énergie atomique (CEA, France) par Ermine [Ermine et al., 96] pour faire face au problème de perte de savoir et savoir-faire. L'ensemble des connaissances constitue un système complexe avec trois points de vue : structure (i.e. structuration des objets et concepts de la connaissance), fonction (i.e. fonction ou activité de la connaissance) et évolution (i.e. historique associé à la connaissance). Cette méthode propose cinq phases pour la conception de système de connaissances : modélisation des connaissances, du domaine, activités, concepts et tâches. La connaissance contient de l'information (i.e. une représentation de la connaissance), le sens (i.e. la sémantique de la connaissance) et le contexte ou l'environnement inhérent au sens de la connaissance.

La méthode MASK [Castillo et al, 04] (method of analyze and structuring knowledge), extension de la méthode MKSM, se base sur les principes d'analyse cognitive et de retours d'expériences afin de permettre à l'ingénieur cognitif d'explicitier un maximum de connaissances tacites formalisées, vers la fin, sous forme de livre de connaissances. La connaissance se voit comme une information ayant une signification donnée pour un contexte donné.

II.6. Systèmes de gestion de connaissances

Le knowledge management est un domaine de recherche mais aussi un domaine où on registre continuellement des applications, outils et plateformes en rapport avec la gestion des connaissances des organisations. Ces applications et plateformes, qui peuvent être réunies dans un même terme celui des systèmes de gestion des connaissances (KMS pour Knowledge Management Systems), sont basées sur les technologies de l'information et de la communication qui fournissent des capacités, aptitudes et solutions pour le développement

d'applications et systèmes intervenant dans la gestion des connaissances en vue de la rendre facile, efficace et décisive [Becerra et al, 06].

Les systèmes de gestion de connaissances [Maier et al, 06] se voient comme une classe de systèmes et d'initiatives technologiques en vue de supporter les diverses activités de gestion de connaissances. Ces activités se manifestent dans le processus de gestion des connaissances, et qui peuvent être résumées dans quatre classes : internalisation, externalisation, socialisation et combinaison [Nonaka et al, 95]. L'objectif des KMS est donc de fournir un ensemble de solutions et environnements technologiques permettant de venir en aide dans les stratégies orientées connaissances s'intéressant à améliorer la productivité et la créativité des organisations en considérant ces connaissances comme un capital vital.

Il existe une variété de systèmes et outils en relation avec la gestion des connaissances qui peuvent faire partie des KMS en intervenant de façon différente dans les quatre activités citées ci-dessus. [Baroni et al, 06] en recense une dizaine de catégories présentées ci-dessous.

- Systèmes basés intranet : correspondent aux applications et outils (e.g. email, forum, vidéo conférences) qui facilitent le partage, l'utilisation et la diffusion des connaissances entre les membres de l'organisation dispersés géographiquement. Le transfert et communication de connaissances participent à l'activité de création de nouvelles connaissances.
- Système de gestion de contenus : offrent la capacité de gérer une grande quantité de contenus web et de documents générés par les activités bureautiques et qui contiennent de considérables informations. Ils interviennent dans la création, indexation, recherche, sauvegarde et publication de contenus.
- Groupware : désignent les plateformes qui rendent possible la coopération asynchrone ou synchrone entre les groupes de travail (e.g. experts) autour de la discussion d'un problème (i.e. réflexion collective) ou l'accomplissement d'un travail. La contribution des groupware est bien dans la création et le partage de connaissances tacites.
- Systèmes workflow : l'objectif est de standardiser et gérer le processus d'activités explicitant les connaissances et le transfert de documents entre les travailleurs de connaissances à l'intérieur des organisations.
- Systèmes de l'intelligence artificielle : des méthodes et techniques (e.g. systèmes experts, systèmes multi-agents, base de connaissances, raisonnement à base de cas, réseaux neuraux) ont été fournies afin de supporter la création, intégration, organisation et le transfert de connaissances.
- Intelligence métier (Business Intelligence) : se sont les outils utilisés pour manipuler une grande masse de données opérationnelles et extraire à partir de celles-ci des informations métiers. Il existe deux classes : systèmes front-end et back-end, les premiers désignent les outils d'analyse de données (e.g. OLAP pour online analyse processing, datamining) ; les deuxièmes tels que les systèmes de gestion de bases de données, data warehouses, etc.
- Systèmes de carte de connaissances (knowledge map systems) : une carte standard de connaissances (ou encore cartographie de savoirs) ne contient pas ces dernières mais plutôt pointe vers ces détenteurs en décrivant, de façon organisée en catégories, les profils des compétences des membres de l'organisation afin de repérer facilement

pour un problème donné les experts appropriés. Les systèmes de cartographies des savoirs permettent l'échange de connaissances tacites (i.e. socialisation) entre les experts autour d'un problème donné.

- Outils supportant l'innovation : l'innovation correspond à l'application de nouvelles idées de production et de services conduisant à des améliorations significatives. Cette classe d'outils (e.g. Goldfire Innovator) permet d'assister dans la génération de connaissances à travers le processus de conception de produits.
- Outils d'intelligence compétitive : ces outils interviennent dans l'activité combinaison, plus précisément dans le cycle d'intelligence compétitive qui comprend cinq étapes : identification des questions dirigeant la collecte d'information, publication de la collecte d'information, leur transformation en informations utiles et enfin de diffuser ces dernières aux décideurs de façon cohérente.
- Portail de connaissances : les organisations construisent des intranets et portails afin d'intégrer leurs sources d'informations hétérogènes et fournir des interfaces standards à leurs usagers. Ces informations sont classifiées en catégories, selon les activités ou groupes d'usages, facilitant l'accès et la recherche ainsi que la connexion avec les moteurs de recherche, systèmes d'information et d'autres sites web. Les portails interviennent dans les activités de gestion des connaissances.

On remarque qu'avec cette variété de systèmes en relation avec la gestion des connaissances, qu'il n'existe pas de systèmes qui interviennent dans toutes les étapes du cycle de vie des connaissances, i.e., le processus de gestion de connaissances.

II.7. Synthèse et conclusion

La gestion de connaissances se propose comme un domaine vaste et multidisciplinaire ; ainsi, il est très loin de la cerner de façon exhaustive. Néanmoins, on a essayé de couvrir quelques volets et aspects de cette discipline, en l'occurrence les connaissances, leur typologie, leur processus de gestion, le capital intellectuel et les mémoires d'entreprise ainsi que les systèmes de gestion de connaissances.

La gestion de connaissances se voit comme l'union d'un ensemble de méthodes, techniques et systèmes prenant part dans le processus de gestion des connaissances ; ce dernier se propose comme une série d'étapes et phases. Parmi lesquelles, figure la phase de mise en exploitation et diffusion les connaissances collectées et préservées. Le e-learning, ou l'apprentissage en ligne, s'annonce bien comme un outil approprié et adapté qui peut servir à la mise en valeur de ces connaissances et les partager entre les membres de l'entreprise. Le suivant chapitre se veut une introduction au domaine de l'apprentissage électronique et les technologies qui y interviennent.

Chapitre 3. E-Learning & IMS-LD

L'usage et le recours à des moyens et outils favorisant l'apprentissage, dans le domaine de l'éducation et la formation, est une idée qui remonte très loin dans le temps. À présent, les nouvelles technologies de l'information et de la communication, impliquées dans l'éducation et la formation, ont conduit à l'émergence d'un nouveau domaine. Ce dernier, se voit comme le mariage de l'éducation et la formation avec les nouvelles technologies, afin de tirer profit au maximum de leurs potentialités, de manière à améliorer et optimiser le processus d'enseignement et d'apprentissage, et de surpasser des contraintes liées à l'endroit et au temps ; ce qui caractérise le mode d'enseignement classique en présentiel. Ce nouveau domaine, le e-learning, a suscité autant d'intérêt dans le domaine éducatif que dans le monde professionnel.

Dans ce chapitre, divisé en quatre sections, on se concentre, en premier lieu, sur une présentation générale du domaine du e-learning, en introduisant la définition de ce nouveau domaine, qu'est ce que c'est un système de gestion de cours (plateforme) ? De quoi se compose t-il ? Qu'est ce qu'un système de gestion de contenu ? Et c'est quoi un objet pédagogique ? En suite, dans la deuxième section, on aborde les besoins de standardisation et normalisation, les organismes et groupes les plus influents, ainsi que les standards et normes accrédités. La troisième section est entièrement consacrée à la spécification IMS Learning Design, en relatant la conception de modèles pédagogiques, ainsi que les trois niveaux de conception. Finalement, on conclut avec une synthèse et conclusion.

III.1. Introduction générale

III.1.1. Introduction

Depuis très loin dans le temps, le savoir constituait un capital important, un atout majeur et un enjeu considérable ; c'est pourquoi l'homme manifestait toujours une volonté, consacrait du temps voire même sa vie, dépensait de l'argent et parcourait des distances pour acquérir le savoir et la connaissance. La façon d'acquérir et la manière d'apprendre change et évolue dans le temps, en fonction de l'apparition de moyens et outils didactiques (e.g. stylo, livre), et l'émergence de nouvelles méthodologies d'apprentissage.

De notre temps, le développement de la micro-informatique, l'entrée de l'ordinateur dans la vie quotidienne des gens, l'expansion de l'Internet, l'accès au haut débit par le grand public, l'avancement des technologies du web (e.g. mail, chat, forum, hypermédia), et l'évolution du multimédia (texte, image, son) suscitait sans cesse des changements et mutations dans le monde de l'éducation et de la formation, modifiant et améliorant à la fois la façon d'acquérir et distribuer la connaissance et le savoir. L'ordinateur, doté au fur et à mesure, de performances intéressantes (vitesse de traitement, espace de stockage), devenait un outil pédagogique et un instrument instructif ; il permettait d'échanger et communiquer avec autrui, de partager et distribuer des données et des informations ; il offrait une grande capacité par le haut degré d'interactivité et de connectivité. L'ordinateur est en mesure de prendre plusieurs rôles (enseignant, assistant, gestionnaires ...) [Baron, 96]. Les nouvelles technologies qui sont jugées pédagogiquement avantageuses et fructueuses, sont impliquées et entraînées dans le monde de l'éducation et de la formation.

L'usage de nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC), notamment l'Internet, dans le domaine de l'éducation et de l'apprentissage, afin d'améliorer et optimiser le processus d'enseignement, avait fait naître ce nouveau domaine à savoir le e-learning. Ce dernier se voit comme l'évolution de l'enseignement par correspondance et de l'enseignement présentiel traditionnel. Contrairement à ce dernier, où le lieu et le temps sont des contraintes, le e-learning permet de surpasser ces exigences ; ainsi, il permet de tirer parti au maximum de ces technologies en offrant des possibilités inédites. Et on parle alors de cours numérique, de classes virtuelles voire même de campus et universités virtuelles qui proposent même des formations jusqu'au 3 cycle (i.e. doctorat) telle que TelUQ⁽¹⁾.

Ce mode d'apprentissage et de formation suscitait des intérêts et des avantages dans le monde professionnel. La complexité graduelle des systèmes informatiques utilisés dans l'entreprise, l'apparition de nouvelles méthodes de management, la mise à jour constamment des connaissances, techniques et savoir faire des employés, techniciens, et cadres de l'entreprise demeurait en permanence un élément décisif dans l'amélioration de leurs productivité et efficacité. Conscientes des enjeux et défis à relever, les entreprises tirent profit des facilités et solutions offertes par le e-learning. Ce dernier leur permet d'assurer, à leurs employés, des formations appropriées, moins coûteuses, et plus réduites (i.e. sur les lieux de travail). A présent, presque toutes les entreprises possèdent chacune un site web, et c'est devenu une exigence de l'économie numérique.

⁽¹⁾ TelUQ : Télé Université de Québec, université à distance de l'Université du Québec à Montréal. Adresse URL : <http://www.telug.quebec.ca>

III.1.2. Définition

Le E-Learning (abréviation de l'anglais Electronic Learning), traduit littéralement apprentissage électronique, est le produit de la convergence et l'intersection entre l'éducation et la formation d'un côté et les nouvelles technologies de l'autre ; pour objectif d'améliorer d'avantage la qualité et la façon d'apprentissage, et rendant crédible un mode d'apprentissage non lié à la contrainte du temps et de l'endroit. On recense, pour ce domaine, une grande variété de libellés francophones : e/télé – apprentissage/formation/enseignement ou bien apprentissage/formation/enseignement en ligne/électronique/virtuel/à distance/assisté par ordinateur ; dans le reste de ce manuscrit, on a opté pour l'appellation anglo-saxonne, à savoir le e-learning, qui est la plus utilisée dans la littérature anglaise et même française.

[Balancier, 06] définit le e-learning comme un apprentissage en ligne centré sur le développement de compétences par l'apprenant et structuré par les interactions avec le tuteur et les pairs. Il fournit aussi un bilan de plus d'une vingtaine de définitions à ce domaine et les classifie suivant trois principaux volets, celles focalisées sur le volet technologique, la dimension distance et la qualité pédagogique. En allant de définitions plus courtes, modestes et un peu limitées, aux autres plus complètes, exhaustives et détaillées ; tout en passant par des définitions issues de groupes industriels, aux autres venues de campus virtuels et laboratoires de recherches.

Ce mode de formation et d'éducation s'appuie donc et se fonde sur l'utilisation des nouvelles technologies comme outil de création, d'organisation, et support de diffusion et de transmission de contenus pédagogiques interactifs, assuré en mode accompagné (tutorat : accompagnement afin d'assurer l'appropriation des contenus proposés aux apprenants) ou non-accompagné (auto-formation), dispensé de manière collective (groupe de personnes) ou individuelle ; le monde visé sont autant d'étudiants et jeunes que d'adultes et employés. Le contenu pédagogique est l'ensemble de compétences et de savoirs pédagogiques, organisés et fournis sous forme de modules et unités enseignables, d'activités pédagogiques (e.g. cours, exercices, TP, test d'évaluation ...), ou de logiciels de simulation; ces modules peuvent être suivis de façon discontinue et selon le rythme de l'apprenant.

Les nouvelles technologies proviennent principalement de trois domaines (l'informatique, les télécommunication, et l'audiovisuel) [Baron, 96] ; elles comprennent les nouvelles technologies de l'information et de la communication: ordinateurs, Internet, Intranet, extranet, et les technologies du web (forum, chat, vidéoconférence ...), support multimédia (assemblage des technologies destinées à gérer les données, le son et l'image sur un même support ⁽¹⁾) ; ainsi que de systèmes et logiciels permettant la création de contenus interactifs, le suivi et la gestion de formation. L'apprenant accède aux contenus pédagogiques par l'intermédiaire de ces outils et supports mis à sa disposition afin de suivre une formation appropriée. Ces contenus pédagogiques et logiciels sont regroupés dans un environnement et une composante essentielle du e-learning, il s'agit de plateforme. Abordant dans la suite la notion de plateforme, et de quoi se constitue.

⁽¹⁾ AFNOR : Association Française de NORmalisation, membre français du CEN et de l'ISO, adresse URL : <http://www.afnor.org/portail.asp>

III.1.3. Système de gestion de cours

Un système de gestion de cours (en anglais LMS : Learning Management System), ou une plate-forme, est un environnement informatique fournissant les conditions qui favorisent l'apprentissage en ligne ou l'e-learning. Il peut être vu comme un système qui permet de donner accès et de gérer un ensemble d'activités et de ressources pédagogiques [George, 05].

Il s'agit donc d'un système informatique regroupant des méthodes pédagogiques et logiciels informatiques destinés à fournir des services pédagogiques et administratifs aux principaux acteurs de la formation : l'apprenant, le tuteur, et l'administrateur. Les services administratifs sont liées à la gestion administrative et informatiques des apprenants et enseignants ; elles permettent aux administrateurs de gérer les inscriptions, les identifications, gestion des sessions, et les droits d'accès des apprenants ; cette tâche s'avère très intéressante lorsque le nombre des apprenants devient important. Les services pédagogiques, quant à eux, sont destinés aux apprenants et tuteurs, et concernent le vif de sujet, c'est à dire l'apprentissage ; Ils correspondent aux méthodes et logiciels de l'organisation et la gestion de la formation : la disposition, consultation, déploiement des ressources pédagogiques, activités pédagogiques, ainsi que les outils de communication (synchrone et asynchrone), de collaboration, de tutorat et auto-tutorat, d'évaluation et d'auto-évaluation (tests auto-corrigés).

Un système de gestion de contenus, en anglais CMS : Content Management System, se distingue d'un LMS du fait que le premier correspond aux systèmes et outils qui permet la création, la publication, la mise à jour, et la gestion de contenus (d'objets pédagogiques) et non pas à l'apprentissage comme c'est le cas pour un LMS.

Plusieurs plateformes e-learning sont aujourd'hui disponibles ; le portail de la formation à distance THOT⁽¹⁾ énumère près de 241 plateformes en 2005, 232 demeurent en 2007, et 238 sont recensées en 2008. Ces plateformes sont regroupées en deux catégories, commerciales (WBT Manager⁽²⁾, Centra⁽³⁾), et non commerciales (Claroline⁽⁴⁾, Ganesha⁽⁵⁾, Moodle⁽⁶⁾); leur nombre respectivement est 179 et 59 plateformes.

III.1.4. Objet pédagogique

Les systèmes de gestion de cours (LMS), ou systèmes de gestion de contenus (CMS) s'appuient sur un concept essentiel, il s'agit d'objet pédagogique (Learning Object) ; celui-ci se définit comme toute entité numérique ou non, qui peut être utilisée, réutilisée ou référencée lors d'une formation dispensée à partir d'un support technologique⁽⁷⁾. Monsieur Pernin [Pernin, 03] classe les objets pédagogiques en trois classes :

- Unités d'Apprentissage qui permettent de structurer la formation et de l'organiser dans l'espace et dans le temps ;

⁽¹⁾ THOT : portail de la formation à distance, adresse URL : <http://thot.cursus.edu>

⁽²⁾ Plateforme de la société X-PERTeam, adresse URL : <http://www.x-perteam.fr>

⁽³⁾ Plateforme de la société Centra, adresse URL : <http://www.centra.com.au>

⁽⁴⁾ Plateforme belge, adresse URL : <http://www.claroline.net/index.php>

⁽⁵⁾ Plateforme open source de la société Anéma, adresse URL : <http://www.anemalab.org>

⁽⁶⁾ Plateforme open source australienne, adresse URL : <http://moodle.org/>

⁽⁷⁾ Définition officielle du comité LTSC de IEEE, adresse URL : <http://ieeeltsc.org/>

- Activités Pédagogiques définissant les modalités précises d'acquisition, de validation, de communication d'une ou plusieurs connaissances (e.g. travail pratique ...);
- Ressources pédagogiques, physiques ou numériques, nécessaires à la réalisation des activités (e.g. cours, image, dictionnaire, ordinateur ...).

Les préoccupations liées au sujet des objets pédagogiques concerne la conception, la structuration, la description, l'indexation, le partage, la recherche, la réutilisation, l'assemblage, l'intégration, ... [George, 05]. Ainsi, pour rendre l'utilisation et la gestion des objets pédagogiques plus générique, dans différents fins, plateformes, et par divers publics, des métadonnées (données sur le sujet de données, y compris leurs descriptions, les propriétés des données, les chemins d'accès, ou les droits d'accès⁽¹⁾) ont été définies. Les travaux sur la description de contenus ont donné lieu à la définition de schémas de métadonnées pédagogiques, et à l'apparition de standards (e.g. Learning Object Metadata) proposant un modèle de description des métadonnées associées à des objets pédagogiques [Arnaud, 02].

III.2. Standardisation et normalisation

III.2.1. Besoin de normalisation

Le e-learning est champs de plusieurs investissements, de part les groupes de chercheurs du monde éducatif (e.g. institutions éducatives, enseignants, académiques ...), ou bien de la part des acteurs du monde industriel (e.g. fournisseurs de logiciels et matériels éducatifs); ce qui a conduit à de nombreuses plateformes, de considérables documents numériques, divers systèmes de gestion de cours (LMS) et de contenus (CMS), et plusieurs solutions technologiques éducatives. Ces différents produits et outils éducatifs sont développés de manière propriétaire, de façon à répondre aux exigences et spécificités du contexte pour lequel ils sont développés. Des préoccupations importantes se posent en matière de permettre l'interopérabilité entre ces plateformes différentes, l'échange et le partage de ressources pédagogiques, faciliter l'indexation, et la recherche d'objets pédagogiques; d'où la nécessité d'un standard ou d'une norme définissant de façon uniforme, universelle et générique les ressources éducatives.

Une norme est un ensemble de règles sanctionnées par des accords juridiques; ces normes fournissent une stabilité et reconnaissance nationale ou internationale, elles sont établies par un organisme de normalisation, et nécessitent une procédure très lourde et lente; ce qui a rendu possible l'apparition de standards. Un standard, quant à lui, correspond à un produit ou un service qui s'est imposé sur le marché et qui, du fait de sa position dominante, amène les concurrents à rendre compatibles leurs produits et services. La normalisation a pour finalité les objectifs suivants [Arnaud, 02]:

- L'accessibilité: sert à faciliter l'indexation, l'identification, la recherche, et l'accès aux contenus et dispositifs de formation;
- La réutilisabilité: le but est de permet la réutilisation des objets pédagogiques dans différents contextes, et par différents système et logiciels éducatifs;

⁽¹⁾ Définition ISO de métadonnée URL: <http://jtc1sc36.org/doc/>

- L'interopérabilité : correspond à rendre possible l'échange entre composants logiciels grâce à des interfaces communes ;
- L'adaptabilité : permet la modularisation des contenus et des composants pour mieux répondre aux besoins des utilisateurs ;
- La durabilité : l'objectif est d'éviter le développement à nouveau des formats de contenus et des composants chaque fois que les systèmes et logiciels subissent des modifications.

III.2.2. Organismes de standardisation et normalisation

Afin de répondre à ces objectifs et aux attentes des acteurs du domaine e-learning, en matière de standards et normes. Plusieurs travaux ont mené au développement, au fil des ces dernières années, à des standards et normes ; d'autres le sont encore par des organismes et groupes réunissant différentes institutions et grandes entreprises [Arnaud, 02 ; Mielnikoff, 05].

Le premier organisme qui s'est intéressé à la production de standard est le AICC⁽¹⁾ (Aviation Industry Computer-Based Training Committee), créée en 1988 et regroupe de compagnies aériennes (Boeing, Airbus, ...), constructeurs aéronautiques (Boeing, Airbus, ...) et de fabricants d'ordinateurs (IBM/Lotus, ...). Les préoccupations sont en matière de formation assistée par ordinateur pour le personnels de l'industrie aéronautique (techniciens, mécaniciens, pilotes, ...), ainsi que de rendre ces formations les plus performantes possibles ; le standard proposé porte le même nom.

Plusieurs travaux et efforts ont été succédés, la conférence organisé en mars 1995 à Dublin (OHIO) a donnée naissance au standard Dublin Core Metadata⁽²⁾ (DCM) ; ce dernier vise à bien décrire les ressources numériques, faciliter la recherche, et l'interopérabilité de change d'information ; il propose 15 éléments de métadonnées pour les objets numériques (e.g. titre, auteur, sujet, ...). Le groupe chargé de son développement est Dublin Core Metadata Initiative.

En Europe, le projet ARIADNE⁽³⁾ (Alliance of Remote Instructional Authoring and Distribution Networks for Europe) est créée en 1995 ; il est financé dans le cadre du programme de recherche et développement de l'union européenne et de l'office fédéral suisse pour l'éducation et la science. Ce projet vise à proposer une base commune de dépôt de documents pédagogiques et au développement d'outils et méthodes afin de créer, utiliser et gérer les objets pédagogiques ainsi que les ressources numériques.

Le consortium le plus actif dans le domaine de la production de spécifications et standards pour le e-learning est créé en 1997, le IMS⁽⁴⁾ (Instructional Management Systems Global Consortium) rassemble nombreux membres : établissements éducatifs (Carnegie Mellon, Virginia Tech, Cambridge, ...), grandes entreprises (Ibm, Apple, Oracle, Cisco Systems, Microsoft, ...) et agences gouvernementales (Blackboard, ...). Il comprend plusieurs groupes qui se concentrant sur les différents aspects à normaliser (gestion des contenus, métadonnées, profils d'apprenants, ingénierie pédagogique) ; Ainsi, un ensemble de IMS est produit.

(1) Le site internet de l'AICC est <http://www.aicc.org/>

(2) Le site internet de DCMI est <http://dublincore.org/>

(3) Le site internet de ARIADNE est <http://www.ariadne-eu.org/>

(4) Le site internet de IMS est <http://www.imsglobal.org>

Dans la même année, en 1997, le ministère de la défense américaine en collaboration avec l'office des sciences & technologies de la maison blanche, des universités et des partenaires industriels ont lancé un projet dont le but est la création de bibliothèques d'objets pédagogiques stockées et cataloguées pour être utilisées dans des environnements multiples et par plusieurs logiciels. Le projet a permis de lancer le programme ADL⁽¹⁾ (Advanced Distributed Learning) ; celui-ci, en 1999, réussit à développer le standard SCORM (Sharable Content Object Reference Model) qui intègre d'autres approches notamment celle d'ARIADNE et d'IMS.

Au niveau européen, le Comité européen de normalisation (CEN), créé en 1957 et élargi pour incorporer d'autres pays européens en 1961, a fondé un sous-comité Information Society Standardization System⁽²⁾ (CEN/ISSS) en 1997 qui est chargé d'harmoniser et favoriser les normes en faveur de l'économie européenne, ainsi que de proposer des standards en vue de faciliter le processus de normalisation au sein de l'ISO.

En tant que pôle de réflexion et de proposition de standards, IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) a mis en place, en 1998, un sous-comité IEEE-LTSC⁽³⁾ (Learning Technology Standards Committee) chargée de la normalisation des technologies éducatives; il rassemble 20 groupes de travail sur les différents champs à normaliser (Métadonnées, informations sur l'apprenant, gestion des contenus, de l'interactivité, ...). Le IEEE propose le plus souvent les standards élaborés à l'institut national américain de normalisation (ANSI : American National Standard Institute), celui-ci les présente à l'ISO. Le IEEE LTSC a mis au point un nombre de standards (Learning Object Metadata, Learning Technology-Data Model, Learning Technology-Learning Systems Architecture ...).

L'instance internationale de normalisation responsable de la création de normes afin de favoriser l'interopérabilité, la portabilité et la réutilisabilité des systèmes de communication ; ISO (International Standard Organisation) a instauré, par le biais de son comité technique JTC1 (Joint Technical Committee), le sous comité ISO/JTC1/36⁽⁴⁾ qui se compose de plusieurs groupes travaillant sur la production de normes internationales pour le e-learning.

Les trois derniers organismes, les groupes les plus accrédités, travaillent en collaboration et conjointement afin de combiner leurs efforts et faciliter la procédure de normalisation ; le CEN traduit les spécifications du LOM dans les langues européennes et les présente à l'IEEE ; celui-ci se désigne de les proposer à l'ISO en vue de rendre une norme le standard.

III.2.3. Standards et normes

Nous exposons, ci-dessous, les différents standards et normes les plus reconnus, traitant les différents champs et aspects à standardiser et à normaliser (métadonnées, Compétences professionnelles, profils d'apprenants, ingénierie pédagogique, bibliothèques virtuelles, ...). Ces standards sont le produit des travaux des organismes et consortiums de normalisation.

⁽¹⁾ Le site internet de ADL est <http://www.adlnet.org/>

⁽²⁾ Le site internet de CEN-ISSS est : <http://www.cenorm.be/iss/>

⁽³⁾ Le site internet de IEEE-LTSC est : <http://ieeeltsc.org/>

⁽⁴⁾ Le site internet de ISO est : <http://www.iso.ch> , et celui de ISO/JTC1/36 est : <http://jtc1sc36.org>

III.2.3.1. AICC

Le premier standard n'est pas sorti d'un constructeur de logiciels mais du groupe aéronautique AICC dont il porte le même nom. Il se rapporte à l'interopérabilité et la réutilisation des systèmes de logiciels de formation, présente des spécifications pour les plateformes de formation assistée par ordinateur et fournit un système de spécification pour les produits et les logiciels appliquant le standard. Initialement le standard, édicté pour les besoins de l'industrie aéronautique, s'est vite étendu pour d'autres industries dans le monde entier ; il est devenu une norme de fait. Cette norme a été dépassé du fait que l'importance est focalisée sur des objectif lucratifs et à permettre la pérennisation de l'utilisation des standards ; ceci au détriment des besoins pédagogiques des apprenants [Arnaud, 02]. En plus, Monsieur Michel Mielnikoff [Mielnikoff, 05] souligne que le standard n'est qu'une adaptation à l'environnement Web, parce que l'Internet est peu utilisé quand le standard est créé. De plus, les certifications attribuées par l'organisme nécessitent des investissements élevés.

III.2.3.2. LOM

Avec l'apparition du concept objet pédagogique, le besoin est recensé en termes de les identifier et les indexer ; les travaux sur la définition de schéma des métadonnées, décrivant les objets pédagogiques, ont abouti à l'émergence du standard LOM (Learning Object Metadata) [George, 05]. Créé par les informaticiens (IEEE LTSC), le standard intègre le standard Dublin Core Metadata, il se base sur les spécifications du groupe IMS. Ce standard se repose sur le principe "share and reuse", c'est-à-dire, rentabiliser la production et rationaliser l'utilisation et la réutilisation des objets pédagogiques (objectif économique) [Pernin, 04 ; Arnaud, 04]. Le standard, le plus utilisé, est considéré comme le schéma de métadonnées le plus détaillé ; il renferme 80 éléments hiérarchisés sous forme de 9 catégories (général, cycle de vie, méta-métadonnées, technique pédagogie, droits, relation, commentaires, et classification). Cependant, le standard pose un certain nombre de limites [Arnaud, 04] : manque de définition de la notion d'objet pédagogiques (séparation entité/contenu : cours/média, activité/ressources) ; le standard met l'accent sur les définitions de métadonnées et l'aspect pédagogique n'est pas considéré, etc. En fin, le LOM est soumis à l'ISO-SC36 qui n'a pas l'adopté comme une norme.

III.2.3.3. SCORM

Vers la fin des années 1990, l'arrivée des systèmes de gestion de cours (LMS) et de contenus (CMS), la préoccupation est orientée vers l'utilisation et le partage des objets pédagogiques dans les différents systèmes de gestion de formation sur le web. La naissance, en 1999, du standard SCORM (Sharable Content Object Reference Models) se veut une réponse à ces nouvelles exigences. Le standard s'inspire des travaux de AICC, IMS et ARIADNE et s'appuie sur le principe "objet de contenu partageable", c'est-à-dire, pouvoir utiliser et exploiter les contenus pédagogiques dans les divers systèmes informatiques (objectif techniques) ; il offre une distinction entre les objets pédagogiques (cours, activité, média) et permet de contrôler l'activité d'un apprenant depuis un LMS [Pernin, 04]. Le standard conçu pour l'armée américaine est devenu une norme de fait, reconnu mondialement [Arnaud, 04]. Cependant, il souffre de certaines insuffisances liées à la description des situations d'apprentissage, ces propositions se concentrent uniquement sur la gestion de contenus (cours, document), et l'activité n'est pas prise en compte [Pernin, 04].

III.2.3.4. IMS

Le consortium pour les systèmes de gestion de formation, IMS, est l'organisme le plus actif des précédents, il regroupe des acteurs du monde pédagogique (institutions éducatives) et du monde industriel (entreprises). L'objectif, non lucratif, est de produire des spécifications en mesure de faciliter l'interopérabilité des applications et services éducatives, ainsi que de supporter l'incorporation des spécifications dans le web. Un ensemble des spécifications est réalisé couvrant les différents aspects et champs à standardiser. Ces spécifications sont considérées comme les plus abouties et elles ont servi comme de base aux autres standards (LOM, SCORM). Les spécifications proposées sont :

- IMS Learning Resources Meta-Data : définit des métadonnées associées aux objets pédagogiques, afin de faciliter l'indexation et la recherche ;
- IMS Enterprise : se concentre sur les échanges de données administratives (élève, instructeur, groupe, ...)
- IMS Content Packaging : permet la définition la façon d'échange entre plateformes les contenus pédagogiques qui sont regroupés dans des packages ;
- IMS Learner Information Package : relative à la modélisation des données des apprenants (compétence, but, historique, ...)
- IMS Reusable Competency Definition : modélise un niveau général, c'est-à-dire, comment décrire, référencer et échanger les compétences et les qualifications ;
- IMS Learning Design : liée à la conception formelle des situations et scénarios d'apprentissage ;
- IMS Question and Test Interoperability : permet de définir des structures facilitant la représentation des question et test d'évaluation ;
- Etc.

III.3. IMS Learning Design

III.3.1. Introduction

Vers les années 2000, un besoin est recensé en matière de modèle de conception de situations pédagogiques. Dans un processus d'apprentissage, les objets pédagogiques ne sont uniquement les seuls composants sur lesquels se fonde une formation ; les activités prennent un rôle essentiel et central dans la conception de scénario d'apprentissage. Le standard de description de ressources pédagogiques, LOM, s'est montré insuffisant et inadapté à ce contexte d'apprentissage [Pernin, 04].

Ainsi, plusieurs travaux, focalisés sur ce constat, ont essayé de fournir des formalismes en mesure de modéliser les diverses situations d'apprentissage ; ils ont aboutit à plusieurs modèles pédagogiques, dont chaque modèle dépend des principes et propositions du concepteur et relatif au champ d'application pour lequel il a été mis en place. Par exemple, la conception de modèles pour l'enseignement des mathématiques n'est pas forcément le même pour l'enseignement des langues. Ces divers modèles de conception ont nécessité une façon de faire commune pour la conception de modèles pédagogiques.

Rob Koper, de Open University de Netherlands (Pays-Bas), s'est intéressé à la modélisation pédagogique et l'intégration efficace des technologies dans la formation. En 2001, il a réussi à la conception du langage de modélisation pédagogique EML (Educational Modelling Language) [EML, 10 ; George, 05]. Ce langage a été l'objet de plusieurs travaux de revue et de synthèse dont ceux menés par le groupe de travail CEN-ISSS de la communauté européenne de normalisation. Ensuite, le langage est soumis au sous groupe LDWG (Learning Design Working Group) du IMS Global Learning Consortium, qui après une analyse extensive, de larges comparaisons avec les autres approches de modélisation pédagogiques et plusieurs itérations de développement, l'adopté comme standard sous le nom IMS Learning Design.

III.3.2. Définition

La tâche principale du sous groupe LDWG est de développer un cadre de conception de modèles supportant divers systèmes pédagogiques, favorisant les nouvelles technologies et permettant l'interopérabilité et l'échange de ressources pédagogiques entre les différents systèmes pédagogiques.

La spécification IMS-LD [IMS-LD-1, 03] est vue comme une couche intégrant d'autres spécifications moyennant le mécanisme de *namespace* XML, elle reprend, inclut, utilise et étend plusieurs spécifications, en l'occurrence **IMS Content Packaging**, **IMS Simple Sequencing**, **IMS/LOM Meta-Data**, **IMS Enterprise**, etc.

Ce langage présente plusieurs avantages, il capture les terminologies des approches de conception pédagogique dans un seul vocabulaire simple et riche, permettant une conception pédagogique intégrant diverses approches pédagogiques, chacune appropriée à un type particulier d'apprenants. Ces approches sont exécutées sur un seul moteur, plutôt que chaque moteur à chaque pédagogie. Il supporte aussi, ce langage, l'apprentissage mélangé ("blended learning" en anglais) et permet de spécifier, dans une même unité d'apprentissage ("unit of learning") (cf. section 3.4.3) sous forme numérique, les deux modes d'apprentissage ; i.e., le mode d'enseignement classique en présentiel (face-à-face, livres, travail de labo) et l'e-learning. De plus, il facilite le développement de nouvelles approches pédagogiques.

Dans la pratique, la conception pédagogique est une méthode descendue ("down to"), où chaque méthode décrit une variété d'activités destinées aux apprenants et staff pédagogiques, une activité fait référence à une collection d'objets pédagogiques et de services spécifiques.

III.3.3. Niveaux de conception et d'implémentation

La conception de modèles pédagogiques, avec la spécification IMS-LD, est découpée en niveaux introduit chacun un certain nombre d'éléments supplémentaires permettant de concevoir un modèle de plus en plus fin et personnalisé. La spécification IMS-LD définit 3 niveaux pour la conception pédagogique, le premier niveau (level A) introduit le cœur du vocabulaire destiné à supporter la modélisation de situations d'apprentissage, où le déroulement de scénario d'apprentissage est identique pour plusieurs participants ; ces derniers sont prédéterminés. Le deuxième niveau (level B) ajoute des éléments complémentaires qui accroissent la capacité de supporter plus de comportements compliqués ; il définit les propriétés sur les éléments et les conditions sur les scénarios en vue de permettre un enchaînement plus fin des activités et un déroulement contrôlé et personnalisé des

scénarios en tenant en compte les propriétés des participants. Le dernier niveau (level C), quant à lui, par un simple ajout du concept de notification, permet une gestion événementielle des activités, i.e., pouvoir assigner ou non une activité en cours d'exécution à un participant par l'envoi de messages [IMS-LD-1, 03].

La spécification fournit la possibilité de concevoir un modèle pédagogique comportant que les éléments et composants du niveau A, qui répond aux besoins de modélisation de certaines situations d'apprentissage. Le modèle conçu peut être étendu et enrichi d'éléments du niveau B, et/ou du niveau C, afin de supporter plus de situations d'apprentissage ; mais il semble plus efficace et facile de développer dès le début un modèle approprié à la situation pédagogique, que de suivre un processus progressif [Lejeune, 04].

III.3.4. Modèles de conception et d'implémentation

La spécification IMS-LD définit 3 modèles pour la conception pédagogique des situations d'apprentissage, à savoir le modèle de conception, le modèle d'information, et le modèle de comportement. Ces modèles présentent le vocabulaire renfermant les éléments et concepts employés dans la conception des situations pédagogiques, les relations fonctionnelles existant avec la spécification IMS Content Packaging (IMS-CP) ainsi qu'entre concepts ; la spécification met un ensemble de comportements d'exécution que les systèmes d'apprentissage doivent les mettre en œuvre [IMS-LD-1, 03].

Le modèle d'information relate de façon plus détaillée les différents éléments et composants de conception de modèles pédagogiques, il fournit plus d'informations et de propriétés. Ci-dessous, on va s'intéresser aux modèles de conception et de comportement, tout en introduisant le vocabulaire défini dans la spécification IMS-LD refermant les terminologies employées dans la conception de modèles pédagogiques.

III.3.4.1. Vocabulaire de la spécification

La spécification IMS-LD a mis en place une terminologie renfermant un ensemble de termes employés dans le langage de conception de modèles pédagogiques. Les différents termes référencés sont inspirés et empruntés du domaine théâtrale, cette métaphore révèle qu'une unité d'apprentissage est mise en place comme une mise en scène théâtrale en décrivant les différents acteurs amenés à jouer des rôles qui leurs sont affectés dans un environnement déterminé. Ci-après, on cite les concepts et termes fréquemment référencés [Lejeune, 04].

- **Propriété** (property) : attribut sur des participants (e.g. droit d'accès) ; selon leur porté, on différencier deux types : les propriétés locales stockées au niveau de l'unité d'apprentissage et les propriétés globales contenues dans des bases de données.
- **Participant** (role) : un participant correspond à la personne impliquée dans une situation d'apprentissage ; deux types de participants peuvent être existés, l'apprenant ou l'élève (learner) et le staff pédagogique (staff role) ; ce dernier fait référence à toute personne assurant un rôle d'enseignant, encadreur, formateur, tuteur, etc.
- **Environnement** (environment) : est une collection d'objets pédagogiques et d'applications génériques nécessaires à l'exécution des activités.

- **Activité** (activity) : l'activité se présente comme la pierre angulaire de l'unité d'apprentissage, elle spécifie les tâches et le travail à accomplir par un participant dans un environnement donné.
- **Activité d'apprentissage** (learning activity) : désigne l'activité accomplie par un participant de type apprenant (learner).
- **Activité de soutien** (support activity) : c'est une activité d'encadrement et d'assistance à l'apprentissage, et qui assurée par un participant de type staff pédagogique (e.g. enseignant).
- **Activité structurée** (activity structure) : un type d'activité qui renferme une suite d'activité ou encore de sous-activité structurée ; une activité structurée peut même renfermer une ou plusieurs unité d'apprentissage.
- **Partition** (role-part) : c'est dans la partition qu'il est spécifié le participant impliqué à réaliser une activité dans un environnement déterminé.
- **Acte** (act) : se compose de partitions exécutées en parallèle, de conditions de fin des partitions et d'actions à réaliser une fois les partitions se terminent.
- **Pièce** (play) : une pièce se constitue d'une séquence d'actes, de conditions d'accomplissement d'actes et d'actions à remplir une fois un acte s'achève.
- **Scénario** (method) : cet élément correspond au flux et au déroulement des activités d'apprentissage réalisées dans les pièces ; en plus des pièces, il contient les conditions de terminaison ainsi que les diverses actions à effectuer lorsqu'une pièce ou l'unité d'apprentissage se termine.
- **Unité d'apprentissage** (unit of learning) : désigne tout scénario destiné à l'enseignement et/ou à la formation (e.g. un cours, une matière à enseigner) ; elle regroupe des activités à réaliser (e.g. activité de recherche, de discussion, d'évaluation) et une collection d'applications génériques (e.g. outils de communication) avec bien sûr les participants au processus d'apprentissage, à savoir les apprenants (e.g. élève, apprenant) ; le staff pédagogique (e.g. enseignant, tuteur) est aussi un élément de l'unité d'apprentissage.

Nous avons présenté les éléments et concepts fréquemment employés et référencés, les autres seront introduits au fur et à mesure dans le reste du manuscrit de façon progressive. À présent, on se focalise sur le modèle de conception et de comportement.

III.3.4.2. Modèle de conception

La spécification IMS-LD fournit un cadre de conception de modèles destinés à décrire la conception de n'importe quelle situation de formation et/ou d'enseignement de façon formelle. Le modèle de conception est exprimé sous forme d'un ensemble de diagrammes de classes d'UML, il définit un vocabulaire utilisé et dédié à la conception pédagogique. Ce modèle se constitue de trois modèles : le modèle d'agrégation, le modèle de structure et le modèle de conception d'unité d'apprentissage ("unit of learning").

III.3.4.2.1. Modèle d'agrégation

Le modèle de conception d'agrégation sémantique est présenté dans la figure ci-après ; le diagramme présenté est conforme à la notation UML version 1.4, il couvre les différents

concepts et éléments intervenant dans la conception et la définition de modèles pédagogiques, ainsi que les relations y existant, en l'occurrence relation d'agrégation, de composition et de spécialisation.

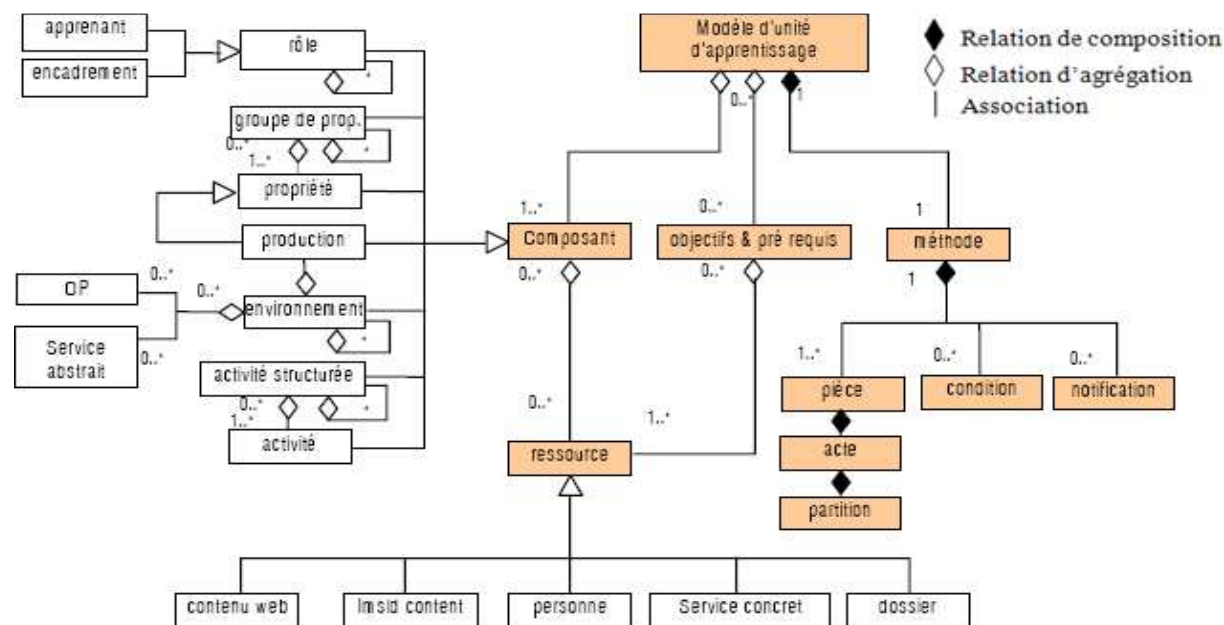


Figure III.1. Niveaux d'agrégation sémantique dans IMS-LD [Lejeune, 04]

Un modèle pédagogique est conçu en une agrégation et composition d'une collection d'éléments. Trois niveaux d'agrégation sont utilisés dans ce modèle (qui correspondent aux classes de couleur grise) ; le premier niveau, le plus haut, correspond à la classe modélisant l'unité d'apprentissage qui se consiste en trois constituants forment le deuxième niveau ; ces trois constituants sont : composant (component), objectifs et prérequis (objective/prerequisite) et enfin scénario (method). Le troisième niveau (i.e. le plus bas niveau) expose les constituants du scénario, composant et les objectifs ainsi que les prérequis ; ces deux derniers se constituent d'une collection de ressources. Le scénario est constitué en une composition de trois classes : pièce (play), condition et notification.

Un composant (component) peut être l'un des sept types d'éléments suivants : rôle (role), propriété (property), group-propriété (property group), activité (activity), activité-structure (activity structure), environnement (environment) ou résultat (outcome). Une activité est accomplie par un rôle dans un environnement ; ce dernier fait référence aux objets pédagogiques (learning object) utilisés ainsi qu'aux applications génériques (service) employées. Le rôle permet de spécifier le type du participant dans l'unité d'apprentissage, il correspond aux deux types d'acteurs : l'apprenant ou l'élève (learner) et le staff pédagogique ; i.e., le personnel encadrant ou enseignant (staff role).

Une ressource est l'une des cinq éléments suivants : contenu web (web content), contenu IMS-LD (imslid content), personne (person), service concret (service facilities) ou dossier. Les services concrets désignent toute ressource physique associée aux applications génériques (service).

Le modèle montre bien qu'un scénario est propre à une conception pédagogique, tandis que les objectifs, prérequis ainsi que composant peuvent appartenir à plusieurs unités d'apprentissage.

III.3.4.2.2. Modèle de structure conceptuelle

Le modèle de structure conceptuelle de la spécification IMS-LD, introduit dans la figure ci-dessous, met en évidence les relations fonctionnelles existantes entre éléments d'une unité d'apprentissage ; ce modèle est présenté par un diagramme de classes UML.

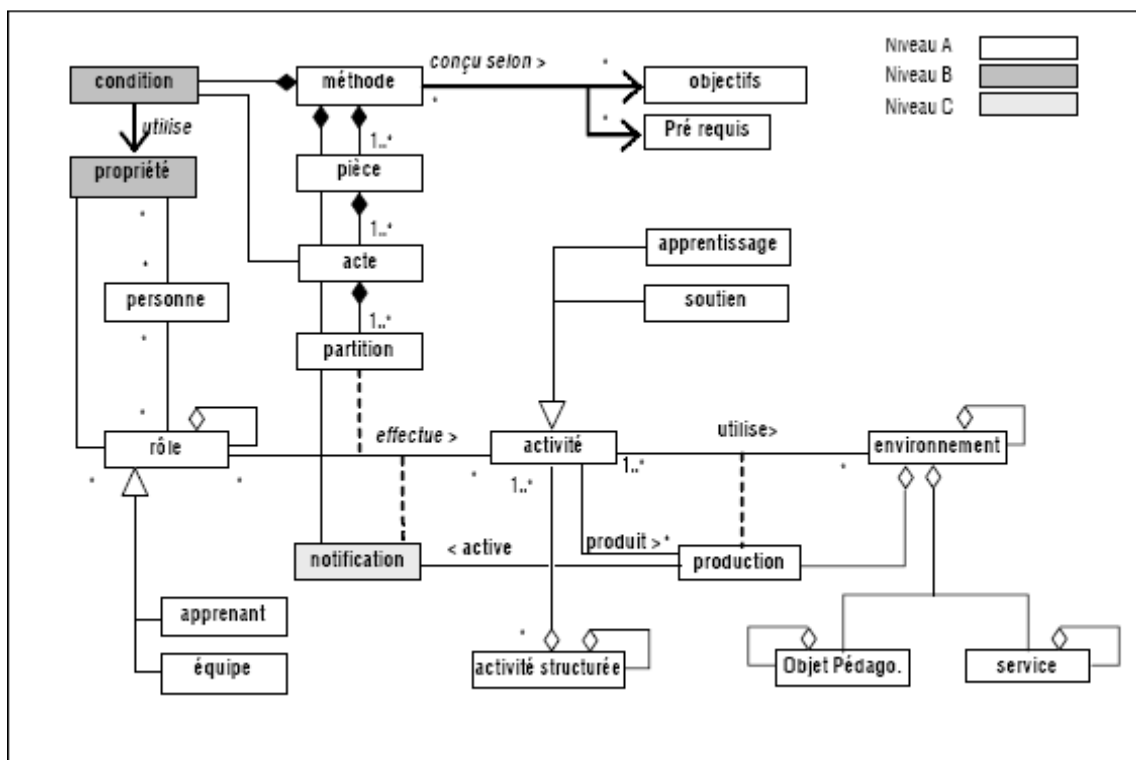


Figure III.2. Modèle de structure conceptuelle de IMS-LD [Lejeune, 04]

Ainsi présenté, le modèle structurel de conception pédagogique modélise une unité d'apprentissage sous forme de scénario (method) comportant une ou plusieurs pièces (play) exécutées en parallèles ; une pièce consiste en une séquence d'actes (act) lui-même se compose d'une ou de plusieurs partitions parallèles (role-part). Lors d'une partition, un rôle est lui affecté une seule activité-structure ou une activité. Une activité se voit comme l'élément vital du processus d'apprentissage, elle décrit la tâche ou la fonction (e.g. lire, écrire, dessiner, discuter, ...) à accomplir par un participant (role); les activités peuvent être regroupées dans une structure appelée activité-structure qui peut être une séquence ou une sélection d'activités ; pour le premier cas, le rôle associé à cette activité-structure exécute, dans l'ordre fourni, toutes les activités nichées dans la séquence ; ou bien il sélectionne un certain nombre d'activités à exécuter dans la sélection pour le deuxième cas.

Une activité accomplie par un participant (role) est réalisé dans un environnement ; ce dernier comprend deux éléments de base, une collection structurée objets pédagogiques et d'applications génériques ainsi que de sous-environnement (sub-environment). Les objets pédagogiques désignent les différentes ressources numériques ou non, adressables, et consommées par les activités (e.g. pages web, traitement de texte, calculatrice, microscope, questionnaire, ...) ; ces objets pédagogiques sont classés avec la métadonnée IMS-LOM. Les applications génériques correspondent aux applications utiles et communes à toutes les plateformes ; telles que les forums de discussion, outils de communication (chat) ou de recherche ; l'application générique (service) possède une adresse URL qui n'est pas connue

au moment de la conception afin de ne pas exiger l'utilisation d'une même application pour toutes les instances ; l'adresse est donc déterminée lors l'exécution et dépend des conditions d'exécution d'une instance (e.g. il peut être convenu d'utiliser un outil de discussion asynchrone pour un scénario et synchrone pour un autre).

Un scénario (method) n'est suivi par un apprenant que si les prérequis nécessaires sont vérifiés ; les prérequis précisent le niveau requis pour qu'un apprenant assiste à un scénario. Une fois accompli, un scénario doit aboutir à la réalisation de certains objectifs qui correspondent aux résultats à atteindre par les apprenants ayant suivi le scénario. Les objectifs d'apprentissage (learning objectives) ainsi que les prérequis peuvent être définis et déterminés au niveau de l'unité d'apprentissage et/ou encore au niveau d'activité d'apprentissage (learning activity), i.e., chaque activité d'apprentissage a ses prérequis à vérifier et ses objectifs à atteindre.

En plus de ces éléments, le scénario, peut contenir au niveau B (deuxième niveau de conception et d'implémentation) les éléments propriété et condition. Cette dernière est définie sous formes d'expressions booléennes sur les propriétés. Les propriétés caractérisent les participants d'une unité d'apprentissage, elles servent à l'évaluation et à l'interaction entre participants. Les conditions utilisées conjointement avec les propriétés pour le raffinement et la personnalisation des applications génériques dans une unité d'apprentissage. En vue de modifier et visualiser les propriétés, l'élément global (global element) est fourni comme une partie séparée à la spécification IMS-LD, introduit dans un *namespace* XML à part.

Au niveau C (troisième niveau), un mécanisme de notification est fourni par la spécification, il sert aux modèles d'apprentissage lorsque une activité dépend d'une autre activité (e.g. la fin d'une activité précédente) ; une notification émet un message entraînant l'affectation d'une activité donnée pour un rôle donné. La notification est déclenchée suite à un évènement (e.g. accomplissement d'une activité, d'une pièce, le changement d'une propriété donnée).

III.3.4.2.3. Modèle de conception d'unité d'apprentissage

Pour la conception et la création de l'unité d'apprentissage (unit of learning), IMS-LD est associée et incorporée dans un package de la spécification IMS Content Package (IMS-CP). Cette dernière a comme objectif de définir un ensemble standardisé de structures de données qui peuvent être échangées afin de permettre l'interopérabilité entre les outils de création de contenus d'apprentissage, les LMS et les environnements d'exécution de ces contenus [IMS-CP, 03].

L'unité d'apprentissage est donc incorporée dans un package IMS-CP, appelé *Package Interchange File*. Celui-ci est un dossier compressé (e.g. ".zip", ".jar", ".cab") contenant deux éléments essentiels, le premier est un fichier XML *manifest* dont le nom est *imsmanifest.xml*, avec éventuellement son document de contrôle (e.g. DTD, XSD) ; le deuxième élément correspond aux fichiers physiques référencés dans le fichier *manifest* (e.g. fichiers média, fichier texte, page web, etc.).

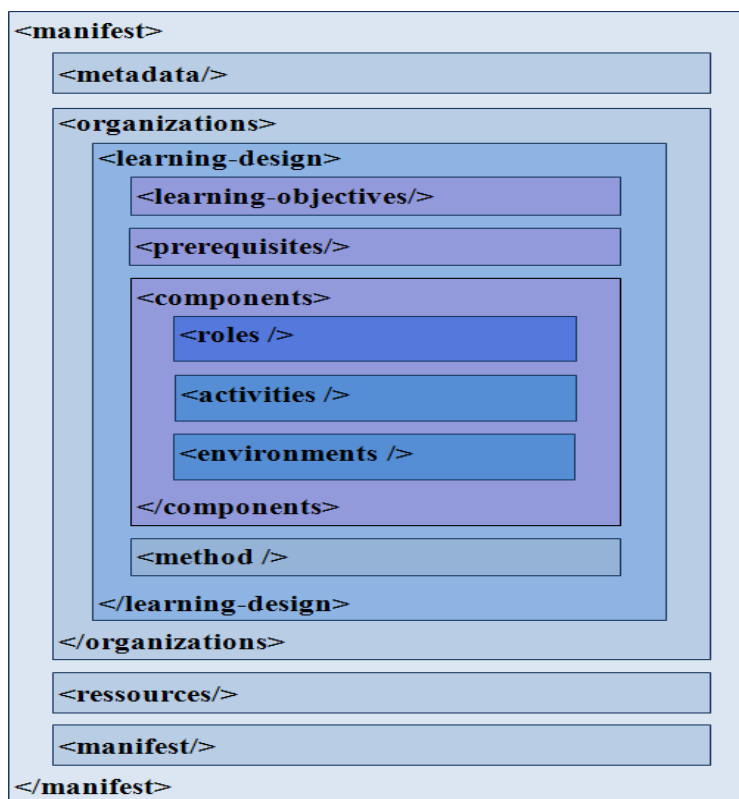


Figure III.3. Structure de l'unité d'apprentissage

Ainsi présenté, le fichier manifest est organisé comme suite :

- Meta-data : élément XML décrivant le fichier *manifest* en son entier ;
- Organisations : l'élément XML renfermant l'unité d'apprentissage ;
- Ressources : élément XML contenant les références à toutes les ressources employées dans l'unité d'apprentissage ;
- (Sub) manifest : un sous fichier *manifest* qui renfermera une sous-unité d'apprentissage.

Le fichier manifest peut contenir plusieurs sous fichiers manifest (sub manifest) contenant chacun les éléments cités ci-dessous.

III.3.4.3. Modèle de comportement

Le modèle de comportement et d'exécution correspond à l'implémentation et l'exécution des différents modèles obtenus lors de la conception, il se concrétise et s'effectue en deux grandes étapes : instanciation (instanciation) et exécution (runtime). La première s'intéresse à l'instanciation du modèle de conception de l'unité d'apprentissage, la deuxième étape sert à mettre en œuvre les instances obtenues.

III.3.4.3.1. Instanciation (instanciation)

Avant de mettre en œuvre et en exécution un modèle de conception d'une unité pédagogique donnée, il faut bien procéder à l'instanciation des différents constituants du modèle de cette

unité. En plus d'instanciation de l'unité d'apprentissage, figure l'instanciation des rôles et l'instanciation des applications génériques (services).

L'instanciation des rôles revient à déterminer les individus participant au processus pédagogique en assurant et accomplissant les différentes tâches et fonctions qui leurs sont affectées ; ainsi, les propriétés du niveau B associées à ces rôles doivent être initialisées. Une fois les rôles impliqués dans un scénario sont connus, il est possible de définir et déterminer les applications génériques appropriées aux participants avec les permissions et droits accordés.

III.3.4.3.2. Exécution (runtime)

L'exécution de l'unité pédagogique (e.g. cours) revient principalement à l'exécution de l'unité d'apprentissage, une fois instanciée, par un système d'exécution (runtime system) ; tout en précisant le médium (e.g. Web) utilisé comme interface pour la visualiser et y accéder, la langue employée, les différents participants impliqués, les applications génériques référencées ainsi que une base de données contenant et maintenant les valeurs des propriétés appartenant aux participants.

L'exécution d'une unité d'apprentissage entraîne l'exécution du scénario conçu ainsi que ses activité-structure qui renferment soit une séquence ou une sélection d'activités qui doivent être exécutées. Un scénario est la pierre angulaire d'une unité d'apprentissage, il se consiste en une ou plusieurs pièces lancées et exécutées en parallèle ; il comprend l'élément *complete-unit-of-learning* qui précise la condition de fin de l'unité d'apprentissage, ainsi que les actions optionnelles à effectuer. Une pièce contient une séquence d'actes exécutés dans l'ordre indiqué dans la séquence ; l'acte, à son tour, regroupe une ou plusieurs partitions. Dans une partition, sont disposées les ressources nécessaires à la réalisation d'une activité d'apprentissage ou de soutien, ces dernières sont accomplies que par un seul rôle. Celui-ci peut renfermer un ou plusieurs participants. Les partitions sont exécutées parallèlement en permettant à plusieurs acteurs de participer à plusieurs partitions au sein d'un même acte.

Il est possible de spécifier, au niveau du scénario, les règles ou conditions de fin d'une unité d'apprentissage, pièce, acte, ou partition ainsi que les actions optionnelles à remplir. Ces dernières sont spécifiées dont l'élément *on-completion*. Afin d'indiquer la terminaison et l'accomplissement d'une activité, celle-ci est dotée d'une partie (complete-activity) qui correspond à l'expiration d'un délai, à un choix-utilisateur ou encore à une propriété du niveau B. Les actions à effectuer lorsqu'une activité s'achève sont décrites dans l'élément *on-completion* qui correspond aux contenus à afficher aux participants une fois l'activité est terminée ; dans le cas du niveau B, elle correspond à la propriété *change-property-value* et à une notification au niveau C.

Au niveau B, les propriétés et les conditions sont introduites afin de permettre des scénarios plus personnalisés aux participants. Lorsqu'une personne est lui assigné une activité, ses propriétés sont placées dans son propre dossier. Les conditions doivent être définies au moment de la conception et évaluées au cours d'exécution, i.e., lorsqu'une propriété est changée, ou lors une nouvelle session d'une unité d'apprentissage.

Les notifications, du niveau C, sont survenues et déclenchées par le système d'exécution (runtime system) lorsqu'un évènement se produit, qui peut être la terminaison d'une activité, une expression évaluée à vrai ou encore la modification d'une propriété. Une notification,

surgissant au moment d'exécution (runtime), peut modifier la propriété *isvisible* d'une activité en la rendant disponible à l'exécution pour un rôle particulier.

III.3.4.3.3. Contrôle hiérarchique

La spécification IMS-LD fournit une conception de modèles pédagogiques, composée de hiérarchies d'éléments et de ressources. Ainsi, plusieurs structures hiérarchiques sont conçues, entraînant des influences sur la visibilité des activités d'apprentissage et des autres éléments renfermés. Afin de remédier au problème lié au conflit de visibilité des différents éléments, un contrôle hiérarchique est établi.

Une activité, une ressource ou un élément est doté d'une propriété *isvisible* déterminant si une activité, une ressource, ou un élément est visible, ce qui signifie qu'il est accessible ou exécutable par un participant donné. La valeur de cette propriété peut être modifiée par une condition afin d'autoriser ou non l'accès ou l'exécution d'un élément par un participant. Une activité, nichée dans une activité-structure de type séquence, est exécutée par un participant, en suivant l'ordre fourni dans l'activité-structure ; ceci indépendamment de l'effet de la condition appliquée sur la valeur de la propriété *isvisible*. Dans un acte, il est précisé le participant, l'activité, la ressource et l'élément qui doivent être utilisés. La notification, quant à elle, détient l'influence la plus élevée sur la propriété, elle peut modifier la visibilité de n'importe quelle activité d'un scénario même s'elle est déjà activée.

III.4. Synthèse et conclusion

Dans ce chapitre, nous avons donné une introduction non exhaustive au domaine de l'apprentissage électronique, les systèmes les accompagnants ainsi que les standards et normes adoptés pour la spécification des modules et contenus d'apprentissage, en l'occurrence les objets pédagogiques et les unités d'apprentissage. Pour cette dernière, le standard IMS-LD a fait l'objet d'une présentation un peu détaillée en vue de décrire comment est décrit et spécifiée l'unité d'apprentissage qui sera le sujet du chapitre suivant.

Le e-learning, défini comme le mariage des TIC avec les méthodologies et techniques qui relèvent du domaine de l'enseignement classique et traditionnel, ne se voit pas comme une alternative succédant et remplaçant l'ancien mode d'apprentissage, celui de l'enseignement classique en présentiel, mais plutôt complémentaire afin de tirer profit des avantages des deux modes d'apprentissage ; cela signifie qu'une unité d'apprentissage peut se faire en deux parties complémentaires, l'une en mode présentiel face-à-face, l'autre en ligne via le e-learning.

Chapitre IV. Création de processus d'apprentissage à partir des métiers des entreprises

Dans le premier chapitre, nous avons introduit les métiers des entreprises, montré que celles-ci peuvent même être définies comme une multitude de processus métiers relatifs chacun à un métier donné, et avons conclu que ces processus métiers détiennent un aspect orienté production et métier mais aussi un aspect orienté connaissances et savoir-faire liés à la façon dont les diverses entités métiers sont exploitées en vue de réaliser les services attendus. Dans le deuxième chapitre, les connaissances, leurs définitions ainsi que les différentes méthodes, techniques et systèmes qui leurs sont dédiés sont exposés. Leur processus de gestion qui s'étend sur plusieurs étapes, parmi lesquelles le e-learning figure comme un outil adéquat à la phase de partage et diffusion des connaissances. Dans le troisième chapitre, le e-learning est le sujet ; les systèmes de gestion de cours et de contenus ainsi que les standards de spécification des contenus pédagogiques sont exposés. Le langage dédié aux unités d'apprentissage est présenté de façon un peu détaillée, il sera employé dans le présent chapitre pour la spécification des processus d'apprentissages obtenus à partir des métiers des entreprises, i.e., les processus métiers.

Dans ce chapitre, l'introduction donne un positionnement de notre travail par rapport aux trois domaines cités précédemment ; puis on entrainera une section donnant les motifs et raisons derrière notre travail, et qui sera accompagnée d'une section relatant et discutant l'aspect connaissances des processus métiers. A ce stade, on introduit le processus de création de processus d'apprentissage e-learning à partir des processus métiers, ce processus s'articule autour de deux branches verticales, dédiées aux processus métiers et celui d'apprentissage, et deux autres horizontales qui se rencontrent (en formant un processus en **F**) pour mettre en vue la démarche de création des entités d'apprentissage à partir des entités métiers. Chaque branche verticale comporte deux étapes, la première introduit un modèle de définition du processus en question (i.e. processus métier pour la première branche et processus d'apprentissage pour la seconde) et décrivant les entités qu'il renferme et leurs interrelations, la deuxième étape discute les phases de conception et d'implémentation du processus en question. Les deux branches horizontales présentent respectivement les phases d'analyse orientée connaissances et la démarche adoptée. Ensuite, une section de mise en œuvre technique est présentée en entrainant notre outil venant en aide dans la conception de processus d'apprentissage. Une présentation d'une étude de cas est fournie dans la sixième section. Enfin, on conclut avec une synthèse et conclusion.

IV.1. Introduction

Notre travail intervient à l'intersection de trois domaines, le monde des processus métiers caractérisé par les besoins à la formation des employés, le domaine de gestion de connaissances marqué par les méthodes et outils en relation avec la gestion des connaissances, et enfin l'apprentissage en ligne (i.e., e-learning) caractérisé par l'utilisation pleinement des technologies de l'information et de la communication (TIC) et l'indépendance des contraintes des lieux et du temps. Ce rapprochement se propose pour considérer l'aspect connaissances des processus métiers en vue de créer des processus d'apprentissage e-learning qui permettent de faire face aux problèmes de perte de connaissances en impliquant les experts métiers dans la formation des nouveaux employés.

Les processus métiers ou encore les procédures d'entreprise ont été aussi l'objet de plusieurs travaux et études menés dans le cadre de knowledge management, que ce soit de façon plus générale ou bien de façon un peu spécifique. De façon générale signifie que les processus métiers sont considérés parmi les ressources de connaissances des entreprises qui constituent un capital intellectuel à qui plusieurs méthodes et approches sont développées (e.g. REX, MEREX, MASK, QOC, KADS,) (cf. II.5.3. Méthodes de construction). De façon spécifique, on trouve les travaux de [Grundstein, 02] et [Benmahamed et al, 06], ce dernier s'est intéressé à la déclinaison des processus en savoir-faire métiers et l'analyse croisée compétences stratégiques/savoir-faire métiers critiques ; l'accent est mis sur la construction d'une cartographie de ces savoir-faire en utilisant une méthode de cartographie orientée par la stratégie. [Grundstein, 02], quant à lui, présente un processus d'analyse qui consiste à identifier les processus sensibles en employant un ensemble de critères (e.g. délai, coût, obstacles, qualité, défis), distinguer les problèmes déterminants (i.e. déterminer les activités critiques, identifier les contraintes et le dysfonctionnement qui pèsent sur ces activités et identifier les problèmes) et centrer les connaissances cruciales (i.e., chercher à répondre aux questions : qui utilise quelles connaissances dans quelle phase du cycle du processus).

Dans le cadre de notre travail, les procédures d'entreprise ou encore les processus métiers sont reconsidérés pour plusieurs raisons que nous exposons dans la section suivante. En plus, les processus métiers sont actuellement menés de notation, langages et standards les spécifiant et décrivant.

IV.2. Motivation

Dans le souci et les besoins à la formation des employés des entreprises, de l'amélioration de leurs compétences et de la mise à jour en permanence de leurs connaissances, nous proposons de construire des contenus et des modules enseignables à partir des processus métiers de ces entreprises. La nécessité de formation revient, à notre avis, à quatre raisons : l'importance que détiennent les processus métiers dans les entreprises, leur complexité croissante, les connaissances et savoir qu'ils véhiculent et en fin les avantages et le profit qu'ils présentent une fois traduits en des processus d'apprentissage. Ci-après, on expose chacun des ces quatre points.

- a) **Dimension importance** : les entreprises ont rendu compte de l'importance des processus métiers ainsi que de l'ensemble de l'offre en termes de méthodes, systèmes et technologies qui leur sont développées. La tendance actuelle est dans la chaîne de

production, i.e., apporter des rénovations et améliorations dans la chaîne des activités et tâches élémentaires constituant le métier de l'entreprise, qui correspondent au processus métier. Ce dernier, présente le métier de l'entreprise et reflète le savoir-faire de celle-ci à produire et à atteindre son objectif métier (e.g. objectifs lucratifs). De part son influence directe sur la qualité du service à fournir, le processus métier peut être utilisé comme un critère de jugement de la qualité du métier de l'entreprise, il occupe ainsi un rôle pivot et considéré comme une pierre angulaire de l'entreprise. Actuellement les processus métiers sont largement utilisés dans les différents métiers de l'entreprise au point où celle-ci peut même être définie comme une multitude de processus métiers chacun relatif à un métier donné.

- b) Dimension complexité :** aujourd'hui, la complexité des processus métiers se voit en permanence augmentation du fait que les composants constituant leurs définitions se compliquent en fonction des nouvelles technologies à utiliser, mais aussi de la qualité des services à produire qui varie suivant les besoins exigeants des clients et les effets de la concurrence. Les activités constituant ces processus changent au rythme de l'apparition des nouvelles méthodes de production, de management, et d'administration. De nouveaux processus métiers émergent au fur et à mesure que les TIC avancent. Proposer un cadre d'apprentissage et des scénarios de formation pour ces processus métiers au profit des employés de l'organisation se veut une réponse pour réduire le décalage qui peut avoir lieu entre la complexité des processus métiers d'un côté, et de l'autre côté, les compétences des employés en améliorant leurs qualités professionnelles.
- c) Dimension connaissance :** dans le souci d'une meilleure qualité du service fourni, l'entreprise met à disposition ses ressources physiques (e.g. matériels) et logiques (i.e. numériques), mobilise ses employés et déploie son savoir et expérience afin de définir des processus métiers les plus matures possibles. Le processus métier se voit comme un conteneur permettant de renfermer non seulement le flux d'activités accompagné du flux de contrôle mais aussi des savoirs et connaissances inhérents à la réalisation des services attendus. Ainsi, à chaque service produit, il correspond un certain savoir-produire ; celui-ci, relate la façon dans laquelle les processus métiers sont conçus et définis, leurs constituants sont harmonisés, exploités et contrôlés. Ces processus métiers sont aujourd'hui accompagnés de standards et langages les décrivant et spécifiant, ce qui nous a amené à les considérer pour une finalité d'apprentissage. Ainsi, nous suggérons de traduire l'ensemble de ce savoir en des contenus d'apprentissage enseignables sous forme de processus d'apprentissage e-learning, qui est assez fructueux tant pour l'entreprise que pour les employés.
- d) Dimension avantage :** l'entreprise dépense une partie importante de ses ressources financières pour assurer des formations à ses employés ; proposer à l'apprentissage le processus métier semble avoir plusieurs avantages, que nous les relatons ci-dessous :
- ❖ Le processus métier est traduit en un processus d'apprentissage formaté selon les normes du e-learning, en utilisant la spécification IMS-LD, ce qui permet de tirer profit des avantages de ce mode d'apprentissage (i.e. utilisation pleinement des TIC) :
 - La formation et les sessions de recyclage sont indépendantes de la distance temporelle et spatiale, elles peuvent être dispensées à l'intérieur de l'entreprise sur les lieux de travail, qu'à l'extérieur pour les employés se trouvant sur les autres unités et filiales de l'entreprise dispersées géographiquement ;

- Contrairement au mode d'apprentissage traditionnel se basant sur la formation classique en présentiel ; la formation se basant sur le mode d'apprentissage e-learning est plus économique et plus rapide (i.e. déplacement, hébergement, ...);
- ❖ Le processus métier transcrit en un processus d'apprentissage destiné à la formation de nouveaux employés de l'entreprise, permet d'assurer plus rapidement possible leur intégration dans la chaîne de production ;
- ❖ Les employés expérimentés sont impliqués directement dans la formation des nouveaux employés, ces derniers s'entraînent sur des cas issus de la pratique de l'entreprise ;
- ❖ Créer des processus d'apprentissage à partir des métiers de l'entreprise se voit une façon de capitaliser son savoir produire dans des formes formatrices et instructives, ce qui participe à la création d'un capital intellectuel formateur et instructif de l'entreprise en vue de faire face aux divers problèmes liés au départ des employés expérimentés (e.g. licenciement, retrait, etc).

IV.3. Aspect connaissance des processus métiers

Souvent défini comme un flux d'activités métiers associé à un flux de contrôle de leur exécution, le processus métier, spécifiant comment le travail est fait au sein de l'entreprise [Davenport, 93], n'est pas uniquement conteneur d'entités métiers mais bien aussi d'entités cognitives inhérentes et nécessaires à la production des services métiers attendus. Ces entités cognitives correspondent à des connaissances, principes et expériences qui sont exprimées et traduites en des pratiques et des façons de faire accomplir le travail métier à l'intérieur de l'entreprise pour les meilleurs résultats et dans les bonnes conditions. Les processus métiers contiennent donc un ensemble de savoir et savoir-faire ; les savoirs (i.e. qui, quoi, quand, pourquoi) décrivent la capacité des processus métiers à la définition des entités métiers participantes, à leur arrangement et exploitation ; le savoir-produire (i.e. le comment) concerne et caractérise la capacité d'action, de contrôle d'enchaînement, de gestion d'éventuelles anomalies (i.e. exceptions, erreurs, activités abandonnées), et de réalisation des objectifs métiers. Ces connaissances résident dans la définition du processus métier, plus précisément dans quatre éléments que contient cette définition :

- 1) Les activités métiers : le service métier est le résultat de la somme de plusieurs sous-services chacun est le résultat d'une activité, celle-ci montre comment ce sous-service est produit en utilisant quel type de ressources avec ou sans l'appui de quel type d'employés, quelles sont ses entrées et sorties, les déclencheurs de l'activité, sa durée d'exécution et la nature du travail (e.g. activité de calcul, de copie, de livraison, etc) ;
- 2) Les ressources numériques utilisées pendant l'exécution des activités, plus précisément, les règles métiers, les cas d'utilisations précédents et les conditions de transition entre activités. Ils constituent une ressource essentielle notamment dans la prise de décisions et le traitement de certains cas et exceptions.
- 3) Les employés impliqués dans l'accomplissement des activités métiers détiennent des compétences, qualités et expériences accumulées au fil des années de travail.
- 4) Le flux de contrôle des différents éléments du processus métier décrit comment les divers entités métiers sont arrangées, orchestrés et exploitées pour un meilleur

rendement et une exploitation économique et optimale. Ainsi que la façon dont laquelle les erreurs, exceptions et activités abandonnées sont gérées.

L'ensemble des connaissances contenues dans la définition des processus métiers sont de deux types, connaissances explicites et tacites. Celles-ci ne sont pas exprimées explicitement, elles sont plutôt détenues par les employés et exprimées dans la façon dont laquelle ils réalisent et accomplissent leurs tâches. Les connaissances explicites sont matérialisées, elles sont décrites via un langage de présentation beaucoup plus textuelle que graphique. Ce type de connaissances correspondant au savoir-faire est exprimé plus précisément dans les activités, ressources numériques et le flux de contrôle.

IV.4. Processus en A

Pour la création et la conception des processus d'apprentissage à partir des métiers des entreprises, à savoir les processus métiers, nous proposons de suivre un processus en **A**. Celui-ci se constitue de deux branches verticales et deux autres horizontales donnant une forme ressemblant au caractère **A** (cf. Figure ci-dessous). La première branche verticale est dédiée au processus métier, elle comporte deux étapes successives abordant de façon progressive les processus métiers et leur description ; la première étape revient sur la définition du processus métier et le besoin d'un consensus et d'une façon de définition commune de ces derniers ; la deuxième étape se focalise à décrire les phases de conception et d'implémentation des processus métiers. La deuxième branche verticale est destinée au processus d'apprentissage, le définit, via un métamodèle décrivant ces entités, dans une première étape et décrivant ces phases de conception et d'implémentation dans une deuxième étape. La première branche horizontale, intervenant entre les deux premières étapes des deux processus, permet de fournir et d'exposer une méthode pour la conception d'entités d'apprentissage à partir d'entités métiers, i.e., qu'elles sont les entités pédagogiques qu'on peut faire associer aux entités métiers ; et ceci au niveau métamodèle, i.e., indépendamment des langages et phases de conception et d'implémentation des deux processus. La deuxième branche horizontale présente notre démarche qui se voit une mise en exergue de la méthode en tenant en compte les langages et phases de conception et d'implémentation des deux processus.

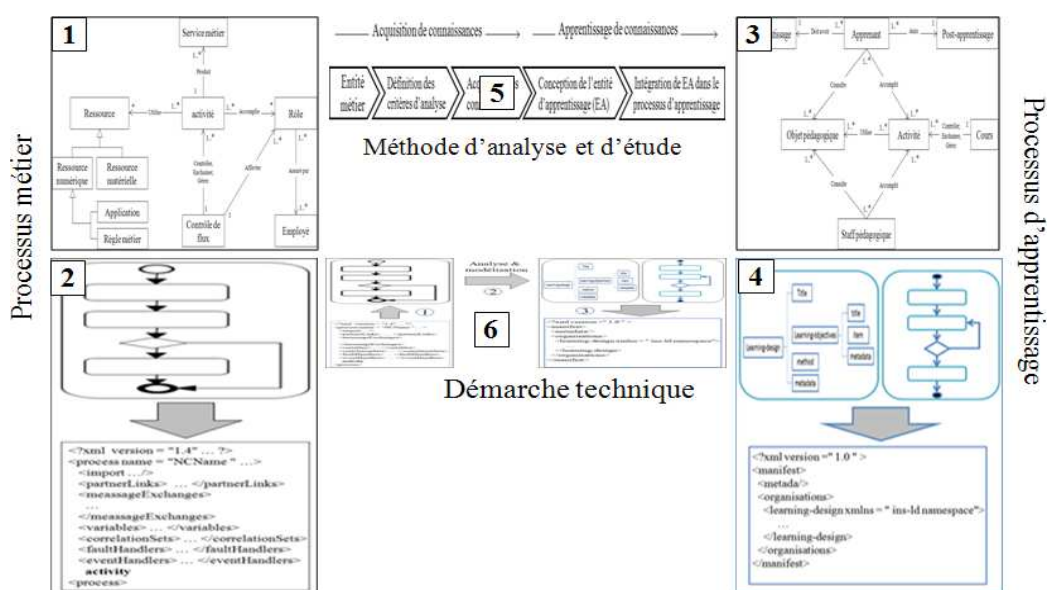


Figure IV.1. Processus en **A**

Le processus en **A** permet de donner une vue simple, globale et illustrative de notre travail ; les deux branches verticales exposent respectivement le processus métier et celui d'apprentissage, les deux branches verticales ne se veulent pas refléter l'aspect parallèle mais plutôt l'aspect de symétrie en vue de montrer les liens et les points de connexion possibles à explorer pour la création, via les branches horizontales, de processus d'apprentissage à partir des processus métiers.

Dans la suite, on présente une définition des processus métiers suivie d'une discussion sur leur conception et l'implémentation ; puis on introduit une définition des processus d'apprentissage, leur conception et implémentation ; ensuite, on expose une méthode de conception d'entités d'apprentissage à partir d'entités métiers, puis la démarche technique de création de processus d'apprentissage est présentée.

IV.4.1. Définition du processus métier

Dans la littérature, on recense plusieurs définitions pour les processus métiers chacune les aborde selon la technologie (e.g. workflow ou web service) ou le contexte utilisés (e.g. administration, industrie) (cf. I.2. Définition). Ainsi, il n'existe pas un consensus pour la définition des processus métiers d'où le besoin d'une définition commune pour les processus métiers. Dans ce mémoire, on propose la définition suivante, un processus métier est une connexion en série et/ou en parallèle d'activités métiers accomplies automatiquement ou par des rôles, assurés par des employés, en utilisant des ressources physiques (e.g. machines industrielles) et/ou numériques (e.g. applications informatiques, bases de données), et en suivant un contrôle de flux pour produire un service métier (cf. figure ci-dessous).

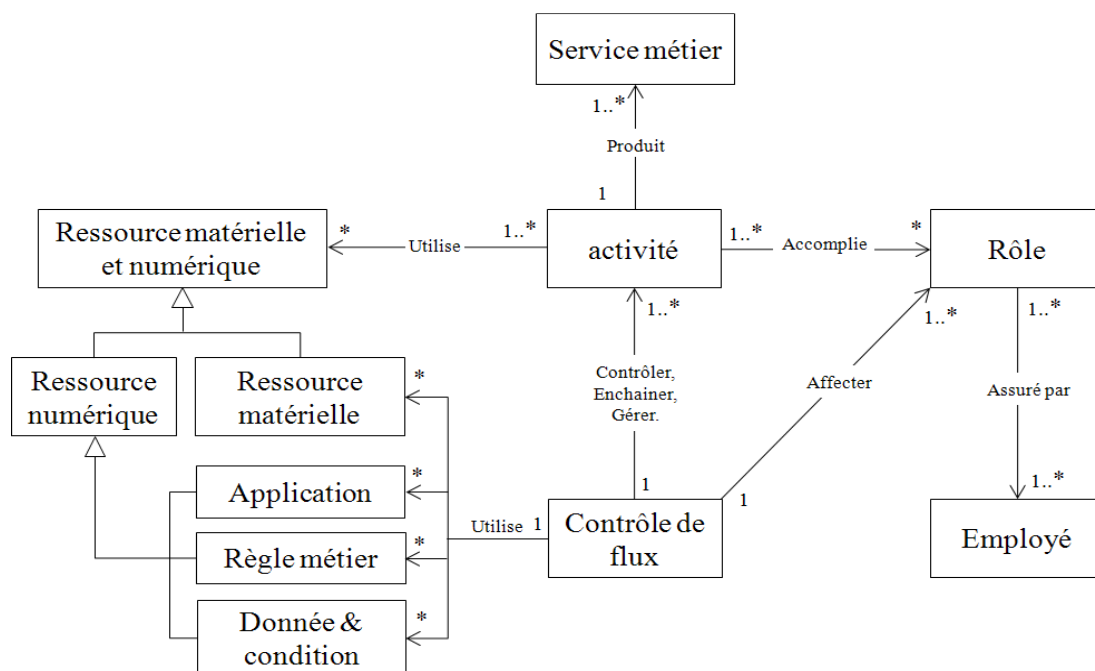


Figure IV.2. Modèle conceptuel du processus métier

Ainsi présenté, le processus métier est centré autour de l'entité *activité* ; pour que celle-ci produise le service métier attendu, le processus métier implique les qualifications humaines appropriées, met en disposition les ressources nécessaires et définit le flux adéquat ; il peut

même faire référence à de sous-processus métiers. Les différentes entités métiers que peut contenir, définir et engager un processus métier sont présentées et exposées dans le modèle structurel du processus métier (cf. figure ci-dessous).

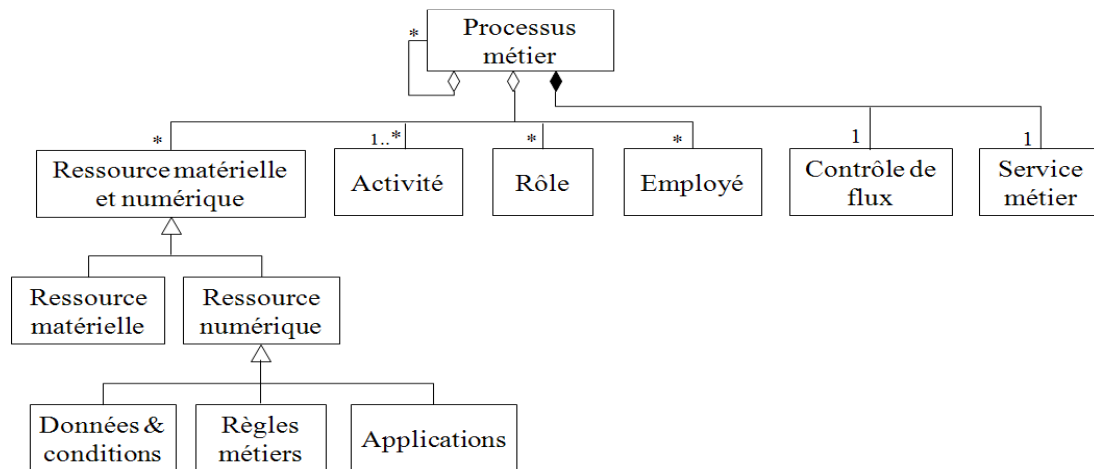


Figure IV.3. Modèle structurel du processus métier

Le processus métier se constitue d'une multitude d'activités métiers exécutées pour produire le service métier attendu, de ressources matérielles (e.g. machines de production) et numériques (i.e. applications informatiques, données, règles métiers et les conditions), d'employés assurant les rôles qui leur sont affectés et d'un contrôle de flux qui lui appartient d'assurer le bon déroulement de ces entités métiers pour le bon service métier. Ci-dessous, on présente ces différentes entités métiers.

Service métier : correspond au service produit à la fin de l'exécution du processus métier, il peut s'agir d'un service (e.g. un accord de prêt de crédit) ou d'un produit tangible (e.g. livraison d'une commande). L'objectif métier peut servir comme critère de jugement sur la définition du processus métier, i.e., plus la qualité du service réellement produit se rapproche de l'objectif métier, plus la définition du processus métier est acceptable et professionnelle.

Activité métier : le service métier attendu est le résultat de la somme de plusieurs travaux réalisés chacun dans une seule activité ; les activités sont exécutées en parallèle et/ou en série, elles peuvent impliquer des rôles, assurés par des employés, et des ressources suivant la nature du sous-travail à accomplir. Le résultat d'une activité peut servir à l'exécution d'une autre.

Rôle métier : le rôle permet de spécifier, définir et déterminer les qualifications, compétences, aptitudes et savoirs inhérents et nécessaires à l'exécution des activités métiers affectées à ce rôle. Celui-ci est assuré par un ou plusieurs employés qui doivent avoir et posséder les qualités professionnelles du rôle qu'ils assument.

Employé métier : une activité métier peut impliquer pour son exécution l'appui de certaines qualifications et compétences (e.g. l'activité "livraison commande"), les employés remplissant ces qualités sont alors impliqués. Les employés détiennent des compétences suivant lesquelles des rôles leur sont affectés ; leur classification varie selon le type des processus métiers, i.e., des cadres gérants dans les processus de pilotage, des ouvriers dans les activités des processus métiers industriels, etc.

Les ressources humaines participent à l'accomplissement des rôles que renferme un processus métier, d'où la nécessité de leur proposer des environnements de formation pour préserver et améliorer leurs compétences ; ainsi, elles peuvent être amenées à jouer le rôle d'un apprenant ou celui d'un formateur selon leurs compétences et qualités professionnelles. Pour cela, on distingue deux types de ressources humaines :

- 1) Les ressources humaines expérimentées à qui appartient la responsabilité de mettre en place des définitions de processus métier en répondant aux besoins réels d'un processus métier. Comme elle est dernière la création du processus métier, cette catégorie de ressource humaine est invitée à mener deux rôles importants dans le processus d'apprentissage destiné à la formation des apprenants de l'entreprise. Le premier s'agit d'assurer le rôle de formateur ou de tuteur pour les activités d'apprentissage (e.g. répondre aux questions posées par les apprenants via un outil de discussion) ; le deuxième rôle est impliqué dans la création du processus d'apprentissage lui-même, i.e., fournir plus d'informations détaillées sur les activités du processus métier à traduire, aider à la création d'un manuel technique accessible en ligne aux apprenants pendant leur formation, participer à la conception des tests de connaissances, ... etc.
- 2) Les ressources humaines qui n'ont pas d'expérience de travail dans n'importe qu'elle entreprise. Cette catégorie intégrée et entraînée dans la chaîne de production ne possède pas des pratiques concernant les processus métiers, elle nécessite une toute première formation d'initiation et d'introduction dans la chaîne de production pour une meilleure intégration.

Ressources matérielles et numériques métiers : les ressources métiers physiques désignent les équipements et instruments matériels et tangibles (e.g. machines et appareils de fabrication dans un processus industriel) intervenant dans l'accomplissement des activités, et qui se voient donc nécessaires à la production du service attendu du processus métier. Les ressources métiers numériques, quant à elles, correspondent aux applications informatiques, données et conditions ainsi que les règles métiers :

- 1) Applications informatiques : des applications et des systèmes d'information sont employés dans la plus part des activités métiers ; on distingue deux types, celles qui font partie de la définition des processus métiers, i.e., considérées comme des constituants du processus métier (e.g. l'outil MS Excel pour une activité de calcul de paie) ; et celles qui ne font pas partie de processus métier, mais qui participent et contribuent à l'exercice des activités du processus métier (e.g. outil de communication et de discussion) ;
- 2) Données & conditions : les données sont utilisées dans les activités sous formes de variables ou dans les messages échangées, elles sont généralement regroupées et archivées dans des bases de données. Les conditions sont formées à partir d'une combinaison de données et de formules logiques, elles servent pour le démarrage/arrêt d'une activité, de transitions entre activités ;
- 3) Règles métiers : les règles métiers désignent les principes, pratiques et bases spécifiques à un métier donné, qui sont acquises par l'expérience ou par la théorie et qui se voient essentielles pour le traitement de certaines situations ou exceptions. Par exemple, si le salaire d'un prêtre ne dépasse un certain seuil ne lui accorder pas le prêt demandé.

Contrôle de flux : pour un bon déroulement de l'exécution du processus métier afin de produire le service métier attendu, gérer les erreurs qui peuvent survenir, et envisager des

activités de compensation en cas d'activités abandonnées, le contrôle de flux est instauré. Ce dernier définit le flux des activités (séquentiel, parallèle, conditionnel et répétitif), les conditions de début et de fin des activités métier, les conditions de transitions entre activités, le traitement des erreurs et les activités de compensation.

IV.4.2. Conception et implémentation du processus métier

Le processus métier est conçu et implémenté en suivant deux étapes, il est conçu et modélisé dans une première étape, et ensuite transcrit et mappé dans une deuxième étape vers une notation dérivée du langage XML et exécutable par une application informatique (cf. figure suivante).

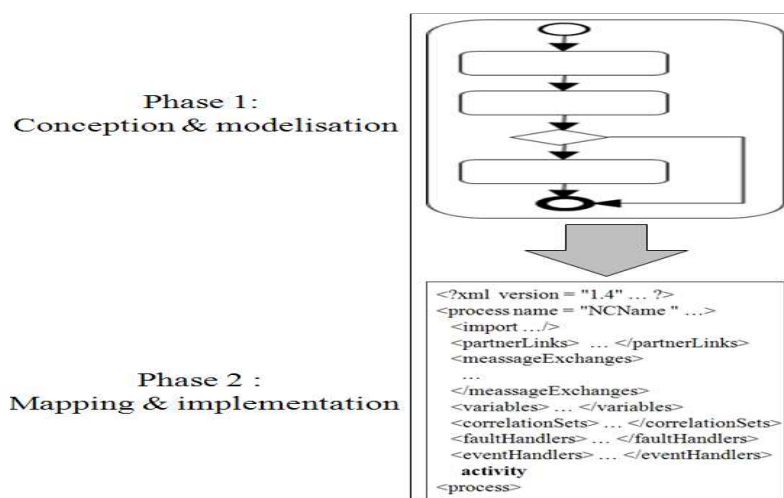


Figure IV.4. Phases de conception et implémentation

La première phase, dite conception et modélisation, permet la définition et la modélisation des différentes entités que va contenir un processus métier moyennant des modèles graphiques. Beaucoup de standards sont utilisés chacun est dédié à modéliser un aspect métier des processus métiers ; telles que Business Motivation Model qui fournit une stratégie ou une structure pour le développement, la communication et le management des plans métiers des entreprises de façon organisée (cf. I.5.1.2. Langages et standards de modélisation). Le standard utilisé pour des fins d'analyse et de conception est le langage BPMN de BPMI.org (cf. I.5.1.2.1. BPMN).

La deuxième phase (i.e. transcription et mapping) représente et transcrit les différents modèles graphiques décrivant le processus métier dans un langage exécutable par un système de gestion de processus métier (e.g. workflow) ; les différentes entités sont écrites dans ce langage avec plus de détails d'implémentation. Les standards les plus employés pour la spécification exécutables des processus métiers sont BPEL et XPD. Ce dernier (cf. I.5.1.2.2. XPD) est largement utilisé du fait de son histoire, il définit un métamodèle et un vocabulaire riche en concepts sémantiques pour décrire les entités métiers d'un processus métier ; celui-ci est décrit dans un format dérivé de XML qui sert comme format d'échange et qui peut y stocker des informations BPMN liées à l'analyse et la modélisation. Le deuxième langage, BPEL (cf. I.5.1.2.3. WS-BPEL), dérivé du métalangage XML est le standard utilisé pour les processus métiers exécutables, il se base sur l'orchestration des web services ; le processus métier correspond donc à un web service composé d'une orchestration de partenaires chacun est exécuté séparément pour fournir un service au processus métier.

IV.4.3. Définition du processus d'apprentissage

On définit un processus d'apprentissage comme un cours en série et/ou en parallèle d'activités d'apprentissage (e.g. activité lecture, activité encadrement) accomplies par des apprenants, ayant un savoir préalable (prérequis), et/ou des formateurs tout en se référant à un ensemble d'objets pédagogiques (i.e. ressources matérielles (e.g. ordinateur, data-show) et/ou numériques (e.g. documents numériques)) en vue d'atteindre un objectif d'apprentissage donné.

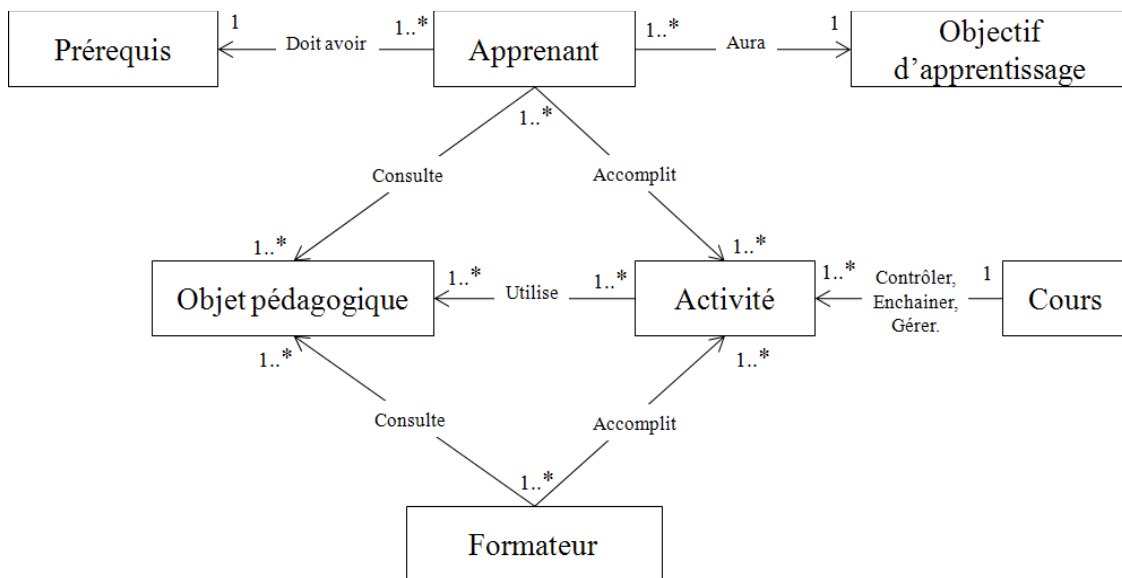


Figure IV.5. Modèle conceptuel du processus d'apprentissage

Il convient de noter que le processus d'apprentissage est centré autour de la communauté des apprenants et staff pour lesquels il définit des activités d'apprentissage appropriées à leur besoin d'apprentissage et met à leur disposition les objets pédagogiques nécessaires à l'exercice de ces activités. Le processus d'apprentissage peut contenir un sous-processus d'apprentissage. Le modèle structurel du processus d'apprentissage est introduit dans la figure ci-dessous, il expose les différentes entités d'apprentissage qu'il peut renfermer.

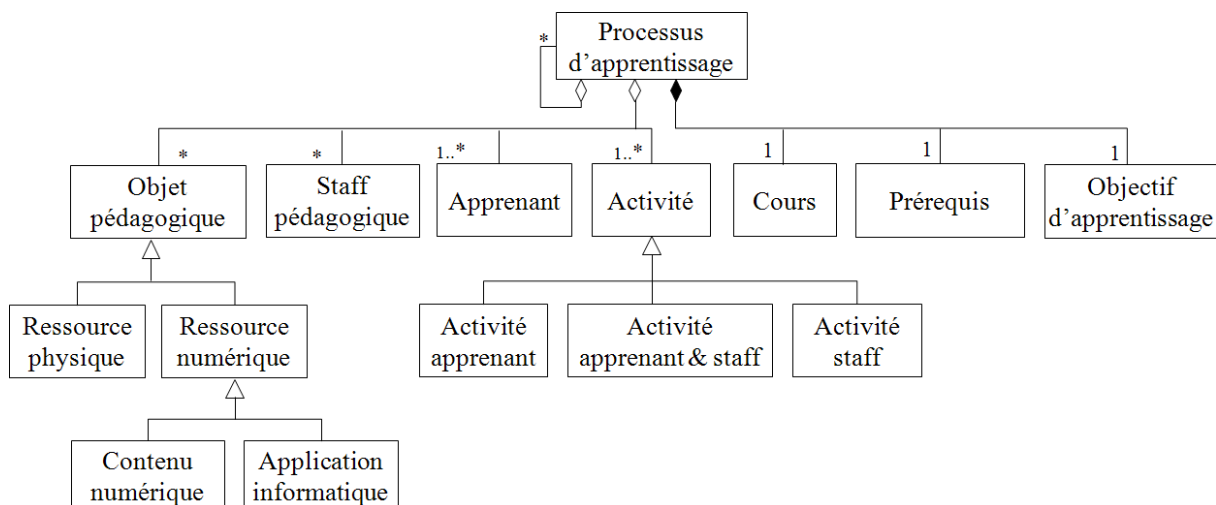


Figure IV.6. Modèle structurel du processus d'apprentissage

Prérequis : cet élément permet de décrire le minimum de connaissances que doivent posséder les apprenants au préalable avant de participer au processus d'apprentissage afin d'assurer un minimum de compréhension de ce dernier.

Objectif d'apprentissage : correspondent à l'ensemble des connaissances et compétences que doivent avoir les apprenants ayant participé au processus d'apprentissage. Cet élément joue un rôle important dans la définition des différentes entités d'apprentissage à entraîner.

Activité d'apprentissage : elles constituent l'élément primordial des processus d'apprentissage, les activités décrivent les tâches que doivent accomplir les apprenants et staff pédagogique en utilisant un ensemble d'objets pédagogiques. On distingue des activités accomplies uniquement par des apprenants (e.g. rédaction d'un rapport), ou bien par du staff (e.g. encadrement) ou encore par les deux communautés (e.g. débat, rédaction article). L'activité d'apprentissage peut être une activité unique ou structurée (i.e. composée).

Apprenant : celui-ci représente l'élément central du processus d'apprentissage pour lequel des activités d'apprentissage sont définies et des ressources sont mises en disposition. Un apprenant peut correspondre à un étudiant ou un employé qu'on souhaite former, il assiste au processus d'apprentissage en accomplissant les activités d'apprentissage.

Staff pédagogique : le staff pédagogique assure une fonction d'appui et d'assistance pour les apprenants afin de mener à bien leurs activités d'apprentissage et atteindre l'objectif d'apprentissage, i.e., les post-apprentissages.

Objet pédagogique : désignent les ressources physiques et numériques référencées ; les ressources physiques correspondent aux moyens et matériaux (e.g. support papier, ordinateur) utilisés par les apprenants et/ou le staff en accomplissement des activités d'apprentissage. Les ressources numériques correspondent aux applications informatiques et supports numériques consultés et utilisés pendant le déroulement des activités d'apprentissage.

Cours : celui-ci représente l'aspect dynamique du processus d'apprentissage. Pour atteindre le post-apprentissage, le cours détermine l'ordre d'enchaînement séquentiel, conditionnel, répétitif et/ou parallèle des activités d'apprentissage, les apprenants ou staff impliqués ainsi que les ressources à utiliser pour chaque activité.

IV.4.4. Conception et implémentation du processus d'apprentissage

La conception pédagogique (learning design) désigne l'utilisation de modèles pédagogiques pour spécifier les objectifs d'apprentissage, la communauté et le domaine de connaissance ciblés. Un modèle pédagogique, quant à lui, est un ensemble de règles précisant comment les apprenants atteignent de façon efficace un ensemble d'objectifs pédagogiques dans un domaine de connaissance donné (e.g. apprentissage basé-problème) [Koper et al, 04]. Le langage Educational Modelling Language (EML) développé par Rob Koper a servi de base pour le développement du standards IMS-LD qui est employé comme langage de spécification des unités d'apprentissage e-learning.

Pour la conception et l'implémentation d'un processus d'apprentissage, on fait référence au concept d'unité d'apprentissage pour laquelle une spécification est développée. Une unité d'apprentissage (Unit of Learning) est définie comme un scénario où un ensemble d'activités pédagogiques accomplies en série et/ou en parallèle par des apprenants ou du staff ; elle

définit des objectifs pédagogiques, des prérequis et des environnements constitués d'une collection d'objets pédagogiques et de services informatiques (cf. III.3.4.2.3. Modèle de conception d'unité d'apprentissage) [IMS-LD-1, 03].

Une unité d'apprentissage, avec IMS-LD, est conçue et modélisée en deux phases, la première est dédiée à la conception et la modélisation des différents éléments de l'unité d'apprentissage ; la deuxième spécifie cette dernière dans une spécification exécutable et portable entre les systèmes de diffusion de cours (e.g. système de gestion de cours ou plateforme) (cf. figure ci-dessous).

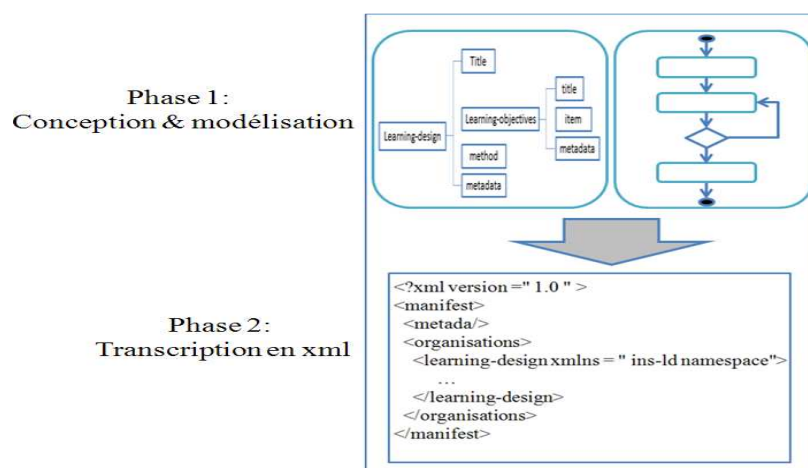


Figure IV.7. Phases de conception et implémentation de l'unité d'apprentissage

Ainsi illustré, la première phase utilise des modèles graphiques pour modéliser les unités d'apprentissage. Deux modèles, du standard IMS-LD, sont utilisés ; il s'agit du modèle de conception et du modèle informationnel. Le premier emploie trois modèles : le modèle d'agrégation qui relate la façon dont les composants et éléments sont conçus, le modèle de structure spécifie l'organisation des éléments ainsi que les interrelations qui existent, et le dernier modèle expose l'encapsulation de l'unité d'apprentissage dans un fichier XML via la spécification IMS-CP. Le deuxième modèle, i.e. le modèle informationnel, décrit les éléments, les propriétés et les relations de composition constituant les éléments définis dans une unité d'apprentissage.

Une fois les différents éléments de l'unité d'apprentissage sont définis, conçus et modélisé, leurs modèles d'informationnels sont transcrits et représentés en un ensemble d'éléments XML conformément au IMS Learning Design XML Schema [IMS-LD-3, 03] ; ce qui aura lieu dans la deuxième phase. L'unité d'apprentissage est incorporée dans un package IMS-CP, appelé *Package Interchange File*. Celui-ci est un dossier compressé (e.g. ".zip") contenant deux éléments essentiels, le premier est un fichier XML *manifest* dont le nom est *imsmanifest.xml*, avec éventuellement son document de contrôle (e.g. DTD, XSD) ; le deuxième élément correspond aux fichiers physiques référencés dans le fichier *manifest* (e.g. fichier média, fichier texte, page web, etc.). Le fichier *manifest* renferme 4 éléments : *Meta-data* décrivant le fichier *manifest* au complet ; *Organisations* contenant l'élément "*learning-design*" renfermant l'unité d'apprentissage ; *Ressources* contenant les références à toutes les ressources employées dans l'unité d'apprentissage ; et enfin *Submanifest* pour renfermer une sous-unité d'apprentissage [IMS-CP, 03].

IV.4.5. processus métier vs processus d'apprentissage

Le processus métier est un conteneur d'entités métiers mais aussi d'entités cognitives inhérentes et nécessaires à la production des services métiers attendus (cf. IV.3. Aspect connaissance des processus métiers). Ainsi, si on mène une analyse, étude et exploration basée connaissances sur ces entités métiers, destinées à la production, on peut obtenir des entités d'apprentissage, destinées à la formation, formant le processus d'apprentissage.

Une entité métier, dans un contexte métier, est liée aux performances (i.e. services) qu'elle réalise, elle se voit en termes des entrées qu'elle utilise et les sorties qu'elle produise aux clients. Cependant, une entité d'apprentissage est liée à la formation, l'éducation et l'instruction, elle se voit en termes de savoirs, connaissances et informations qu'elle fournisse aux apprenants sur un domaine donné. Ainsi, pour la conception d'entités d'apprentissage à partir d'entités métiers, nous proposons de soumettre ces dernières à une série de phases d'acquisition de connaissances et de leur mise en apprentissage (cf. figure ci-dessous).

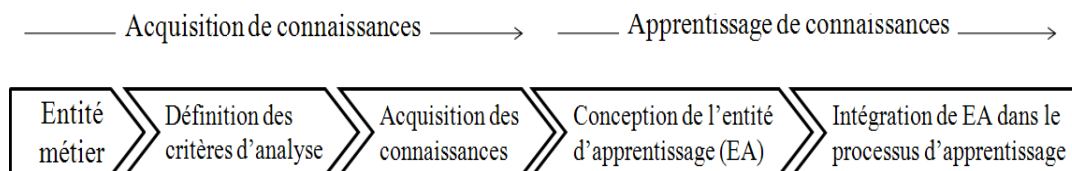


Figure IV.8. Phases de conception d'entités d'apprentissage

- 1) Premièrement, on définit un ensemble de critères d'analyse et d'étude, i.e., fixer et déterminer les indices appropriés au type de l'entité et qui permettent de repérer, localiser et reconnaître les connaissances et les savoirs enfermés dans cette entité métier.

Ces critères et indices d'analyse vise à faire extraire les connaissances et informations métiers. Ainsi, il convient de noter qu'il faut d'abord définir les connaissances qu'on souhaite obtenir avant de définir ces critères, i.e., pour pouvoir déterminer les critères (i.e. la façon d'analyse), il est nécessaire de définir les connaissances (i.e. objectifs).

Les informations et connaissances qu'on souhaite obtenir à partir des entités métiers sont celles qui serviront à la formation des employés moins qualifiés, elles sont multiples et variées ; le suivant tableau les présente.

Type connaissance	Commentaire
Savoir qui	Nom de l'entité métier.
Savoir quoi	Type de l'entité métier, i.e., types de l'activité (e.g. activité de calcul, de livraison, etc), types de l'employé (e.g. ouvrier, technicien, expert, etc), types de ressources matérielles et numériques.
Savoir pourquoi	Pour quel service métier, i.e., que fait ou produit l'entité métier.

Savoir comment	Comment réalise l'entité métier son résultat, sa durée d'exécution. Conditions de déclenchement et de fin de l'exécution de l'entité métier.
Savoir gérer	En cas d'anomalie (e.g. erreur, non disponibilité de ressources, exécution abandonnée), comment l'entité métier est gérée et compensée.

Table IV.1. Types de connaissances

Il convient de noter qu'à chaque type d'entité métier correspond un certain nombre de savoirs qui n'est pas forcément identique aux autres types. Par exemple, l'entité métier "*contrôle de flux*" permet de montrer le flux (e.g. séquentiel, parallèle, répétitif) des activités, la gestion des anomalies ce que ne le montre pas l'entité métier "*activité*". Celle-ci expose comment les entrées sont utilisées et comment les sorties sont produites.

- 2) Une fois l'ensemble de ces informations et savoirs qu'on souhaite obtenir d'une entité métier est déterminé, la phase qui suit consiste à considérer ces savoirs comme des objectifs, indices et guides de l'analyse et de l'acquisition des informations et savoirs en exploitant les documents décrivant et spécifiant les processus métiers. Les experts métiers sont aussi impliqués dans cette phase afin de fournir d'amples informations et détails à propos de ces entités métiers ;
- 3) Après l'acquisition et la collecte des savoirs décrivant l'entité d'apprentissage, celle-ci sera donc conçue, représentée et modélisée moyennant des modèles accompagnés par des descriptions textuelles ;
- 4) A ce stade, l'entité d'apprentissage est mise en usage et intégrée dans le processus d'apprentissage.

Le tableau ci-dessous essaie d'exposer les entités d'apprentissage qu'on peut obtenir à partir des entités métiers en fonction du type des savoirs de celles-ci.

Processus d'apprentissage	Processus métier	Commentaires
Prérequis	Rôle	A partir de l'entité <i>Rôle</i> , on peut faire obtenir les qualités professionnelles que doivent remplir les employés de ce rôle ; Autrement dit, il sert à décrire les prérequis des apprenants assistant au processus d'apprentissage.
Objectif d'apprentissage	Service métier	L'entité <i>service métier</i> sera employée pour décrire le service que doivent être en mesure de produire les apprenants du processus d'apprentissage, i.e., le post-apprentissage.

Activité d'apprentissage	Activité métier	Activité métier peut correspondre à une activité d'apprentissage dans le cas où le travail à accomplir dans l'activité métier peut servir à tirer des renseignements et des connaissances, comme c'est toujours le cas.
Apprenant / staff	Employé	Les employés expérimentés peuvent jouer le rôle de staff pour les moins qualifiés ou les nouveaux recrutés qui jouant le rôle d'apprenant.
Objet pédagogique	Ressource matérielle & numérique	Les ressources métiers peuvent être référencées dans le processus d'apprentissage afin de permettre aux apprenants de s'entraîner sur des cas les plus identiques possibles aux cas réels. Les règles métiers constituent une ressource essentielle notamment dans la prise de décisions.
Cours	Contrôle de flux	Le contrôle de flux participe en grande partie dans la conception du cours (e.g. enchaînement des activités d'apprentissage associées aux activités métiers, les employés des activités métiers seront des apprenants ou staff pour les activités d'apprentissage, etc). Le cours n'est pas lié au temps, ce qui est pas le cas pour le contrôle de flux (e.g. réaliser une telle activité avant une telle date).

Table IV.2. Processus d'apprentissage vs processus métier

IV.4.6. Démarche

Pour la conception du processus d'apprentissage, on s'intéresse aux processus métiers exécutables qui sont déjà opérationnel plutôt qu'aux processus métiers décrits dans une spécification de la première phase (i.e. conception et modélisation). Ceci pour deux raisons, la première est que les premiers sont déjà productifs, leurs connaissances sont donc déjà mises à l'épreuve ; tandis que les deuxièmes ne sont pas encore validés, ils sont moins rassurants et dont on ne sait pas encore les résultats et les conséquences une fois insérés dans la chaîne de production. La deuxième raison est du fait que les standards (e.g. BPEL) de la deuxième phase (i.e. celle d'implémentation) fournissent une description détaillée et exhaustive, i.e., renfermant toutes les entités et informations nécessaires à l'exécution des processus métiers ; ces standards dérivés du métalangage XML sont plus descriptifs que les modèles graphiques en termes de détails métiers.

Le processus d'apprentissage (PA) est, en premier lieu, modélisé et conçu moyennant un profile UML, i.e., diagramme d'activité et diagramme de classe. Ensuite, l'ensemble de ces diagrammes et modèles est transcrit et mappé vers un fichier textuel XML conforme à la spécification IMS-LD, ce fichier (i.e. PA) est exécutable par un système de gestion de cours

(e.g. plateforme). De même, le processus métier est tout d'abord conçu et modélisé en utilisant des modèles graphiques, en l'occurrence la notation BPMN, et qui est développée à partir d'une pléthore de standards dont UML. Ensuite, le processus métier BPMN est traduit et mappé vers un processus métier exécutable décrit dans un langage d'exécution (e.g. XPDL ou BPEL).

La démarche proposée se constitue de 3 étapes. Dans la première, les processus métiers exécutables décrits dans une notation exécutable sont soumis à la méthode d'analyse et d'étude présentée précédemment et ils sont ensuite remappés et traduits vers BPMN, la notation développée à partir de plusieurs spécifications dont UML ; les modèles graphiques métiers obtenus sont ensuite représentés et transformés vers des modèles pédagogiques moyennant les diagrammes IMS-LD de UML, ce qui aura lieu dans la deuxième étape ; ainsi, ces derniers modèles sont mappés et transcrits dans la troisième étape vers le format XML de IMS-LD (cf. Figure suivante).

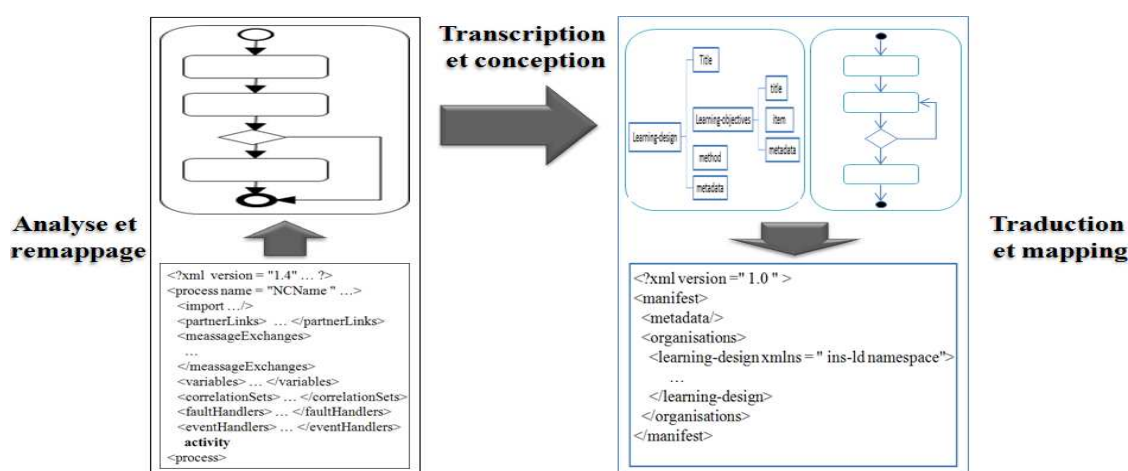


Figure IV.9. Phases de la démarche

Cette démarche impose un processus d'étapes permettant de cerner et reconnaître ce qui peut servir à l'apprentissage de ce qui ne le peut pas. Ainsi, chaque entité métier subit 3 étapes :

- 1) L'entité métier exécutable est menée d'une étude orientée connaissance, puis elle est décrite via un modèle graphique BPMN accompagnée d'une description textuelle moyennant un langage naturel décrivant les détails du métier de cette entité ;
- 2) Les modèles BPMN obtenus sont représentés dans les modèles pédagogiques de IMS-LD (i.e. diagrammes de classes et d'activités d'UML) ;
- 3) Ces modèles pédagogiques sont mappés vers des éléments XML de IMS-LD, ces éléments auront comme description la description textuelle obtenue dans l'étape 1.

IV.5. Mise en œuvre technique

Pour la mise en œuvre de notre démarche, on a opté pour la première phase de conception des processus métiers la notation BPMN, qui est un standard en matière de description et conception, elle est utilisée pour des fins d'analyse et de modélisation. Le langage BPEL est aussi choisi pour la deuxième phase, celle de la spécification exécutable des processus métiers, ceci est pour deux raisons ; premièrement, le fait qu'il est standard, il se base sur l'orchestration des partenaires offrant des services métiers ; ces partenaires sont des web

services (composés ou non) qui sont de plus en plus utilisés comme des solutions métiers au sein des entreprises. Deuxièmement, le fait que BPEL se base sur les web services qui sont actuellement menés d'ontologies fournissant d'amples informations, savoirs et détails sur les métiers (i.e. services) qu'ils fournissent. OWL-S (Ontology Web Language-Semantic) [Martin et al, 04] se veut un framework pour le partage des descriptions des web services, c'est une ontologie standard consistant en un ensemble de classe de base et de propriétés pour la déclaration et la description des web services ; plus précisément, trois sous-classes sont utilisées : (1) *Service Profile* décrit ce que le service réalise ainsi que d'autres caractéristiques (e.g. qualité service), (2) *Service Model* décrit comment le web service fonctionne ainsi que d'autres détails (e.g. requêtes, conditions, entrées, sorties, étapes de fonctionnement), et (3) *Service Grounding* qui décrit comment accéder et invoquer le web service (i.e. protocole de communication, format des messages).

Dans ce contexte, nous avons développé un outil (LearningBP) pour venir en aide les concepteurs métiers experts dans la création à partir des processus métiers opérationnels, qui sont décrits en BPEL, des processus d'apprentissage e-learning formatés conformément au langage IMS-LD. L'outil propose un assistant composé de plusieurs écrans permettant de collecter plus informations métiers à propos des processus métiers BPEL et ses différentes entités.

Il convient de préciser que la version actuelle de notre outil prend en entrée que les documents BEPL spécifiant le processus métier et ne considère pas les ontologies OWL-S décrivant les web service, ces ontologies nécessitent tout un travail à amener ce qu'on prévoit pour le futur.

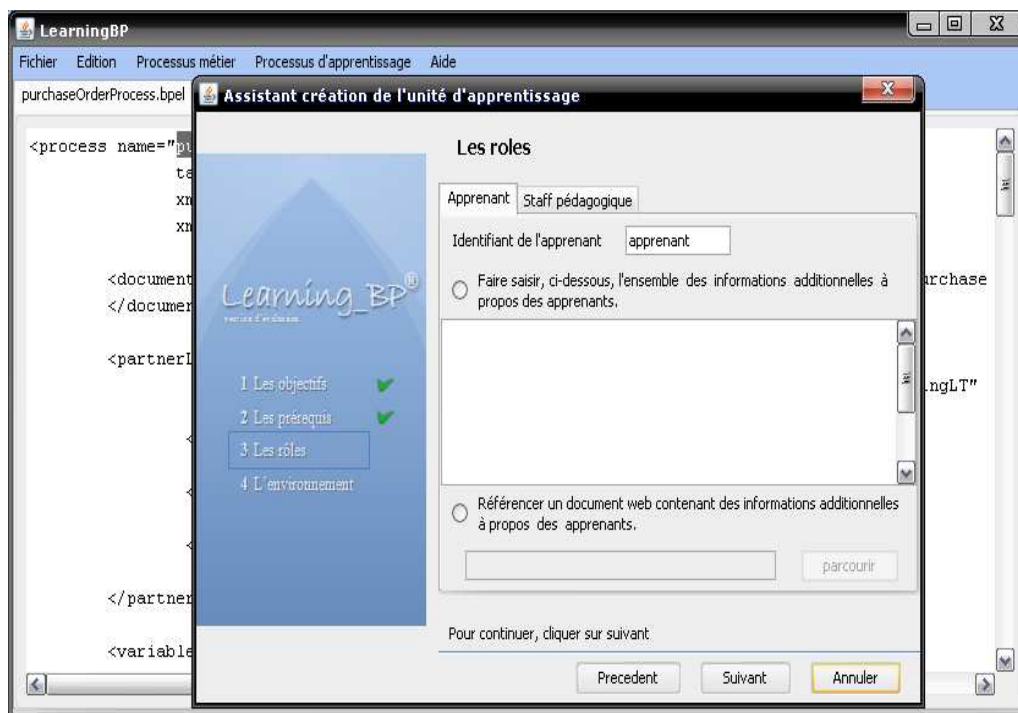


Figure IV.10. L'outil LearningBP

IV.6. Présentation d'une étude de cas

Nous allons nous intéresser à une procédure métier d'une entreprise opérant dans le domaine de la téléphonie. La procédure en question concerne l'installation des antennes

téléphoniques, elle comporte principalement trois phases complexes : identification et repérage des sites, puis l'installation des antennes téléphoniques et enfin la mise en œuvre et le suivi.

Dans cette étude de cas, nous nous sommes astreint à une partie de la procédure, à savoir le repérage des sites susceptibles d'être employés pour l'installation. Cette partie du processus comporte un ensemble d'activités métiers exercées par un personnel composé essentiellement des "Ingénieurs Radio". Ceux-ci travaillent aussi bien individuellement que collectivement, ils évolueront durant leur carrière et peuvent occuper le poste de chef de département.

La transformation de ce processus métier en un processus d'apprentissage demeure d'une importance capitale dans la formation des ingénieurs radios, nouvellement recrutés, sur les divers détails métiers ; ceci leur permet de faire une introduction progressive et graduelle dans les pratiques de l'entreprise avant de passer au terrain.

Phase 1 : remappage BPEL/BPMN

Dans cette phase, on n'a considéré que les documents BPEL décrivant la procédure métier ; les documents contenant l'ontologie OWL-S décrivant les web services ne sont pas considérés. Le code BPEL du processus métier installation des antennes téléphoniques est fourni ci-après.

```

<process name=" antennasInstallationProcess "
  targetNamespace=" http://example.com/antennasInstallation "
  xmlns=" http://www.operateur.org/process/executable "
  xmlns:Ins=" http://www.operateur.org/Installation/purchase ">
  <documentation xml:lang="EN"> the installation process of the telephone antennas is for cover the new zone or area.
  </documentation>
  <partnerLinks>
    <partnerLink name="Chef" partnerLinkType="Ins:ChefLT"
      myRole="SA2Requester" partnerRole="SA2Service" />
    ...
    <partnerLink name="Installation" partnerLinkType="Ins:InstallationLT"
      myRole="InstallationService"/>
  </partnerLinks>
  <variables>
    <variable name="EIR" messageType="Ins:EIRMessage" />
    ...
  </variables>
  <faultHandlers>
    <catch faultName="Ins:cannotCompleteInstallation" faultVariable="EIRFault"
      faultMessageType="Ins:EIRFaultType">
      <reply partnerLink=" Installation " portType="Ins:EIRPT"
        operation="sendEIR" variable="EIRFault" faultName="cannotCompleteInstallation" />
    </catch>
  </faultHandlers>
  <sequence>
    <receive partnerLink="Installation" portType="Ins:EIRPT"
      operation="sendEIR" variable="EIR" createInstance="yes">
    <repeatUntil>
      <invoke partnerLink="RadioEngineers" portType="Ins:RadioActivitiesPT"
        operation="EtudierA1" inputVariable="EIR" />
      ...
      <condition condition expressionLanguage="URI">SA2Realisation</condition>
    </repeatUntil>
    <reply partnerLink="Installation" portType="Ins:EIRPT" operation="sendEIR" variable="SA2"/>
  </sequence>
</process>

```

Table IV.3. Code BPEL du processus

Après avoir mené une étude et analyse orientée connaissance pour chaque activité constituant ce processus on fait un remappage vers la notation BPMN ; les entités métiers sont représentés moyennant les modèles graphiques de BPMN.

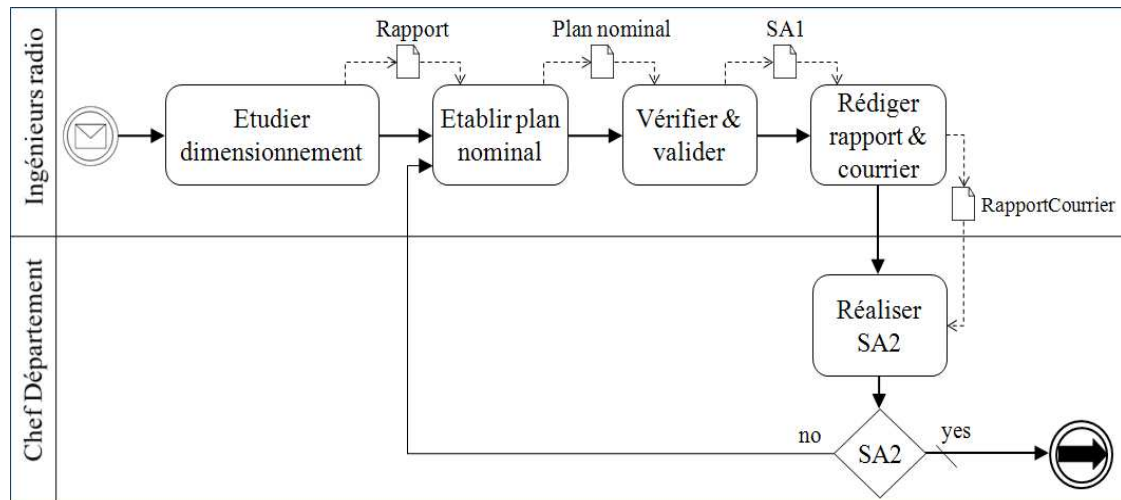


Figure IV.11. Représentation BPMN du processus

A ce stade, les ingénieurs radio expérimentés sont sollicités pour des entretiens et interviews afin de fournir d'amples informations et détails à propos des entités métiers du processus. Le tableau suivant présente les différentes activités et employés de ce processus.

Activité métier	Description	Entrées	Sorties	Participants métiers
Activité 1	Etudier le dimensionnement du réseau en terme de couverture	Rapport d'une étude interne	Rapport sur la couverture réseau	Equipe d'ingénieurs radio
Activité 2	Etablir un plan nominal et une étude technique selon le rapport	Rapport sur la couverture réseau	Plan nominal national	Equipe d'ingénieurs radio
Activité 3	Vérifier et valider les points nominaux	Plan nominal national	Formulaire SA1	Equipe d'ingénieurs radio
Activité 4	Rédiger un tableau, un courrier et rapport des SA1 à traiter	Formulaire SA1	Fichier Excel, rapport et courrier	Equipe d'ingénieurs radio
Activité 5	Réaliser le SA2	Fichier Excel, rapport et courrier	SA2	Chef département

Table IV.4. Activités du processus métier

Phase 2 : création des modèles pédagogiques du processus d'apprentissage

Les diagrammes BPMN modélisant et spécifiant le processus métier "installation des antennes téléphoniques" sont translatés vers des modèles pédagogiques décrivant le processus d'apprentissage créé. Celui-ci est conçu moyennant le diagramme d'activités d'UML, mais bien avant, une description textuelle est introduite afin de mettre en exergue les différentes entités d'apprentissages participantes.

Titre de l'unité d'apprentissage : processus d'apprentissage pour l'installation des antennes téléphoniques.

Dispensé par : Les ingénieurs radio expérimentés

Pédagogie/Type d'apprentissage : apprentissage autogéré et individuel.

Description/contexte d'utilisation : ce processus d'apprentissage (i.e. unité d'apprentissage) sera destiné à la formation des apprenants (i.e. nouveaux ingénieurs radios) sur l'installation des antennes téléphoniques. L'apprenant est censé d'être diplômé de ingénierie radio avant d'assister au processus d'apprentissage.

Objectif d'apprentissage : les apprenants, ayant suivi le cours, doivent être en mesure d'assurer les activités métiers liées à l'installation des antennes téléphoniques.

Rôles : un seul rôle est défini, celui de l'ingénieur radio non expérimenté qui participera à l'apprentissage des activités métiers assurées par les ingénieurs radios ou bien par le chef de département.

Liste des contenus d'apprentissage : le cours du processus d'apprentissage se constitue de deux activités d'apprentissage structurées, la première expose comment sont gérés les éventuelles erreurs, la deuxième elle-même comporte trois activités : réception du rapport contenant une étude interne faisant l'objet d'une demande d'installation des antennes radios, la deuxième activités est une activité composée d'une dizaine d'activités d'apprentissage déroulées séquentiellement, et enfin la dernière activité d'apprentissage permet d'envoyer au concerné le résultat du processus métier (i.e. SA2).

Liste des services/outils : MS Excel, MS Word, outil de messagerie.

Liste des activités collaboratives : aucune.

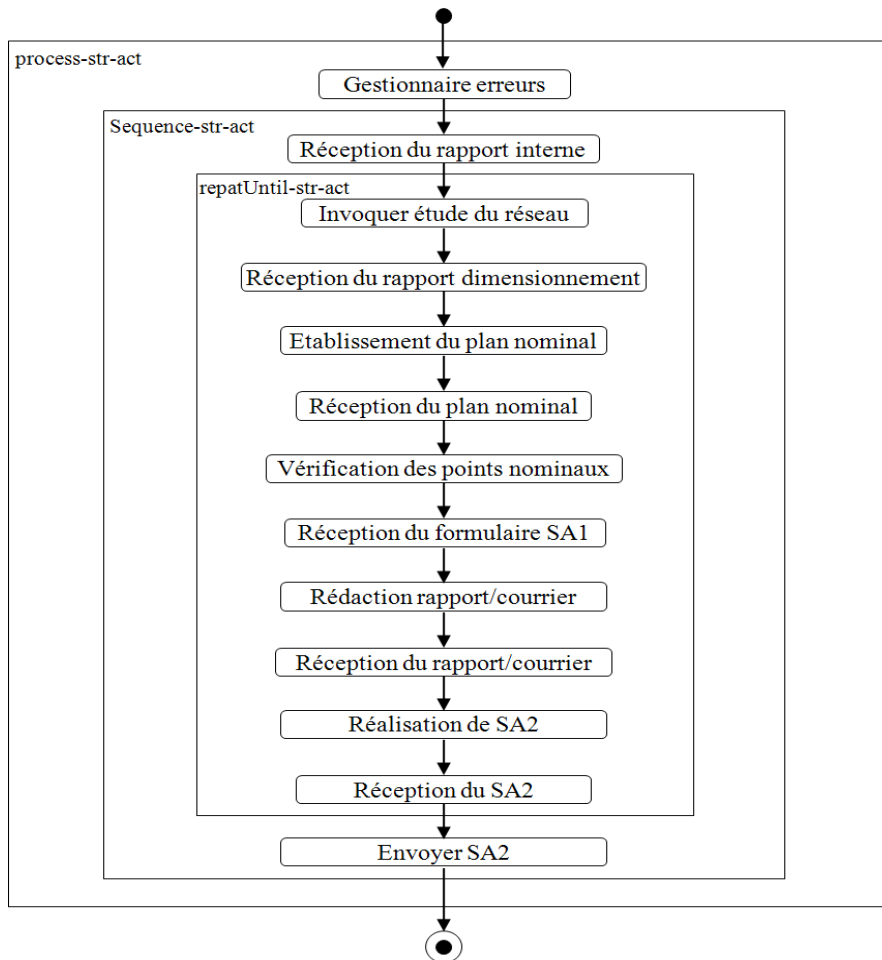


Figure IV.12. Modèle conceptuel du processus d'apprentissage

Phase 3: mapping vers IMS-LD

Le code IMS-LD de processus d'apprentissage est introduit ci-dessous

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<imscp:manifest>
  <!--Commentaire sous la racine-->
  <imscp:metadata/>
  <imscp:organisations>
    <imsld:learning-design identifier=" antennasInstallationProcess " level="A">
      <imsld:title> the installation process of the telephone antennas is for cover the new zones or area.
      </imsld:title>
      <imsld:learning-objectives>
        <imsld:title>Les objectifs d'apprentissage</imsld:title>
        <imsld:item identifier="LO-learning-Objectives" identifierref="RES-Learning-Objectives"/>
      </imsld:learning-objectives>
      <imsld:prerequisites>
        <imsld:title>Les prerequis d'apprentissage</imsld:title>
        <imsld:item identifier="Preq-prerequisites" identifierref="RES-prerequisites"/>
      </imsld:prerequisites>
      <imsld:components>
        <imsld:roles>
          <imsld:learner create-new="allowed" identifier="ingénieurRadio">
            <imsld:title> </imsld:title>
            <imsld:information/>
          </imsld:learner>
          <imsld:staff create-new="not-allowed" identifier="chefDepartement">
  
```

```

...
</imsld:learning-activity>
<imsld:activity-structure identifier="repeatUntil4-str-act" number-to-select="10" sort="as-is" structure-
type="sequence">
...
</imsld:activity-structure>
<imsld:activity-structure identifier="process-str-act" number-to-select="3" sort="as-is" structure-
type="sequence">
  <imsld:title>Activite globale</imsld:title>
  ...
</imsld:activity-structure>
</imsld:activities>
<imsld:method>
  <imsld:play identifier="play1" isvisible="true">
    <imsld:title> Premiere piece </imsld:title>
    <imsld:act identifier="act1">
      <imsld:title> Premier acte </imsld:title>
      <imsld:role-part identifier="role-part1">
        <imsld:title>Premiere partition</imsld:title>
        <imsld:role-ref ref="apprenant"/>
      ...
    </imsld:act>
  </imsld:play>
</imsld:method>
</imsld:learning-design>
</imscp:organisations>
<imscp:resources>
  <imscp:resource identifier="RES-Learning-Objectives" type="webcontent"/>
  ...
</imscp:resources>
</imscp:manifest >

```

Table IV.5. Code IMS-LD du processus d'apprentissage

IV.7. Synthèse et conclusion

Créer des processus d'apprentissage e-learning à partir des processus métiers de l'entreprise s'inscrit dans la perspective de créer une passerelle entre le monde métier celui des entreprises et organisations et le monde de la formation et les nouvelles technologies TIC. Cette passerelle se propose comme une façon de capitaliser le savoir-faire dans des formes instructives et formatrices plutôt que dans des formes matérialisées dans des archives (e.g. base de connaissances). Ce qui présente une valeur ajoutée à celui non instructif.

Actuellement, beaucoup de spécifications sont dédiées à la modélisation et la description des différents aspects métiers des processus métiers ; ceci permet de mieux capitaliser ces derniers, ce qui participera à la création d'un capital intellectuel formateur et instructif pour les différents aspects métiers des processus métiers.

Comme perspective, nous comptons faire des expérimentations et évaluations sur des échantillons de professionnels afin de pouvoir mesurer l'efficacité de l'approche.

Conclusion générale

Le domaine des métiers des entreprises, celui des savoir-faire et la gestion des connaissances ainsi que celui de l'apprentissage électronique sont des domaines d'actualité en tenant en compte le nombre d'ouvrages scientifiques qui leurs sont dédiés et des conférences leurs sont consacrées. Ces trois domaines font appel aux nouvelles technologies de l'information et de la communication considérées comme une révolution succédant aux révolutions industrielle et agricole survenues respectivement au 18^e et 19^e siècles.

Notre travail s'est situé à l'intersection de ces trois domaines et s'est intéressé à créer un rapprochement entre les métiers des entreprises et le mode de formation électronique autour des savoirs et savoir-faire emmagasinés dans les processus métiers considérés pour longtemps comme uniquement de conteneurs d'entités métiers. Ce rapprochement se veut une façon de concevoir des processus d'apprentissage e-learning destinés à la formation et la mise-à-jour en permanence des connaissances des employés ; ce qui participe à faire face aux problèmes de perte de connaissances liée au départ des employés expérimentés en les impliquant dans les formations des employés non-expérimentés. Les processus d'apprentissage e-learning rendent possible des formations sur les lieux de travail, sur les métiers et les pratiques issus à partir des cas réels tirés de l'expérience de l'entreprise elle-même.

Le rapprochement s'est réalisé en un processus en **A** constitué de deux branches dédiées aux deux processus métier et processus d'apprentissage, chaque branche se constitue de deux étapes, la première définit un métamodèle du processus (i.e., processus métier pour la première branche et processus d'apprentissage pour la seconde) en mettant en exergue ses diverses entités et les interrelations les réunissant, la deuxième étape se consacre aux phases de conception et d'implémentation du processus en question. Ces deux branches se convergent et se rencontrent afin de mettre en évidence les points en commun entre les deux processus et de servir d'introduction à notre démarche de conception des processus d'apprentissage à partir des processus métiers.

Nous avons présenté une étude de cas illustrant notre démarche, et nous avons introduit notre outil venant en aide dans la création des processus d'apprentissage à partir des métiers des entreprises, et qui propose un assistant composé de plusieurs écrans invitant l'expert métier à fournir d'amples informations et détails à propos des activités métiers dégagées du processus métier.

Nous comptons, dans nos prochains travaux, de continuer à faire plus d'expérimentations et d'évaluations en vue de valider d'avantage notre processus et démarche. Faire améliorer et perfectionner l'outil afin qu'il puisse proposer des tests de connaissances et tests de compétences au travers de la coopération et l'implication des experts métiers dans la conception de ces tests.

Il nous semble intéressant d'explorer les techniques du web sémantique en vue de mettre en place un système d'annotation qui consiste à enrichir et associer, aux définitions des processus métiers (i.e. les définitions exécutables moyennant les langages dédiés à l'exécution), des informations structurées descriptives qui faciliteront la recherche et l'usage des processus métiers comme des ressources pédagogiques ou comme des contenus e-learning.

Bibliographie

Les processus métiers

- [Alves et al, 07] Alexandre Alves, Assaf Arkin, Sid Askary, et al. Web Services Business Process Execution Language Version 2.0, 11 April 2007 **[en ligne]**. Disponible sur : <<http://docs.oasis-open.org/wsbpel/2.0/OS/wsbpel-v2.0-OS.html>>.
- [BMI-DTF, 09] Object Management Group. Business Modeling & Integration DTF **[en ligne]** sur: <<http://bmi.omg.org/>>. (Consulté fin mai 2009).
- [Bpml, 02] Business Process Management Initiative. BPML/BPELWS, 15 août 2002. Disponible sur : <<http://www.bpml.org/downloads/BPML-BPEL4WS.pdf>>. (Consulté mi-septembre 2009).
- [BPMSer, 08] Business Process Management Services. Le BPM ou la transformation de l'entreprise **[en ligne]**. Disponible sur <<http://www.bpms.info/article.asp?ref=466>>. (Consulté le début septembre 2009).
- [Chang, 06] Chang James F., Business Process Management Systems, Strategy and Implementation. Published in 2006 by Auerbach Publications Taylor & Francis Group, New York, 2006, 303p. ISBN 0-8493-2310-X.
- [Claro, 06] Daniela BARREIRO CLARO. SPOC - Un canevas pour la composition automatique de services web dédiés à la réalisation de devis. Thèse doctorat, Spécialité : Informatique, Ecole Doctorale d'Angers: Université d'Angers, 2006, 170p.
- [Cousins, 02] Jay Cousins, Tony Stewart. What is Business Process Design and Why Should I Care?. RivCom Ltd. 04/09/2002.
- [Davenport, 93] Davenport T.H. (1993). *Process Innovation*, Harvard Business School Press, Boston, MA.
- [Ferrari, 09] Michaël Ferrari. BPMN, la norme du BPM **[en ligne]**. Disponible sur <http://www.bpms.info/index.php?option=com_content&task=view&id=4415&Itemid=114>. (Consulté début juin 2009).
- [Georgakopoulos, 95] Georgakopoulos D., Hornick M., Sheth A., "An Overview of Workflow Management: From Process Modeling to Workflow Automation

- Infrastructure", Distributed and Parallel Databases, An International Journal, 3, 1995.
- [Hollingsworth, 04] David Hollingsworth. The Workflow Reference Model 10 Years On (pp. 295-312). **In:** Workflow Handbook, 2004.
- [Jolicoeur, 04] Lionel BLANC DIT JOLICOEUR. Modélisation des processus métier mis en œuvre dans une approche EAI en vue de leur pilotage " Le pilotage des applications intégrées". Thèse doctorat, spécialité génie industrielle : Université de Savoie, 2004, 266p.
- [Junginger et al, 07] Junginger S., Kabel E., Business Process Analysis (pp. 57-77). **In:** eBusiness in Healthcare, Springer London, (2007).
- [Lonjon, 04] Antoine LONJON. Modélisation des processus métiers et standardisation **[en ligne]**. Disponible sur: <<http://www.bpms.info/article.asp?ref=167>>. (Consulté mi-septembre).
- [Margolis et al, 07] Ben Margolis, Joseph Sharpe. SOA for the Business Developer: Concepts, BPEL, and SCA, First Edition. MC Press 2007 (328 pages). ISBN: 9781583470657.
- [Martin et al, 04] David Martin, Mark Burstein, Jerry Hobbs, et al. OWL-S: Semantic Markup for Web Services, 22 November 2004 **[en ligne]**. Disponible sur : <<http://www.w3.org/Submission/OWL-S>>.
- [OMG, 09] Object Management Group. Catalog of OMG Business Strategy **[en ligne]**. Disponible sur : <http://www.omg.org/technology/documents/br_pm_spec_catalog.htm>. (Consulté fin-septembre 2009).
- [Rampacek, 06] Sylvain RAMPACEK. Sémantique, interactions et langages de description des services web complexes. Thèse doctorat, Laboratoire CRESTIC : l'Université de Reims Champagne-Ardenne, Novembre 2006, 198 pages.
- [Saikali, 01] Saikali K. (2001) "Flexibilité des workflows par l'approche objet : 2FLOW, un framework pour workflow flexibles", Thèse de doctorat. Ecole Centrale de Lyon – France.
- [Salatgé, 06] Nicolas Salatgé. Conception et mise en œuvre d'une plate-forme pour la sûreté de fonctionnement des Services Web. Thèse doctorat, LAAS-CNRS : Institut National Polytechnique de Toulouse, 2006, 188p.
- [Shapiro et al, 08] Robert Shapiro, Keith Swenson, Justin Brunt, et al. WFMC-TC-1025, Workflow Process Definition Interface-XML Process Definition Language, version 2.1a, October 10 2008.
- [Van der Aalst, 99] Van der Aalst, W.M.P. Generic workflow models: how to handle dynamic change and capture management information. **In:** IFCIS International Conference, 1999.

- [W3C, 02] World Wide Web Consortium. Titre page d'accueil. Disponible sur :
- [Weske, 07] Mathias Weske, Business Process Management, Concepts, Languages, Architectures. Springer Berlin Heidelberg New York, 2007,372p. ISBN 978-3-540-73521-2.
- [WFMC, 95] WFMC-TC00-1003. The Workflow Reference Model. Hollingsworth, E.D. ed., 1995.
- [WFMC, 98] WFMC-TC-1016-O (draft 6,99). Interface 1: Process Definition Interchange Organizational Model. 1998.
- [WFMC, 99] WFMC-TC-1011. Terminology & Glossary version 3. Hollingsworth, E.D. ed., 1999.
- [White et al, 09] Stephen A White, Michael Anthony, Assaf Arkin, et al. Business Process Modeling Notation (BPMN) Version 1.2, 03 janvier 2009. Disponible sur <<http://www.omg.org/spec/BPMN/1.2/PDF>>.
- [WSDL, 07] David Booth, Canyang Kevin Liu. Web Services Description Language (WSDL) Version 2.0 Part 0: Primer, 26 Juin 2007 **[en ligne]**. Disponible sur : <<http://www.w3.org/TR/wsdl20-primer>> (consulté fin septembre).
- [WSFL, 01] James Snell. The Web services insider, Part 4: Introducing the Web Services Flow Language, juin 2001 **[en ligne]**. Disponible sur : <<http://www.ibm.com/developerworks/library/ws-ref4/>>. (consulté fin septembre).
- [Yogesh, 98] Malhorta Yogesh. "Business Process Redesign: An Overview," IEEE Engineering Management Review, vol. 26, no3, Fall 1998. Disponible sur : <<http://publications.ksu.edu.sa/IT%20Papers/KM%20Papers/Business%20Process%20Redesign.doc>>.
- [Zacharewicz, 06] Grégory Zacharewicz. Un environnement G-DEVS/HLA : application à la modélisation et simulation distribuée de workflow. Thèse doctorat, discipline Modélisation et conception de processus assistés par ordinateur : Université PAUL CEZANNE Aix-Marseille III, 2006, page 35-55.

Gestion des connaissances

- [Albert, 98] Albert S. "Knowledge Management: Living Up To The Hype?" *Midrange Systems*, " 11(13), Sep 7, 1998, pp.52.
- [Bahloul, 06] Djida Bahloul. Une approche hybride de gestion des connaissances basée sur les ontologies : application aux incidents informatiques. Thèse doctorat en informatique et informatique pour la société de l'institut national des sciences appliquées de Lyon, décembre 2006, 249 p.

- [Baroni et al, 06] Baroni de Carvalho R., Araújo Tavares Ferreira. M. Knowledge Management Software (pp. 410-418). **In:** Encyclopedia of knowledge management. Published by Idea Group Reference. 2006. ISBN 1-59140-574-2.
- [Becerra et al, 06] Becerra-Fernandez I., Sabherwal R., ICT and Knowledge Management Systems (pp.230-236). **In:** Encyclopedia of knowledge management. Published by Idea Group Reference. 2006. ISBN 1-59140-574-2.
- [Benmahamed et al, 06] BENMAHAMED, J-L ERMINE (2006). Knowledge Management Techniques For Know-How Transfer System Design. The case of an Oil Company, ICKM 2006 (International Conference on Knowledge Management), London, 1-2 august 2006.
- [Buckingham et al, 06] Simon J. Buckingham Shum, Albert M. Selvin, Maarten Sierhuis, et al. **In:** "Rationale Management in Software Engineering" (Eds.) Allen H. Dutoit, Raymond McCall, Ivan Mistrik, and Barbara Paech. Springer-Verlag/Computer Science Editorial. (2006).
- [Bulter, 06] Bulter T., Anti-Foundational Knowledge Management (pp. 1-9). **In:** David G. Schwartz. Encyclopedia of knowledge management. Published by Idea Group Reference. 2006. ISBN 1-59140-574-2.
- [Castillo et al, 04] Castillo O., Matta N., Ermine J., Une méthode pour l'appropriation de savoir-faire, capitalisé avec MASK. Acte du colloque EGC 2004, France.
- [Dieng et al, 98] DIENG R., CORBY O., GIBOIN A., et al. Methods and tools for corporate knowledge management, rapport technique 3485, 1998, INRIA.
- [Dieng, 02] Dieng R., Panorama : méthodes et outils pour la gestion des connaissances. Porjet ACAIA, INRIA, Sofia-Antinopolis. Journée Lorient sur la gestion des connaissances., pp. 36 pages., Nancy. 28 Novembre 2002.
- [Drucker, 94] Drucker P.F., *Post-capitalist society*. New York: Harper Business, 1994.
- [Ein-Dor, 06] Phillip Ein-Dor. Taxonomies of knowledges (pp. 848-854). **In:** David G. Schwartz. Encyclopedia of knowledge management. Published by Idea Group Reference. 2006. ISBN 1-59140-574-2.
- [Ermine et al., 96] Ermine J.-L., Chaillot M., Bigeon P., et al. "MKSM a method for Knowledge management, Knowledge management : Organization, Competence and Methodology" *In Proceeding of ISMICK' 1996*, Schreimeimenmarkers en., Rotterdam, pp. 288-302.
- [Ermine, 00] J.-L. Ermine. Les systèmes de connaissances, Hermès sciences publications, 2000.

- [Grundstein, 02] M. GRUNDSTEIN, *GAMETH : un cadre méthodologique pour repérer les connaissances cruciales pour l'entreprise*. Rapport de recherche. Nogent-sur-Mame : MG Conseil, février 2002, 18 p.
- [Grundstein, 95] Grundstein M. (1995) "La capitalisation des connaissances de l'entreprise, système de production des connaissances. Acte du colloque de l'entreprise apprenante et les Sciences de la Complexité, Aix-en-Provence, mai 1995.
- [Maier et al, 06] Maier R., Hädrich T., Knowledge Management Systems (pp. 442-450). **In:** Encyclopedia of knowledge management. Published by Idea Group Reference. 2006.
ISBN 1-59140-574-2.
- [Nonaka et al, 95] Nonaka I., Takeuchi H., Takeuchi H., *The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. New York: Oxford University Press, 1995, 304p.(validé)
- [Rasovska, 06] Ivana Rasovska. Contribution à une méthodologie de capitalisation des connaissances basée sur le raisonnement à partir de cas : Application au diagnostic dans une plateforme d'e-maintenance. Thèse doctorat en Automatique de l'université de FRANCHE-COMTE, juillet 2006, 186 p.
- [Schwartz, 06] David G. Schwartz. Aristotelian view of knowledge management (pp. 10-16). **In:** Encyclopedia of knowledge management. Published by Idea Group Reference. 2006.
ISBN 1-59140-574-2.

E-learning et IMS-LD

- [Arnaud, 02] Michel Arnaud. Normes et standards de l'enseignement à distance : enjeux et perspectives, **In** : TICE 02, Lyon 2002, p 13.
- [Arnaud, 04] Michel Arnaud. "La gestion des ressources avec les métadonnées", Journée "Normes et standards éducatifs", 26 mars 2004, Lyon, France, p 7.
- [Balancier, 06] Balancier P., Georges F., Jacobs S., et al. L'e-learning dans l'Enseignement Supérieur- Environnement International Francophone – : Rapport de synthèse rédigé pour l'Agence Wallonne des Télécommunications, Laboratoire de Soutien à l'Enseignement par Télématique (LabSET), mars 2006, p 107.
- [Baron, 96] Baron G. L., Bruillard É., L'informatique et ses instruments : des potentialités éducatives. **In** : L'informatique et ses usagers dans l'éducation. Presses Universitaires de France, l'Éducateur, Paris, 1996, p 32.
- [EML, 10] Educational Modelling Language (EML). Home page. <http://www.learningnetworks.org/q/EML>. (Consulté janvier 2010).

- [George, 05] George S., Derycke A., Conceptions et usages des plates-formes de formation, Revue STICEF Vol. 12, 2005, p 51-64.
- [IMS-CP, 03] IMS Global Learning Consortium. IMS Content Packaging Information Model, 12 juin 2003 **[en ligne]**. Disponible sur : <http://www.imsglobal.org/content/packaging/cpv1p1p3/imscp_infov1p1p3.htm>. (Consulté fin septembre 2009).
- [IMS-LD-1, 03] IMS Global Learning Consortium. IMS Learning Design Information Model, 20 janvier 2003 **[en ligne]**. Disponible sur : <<http://imsglobal.org/learningdesign/>>. (Consulté début février 2009).
- [IMS-LD-2, 03] IMS Global Learning Consortium. IMS Learning Design Best Practice and Implementation Guide, 20 janvier 2003 **[en ligne]**. Disponible sur : <<http://imsglobal.org/learningdesign/>>. (Consulté début mars 2009).
- [IMS-LD-3, 03] IMS Global Learning Consortium. IMS Learning Design XML Binding Version 1.0, January 2003 **[en ligne]**. Disponible sur : <http://imsglobal.org/learningdesign/>. (Consulté mars 2009).
- [Koper et al, 04] Koper R., and Olivier B., (2004). "Representing the Learning Design of Units of Learning". Educational Technology and Society 7(3): 97-111.
- [Lejeune, 04] Lejeune Anne. IMS Learning Design : Etude d'un langage de Modélisation pédagogique, Revue Distance et Savoirs, Ed. Lavoisier, Volume 2, n°4, "Normes et standards pour la formation en ligne", pp 409-450, dépôt légal décembre 2004.
- [Mielnikoff, 05] Michel Mielnikoff. Qu'est-ce que l'E-Learning ?. Centre Régionale d'Innovation et de Transfert de Technologies-Télécommunication et Technologies de l'Information (CRITT-TTI), 07/11/2005, p 20.
- [Pernin, 03] Jean-Philippe Pernin. Objets pédagogiques : unités d'apprentissage, activités ou ressources ?. Revue "Sciences et Techniques Educatives", Hors série 2003 "Ressources numériques, XML et éducation", pp 179-210, avril 2003, éditions Hermès.
- [Pernin, 04] Jean-Philippe Pernin. LOM, SCORM et IMS-Learning Design : ressources, activités et scénarios. Paper presented at the L'indexation des ressources pédagogiques numériques (journée d'étude du 16/11/ 2004).

Annexe

Mise en œuvre technique (suite)

Dans cette annexe on présente une étude et analyse basée connaissance menée sur les éléments BPEL.

L'élément entête (top-level)

Cette partie vient en premier lieu, elle définit le processus métier par l'élément `<process>` et englobe un certain nombre d'attributs indiquant le nom du processus métier (précisé par l'attribut *name*), le langage de description du document (*expressionLanguage*), le langage de traitement des éléments et nœuds du document xml (*queryLanguage*) ainsi que le traitement d'erreurs, i.e., si elles sont supprimées ou traitées par un gestionnaire d'erreurs (*suppressJoinFailure* et *exitOnStandardFault*).

Le processus d'apprentissage du niveau **A** correspondant à ce processus métier (PM) est donc créé suite à la traduction de l'élément `<process>`. Pour cela, un dossier compressé (e.g. ".zip") est créé, il renferme deux types de contenants : le premier est un fichier *manifest* dont le nom est *imsmanifest.xml* utilisé pour inclure le processus d'apprentissage, le deuxième correspond aux fichiers physiques (e.g. fichiers média, fichier texte, page web, etc.) contenant les ressources numériques référencées dans le processus d'apprentissage. Ces derniers seront créés au fur et à mesure que la création des éléments de l'unité d'apprentissage (i.e. *prerequisites*, *learning-objectives*, *learning activities*).

L'élément `<process>` sera traduit en un fichier *manifest* contenant l'unité d'apprentissage qui a comme identifiant le nom du processus métier. Pour les attributs introduits par l'élément entête, aucun élément ou attribut d'apprentissage ne leur fait correspondre, la table ci-dessous résume et décrit la traduction envisagée à l'élément en-tête.

Élément WS-BPEL	Élément IMS-LD correspondant
<code><process name="Name" ... </process></code>	<code><manifest> <metadata /> <organizations> <learning-design identifier=" Name " level="A"> <learning-objectives /> <prerequisites /> <components /> <method /> </learning-design> </organizations> <resources /> <manifest /> </manifest></code>

L'élément import (import)

L'élément import contient deux attributs facultatifs (*namespace* et *location*) et un troisième attribut obligatoire (*importType*) spécifiant l'adresse du fichier schema XML utilisé, ainsi que

l'adresse du document WSDL contenant les ports (*portTypes*) et messages référencés dans la définition du processus métier.

Cet élément ne peut servir à l'apprentissage et aucun élément IMS-LD n'est lui correspond ; ainsi, nous nous lui envisageons aucune traduction. Cependant les deux attributs, *importType* et *location* de chaque élément *<import>*, peuvent être utilisés pour fournir l'adresse et le nom des documents WSDL associés à ce processus métier. Le document WSDL renferme d'amples informations sur les messages, les ports (*portTypes*), et les rôles des partenaires ainsi que les opérations (unidirectionnelle ou bidirectionnel) qui sont invoquées lors de l'interaction avec ces partenaires. Ces informations peuvent être récupérées et utilisées dans la description textuelle des activités d'apprentissage dégagées du processus métier.

Les partenaires (*partnerLinks*)

La partie délimitée par l'élément *<partnerLinks>* et *</partnerLinks>* définit le groupe de partenaires (ou web service) qui coopèrent avec le processus pour la réalisation du service métier. Chaque partenaire joue le rôle de client ou de fournisseur de service, il définit son nom, son rôle, le nom de la connexion avec le processus et le rôle de celui-ci. Les autres informations à propos des opérations (opération de réponse, de requête-réponse, de solliciter-réponse ou de notification) offertes par les partenaires sont décrites dans les documents WSDL, avec les messages échangés ainsi que les ports (*portType*) employés pour l'interaction. Ces informations peuvent être utilisées dans la description textuelle des activités d'apprentissage qu'on peut associer aux partenaires.

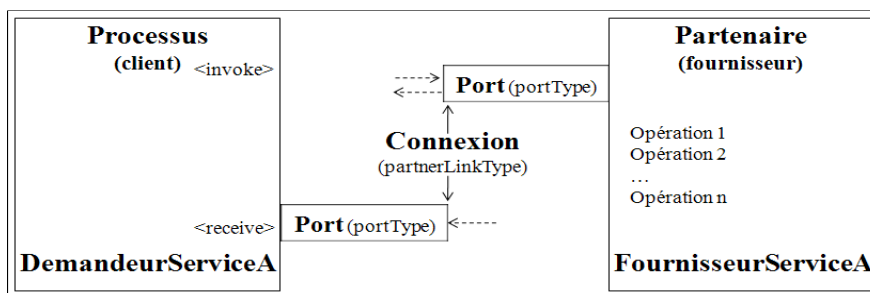


Figure 1. Interaction avec le partenaire fournisseur

Ainsi présenté, le partenaire jouant le rôle de fournisseur d'un service donné offre une ou plusieurs opérations invoquées chacune moyennant une activité BPEL *<invoke>* durant l'interaction avec le processus. La distinction faite entre un partenaire fournisseur et client est que ce dernier ne contient que l'attribut *myRole* spécifiant le rôle du processus lui-même, alors que le partenaire fournisseur spécifie les deux attributs *myRole* et *partnerRole*.

Nous suggérons de créer une activité d'apprentissage pour décrire chaque partenaire (i.e. le service ou l'organisation au quelle il fait partie), son type (client ou fournisseur de service), le port (*portType*) qu'il supporte et une présentation des opérations qu'il fournisse au processus. Ces activités d'apprentissage sont regroupées dans une seule activité d'apprentissage structure présentés dans la figure suivante.

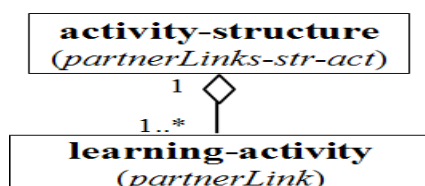


Figure 2. Diagramme de classe UML de l'activité structure partnerLinks.

La table ci-dessous présente la traduction vers IMS-LD.

Élément WS-BPEL	Élément IMS-LD correspondant
<pre><partnerLink name="Name" partnerLinkType="QName" myRole="BName"? partnerRole="CName"? initializePartnerRole="yes/no"> </partnerLink></pre>	<pre><learning-activity identifier="Partenaire-Name" > <title> Le partenaire Name </title> <activity-description> <item identifier="description-partner-Name" identifierref="RES-partner-Name" > <title>Description du partenaire Name</title> </item> </activity-description> </learning-activity> _____ <ressources> <ressource identifier=" RES-partner-Name" type="webcontent"/> </ressources></pre>
<pre><partnerLinks> <partnerLink /> + </partnerLinks></pre>	<pre><activity-structure identifier="partnerLinks-str-act" sort="as-is" structure-type="sequence selection"> <title> les partenaires </title> <information/> <learning-activity-ref ref="partenaire-Name" /> <!-- autant de learning-activity que de partnerLink --> </activity-structure></pre>

Les messages (messageExchanges)

L'utilisation courante de cet élément est comme attribut dans l'activité *<reply>* et les activités IMA (i.e. *<receive>*, l'élément *<onMessage>* de l'activité *<pick>* et l'élément *<onEvent>* de *<eventHandlers>*); il permet d'associer et de lier l'activité *<reply>* avec l'une des activités IMA dans le cas d'exécution simultanée de plusieurs couples (IMA, *<reply>*) avec un même partenaire en employant une même opération.

L'information de connaître quelle activité *<reply>* est associée avec quelle activité IMA peut servir à la compréhension de ces activités et par la suite à la description des activités d'apprentissage correspondant à ces activités BPEL.

Les variables

Les variables servent à emmagasiner deux types de données, les données échangées avec les partenaires et celles qui ne sont pas destinées à être échangées, ces dernières décrivent l'état du processus métier. Les variables échangées permettent de contenir les différentes données et informations échangées entre le processus et ses partenaires (e.g. requête client, notification).

Les variables permettent donc de comprendre le contenu des interactions qui auront lieu, ceci servira certainement à la description des activités d'apprentissage résultant de la traduction des activités BPEL manipulant ces variables.

L'ensemble des corrélations (correlationSets)

L'ensemble des corrélations (correlationSets) est un ensemble de jetons (tokens) inséré dans les messages d'une instance d'un processus, qui sert à identifier de façon unique l'instance afin de permettre, durant l'exécution, à plusieurs instances d'un même processus

d'interagirent avec un même partenaire via le port (portType) supporté par celui-ci. L'ensemble des jetons est destiné à identifier les messages d'une instance par rapport à une autre instance d'un même processus, il est donc purement orienté à la communication qu'au métier du processus ; ce qui prouve que lorsqu'un protocole de transport des messages est employé, l'ensemble des corrélations est bien réduit. De ce fait, aucun élément d'apprentissage ne peut être associé à l'ensemble des corrélations.

Les gestionnaires d'erreurs (faultHandlers)

Les gestionnaires d'erreurs (faultHandlers) montrent comment sont capturées les erreurs, et décrivent le traitement qui leur est réservé ; ces erreurs peuvent survenir au cours de l'exécution de l'activité `<scope>`, `<invoke>` ou du processus métier en général. Pour cela, le gestionnaire instauré contient deux éléments `<catch>` et/ou `<catchAll>` ; le premier permet d'intercepter un type d'erreur spécifique tandis que le second capture les erreurs qui ne sont pas attrapées par le premier. Chaque élément, `<catch>` et `<catchAll>`, définit une seule activité à lancer suite à la survenu des erreurs, cette activité peut être basique ou structurée. La figure ci-dessous présente le *faultHandler*, il est rattaché à la bordure de l'élément dont les erreurs sont traitées par lui.

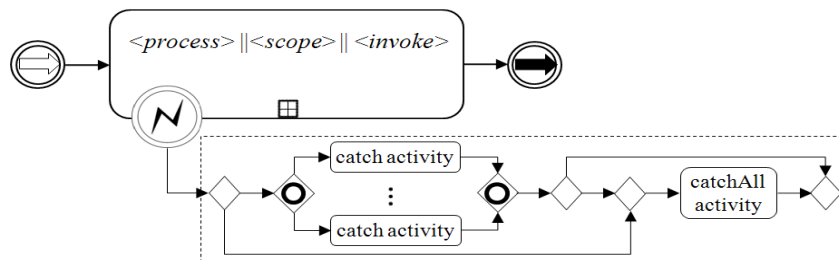


Figure 3. Représentation BPMN du gestionnaire d'erreurs

L'élément métier *faultHandler* décrit donc comment sont traitées les erreurs. Ainsi, nous associons aux gestionnaires d'erreurs (*faultHandlers*) une activité d'apprentissage structure, dans laquelle sont nichées deux autres activités d'apprentissage de type structure, qui correspondent aux deux éléments `<catch>` et `<catchAll>`. Chacun de ces derniers renfermera une seule activité métier qui peut être une activité basique ou structurée, elle est donc traduite en une seule activité d'apprentissage respectivement une activité d'apprentissage structure.

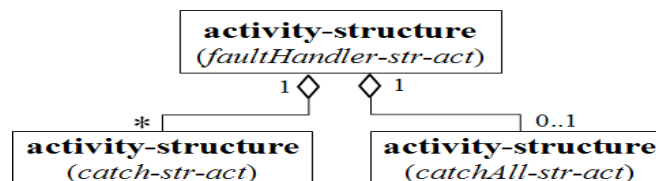


Figure 4. Diagramme de classe UML de l'activité structure (faultHandler)

La traduction envisagé à l'élément *faultHandler* est exposée dans la figure ci-dessus ; le mapping vers IMS-LD est introduit dans la table ci-dessous.

Elément WS-BPEL	Elément IMS-LD correspondant
-----------------	------------------------------

<pre><faultHandlers> <catch faultName="erreurName" faultVariable="VName" (faultMessageType="QName" faultElement="QName") >* activity </catch></pre>	<pre><activity-structure identifier="catch-str-act" number-to-select="1" sort="as-is" > <title> Gestionnaire d'erreurs </title> <information/> <environment-ref ref="" /> <!-- L'activité d'apprentissage reste à définir lors de la traduction de l'activité BPEL nichée dans <catch>. --> </activity-structure></pre>
<pre><catchAll? activity </catchAll></pre>	<p>Idem pour l'élément <i><catchAll></i>.</p>
<pre></faultHandlers></pre>	<pre><activity-structure identifier="faultHandlers-str-act" sort="as-is" structure-type="sequence"> <title> Gestionnaire d'erreurs </title> <information/> <environment-ref ref="" /> < activity-structure-ref ref="catch-str-act" /> <!-- autant catch-str-act que d'élément catch --> < activity-structure-ref ref="catchAll-str-act" /> </activity-structure></pre>

Dans un *faultHandlers*, l'élément *<catch>* peut être suivi de l'élément *<catchAll>* afin de capturer les erreurs qui ne le sont pas par le premier. Ainsi, les activités d'apprentissage associées à ces deux éléments sont enchaînées séquentiellement suivant le même ordre. Dans le cas où le *faultHandler* est niché dans l'activité *<scope>* ou *<invoke>*, l'activité d'apprentissage structure lui associée est nichée dans l'activité d'apprentissage structure associée à l'activité *<scope>* ou *<invoke>*. Lorsque le *faultHandler* est niché directement dans la définition du processus, son activité d'apprentissage est alors nichée dans l'activité d'apprentissage structure globale créée à cette effet (cf. section synthèse de la traduction).

Gestionnaires d'évènement (eventHandlers)

Les gestionnaires d'évènement fournissent au processus la capacité de gérer les évènements, ceux-ci correspondent à l'arrivée d'un message auprès d'un partenaire ou à l'expiration d'une période de temps. Un gestionnaire d'évènement déclenche un traitement donnée suite à la survenu d'un évènement ; pour cela, il définit au moins un des deux éléments *<onEvent>* et *<onAlarm>*, le premier permet d'attendre l'arrivée d'un message ; le second est employé lorsqu'il s'agit d'une alarme initiée par un utilisateur. Chacun de ces éléments définit une activité *<scope>* à lancer une fois l'évènement apparait, cette activité elle-même peut en définir d'autres. On présente le *eventHandlers* dans un diagramme attaché à la bordure de l'élément métier (*<process>* ou *<scope>*) dont il gère ses évènements ; il peut avoir plusieurs paires évènement-activité présentées chacune dans une branche (flux) (cf. figure suivante).

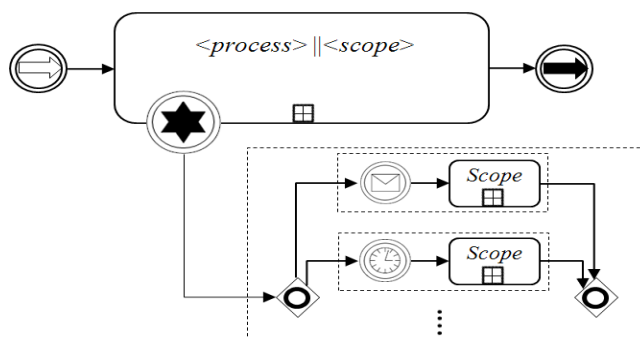


Figure 5. Représentation BPMN du eventHandlers

Ainsi, nous suggérons de faire correspondre aux gestionnaires d'évènements une activité d'apprentissage de type structure ; qui renfermera deux autres activités d'apprentissage structure associées aux deux éléments `<onEvent>` et `<onAlarm>`. Chacun de ces derniers, sera traduit en une activité d'apprentissage structure contenant deux activités d'apprentissage, la première permet de décrire comment l'évènement pourrait se produire, la deuxième est de type structure et correspond à l'activité `<scope>` nichée dans chacun des deux éléments.

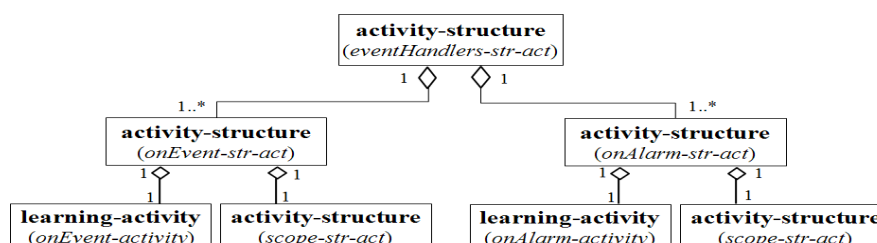


Figure 6. Diagramme de classe UML de l'activité structure eventHandler-str-act.

On présente, dans la table ci-dessous, la traduction vers le code IMS-LD.

Élément WS-BPEL	Élément IMS-LD correspondant
<pre> <onEvent partnerLink="Partner" portType="Port" operation="Op" (messageType="QName" element="QName") variable="Var" messageExchange="NCName"> <correlations /> <fromParts> <fromPart part="Name" toVariable="Var"/> </fromParts> <scope ...>...</scope> </onEvent> </pre>	<pre> <learning-activity identifiant="onEvent-activity" > <title> attendre l'arrivée d'un message</title> <environment-ref ref="" /> <activity-description> <item identifiant="activity-onEvent" identifieurref="RES- onEvent-activity" > <title>évènement est un message</title> </item> </activity-description> </learning-activity> <ressources> <ressource identifiant="RES-onEvent-activity" type="webcontent"/> </ressources> <activity-structure identifiant="scope-str-act" > <!-- voir section Activité <scope> ci-après --> </activity-structure> <activity-structure identifiant=" onEvent-str-act" number-to-select="1 2" sort="as-is" structure-type="sequence"> <title>gestionnaire d'évènements messages</title> <information/> <environment-ref ref="" /> <learning-activity-ref ref=" onEvent-activity" /> <activity-structure-ref ref="scope-str-act" /> </activity-structure> </pre>
<pre> <onAlarm> (<for expressionLanguage="anyURI"> duration-expr </for> <until expressionLanguage="anyURI"> deadline-expr </until>) </pre>	<pre> <learning-activity identifiant="onAlarm-activity" > <title> attendre une durée de temps</title> <environment-ref ref="" /> <activity-description> <item identifiant="activity-onAlarm" identifieurref="RES-onAlarm-activity" > <title>évènement est un message</title> </item> </activity-description> </learning-activity> </pre>

<pre><repeatEvery expressionLanguage="URI"> duration-expr </repeatEvery> <scope ...>...</scope></pre>	<pre>_____ <ressources> <ressource identifier="RES-onAlarm-activity" type="webcontent"/> </ressources></pre>
<pre></onAlarm></pre>	<pre><activity-structure identifier="scope-str-act" > <!-- Le contenu reste à définir lors de la traduction de l'activité et les éléments nichés dans l'activité <scope> --> </activity-structure></pre>
	<pre><activity-structure identifier=" onAlarm-str-act" number-to-select="1 2" sort="as-is" structure-type="sequence"> <title> Gestionnaire d'alarme de temps </title> <information/> <environment-ref ref="" /> <learning-activity-ref ref=" onAlarm-activity" /> <activity-structure-ref ref=" scope-str-act "/> </activity-structure></pre>
<pre><eventHandlers> <onEvent> ... </onEvent>* <onAlarm> ... </onAlarm>* </eventHandlers></pre>	<pre><activity-structure identifier="eventHandlers-str-act" sort="as-is" structure-type="sequence selection"> <title> Gestionnaires d'évènement </title> <information/> <environment-ref ref="" /> <activity-structure -ref ref="onEvent-str-act" /> <activity-structure -ref ref="onAlarm-str-act"/> </activity-structure></pre>

L'activité d'apprentissage structure dont `identifier="eventHandlers"` renferme autant d'activités d'apprentissage structure que d'élément `<onEvent>` et `<onAlarm>`. Quant à leur enchaînement, elles peuvent être présentés en séquence ou en sélection ; dans ce dernier cas, le nombre d'activités à sectionner (*number-to-select*) égale aux nombre d'activités d'apprentissage nichées.

Les activités (Activity)

Les activités détiennent un avantage d'apprentissage considérable du fait qu'elles présentent le logique métier du processus et occupent une importante partie du code BPEL de celui-ci, elles permettent de décrire la succession des étapes du comportement du processus (i.e. activités basiques), et d'encoder le contrôle de flux (i.e. activités structurées). On présente, ci-après, les deux classes d'activités BPEL accompagnées de la traduction qu'on leur propose.

Activité `<receive>`

L'activité `<receive>` est utilisée pour recevoir un message (e.g. requête) auprès d'un partenaire, elle est aussi employée comme activité de démarrage du processus, une instance de celui-ci est alors créé. On expose dans la figure ci-dessous le schéma de cette activité.

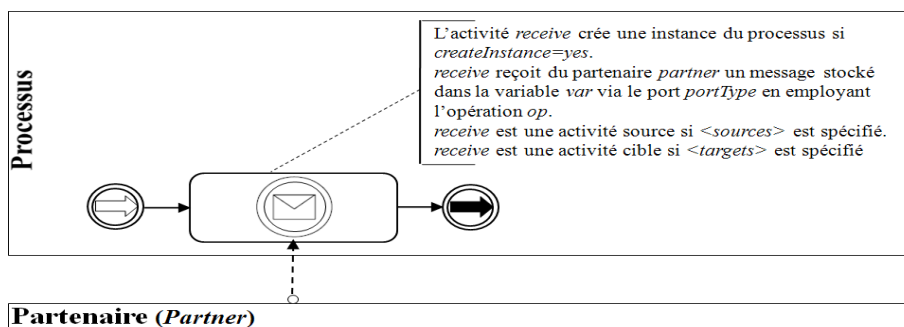


Figure 7. Représentation BPMN de l'activité <receive>

L'activité <receive> est une activité atomique, nous proposons de lui faire correspondre une activité d'apprentissage dont la description textuelle est une page web contenant l'annotation proposée dans la figure ci-dessus, cette description textuelle peut être accompagnée d'un diagramme d'activité UML présenté ci-dessous.

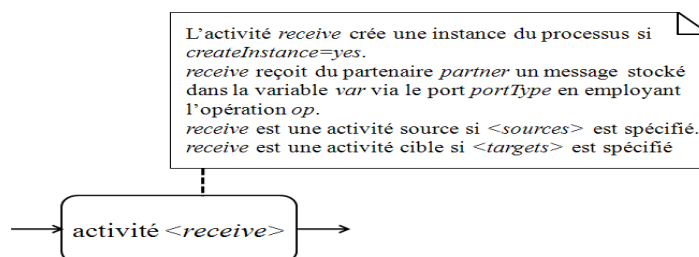


Figure 8. Diagramme d'activités UML de l'activité receive.

La transcription en IMS-LD de l'activité d'apprentissage associée à <receive> est fournie dans la table ci-dessous.

Elément WS-BPEL	Elément IMS-LD correspondant
<pre> <receive partnerLink="Partner" portType="port" operation="op" variable="var" createInstance="yes no" messageExchange="Msg"> <correlations /> <fromParts> <fromPart part="NName" toVariable="var" /> </fromParts> </receive> </pre>	<pre> <learning-activity identifier="receive-activity" > <title> recevoir un message </title> <environment-ref ref="" /> <activity-description> <item identifier="activity-receive" identifierref="RES-receive-activity" > <title>réception la requête-réponse</title> </item> </activity-description> </learning-activity> <resources> <ressource identifier="RES-receive-activity" type="webcontent" /> </resources> </pre>

Activité <reply>

L'activité <reply> permet d'envoyer un message à un partenaire donné via le port supporté par celui-ci et l'opération qu'il fournit utilisée pour recevoir le message et le traiter ; elle est associée à l'une des activités recevant les messages (i.e. <receive>, <pick> et <onEvent>) afin de permettre les interactions requête/réponse entre le processus et ses partenaires. Elle définit, <reply>, d'autres attributs et éléments tels que la variable contenant la donnée à véhiculer dans le message, l'ensemble des corrélations et l'attribut messageExchange.

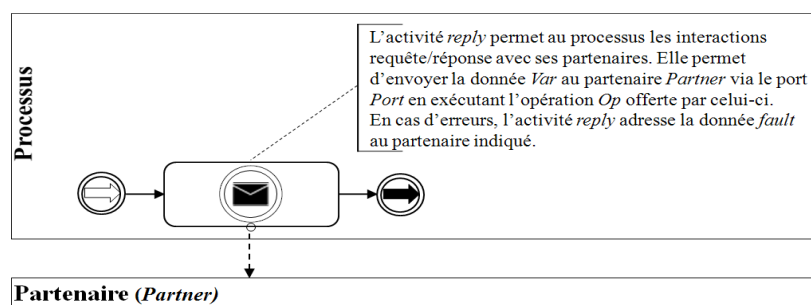


Figure 9. Représentation BPMN de l'activité <reply>

Ainsi présentée dans la figure ci-dessus, l'activité <reply> sera traduit en une activité d'apprentissage avec comme description textuelle l'annotation proposée dans la figure 15. Le mapping de la traduction associée est décrit dans la table ci-dessous.

Elément WS-BPEL	Elément IMS-LD correspondant
<pre><reply partnerLink="Partner" portType="Port" operation="Op" variable="Var" faultName="fault" createInstance="yes no" messageExchange="Msg"> <correlations /> <toParts> <toPart part="NName" romVariable="var" /> </toParts> </reply></pre>	<pre><learning-activity identifi er="reply-activity" > <title> envoyer un message </title> <environment-ref ref="" /> <activity-description> <item identifi er="activity-reply" identifi erref="RES-reply-activity"> <title> envoyer la réponse </title> </item> </activity-description> </learning-activity></pre>
	<pre><ressources> <resource identifi er="RES-reply-activity" type="webcontent"/> </ressources></pre>

Activité <invoke>

Les opérations fournies par les partenaires sont invoquées par le processus moyennant l'activité <invoke> ; les opérations peuvent être une opération de réponse, de requête-réponse, de solliciter-réponse ou de notification. En plus, l'activité <invoke> définit des éléments facultatifs, un ensemble de corrélations et des gestionnaires d'erreurs et de compensation. Ainsi, on présente l'activité <invoke> comme une activité BPMN avec laquelle sont rattachés les deux gestionnaires : *compensateHandler* et *faultHandler* (cf. figure ci-dessous).

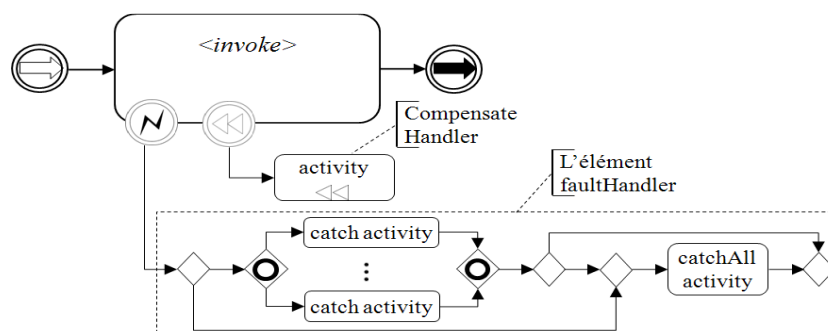


Figure 10. Représentation BPMN de l'activité <invoke>

Chacun des gestionnaires peuvent définir des activités BPEL basiques ou structurées. Nous traduisons l'activité <invoke> en une activité d'apprentissage structurée regroupant quatre

activités d'apprentissage ; la première est envisagée pour décrire l'opération invoquée, les trois autres sont des activités d'apprentissage de type structure associées aux trois éléments : `<catch>`, `<catchAll>` et `<compensateHandler>`. La figure suivante représente la capitalisation proposée à l'activité `<invoke>` et ses éléments.

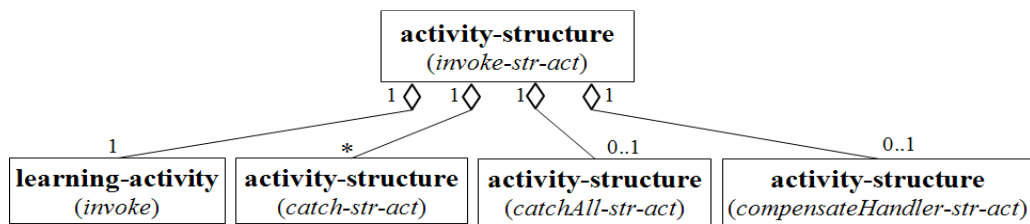


Figure 11. Diagramme de classe UML de l'activité `<invoke>`.

La traduction en IMS-LD est fournie dans la table ci-dessous.

Élément WS-BPEL	Élément IMS-LD correspondant
<pre> <invoke partnerLink="Partner" portType="Port" operation="Op" inputVariable="inVar" outputVariable="outVar"> <correlations /> <catch>* ... </catch> <catchAll> ... </catchAll> <compensationHandler> activity </compensationHandler> <toParts> <toPart part="NName" fromVariable="Var" /> </toParts> <fromParts> <fromPart part="NName" toVariable="Var" /> </fromParts> </invoke> </pre>	<pre> <learning-activity identifier="invoke-activity" > <title> invoquer un partenaire à agir </title> <environment-ref ref="" /> <activity-description> <item identifier="activity-invoke" identifierref="RES-invoke-activity" > <title> l'opération invoquée </title> </item> </activity-description> </learning-activity> <ressources> <resource identifier="RES-invoke-activity" type="webcontent" /> </ressources> </pre>
<pre> <catch>* ... </catch> </pre>	Cf. section <i>faultHandlers</i> ci-haut.
<pre> <catchAll> ... </catchAll> <compensationHandler> activity </compensationHandler> </pre>	Cf. section <i>faultHandlers</i> ci-haut.
<pre> <toParts> <toPart part="NName" fromVariable="Var" /> </toParts> </pre>	<pre> <activity-structure identifier="compensateHandler-str-act" > <!-- cf. section compensaterHandler ci-après --> </activity-structure> </pre>
<pre> <fromParts> <fromPart part="NName" toVariable="Var" /> </fromParts> </invoke> </pre>	<pre> <activity-structure identifier="invoke-str-act" sort="as-is" structure-type="sequence"> <title> invoquer un service </title> <information/> <environment-ref ref="" /> <learning-activity-ref ref=" invoke-activity" /> <activity-structure-ref ref=" catch-str-act " /> <activity-structure-ref ref=" catchAll-str-act" /> <activity-structure-ref ref="compensateHandler-str-act" /> </activity-structure> </pre>

L'activité d'apprentissage structure *invoke-str-act* contient au moins une activité d'apprentissage, elle est terminée que lorsque toutes ses activités nichées sont accomplies ; ces activités d'apprentissage se déroulent dans l'ordre dans lequel leurs correspondants BPEL apparaissent.

Activité `<assign>`

L'activité `<assign>` permet de mettre à jour une valeur, ou de copier la valeur d'une source vers une destination ; la source ou la destination peut être une variable, une partie d'une variable, une propriété, une constante littérale ou un `partnerLink`. En plus de l'élément `<copy>`, cette activité définit un autre élément `<extensionAssignOperation>` qui permet de modifier les données définies sous autres espace de nom. On schématise l'activité `<receive>` dans la figure ci-dessous.

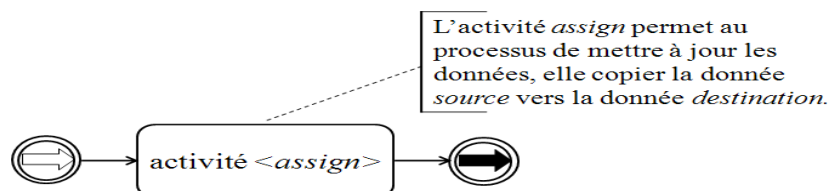


Figure 12. Représentation BPMN de l'activité `<receive>`

Une activité d'apprentissage est associée à l'activité `<receive>`, elle sert à décrire le rôle de cette dernière dans le processus et à préciser les données modifiées ou copiées. La table ci-dessous présente le code IMS-LD de cette activité d'apprentissage.

Elément WS-BPEL	Elément IMS-LD correspondant
<pre> <assign validate="yes/no" > (<copy keepSrcElementName="yes/no" ignoreMissingFromData="yes/no"> <from-spec> ... </from-spec> <to-spec> ... </to-spec> </copy> <extensionAssignOperation />) </assign> </pre>	<pre> <learning-activity identifier="assign-activity" > <title> copier des données </title> <environment-ref ref="" /> <activity-description> <item identifier="activity-assign" identifierref="RES-assign-activity" > <title> copier les données </title> </item> </activity-description> </learning-activity> </pre>
	<pre> <ressources> <ressource identifier="RES-assign-activity" type="webcontent" /> </ressources> </pre>

Activités `<throw>` et `<rethrow>`

L'activité `<throw>` permet de faire jeter et adresser une erreur détectée vers un gestionnaire d'erreurs (`faultHandler`) ; l'activité `<rethrow>` n'est utilisée qu'à l'intérieur d'un gestionnaire d'erreur, elle permet de lancer l'erreur détectée d'un gestionnaire à un autre. Contrairement à l'activité `<rethrow>`, `<throw>` fournit avec l'erreur signalée le nom de celle-ci ainsi que des informations qui peuvent être exploitées par le gestionnaire d'erreur. On expose, dans la figure ci-dessous, les deux diagrammes BPNM associés à ces deux activités.

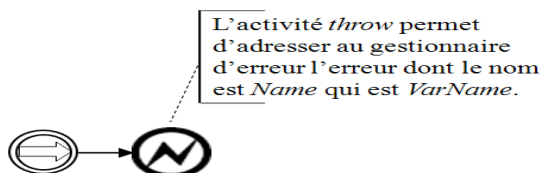


Figure 13. Représentation BPMN de l'activité `<throw>` et `<rethrow>`

Nous associons une activité d'apprentissage à chacune des activités `<throw>` et `<rethrow>`, permettant de donner une description de l'erreur rejetée et du rôle occupé par chaque activité dans le processus. Est résumée la traduction proposée dans la table ci-dessous.

Elément WS-BPEL	Elément IMS-LD correspondant
<pre><throw faultName="Name" faultVariable="VName"> </throw></pre>	<pre><learning-activity identifier="throw-activity" > <title> signaler une erreur </title> <environment-ref ref="" /> <activity-description> <item identifier="activity-throw" identifierref="RES-throw-activity"> <title>traiter une erreur</title> </item> </activity-description> </learning-activity></pre>
	<pre><ressources> <ressource identifier="RES-throw-activity" type="webcontent" /> </ressources></pre>
<pre><rethrow> ... </rethrow></pre>	Idem pour <rethrow>.

Activité <wait>

Un processus métier, pendant son déroulement, peut avoir besoin de suspendre son exécution pour une durée de temps afin d'attendre un certain service par exemple, ou à lancer son exécution à une date précise pour pouvoir déclencher des traitements liés au temps.

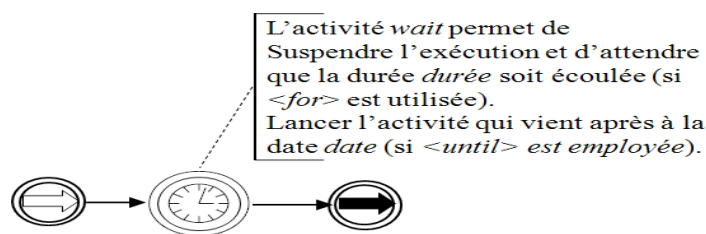


Figure 14. Représentation BPMN de l'activité <wait>

Ainsi présentée, Nous traduisons l'activité atomique <wait> en une activité d'apprentissage décrivant le comportement fourni au processus par cette activité BPEL. Cette traduction est illustrée dans la table ci-dessous.

Elément WS-BPEL	Elément IMS-LD correspondant
<pre><wait> (<for expressionLanguage="anyURI"> duration-expr </for> <until expressionLanguage="anyURI"> deadline-expr </until>) </wait></pre>	<pre><learning-activity identifier="wait-activity" > <title> attendre une durée </title> <environment-ref ref="" /> <activity-description> <item identifier="activity-wait" identifierref="RES-wait-activity"> <title> wait </title> </item> </activity-description> </learning-activity></pre>
	<pre><ressources> <ressource identifier="RES-wait-activity" type="webcontent" /> </ressources></pre>

Activité <empty>

L'activité <empty> ne définit aucun traitement métier, elle est utilisée comme point de synchronisation pour les activités concurrentes. Ainsi, on ne peut extraire et avoir un certain savoir qu'on peut le capitaliser sous forme d'un élément d'apprentissage telle qu'une activité d'apprentissage.

Activité <exit>

L'activité <exit> utilisée pour mettre terme et arrêter l'exécution du processus métier, y compris toutes les activités en cours d'exécution, et ceci, sans invoquer un gestionnaire d'erreurs, de terminaison ou de compensation.

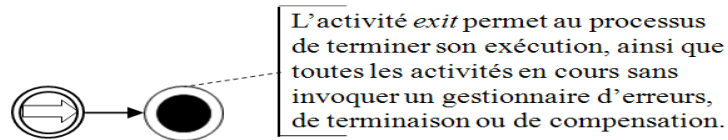


Figure 15. Représentation BPMN de l'activité <exit>

Ainsi présentée, Nous proposons de faire correspondre à l'activité <exit> une activité d'apprentissage qui permet d'indiquer et de faire mentionner que l'exécution du processus est ainsi achevée et terminée. La table ci-dessous présente le code IMS-LD de cette activité d'apprentissage.

Elément WS-BPEL	Elément IMS-LD correspondant
<exit> </exit>	<pre><learning-activity identifier="exit-activity" > <title> arrêter le processus </title> <environment-ref ref="" /> <activity-description> <item identifier="activity-exit" identifierref="RES-exit-activity"> <title>arrêter l'exécution</title> </item> </activity-description> </learning-activity></pre>
	<pre><ressources> <ressource identifier="RES-exit-activity" type="webcontent" /> </ressources></pre>

Activité <sequence>

L'activité <sequence> permet de définir un flux d'exécution séquentiel pour les activités qu'elle renferme. On la schématise dans la figure ci-dessous

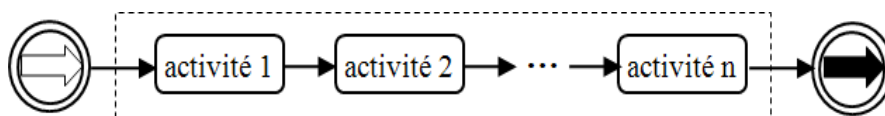


Figure 16. Représentation BPMN de l'activité <sequence>

L'activité <sequence> contient au moins une activité, ainsi, on lui associer une activité d'apprentissage de type structure, afin de renfermer les activités d'apprentissage qu'on peut faire associer aux activités BPEL.

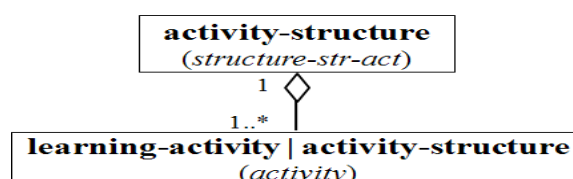


Figure 17. Diagramme de classe UML de l'activité <sequence>

Le mapping vers IMS-LD est donnée dans la table suivante.

Elément WS-BPEL	Elément IMS-LD correspondant
<code><sequence></code> <code> activity +</code> <code></sequence></code>	<code><activity-structure identifier="sequence-str-act" sort="as-is"</code> <code> structure-type="sequence"></code> <code> <title> flux séquentiel </title></code> <code> <information/></code> <code> <environment-ref ref="" /></code> <code> <!-- Les activités d'apprentissage restent à définir lors de la</code> <code> traduction des activités BPEL nichées dans <sequence> --></code> <code></activity-structure></code>

Activité `<if>`

L'activité `<if>` définit une liste d'une ou de plusieurs conditions à satisfaire avant d'exécuter l'activité nichée ; l'élément facultatif `<else>`, une fois défini, contient l'activité à exécuter dans le cas contraire. L'activité `<if>` peut contenir un ou plusieurs éléments `<elseif>` chacun définit une liste de conditions à vérifier pour exécuter l'activité renfermée. Est représenté dans la figure ci-dessous le schéma de cette activité.

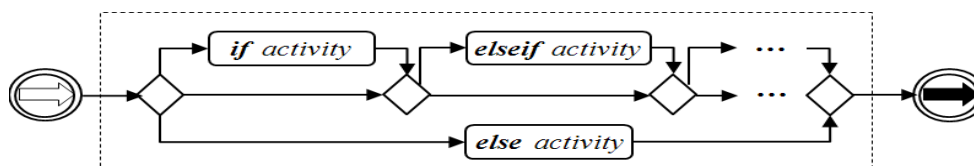


Figure 18. Représentation BPMN de l'activité `<if>`

L'activité `<if>` est employée pour établir un contrôle de flux conditionnel sur l'exécution des activités nichées ; ainsi, on propose de lui faire associer une activité d'apprentissage structure renfermant deux autres activités d'apprentissage structurées correspondant aux deux éléments `<elseif>` et `<else>`, ainsi qu'une activité d'apprentissage associée l'activité métier BPEL définie dans `<if>`, dont le type dépend du type de l'activité métier. Ces activités d'apprentissage seront, pour une finalité d'apprentissage, enchaînées séquentiellement dans l'ordre dans lequel elles apparaissent.

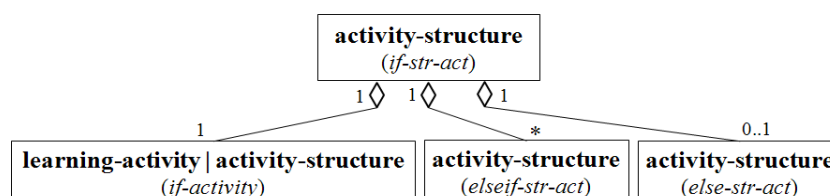


Figure 19. Diagramme de classe UML de l'activité `<if>`

Le mapping vers IMS-LD est dans table ci-dessous.

Elément WS-BPEL	Elément IMS-LD correspondant
<code><condition expressionLanguage="URI"></code> <code> bool-expr</code> <code></condition></code> <code> activity</code>	<code><learning-activity identifier="if-activity" ></code> <code> <title> bool-expr </title></code> <code> <!-- Le contenu reste à définir lors de la traduction de</code> <code> l'activité nichée --></code> <code></learning-activity></code>

<pre><elseif>* <condition expressionLanguage="URI"> bool-expr </condition> activity </elseif></pre>	<pre><activity-structure identifier="elseif-str-act" > <title> flux conditionnel </title> <information/> <environment-ref ref="" /> <!-- Le contenu reste à définir lors de la traduction de l'activité nichée --> </activity-structure></pre>
<pre><else?> activity </else></pre>	<pre><activity-structure identifier="else-str-act" > <title> flux conditionnel </title> <information/> <environment-ref ref="" /> <!-- Le contenu reste à définir lors de la traduction de l'activité nichée --> </activity-structure></pre>
<pre><if> <condition/> activity <elseif/>* <else/> </if></pre>	<pre><activity-structure identifier="if-str-act" sort="as-is" structure-type="sequence"> <title> flux conditionnel </title> <information/> <environment-ref ref="" /> <!-- l'activité y niche reste à définir lors de son mapping vers une activité e-learning --> <activity-structure-ref ref=" elseif-str-act" /> <!-- autant de elseif-activity que d'élément elseif --> < activity-structure-ref ref=" else-str-act" /> </activity-structure></pre>

Activité <while> et <repeatUntil>

L'activité <while> et <repeatUntil> permet d'exécuter une activité plusieurs fois tant que la condition spécifiée est vérifiée. Contrairement à l'activité <while>, qui n'exécute l'activité nichée que si la condition introduite est satisfaite, l'activité <repeatUntil> exécute au moins une fois l'activité renfermée. Ci-dessous, on présente, de gauche à droite, les diagrammes des deux activités <repeatUntil> et <while>.

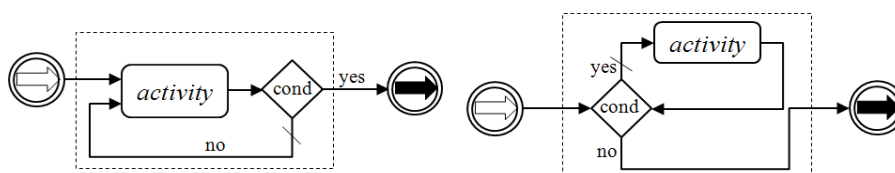


Figure 20. Représentation BPMN de l'activité < repeatUntil> et <while>

Ces deux activités fournissent chacune au processus un comportement d'exécution répétitif ; l'activité répétée peut être de type basique ou structuré. Ainsi, on propose de faire associer une activité d'apprentissage structure à chacune de ces deux activités. Quant aux activités BPEL nichées dans ces dernières, elles seront traduites selon leur type en des activités d'apprentissage ou activités d'apprentissage structure. Celles-ci, contrairement aux objectifs métiers, elles ne seront présentées à l'apprentissage qu'une seule fois.

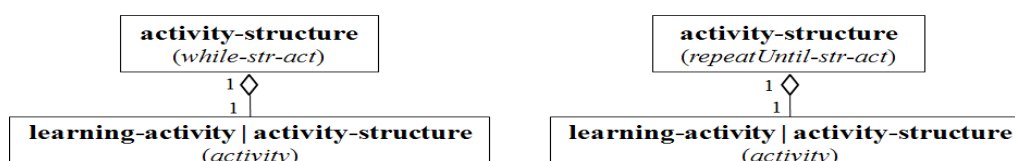


Figure 21. Diagramme de classe UML de l'activité < repeatUntil> et <while>

Le code IMS-LD des deux activités d'apprentissage structure est dans la table ci-dessous.

Élément WS-BPEL	Élément IMS-LD correspondant
<pre> <while > <condition expressionLanguage="URI"> bool-expr </condition> activity </while> </pre>	<pre> <activity-structure identifier="while-str-act" number-to-select="1" sort="as-is" > <title> flux répétitif </title> <information/> <environment-ref ref="" /> <!-- Le contenu reste à définir lors de la traduction de l'activité nichée --> </activity-structure> </pre>
<pre> <repeatUntil> activity <condition expressionLanguage="URI"> bool-expr </condition> </repeatUntil> </pre>	<pre> <activity-structure identifier="repeatUntil-str-act" number-to-select="1" sort="as-is" > <title> flux répétitif </title> <information/> <environment-ref ref="" /> <!-- Le contenu reste à définir lors de la traduction de l'activité nichée --> </activity-structure> </pre>

Activité <pick >

L'activité <pick> permet de lancer l'exécution que de l'activité associée à l'évènement qui survient parmi une liste d'évènements spécifiés par les éléments <onMessage> et <onAlarm>. Elle contient, l'activité <pick>, au moins un élément <onMessage>. La figure ci-dessous donne une vue illustrative pour cette activité.

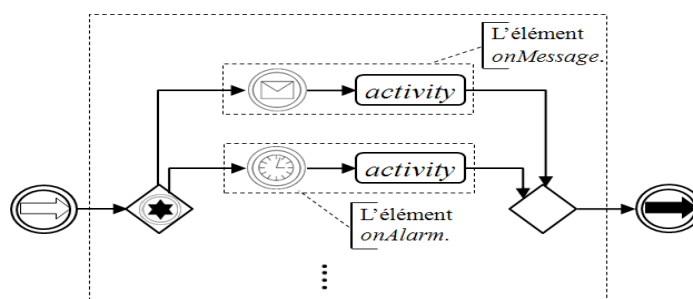


Figure 22. Représentation BPMN de l'activité <pick>

L'activité <pick> est traduite en une activité d'apprentissage structure, qui renferme autant d'activités d'apprentissage structure que d'éléments <onMessage> et <onAlarm>, l'activité BPEL nichée dans ces derniers est traduite selon son type, basique ou structurée. Le diagramme ci-dessous expose cette traduction.

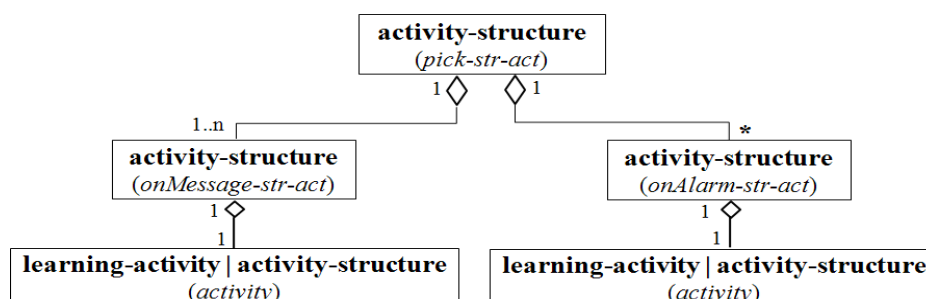


Figure 23. Diagramme de classe UML de l'activité <pick>

Le mapping vers la spécification IMS-LD est fourni dans la table ci-dessous

Elément WS-BPEL	Elément IMS-LD correspondant
<pre> <onMessage partnerLink="Partner" portType="Port" operation="Op" messageType="QName" variable="Var" messageExchange="CName">+ <correlations /> <fromParts /> activity </onEvent> </pre>	<pre> <activity-structure identifier=" onMessage-str-act" number-to-select="1" sort="as-is" structure-type="sequence"> <title> message activité </title> <information/> <environment-ref ref="" /> <!-- Le reste du contenu est à définir lors de la traduction de l'activité BEPL nichée dans l'élément <onMessage> --> </activity-structure> </pre>
<pre> <onAlarm>* (<for expressionLanguage="anyURI"> duration-expr </for> <until expressionLanguage="anyURI"> deadline-expr </until> activity </onAlarm> </pre>	<pre> <activity-structure identifier=" onAlarm-str-act" number-to-select="1" sort="as-is" structure-type="sequence"> <title> Gestionnaire d'alarme de temps </title> <information/> <environment-ref ref="" /> <!-- Le reste du contenu est à définir lors de la traduction de l'activité BEPL nichée dans l'élément <onAlarm>. --> </activity-structure> </pre>
<pre> <pick createInstance="yes/no"> <onMessage> ... </onMessage> <onAlarm> ... </onAlarm> </pick> </pre>	<pre> <activity-structure identifier="pick" sort="as-is" structure-type="sequence"> <title> évènement-activité </title> <information/> <environment-ref ref="" /> <activity-structure-ref ref="onMessage-str-act" /> <activity-structure-ref ref="onAlarm-str-act" /> <!-- autant de onMessage-str-act et de onAlarm-str-act que d'éléments onMessage et onAlarm. --> </activity-structure> </pre>

Activité <flow>

L'activité <flow> permet l'exécution simultanément des activités renfermées ; celles-ci peuvent être des activités sources ou cibles, ainsi, l'élément <links> est défini. La figure ci-dessous expose cette activité.

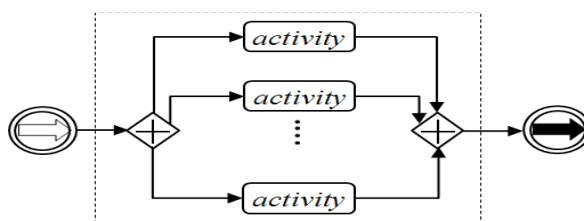


Figure 24. Représentation BPMN de l'activité <flow>

Ainsi présenté, l'activité <flow> est une activité non atomique, elle est traduite en une activité d'apprentissage structurée, qui renferme autant d'activités d'apprentissage que d'activités BEPL nichées dans <flow>. Cette traduction est illustrée dans le diagramme ci-dessous.

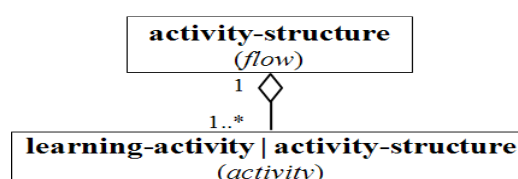


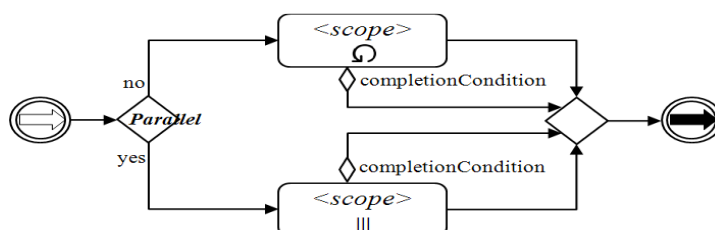
Figure 25. Diagramme de classe UML de l'activité <flow>

La table ci-dessous contient le code IMS-LD associé à cette activité d'apprentissage.

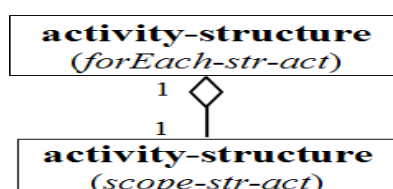
Élément WS-BPEL	Élément IMS-LD correspondant
<pre><flow> <links />? activity + </flow></pre>	<pre><activity-structure identifiant="flow-str-act" number-to-select="1..n" sort="as-is" structure-type="sequence/selection"> <title> activités en parallèle </title> <information/> <environment-ref ref="" /> <!-- Le reste du contenu est à définir lors de la traduction des activités BEPL nichées dans <flow> --> </activity-structure></pre>

Activité <forEach >

L'activité <forEach> possède un comportement en série lorsque l'attribut *parallel* = "yes", et un comportement concurrentiel dans le deuxième cas. Les instances de l'activité nichée, <scope>, sont exécutées séquentiellement ou simultanément selon le cas. Le nombre d'itération est N+1 fois, N étant la différence entre les deux éléments <finaleCounterValue> et <startCounterValue>. L'élément facultatif <completionCondition> est défini afin de forcer la terminaison de l'activité <forEach> quand le nombre d'instances à exécuter est atteint. La figure ci-dessous résume cette description.

**Figure 26.** Représentation BPMN de l'activité <forEach>

L'activité <scope> est une activité qui peut être non atomique dans le cas où elle contient une activité composée telle que <flow> ; l'activité <forEach> qui l'enferme est une activité non atomique. On la traduit en une activité d'apprentissage structurée qui renfermera uniquement une activité d'apprentissage structure associée à l'activité BPEL <scope>. Celle-ci est exécutée plusieurs fois afin de produire le service métier attendu d'elle, tandis que l'activité d'apprentissage structurée qui lui est correspond n'est présentée à l'apprentissage qu'une seule fois. La figure ci-dessous expose cette traduction.

**Figure 27.** Diagramme de classe UML de l'activité <flow>

Cette activité d'apprentissage structurée est transcrite, dans la table ci-dessous, vers IMS-LD.

Élément WS-BPEL	Élément IMS-LD correspondant
-----------------	------------------------------

<pre> <forEach counterName="Var" parallel="yes no" > <startCounterValue expressionLanguage="URI"> unsigned-integer-expression </startCounterValue> <finalCounterValue expressionLanguage="URI"> unsigned-integer-expression </finalCounterValue> <completionCondition?> <branches expressionLanguage="URI" successfulBranchesOnly="yes no"> unsigned-integer-expression </branches> </completionCondition> <scope ...>...</scope> </forEach > </pre>	<pre> <activity-structure identifier="forEach-str-act" number-to-select="1"> <title> activités en parallèle </title> <information/> <environment-ref ref="" /> <activity-structure-ref ref="scope-str-act"/> </activity-structure> </pre>
--	---

Activité <scope>

L'activité <scope> définit un comportement propre et spécifique à l'activité y nichée, ce comportement se constitue des éléments facultatifs suivants : <partnerLinks>, <messageExchanges>, <variables>, <correlationSets>, <faultHandlers>, <compensateHandler>, <terminationHandler> et <eventHandlers>. On expose cette activité sous forme d'un sous-processus dans la figure ci-dessous.

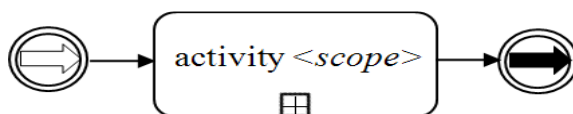


Figure 28. Représentation BPMN de l'activité <scope>

Nous correspondons à cette activité BPEL, une activité d'apprentissage de type structure, dans la quelle sont nichées les activités d'apprentissage structures associées aux éléments <partnerLinks>, <faultHandlers>, <compensateHandler>, <terminationHandler> et <eventHandlers>. L'activité BPEL définie dans <scope> peut être traduite en une activité d'apprentissage ou une activité d'apprentissage structure selon son type, basique ou structurée. La figure ci-dessous montre la traduction proposée.

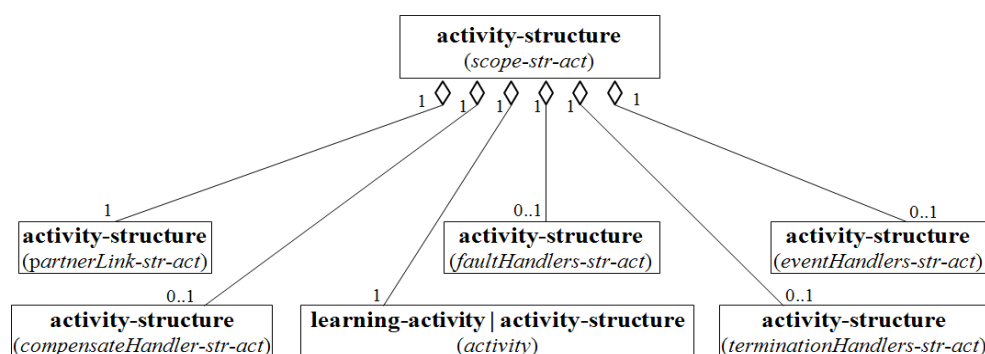


Figure 29. Diagramme de classe UML de l'activité <scope>

Quand au déroulement des activités d'apprentissage nichées dans l'activité d'apprentissage structure associée à <scope>, on propose de débiter avec l'activité structure (faultHandler), qui présente le traitement réservé en cas d'erreurs pendant l'exécution de <scope> ; puis l'activité structure (eventHandler), qui expose le travail déclenché suite à l'apparition

d'évènements. Ensuite, une fois l'activité nichée dans `<scope>` est présentée, il est plus compréhensible et pratique de proposer comment celle-ci est compensée et comment sa terminaison est gérée. Le code IMS-LD associé à cette activité d'apprentissage structure est présenté dans la table ci-dessous.

Elément WS-BPEL	Elément IMS-LD correspondant
<pre> <scope isolated="yes no" exitOnStandardFault="yes no"> <variables /> <partnerLinks /> <messageExchanges /> <correlationSets /> <eventHandlers /> <faultHandlers /> <compensationHandler /> <terminationHandler /> activity </scope> </pre>	<pre> <activity-structure identifier="scope-str-act" number-to-select="1..6" sort="as-is" structure-type="sequence selection"> <title> activités scope </title> <information/> <environment-ref ref="" /> <activity-structure-ref ref="partnerLink-str-act"/> <activity-structure-ref ref="faultHandler-str-act"/> <activity-structure-ref ref="eventHandler-str-act"/> <!-- L'activité BPEL nichée dans scope est traduite en une activité d'apprentissage ou en une activité d'apprentissage structure selon son type --> <activity-structure-ref ref="compensateHandler-str-act"/> <activity-structure-ref ref="terminationHandler-str-act"/> </activity-structure> </pre>

Gestionnaire de compensation `<compensationHandler>`

Les activités déjà complétées normalement et avec succès d'un processus métier abandonné doivent être compensées et les données modifiées doivent être restituées à leurs valeurs origines ; ceci est le travail du *compensationHandler*. Ce dernier se définit pour contenir les activités de compensation pour le processus, l'activité `<scope>` ou `<invoke>`.

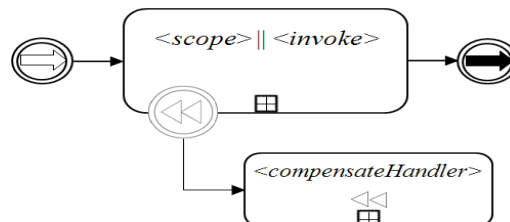


Figure 30. Représentation BPMN de l'activité `<compensationHandler>`

Le gestionnaire de compensation renferme des activités à exécuter en cas de compensation ; ainsi, il est présenté sous forme d'un sous processus. Nous proposons de lui faire associer une activité d'apprentissage structurée exposée dans le diagramme suivant. L'activité nichée dans le *compensateHandler* est traduite suivant son type, basique ou structurée.

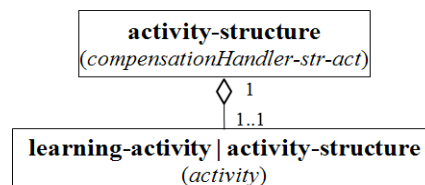


Figure 31. Diagramme de classe UML de l'activité `<compensateHandler>`

La table suivante présente le mapping vers le code IMS-LD.

Elément WS-BPEL	Elément IMS-LD correspondant
-----------------	------------------------------

<pre><compensationHandler> activity </compensationHandler></pre>	<pre><activity-structure identifier=" compensationHandler-str-act" number-to-select="1" sort="as-is" > <title> activités de compensation </title> <information/> <environment-ref ref="" /> <!-- Le reste du contenu est à définir lors de la traduction des activités BEPL nichées dans <compensateHandler>. --> </activity-structure></pre>
--	---

Gestionnaire de terminaison <terminationHandler>

Le gestionnaire de terminaison est utilisé pour terminer forcément l'exécution d'une activité <scope>, y compris toutes les activités y renfermées. Ainsi, le gestionnaire définit un certain nombre de règles et de contraintes pour la terminaison des différents éléments nichés dans l'activité <scope>.

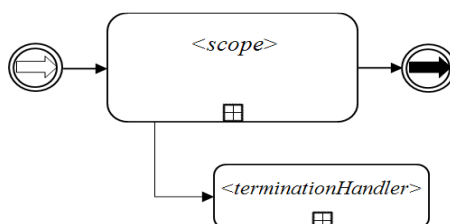


Figure 32. Représentation BPMN de l'activité <terminationHandler>

Une activité d'apprentissage de type structure est associée au gestionnaire de terminaison (*terminationHandler*), elle regroupe une activité d'apprentissage ou une activité d'apprentissage structure selon le type de l'activité BPEL nichée dans le gestionnaire.

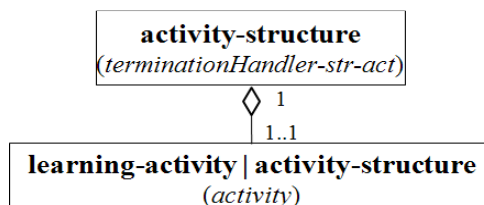


Figure 33. Diagramme de classe UML de l'activité <terminationHandler>

Cette activité d'apprentissage structure est traduite en IMS-LD dans la table suivante.

Elément WS-BPEL	Elément IMS-LD correspondant
<pre><terminationHandler> activity </terminationHandler></pre>	<pre><activity-structure identifier=" terminationHandler-str-act" number-to-select="1" sort="as-is" > <title> activités de terminaison </title> <information/> <environment-ref ref="" /> <!-- Le reste du contenu est à définir lors de la traduction des activités BEPL nichées dans <terminationHandler>. --> </activity-structure></pre>

Synthèse de la traduction

Après avoir proposé une traduction pour chaque élément métier, on résume, dans la table suivante, la structure du processus métier et son processus d'apprentissage correspondant.

Elément WS-BPEL	Traduction en IMS-LD
<code><process name = "Name" ...></code> ... <code></process></code>	<code><manifest></code> <code><metadata /></code> <code><organizations></code> <code><learning-design identifier=" Name " level="A"></code> <code><learning-objectives /></code> <code><prerequisites /></code> <code><components /></code> <code><method /></code> <code></learning-design></code> <code></organizations></code> <code><resources /></code> <code><manifest /></code> <code></manifest></code>
<code><import .../></code>	L'attribut <i>importType</i> et <i>location</i> sont utilisés pour récupérer le document WSDL contenant d'amples informations sur les activités du processus métier.
<code><partnerLinks /></code>	Activité d'apprentissage de type structure.
<code><messageExchanges /></code>	Participe à la description textuelle des activités d'apprentissage associées aux <code><reply></code> , <code><receive></code> , <code><onMessage></code> de <code><pick></code> et l'élément <code><onEvent></code> de <code><eventHandlers></code> .
<code><variables /></code>	Participe à la description textuelle des activités d'apprentissage.
<code><correlationSets /></code>	Aucune traduction.
<code><faultHandlers /></code>	Activité d'apprentissage de type structure.
<code><eventHandlers /></code>	Activité d'apprentissage de type structure.
Activity	La première activité d'un processus métier est toujours une activité BPEL structurée, ceci afin de renfermer la liste des activités en série et/ou en parallèle. Elle est traduite en une activité d'apprentissage de type structure.

Les éléments BPEL nichés directement dans la définition du processus BPEL ont trois sortes de traductions, soient ils participent à la description textuelles des activités BPEL, ou bien aucune traduction ne leur correspond, ou encore capitalisés en une activité d'apprentissage structure. Ainsi, pour ces dernières, on crée une activité d'apprentissage structure permettant de les renfermer dans une seule entité qui sera référencée dans le scénario associé au processus d'apprentissage créé. La figure suivante illustre cette activité.

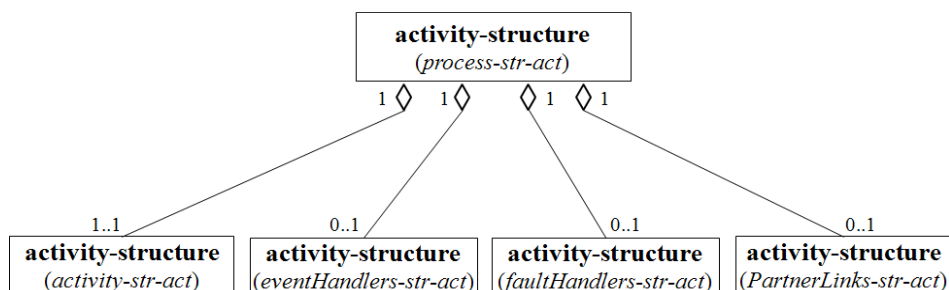


Figure 34. Diagramme de classe UML de l'activité structure globale

Quant au déroulement, on propose de présenter en premier lieu l'activité d'apprentissage structure associée aux partenaires afin de présenter avec qui le processus interagit avant de d'exposer son métier, ensuite les deux activités d'apprentissage structures des deux

gestionnaires pour montrer le traitement en cas d'erreurs ou la survenu d'évènements au cours d'exécution du processus, et en fin l'activité d'apprentissage structure associée à la première activité BPEL du processus. La table ci-dessous expose le mapping vers IMS-LD.

```

<activities>
  <activity-structure identifier="process-str-act" sort="as-is"
    number-to-select="4" structure-type="sequence">
    <title> l'activité globale </title>
    <information/>
    <environment-ref ref="" />
    <activity-structure-ref ref="PartnerLinks-str-act"/>
    <activity-structure-ref ref="faultHandler-str-act"/>
    <activity-structure-ref ref="eventHandler-str-act"/>
    <activity-structure-ref ref="activity-str-act"/>
  </activity-structure>
</activities>

```

Création des objectifs et prérequis pédagogiques

Le processus d'apprentissage (learning design) crée à partir d'un processus n'est pas constitué uniquement d'activités d'apprentissage, il renferme 4 éléments : les objectifs pédagogiques (learning-objectives), les prérequis pédagogiques (prerequisites), les composants (i.e. rôles, activités d'apprentissage et environnements pédagogiques) et le scénario (method).

L'élément *learning-objectives* spécifie les buts et désirs attendus une fois le processus d'apprentissage est suivi, on propose que le contenu de cet élément sera une description textuelle dans une page web stockée dans le même package que le fichier *manifest*. Ainsi, les employés expérimentés du processus métier à enseigner et à traduire sont priés à fournir plus d'information sur les objectifs du processus métier qui seront les même pour le processus d'apprentissage résultant de ce processus métier. Dans la table ci-dessous, on présente le code IMS-LD associé aux objectifs pédagogiques.

```

<learning-objectives>
  <title> Objectifs d'apprentissage </title>
  < item identifier="Learning-Objectives" identifierref="RES-Learning-objectives" />
</ learning-objectives>

<resources>
  <resource identifier="RES-Learning-objectives" type="webcontent"/>
</resources>

```

De même, on propose également de créer une page web contenant une description textuelles des prérequis pédagogiques que doivent avoir les apprenants avant d'assister à processus d'apprentissage. Les employés expérimentés sont invités à préciser et définir les connaissances préalables requises. La table ci-dessous présente le code IMS-LD pour les prérequis pédagogiques.

```

<prerequisites>
  <title> Prérequis pédagogiques </title>
  < item identifier="Prérequisites" identifierref="RES- Prérequisites" />
</ learning-objectives>

<resources>
  <resource identifier=" RES- Prérequisites" type="webcontent"/>
</resources>

```

Création des rôles

L'élément rôle permet de définir les types de participants au processus d'apprentissage ; on propose de faire créer deux types de participants, apprenant et formateur. L'apprenant spécifiant la personne ou l'apprenti concerné par l'apprentissage du processus métier, il correspond à un employé n'ayant pas une expérience pour ce processus métier. Le formateur, quant à lui, désigne la personne ayant la qualification professionnelle nécessaire pour assurer ce rôle, il correspond aux concepteurs de processus métier ou aux employés expérimentés pour ce type de processus métier. Le code IMS-LD des rôles créés est fourni dans la table ci-dessous.

```
<components>
  <roles>
    <learner create-new="allowed" identifier="apprenant">
      <title />
      <information />
    </learner>
    <staff create-new="not-allowed" identifier="formateur">
      <title />
      <information />
    </staff>
  </roles>
</components>
```

Création du scénario (method)

Le déroulement et l'exécution de l'activité d'apprentissage globale associée au processus métier est défini et établi dans la partie scenario (method). Ce lui-ci consiste en plusieurs pièces (play) en parallèle, elles-mêmes se constituent d'une série d'actes (act) composés chacun de partitions (role-part) concurrentes.

Pour notre processus d'apprentissage, et comme nous n'avons pas des activités d'apprentissage à présenter en parallèle à la formation des apprenants, et que nous n'avons qu'un seul type d'apprenants (i.e. employés non expérimentés) qui assisteront au processus d'apprentissage, nous suggérons de créer une seule partition qui contiendra l'activité d'apprentissage globale et référencera notre type apprenant. Cette partition est nichée dans un acte, lui-même renfermé dans une pièce qui à son tour niché dans le scénario. Le code IMS-LD de ce dernier est exposé dans la table suivante.

```
<method>
  <play identifier="play1" isvisible="true">
    <title> la première pièce </ title>
    <act identifier="act1">
      <title> Le premier acte </ title>
      <role-part identifier="role-part1">
        <title> la première partition </ title>
        <role-ref ref="apprenant" />
        <activity-structure-ref ref="process-str-act" />
        <environment-ref ref="" />
      </role-part>
      <complete-act>
        <when-role-part-completed ref="role-part1" />
      </complete-act>
      <on-completion />
    </act>
    <complete-play>
      <when-last-act-completed />
    </complete-play>
  </play>
</method>
```

```
</complete-play>
<on-completion />
</play>
<complete-unit-of-learning>
  <when-play-completed ref="play1" />
</complete-unit-of-learning>
<on-completion />
</method>
```