



HAL
open science

Vers un système de réutilisation ds connaissances en ingénierie de conception

Achraf Ben Miled

► **To cite this version:**

Achraf Ben Miled. Vers un système de réutilisation ds connaissances en ingénierie de conception. Autre. Université de Technologie de Belfort-Montbéliard, 2011. Français. NNT: 2011BELF0160 . tel-00625442

HAL Id: tel-00625442

<https://theses.hal.science/tel-00625442>

Submitted on 21 Sep 2011

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

THESE DE DOCTORAT
Université de Technologie de Belfort Montbéliard et Université de Franche Comté

Pour obtenir le grade de
DOCTEUR
DISCIPLINE : INFORMATIQUE

**Vers un système de
réutilisation des connaissances
en ingénierie de conception**

par
Achraf Ben Miled
Laboratoire Systèmes et Transport
Université de Technologie de Belfort-Montbéliard

Soutenance publique le 15 juillet 2011

Nada Matta	Rapporteur	Enseignant Chercheur Contractuel-HDR à l'UTT
Djamal Benslimane	Rapporteur	Professeur des Universités à l'Université Claude Bernard Lyon I
Sebastian Rodriguez	Examineur	Full Professor of the Department of Computer Science, NTU, Argentine
Davy Monticolo	Examineur	Maître de conférences à l'ENSGSI, Nancy
Samuel Gomes	Examineur	Professeur, UTBM
Abderrafiâa Koukam	Directeur de thèse	Professeur à l'UTBM
Vincent Hilaire	Co-Directeur de thèse	Maître de conférence-HDR à l'UTBM

A MES PARENTS

A MES FRÈRES

À la mémoire des martyrs tunisiens qui se sont battus contre la tyrannie et pour leur liberté

Remerciements

Je tiens à remercier, pour leur patience, leur disponibilité et leur soutien sans faille, mon Directeur de thèse, Monsieur Abderrafiaa Koukam et mon Co-Directeur, Monsieur Vincent Hilaire. Leurs savoirs sur les systèmes multi-agents ainsi que leur rigueur scientifique m'ont apportés plus que je ne l'aurais imaginé en abordant ce travail.

J'adresse mes profonds remerciements à Madame Nada Matta et Monsieur Djamel Benslimane de m'avoir fait l'honneur d'être les rapporteurs de ma thèse,

Un grand Merci également à Davy Monticolo pour son amitié et son soutien tout au long de la thèse.

Je souhaite également adresser ma reconnaissance à Monsieur Samuel Gomes pour m'avoir fait découvrir le domaine de l'ingénierie en conception mécanique.

Je tiens également à remercier Monsieur Sebastian Rodriguez de m'avoir fait l'honneur d'être membre du jury.

Merci à celles et ceux qui ont partagé mon quotidien au sein du laboratoire Set et qui ont fait que ces années se sont écoulées dans la bonne humeur, je pense notamment à Nicolas Gaud, Jean-Michel Contet, Mohamed Dib, Jonathan Demange, Gillian Basso et Oumaya Baala Canalda.

Je remercie très chaleureusement mes parents et mes frères, qui m'ont toujours encouragé et soutenu dans tous mes projets.

Résumé

Pour arriver à gérer les changements fréquents des exigences des clients, des produits de plus en plus complexes et faire face à une concurrence de plus en plus dure, les organisations cherchent sans cesse à améliorer l'utilisation de leur portefeuille de connaissances.

On remarque ainsi, que depuis une quinzaine d'années, bon nombre d'entre elles ont commencé à structurer leur démarche de gestion des connaissances. Ces démarches ont pour but de résoudre un ou plusieurs des problèmes suivants : le départ en retraite de cadres qui détiennent une connaissance critique, le partage de bonnes pratiques développées par une unité de production, la stimulation de l'innovation d'un centre de recherche, etc. Dans la réalité, la mise en place effective de ces initiatives soulève de nombreux problèmes liés tantôt à la nature tacite de la connaissance, à l'existence de barrières culturelles qu'à l'adoption d'un système logiciel de gestion des connaissances.

Cette thèse se situe dans le cadre général de la gestion des connaissances lors du processus de conception de produits. Nous nous intéressons en particulier aux problématiques de la capitalisation et de la réutilisation des connaissances dans le processus de conception collaborative et routinière à l'aide d'un système logiciel de gestion des connaissances. L'objectif principal de cette thèse est de proposer un Système de Gestion des Connaissances (SGC) pour la capitalisation et la réutilisation des connaissances, fondé sur une approche organisationnelle et le paradigme des Systèmes Multi-Agents (SMA). Le choix des SMA est naturel car il permet la modélisation et l'implémentation des SGC comme des systèmes distribués où des acteurs différents (les acteurs métiers), agissent de manière autonome pour atteindre un but précis et interagissent afin de réaliser un but commun. Nous proposons une modélisation de système de gestion des connaissances (SGC) qui s'appuie sur la méthodologie ASPECS dédiée à l'analyse, la conception et le déploiement de systèmes complexes. Cette démarche d'analyse et de conception permet de mettre en évidence les objectifs d'un SGC et les principaux mécanismes de son fonctionnement. Parmi les activités d'ASPECS, l'identification des besoins se fait par une approche orientée buts qui permet la modélisation des objectifs du SGC ainsi que les acteurs impliqués et leurs dépendances.

La contribution de cette thèse est composée de deux parties. La première consiste en l'analyse du domaine de la gestion des connaissances en ayant à l'esprit l'objectif de développer un SGC basé sur une approche organisationnelle qui met l'accent sur les aspects sociaux et coopératifs du processus de conception et qui gère la réutilisation des connaissances. La deuxième partie vise à la conception d'un SMA sous la forme d'un collecticiel mettant en œuvre notre approche de réutilisation des connaissances au fil de l'eau.

Mots clés : Ingénierie des connaissances, Systèmes Multi-Agents, Approche organisationnelle, Mémoire de projet, Ontologie, ASPECS.

Abstract

In order to manage the frequent changes in customer requirements, products increasingly complex and face an extreme hard and tougher competition; organizations are always seeking to improve the use of their knowledge portfolio. Thus, it is noted that since fifteen years, many of them have begin to structure their approach to knowledge management. These steps are designed to solve one or more of the following: the retirement of executives who have critical knowledge, sharing the best practices developed by a unit of production, the stimulation of innovation research center etc. In reality, the actual implementation of these initiatives raises many issues now with the tacit nature of knowledge, the existence of cultural barriers to the adoption of a software system for knowledge management.

This thesis is in the general framework of knowledge management in the process of product design. We are particularly interested in issues of capitalization and reuse of knowledge in the collaborative design process and routinely using a software system for knowledge management. The main objective of this thesis is to provide a Knowledge Management System (KMS) for capitalization and reuse of knowledge, based on an organizational approach and the paradigm of Multi-Agent Systems (MAS). The choice of MAS is natural because it allows the modeling and implementation of KMS as distributed systems where different actors (business actors) act independently to achieve a specific purpose and interact to achieve a common goal. We propose a model of knowledge management system (KMS) based on the methodology ASPEC dedicated to the analysis, design and deployment of complex systems. This approach allows analysis and design to highlight the objectives of a KMS and the major mechanisms of its functioning. The activities of ASPEC, the identification of needs are a goal-oriented approach that allows modeling of the targets of KMS and the actors involved and their dependencies. The contribution of this thesis is composed of two parts. The first is the analysis of the field of knowledge management, bearing in mind the objective to develop a KMS based on an organizational approach that focuses on social and collaborative design process and manages reuse of knowledge. The second part is to design a MAS as a groupware implementing our approach to reuse of knowledge.

Key words: Knowledge management, Multi-Agent Systems, Organizational Approach, Project Memory, Ontology, ASPECS.

Table des matières

<i>Introduction</i>	13
1. Contexte général.....	15
2. Objectif de nos travaux	17
2.1 Analyse du système de gestion des connaissances	18
2.2 Conception d'un système multi agents	19
3. Plan de la thèse	21
<i>ASPECS : définitions et aspects méthodologiques</i>	23
1. Introduction	25
2. Systèmes Multi Agents et Systèmes Multi Agents Holoniques	25
2.1 Définition de la notion d'Agent	25
2.2 Définition de la notion de Système Multi-Agents.....	26
3. Description générale du processus ASPECS	28
4. Phase d'analyse des besoins du système.....	30
4.1 Description des besoins.....	31
4.2 Description de l'ontologie du problème	31
4.3 Identification des organisations	32
4.4 Identification des interactions et des rôles	33
4.5 Description des scénarios d'interaction	34
5. Phase de conception de la société agent.....	35
5.1 Description de l'ontologie de la solution.....	36
5.2 Description des communications.....	37
5.3 Conception des holarchies	38
6. Phases d'implémentation et de déploiement.....	39
7. Conclusion.....	40
<i>Gestion et Cycle de vie de la connaissance</i>	42
1. Introduction	44
2. Définition de la connaissance.....	44
3. Définition de la gestion des connaissances	45

3.1	<i>Cycle de vie de la connaissance d'après Ruggle</i>	45
3.2	<i>Cycle de vie de la connaissance d'après Dieng</i>	46
3.3	<i>Cycle de vie de la connaissance d'après Nonaka et Takeuchi</i>	46
3.4	<i>Cycle de vie de la connaissance d'après Grundstein</i>	47
4.	Le stockage et la représentation des connaissances	48
4.1	<i>Mémoire d'entreprise</i>	48
4.2	<i>Ontologie</i>	49
5.	Approches pour la gestion des connaissances	51
5.1	<i>La méthode CommonKADS</i>	51
5.2	<i>La méthode REX</i>	52
5.3	<i>La méthode MKSM (Methodology for Knowledge System Management)</i>	52
5.4	<i>La méthode CYGMA (Cycle de vie et Gestion des Métiers et Applications)</i>	53
6.	Approches à base d'agents pour la gestion des connaissances	53
6.1	<i>Critères de comparaison</i>	53
6.2	<i>Agents comme technique de modélisation</i>	54
6.3	<i>Agents comme technique d'implémentation</i>	55
6.4	<i>SMA comme méthodologie pour la gestion des connaissances</i>	56
7.	Conclusion	63

Analyse du système de gestion des connaissances

KATRAS_GW	65
------------------------	-----------

1.	Introduction	67
2.	Description des concepts sous-jacents de KATRAS_GW	67
3.	Analyse des besoins de KATRAS_GW	69
4.	Identification des structures organisationnelles	71
4.1	<i>Identification des organisations</i>	71
4.2	<i>Rôles dédiés à la capitalisation</i>	73
4.3	<i>Les rôles dédiés à la réutilisation des connaissances</i>	74
4.4	<i>Description de scénarios</i>	82
5.	Conclusion	87

Conception et modèles détaillés pour un SMA de gestion de la connaissance	89
----------------------------------------------------------------------------------------	-----------

1.	Introduction	91
----	---------------------------	----

2.	Description de l'ontologie de la solution	91
3.	Identification des agents	97
	3.1 Types d'agents	98
	3.2 Communication entre les agents	102
	3.3 Conception de l'holarchie	106
4.	Déploiement et expérimentation	108
	4.1 Développement des fonctionnalités	108
	4.2 Principes de déploiement de KATRAS_GW	109
	4.3 Exemple d'utilisation	111
	4.4 Analyse des résultats	116
5.	Conclusion	118

Apport de la thèse, perspectives & conclusion.....120

1.	Conclusion générale	122
2.	Perspectives de recherche	123
	2.1 Réutilisation des connaissances dans les environnements interactifs textuels	123
	2.2 Vers une actualisation des connaissances	123

Liste des figures

1.	Processus générique de gestion des connaissances	16
2.	Notre approche globale de réutilisation des connaissances	20
1.1	Holarchie	28
1.2	Phases du processus ASPECS	28
1.3	Détail des activités d'ASPECS	30
1.4	Exemple de description des besoins	31
1.5	Exemple de fragment de l'Ontologie du problème	32
1.6	Exemple d'organisation	32
1.7	Description des interactions et des rôles dans l'organisation <i>Marché</i>	34
1.8	Exemple d'un scénario d'interaction entre deux joueurs	35
1.9	Exemple d'un fragment de l'ontologie de la solution	36
1.10	Exemple de description d'une communication	37
1.11	Exemple d'une holarchie.....	39
2.1	Cycle de vie de la connaissance d'après Ruggle.....	46
2.2	Le modèle de Nonaka et Takeuchi.....	47
2.3	Modèle-type de la démarche CommonKADS.....	52
2.4	Approche *-Design	57
2.5	Le modèle coopératif et rétroactif	58
2.6	Organisation «Calculer le coût du produit et de son investissement».....	59
2.7	Mémoire de projet MemoDesign	60
3.1	Modélisation conceptuelle de l'approche *-Design	69
3.2	Diagramme de Raisonnement Stratégique du système de gestion des connaissances	71
3.3	Modélisation CRIO du processus de gestion des connaissances	72
3.4	Le diagramme de dépendance Stratégique pour le sous but connaissances capitalisées	73
3.5	Le diagramme de dépendance Stratégique pour le soft goal « connaissances pertinentes proposées	75
3.6	Organisation 'Réaliser l'analyse des besoins'	76
3.7	Le Diagramme de Dépendance Stratégique pour le plan « Réaliser le PUSH/PULL ». 77	

3.8	Le Diagramme de Dépendance Stratégue pour le plan « Réaliser l'assistance automatique spécifique ».....	78
3.9	Le Diagramme de Dépendance Stratégue pour le plan « Réaliser le système d'alerte»	79
3.10	Le Diagramme de Dépendance Stratégue pour le plan « Réaliser le transfert ».....	80
3.11	Modèle CRIO décrivant la réutilisation des connaissances.....	81
3.12	Diagramme de séquence (PUSH/PULL).....	81
3.13	Diagramme de séquence (AAS).....	84
3.14	Diagramme de séquence (système d'alerte).....	85
3.15	Diagramme de séquence (Transfert).....	86
4.1	Description globale de l'ontologie de la solution.....	92
4.2	Représentation et description des connaissances.....	93
4.3	Définition de la classe «ElementPrototype».....	94
4.4	Définition de la relation «APourFonctionTechnique».....	94
4.5	Description de la fonction technique de l'élément prototype «Frein».....	94
4.6	Attribution des types aux connaissances.....	97
4.7	Attribution des rôles pour les agents Métier.....	98
4.8	Attribution des rôles pour les agents d'adatifcation et les agents de réutilisation.....	102
4.9	Interaction AM-AI.....	103
4.10	Interaction AI-AR.....	104
4.11	Interaction AR-AMCP et AR-AMCM.....	105
4.12	Interaction AMCM-AI et AMCP-AI.....	106
4.13	Groupe Agent Gestionnaire des connaissances.....	107
4.14	Exemple d'attribution des rôles.....	108
4.15	Diagramme de déploiement de KATRAS_GW.....	110
4.16	Fichier XML représentant OrgaDesign.....	111
4.17	Connexion au collecticiel.....	112
4.18	Proposition de la liste des projets.....	112
4.19	Proposition de la liste des activités.....	113
4.20	Organisation 'Réaliser l'analyse des besoins'.....	114
4.21	Proposition des connaissances (PUSH).....	115
4.22	Proposition des connaissances (PULL).....	116
4.23	La réutilisation des connaissances par phase.....	117

Introduction

«Les connaissances demeureront des renseignements, sauf s'il existe les attitudes, les systèmes et les compétences nécessaires pour récupérer les dits renseignements et les partager dans un nouveau contexte.» [Lim et Klobas, 2000]

Sommaire

1.	Contexte général.....	15
2.	Objectif de nos travaux	17
2.1	<i>Analyse du système de gestion des connaissances</i>	18
2.2	<i>Conception d'un système multi agents</i>	19
3.	Plan de la thèse	21

1. Contexte général

Les connaissances de l'être humain ne sont pas innées. Selon les philosophes Descartes [Descartes, 1637] et Locke [Locke, 1693], « nos pensées seraient le fruit de notre seule expérience ». L'être humain est donc considéré, à la naissance, comme étant vierge de toute connaissance. Connaître demande un effort dont l'être humain se passerait volontiers, mais l'ignorance constitue un handicap majeur pour l'humanité. Dans le monde industriel, les connaissances utiles sont d'une importance majeure puisque leur utilisation par la bonne personne au bon moment [Schreiber, 1999][Sureephong, 2007] constitue un avantage qui permet notamment d'éviter de refaire les mêmes erreurs et de diminuer le temps consacré à la réalisation des activités routinières.

De plus, pour faire face aux changements fréquents des exigences des clients, des produits de plus en plus complexes, à une concurrence de plus en plus dure et au changement quantitatif et qualitatif d'effectif (turn-over), les organisations cherchent sans cesse à diminuer le temps de la réalisation des activités. Cette optique requiert le développement de l'« entreprise apprenante » [Fillol, 2006], [Nonaka et Takeuchi, 1995] où, pour la réalisation de leurs activités, les organisations utilisent les connaissances déjà acquises.

Cette nouvelle exigence, de gestion active des connaissances, concerne toutes les entreprises dans une optique d'amélioration de productivité et d'efficacité.

En effet, La gestion des connaissances est reconnue comme un facteur de compétitivité dans les entreprises. «Créer, capitaliser et partager son capital de connaissance est une préoccupation de toute organisation performante » [Ermine, 2000].

Parmi les nombreuses définitions du concept de connaissance, nous avons choisi la définition incrémentale donnée par Gandon [Gandon, 2002] qui considère la donnée l'élément de base de la connaissance. *La donnée est définie comme étant le résultat d'une perception, d'un signal ou d'un signe (e.g : 100, T sont des données)* [Weggeman 96]. Une information est une donnée *qui a du sens* [Drucker, 2000], [Fitchett, 1998], qui est structurée selon une convention précise ($T=100^\circ$ est une information). D'après Bender [Bender, 2000], la connaissance est «*l'interprétation d'une information par un humain, dans un contexte donné*». Interprétée par un expert, l'information devient une connaissance. C'est-à-dire que placée dans un contexte précis, une information devient une connaissance (La température d'ébullition de l'eau est $T= 100^\circ\text{C}$).

La gestion des connaissances est un domaine très vaste, soulevant de plusieurs problématiques pour lesquelles ont été proposé différentes méthodes et techniques. De nombreux travaux [Ruggles, 1998][Dieng, 2001][Grundstein, 2006] et [Prax, 2003] définissent la gestion des connaissances comme étant un cycle de vie composé de processus/phases qui mettent en valeur les problématiques de la gestion des connaissances dans une perspective temporelle, comme par exemple le cycle de vie de la figure 1. Ce cycle de vie, proposé dans [Grundstein, 2006], se veut générique et est organisé en quatre processus.

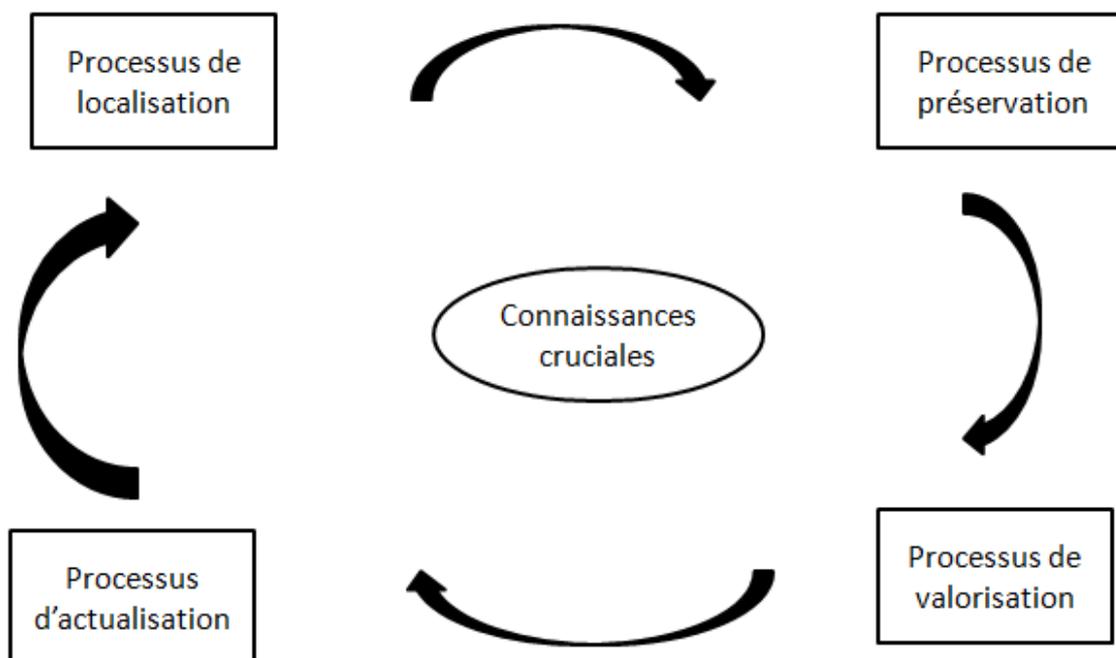


Figure 1. Processus générique de gestion des connaissances [Grundstein, 2006]

Le processus de localisation : concerne les problèmes liés au repérage des connaissances explicites et tacites qui sont nécessaires à la réalisation des activités de l'entreprise.

Le processus de préservation : lorsque les connaissances sont explicites, il faut, les acquérir auprès des porteurs de connaissances, les modéliser, les formaliser et les conserver.

Le processus de valorisation : vise à rendre les connaissances accessibles selon certaines règles de confidentialité et de sécurité, les diffuser, les partager, les exploiter/les réutiliser, les combiner et créer des connaissances nouvelles.

Le processus d'actualisation : évalue les connaissances, les met à jour et les enrichit.

Pour supporter le processus de gestion des connaissances, les entreprises implantent des systèmes d'information, appelés systèmes de gestion des connaissances (SGC). Ces systèmes sont conçus pour faciliter les processus de gestion des connaissances (tout ou partie) décrits dans la figure 1. Parmi les premières expériences en matière d'implantation de SGC, il y a eu de nombreux échecs. Les causes étaient, notamment, la culture organisationnelle qui ne prenait pas en compte ce type de démarche et surtout le manque de volonté des acteurs à partager leurs idées ou à prendre du temps pour les expliquer. La culture organisationnelle est quelque chose de difficile à changer et les rares efforts pour faire évoluer la culture sont les récompenses, les politiques ou la structure organisationnelle [McDermott, 1999]. Il est donc nécessaire de mettre en œuvre une approche appuyée par un SGC au fil de l'eau et transparent pour l'utilisateur.

A l'heure actuelle, de nombreuses entreprises ont adopté le travail collaboratif pour la réalisation de leurs projets de conception de produit. La conception collaborative de produit est un processus complexe qui fait intervenir de nombreux acteurs [Aubry, 2007]. Ces acteurs utilisent des outils dédiés à leur métier, générant un environnement où les sources

d'informations sont hétérogènes et distribuées [Gandon, 2002]. L'utilisation d'un système informatique dont les entités sont hétérogènes et distribuées semble donc adaptée pour répondre aux problèmes de gestion des connaissances lors des projets d'ingénierie d'où notre intérêt pour le paradigme des Systèmes Multi Agents (SMA).

Notre travail se situe dans le cadre de la réalisation du projet "Collaborative Design and Knowledge Factory" (CoDeKF) labellisé par le Pôle de Compétitivité "Véhicule du Futur" Alsace-Franche-Comté.

En particulier, nous nous intéressons dans cette thèse à la conception collaborative et routinière de produits mécaniques. Par routinière, nous entendons une conception où les objectifs sont connus et la créativité du concepteur est limitée. Nous avons choisi de nous baser sur l'approche *-Design de Monticolo [Monticolo, 2007]. Cette approche est fondée sur des concepts organisationnels pour la capitalisation des connaissances au fil de l'eau lors des projets de conception mécanique.

L'auteur a pris en compte les aspects sociaux et coopératifs du processus de conception où les acteurs métier travaillent ensemble, créent, utilisent et partagent leurs connaissances pour atteindre le même objectif: le développement d'un nouveau produit. Quatre aspects ont été développés dans ce travail :

1. L'élaboration d'un modèle organisationnel du processus de conception où sont représentés les rôles des acteurs métier, leurs compétences, leurs interactions ainsi que les connaissances qu'ils utilisent et partagent tout au long des activités de conception. Ce modèle est un guide pour la capitalisation et la réutilisation des connaissances lors des projets de conception. Il favorise le partage et la diffusion des connaissances via les interactions entre les différents rôles ayant des compétences et des connaissances différentes.
2. La définition d'un modèle de mémoire organisationnelle/mémoire projet, MemoDesign, fournissant un cadre pour la structuration et l'indexation des connaissances à archiver lors des projets de conception. Cette étape correspond à la phase de préservation dans le cycle de vie de la connaissance.
3. La construction d'une ontologie appelée OntoDesign permettant de manipuler les connaissances du domaine.
4. La conception et l'implantation du système multi-agents KATRAS prenant en compte les aspects sociaux et coopératifs du processus de conception et chargé de la construction de mémoires de projet au fil de l'eau des projets de conception mécaniques. Ce système est à la base de la phase de localisation. Il permet entre autres de capturer les connaissances du domaine.

2. Objectif de nos travaux

Cette thèse se situe donc dans le cadre général de la gestion des connaissances lors du processus de conception de produits. Nous nous intéressons en particulier aux problématiques de la capitalisation et de la réutilisation des connaissances dans le processus de conception collaborative et routinière. L'objectif principal de cette thèse peut être résumé par l'énoncé suivant :

Proposer un Système de Gestion des Connaissances pour la capitalisation et la réutilisation des connaissances, fondé sur une approche organisationnelle et le paradigme des Systèmes Muti-Agents,

Un tel système permet de réduire le temps de réalisation d'une tâche, d'éviter de reproduire les erreurs et d'améliorer l'utilisation de la connaissance en prenant en compte les rôles des acteurs métier et leurs collaborations tout au long du processus de conception.

Cet objectif peut se décliner en deux parties :

- Analyser le domaine de la gestion des connaissances en ayant à l'esprit l'objectif de développer un SGC basé sur une approche organisationnelle qui met l'accent sur les aspects sociaux et coopératifs du processus de conception et qui gère la réutilisation des connaissances.
- Concevoir un Système Multi-Agent (SMA) qui contribue à la réalisation du SGC et l'implanter sous la forme d'un collecticiel mettant en œuvre notre approche de réutilisation des connaissances au fil de l'eau.

2.1 Analyse du système de gestion des connaissances

Les SGC peuvent être décrits comme des systèmes distribués où des acteurs différents (les acteurs métiers), agissent de manière autonome pour atteindre un but précis et interagissent afin de réaliser un but commun.

Nous proposons une modélisation de système de gestion des connaissances (SGC) qui s'appuie sur la méthodologie ASPECS [Cossentino, 2007] dédiée à l'analyse, la conception et le déploiement de systèmes complexes. Cette analyse permet de mettre en évidence les objectifs d'un SGC et les principaux mécanismes de son fonctionnement. Parmi les activités d'ASPECS, l'identification des besoins se fait par une approche orientée buts [Bresciani, 2004] qui va permettre la modélisation des objectifs du SGC ainsi que les acteurs impliqués et leurs dépendances pour la réalisation de chaque but contribuant à la réalisation des connaissances.

Le système a essentiellement pour but la réutilisation des connaissances qui repose principalement sur l'interprétation des besoins de l'utilisateur dans un contexte donné. L'objectif de la réutilisation est d'aider l'utilisateur en lui fournissant les connaissances pertinentes lors de la réalisation d'une activité de conception.

Nous nous intéressons à la recherche personnalisée des connaissances. Cette recherche permet à deux acteurs métiers jouant des rôles différents d'avoir un résultat différent pour une recherche commune (le même terme dans le champ de recherche). Cette première forme de réutilisation des connaissances se base sur un contexte organisationnel qui établit, pour chaque acteur métier jouant un rôle particulier lors de la réalisation d'une activité métier, des compétences et des connaissances particulières. Nous proposons également une forme de réutilisation automatique qui détecte le besoin pour un acteur métier et lui propose automatiquement les connaissances qui sont les plus pertinentes. Cette forme de réutilisation s'appuie sur le modèle organisationnel pour en déduire les connaissances utiles à l'acteur métier pour la réalisation de son activité. Le système alerte éventuellement l'acteur métier s'il détecte un contexte organisationnel (rôle, activité) qui a été la cause d'un retard ou d'un échec pour des anciens projets.

Nous avons contribué au développement d'une autre forme de réutilisation des connaissances qui est l'assistance automatique spécifique. Elle présente un système d'apprentissage qui stocke les connaissances et les termes recherchés les plus sollicités et les propose automatiquement à l'acteur métier dans un contexte similaire (même connaissance).

Pour consolider la coopération entre les différents acteurs métiers lors de la réalisation des projets mécaniques, nous proposons une autre forme de réutilisation des connaissances qui est le transfert des connaissances. Elle consiste à déduire et transférer les connaissances partagées par les différents acteurs métiers.

2.2 Conception d'un système multi agents

Nous avons contribué au développement d'un collecticiel sur la base d'agents qui permet à plusieurs utilisateurs distants de communiquer ensemble, de partager des fichiers et surtout de gérer les connaissances grâce à une approche organisationnelle. En effet, ce collecticiel applique les différentes formes de réutilisations des connaissances identifiées lors de l'analyse du SGC. Afin d'évaluer le système et analyser les résultats, nous l'avons expérimenté avec plusieurs acteurs métiers participants à des projets réels.

La figure 2 présente un schéma de notre solution de réutilisation des connaissances lors des projets de conception. Cette solution repose sur le modèle organisationnel qui décrit les activités des acteurs métiers, les rôles qu'ils interprètent ainsi que les compétences et les connaissances qu'ils utilisent lors du processus de conception. Ces connaissances sont structurées dans le modèle de la mémoire projet MemoDesign et décrites par les concepts correspondants ainsi que par des attributs et relations dans l'ontologie OntoDesign. Un système multi-agents se charge de la réutilisation des connaissances en utilisant le modèle organisationnel du processus de conception. Les agents perçoivent ainsi les activités et les rôles des acteurs métier et utilisent OntoDesign et MemoDesign pour chercher les instances des concepts correspondant aux connaissances demandées.

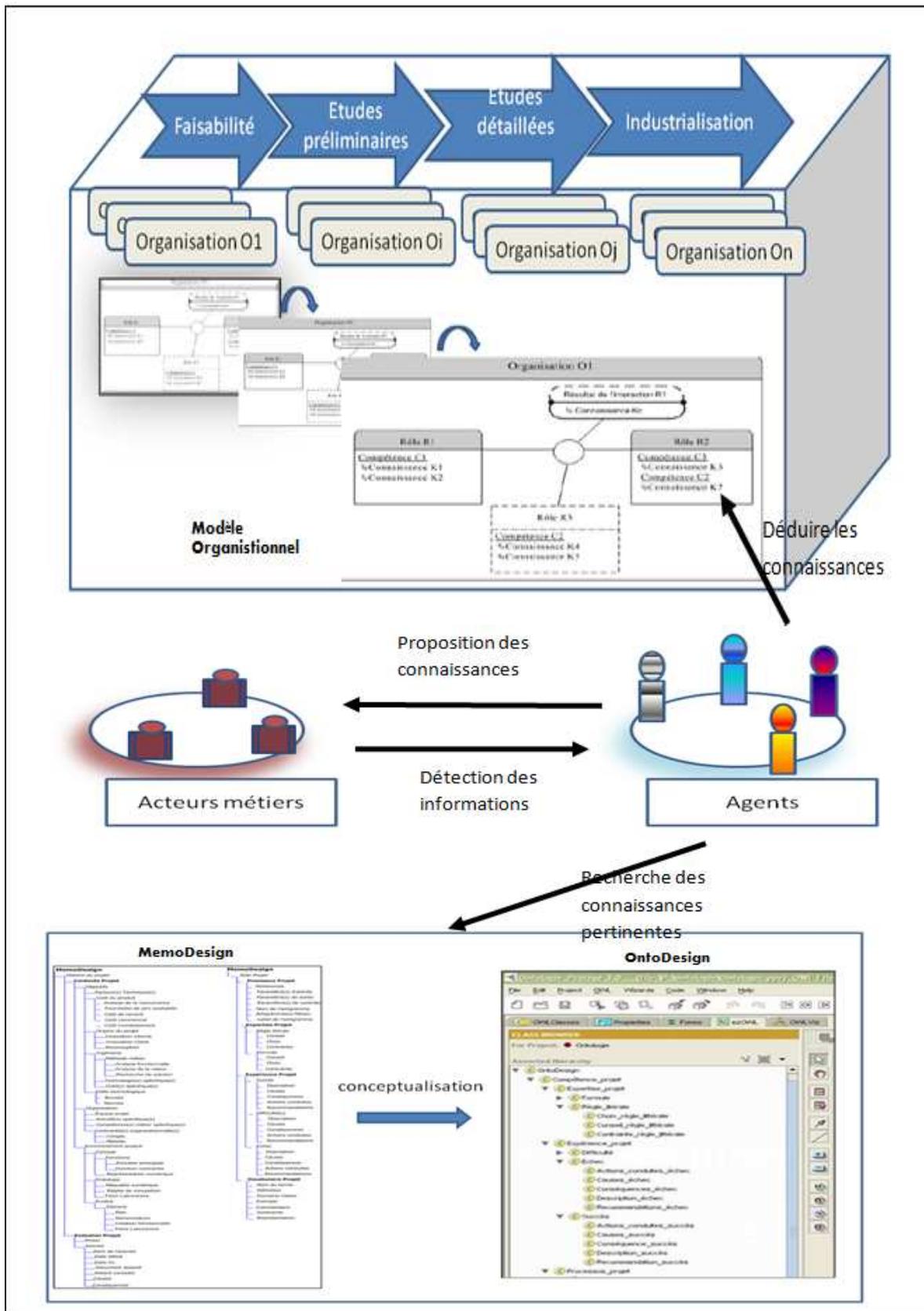


Figure 2. Notre approche globale de réutilisation des connaissances

3. Plan de la thèse

Après cette succincte description de nos propositions, cette section présente le plan de la thèse qui est constituée de cinq chapitres. Nous soulignons les chapitres qui caractérisent notre contribution.

- **Chapitre 1 - ASPECS : définitions et aspects méthodologique.** Nous nous intéressons dans ce chapitre à des concepts primordiaux pour notre proposition. Nous définissons les systèmes multi agents holoniques et nous citons leurs propriétés. Nous nous intéressons également au processus ASPECS pour l'analyse, la conception et le déploiement.
- **Chapitre 2- Système multi agents pour la gestion des connaissances** Ce chapitre donne dans un premier temps quelques définitions sur la gestion de la connaissance ainsi que son cycle de vie. En second lieu, il permet de bien situer les motivations et les enjeux véhiculés tout au long de cette thèse en mettant l'accent sur la réutilisation des connaissances.
Un état de l'art dédié à l'utilisation des Systèmes Multi agents pour la gestion des connaissances est présenté dans la dernière partie de ce chapitre.
- **Chapitre 3 –Analyse du système de gestion des connaissances KATRAS_GW.** Ce chapitre constitue le cœur de notre contribution. Il présente de manière approfondie les bases de notre travail, en commençant par énoncer les motivations de la réutilisation des connaissances. Ensuite, nous analysons les différents objectifs d'un SGC et nous expliquons les moyens de les réaliser.
- **Chapitre 4 – Conception et Modèles détaillés pour un SMA de gestion de la connaissance.** Dans ce chapitre, nous définissons le système multi-agent chargé de réaliser les objectifs du SGC. Nous développons un collecticiel qui nous permet d'effectuer quelques scénarios en mettant l'accent sur les différentes formes de réutilisation des connaissances. Nous décrivons les agents qui interviennent pour chaque scénario et nous expliquons les résultats.
- **Chapitre 5 - Conclusion générale.** La thèse s'achève par un bilan général, rappelant les problèmes que nous avons traités. Nous en déduisons un ensemble de perspectives pouvant être développées par la suite, ouvrant ainsi de nouvelles voies et propositions dans le but d'améliorer ce travail.

Chapitre 1

ASPECS : définitions et aspects méthodologiques

Les travaux présentés dans cette thèse ont pour objectif de répondre à la problématique de la gestion des connaissances lors des projets de conception de produits mécaniques en s'appuyant sur le paradigme des Systèmes Multi-Agents. Ce premier chapitre débute par la présentation du processus ASPECS (Agent-oriented Software Process for Engineering Complex Systems) pour l'analyse, la conception et le déploiement de Systèmes Multi-Agents dans le cadre de systèmes complexes.

Cette méthodologie a pour objectif d'offrir la possibilité au concepteur de modéliser un système avec des entités de granularités différentes. Ce chapitre présente tout d'abord les Agents et les Systèmes Multi-Agents (SMA) et ensuite les Holons, introduit par ASPECS comme étant un type particulier d'agents. Il se poursuit ensuite par la présentation générale du processus ASPECS, ses phases ainsi que les activités qui seront utiles pour la suite de ce travail.

Sommaire

1.	Introduction	25
2.	Systèmes Multi Agents et Systèmes Multi Agents Holoniques	25
	2.1 Définition de la notion d'Agent	25
	2.2 Définition de la notion de Système Multi-Agents.....	26
3.	Description générale du processus ASPECS	28
4.	Phase d'analyse des besoins du système.....	30
	4.1 Description des besoins.....	31
	4.2 Description de l'ontologie du problème	31
	4.3 Identification des organisations	32
	4.4 Identification des interactions et des rôles	33
	4.5 Description des scénarios d'interaction	34
5.	Phase de conception de la société agent.....	35
	5.1 36	
	5.1 Description de l'ontologie de la solution.....	36
	5.2 Description des communications.....	37
	5.3 Conception des holarchies	38
6.	Phases d'implémentation et de déploiement.....	39
7.	Conclusion.....	40

1. Introduction

Les systèmes multi-agents acquièrent de plus en plus d'importance pour leur capacité à aborder des problèmes complexes. Les agents ont été utilisés dans un grand nombre d'applications et ont donné naissance à de nombreux modèles et méthodologies pour l'analyse, la conception et le déploiement, comme par exemple TROPOS [BRESCIAN, 2004], GAIA [Zambonelli, 2003] ou ADELFE [Bernon, 2002][Picard, 2004]. Parmi ces méthodologies, ASPECS¹ [Cossentino, 2010] a retenu notre attention par sa capacité à appréhender les aspects sociaux d'un système et les structures organisationnelles complexes. En effet, ASPECS est basée sur le principe, énoncé par Simon [Simon, 1991], selon lequel les systèmes complexes exhibent souvent une configuration hiérarchique. Une hiérarchie d'après Simon est un système composé de sous-systèmes inter-connectés, eux-mêmes structurellement hiérarchiques, et ce, jusqu'à ce que l'on atteigne le niveau le plus bas composé de sous-systèmes considérés comme élémentaires. Considérer les agents comme des entités composées permet de faciliter la modélisation des hiérarchies de composition et de leurs dynamiques. Une telle approche est donc susceptible d'offrir un moyen plus adapté à la modélisation des systèmes complexes.

Partant de ce constat, ASPECS propose d'utiliser les SMA pour faciliter le développement de systèmes logiciels complexes. Pour cela, ASPECS introduit un type particulier d'agents, les holons, qui possèdent la particularité de pouvoir être composés de (sous-)holons en interaction. Le cycle de développement d'ASPECS est basé sur un processus itératif. ASPECS fournit un guide complet, depuis l'analyse des besoins jusqu'à l'implémentation et au déploiement, permettant la modélisation d'un système à différents niveaux de détails, en procédant par raffinements successifs. L'approche offre la possibilité au concepteur de modéliser un système avec des entités de granularités différentes. Il peut ainsi récursivement décomposer un système en sous-systèmes, jusqu'à atteindre un niveau où la complexité des tâches identifiées est suffisamment faible, pour être exécutée par des entités considérées comme atomiques et faciles à implémenter.

Ce chapitre est organisé de la manière suivante : les concepts d'agents et d'holons sont définis. Ensuite, après une courte description générale du processus ASPECS, le processus de développement en lui-même est détaillé phase par phase en ne considérant que les activités qui seront utiles pour la suite de ce travail.

2. Systèmes Multi Agents et Systèmes Multi Agents Holoniques

2.1 Définition de la notion d'Agent

D'après Ferber [Ferber, 1995] :

¹ Agent-oriented Software Process for Engineering Complex Systems

Définition 1.1 : *Un agent est une entité autonome, réelle ou abstraite, qui est capable d'agir sur elle-même et sur son environnement, qui dans un univers multi-agents, peut communiquer avec d'autres agents, et dont le comportement est la conséquence de ses observations, de ses connaissances et des interactions avec les autres agents.*

Jennings et Wooldridge [Jennings, 1998] définissent l'agent comme suit :

Définition 1.2 : *Un système informatique, situé dans un environnement, qui agit d'une façon autonome et flexible pour atteindre les objectifs pour lesquels il a été conçu.*

Les mots clés introduits dans les deux définitions précédentes sont :

– *Situé*: l'agent est incorporé dans un environnement dont il peut recevoir des entrées sensorielles. L'agent est capable d'agir sur cet environnement et peut effectuer des actions qui sont susceptibles de le changer. D'après Danny Weyns [Weyns, 2005], l'environnement fournit les conditions environnantes aux agents pour évoluer, et leurs permet d'interagir entre eux.

– *Autonome* : L'agent est capable d'agir sans l'intervention d'un tiers (homme ou autre agent) et qu'il a le contrôle de ses actions et de son état interne. D'après Maes [Maes, 1995], les agents autonomes sont des entités informatiques qui se trouvent dans un environnement complexe et dynamique, perçoivent et agissent d'une manière autonome et, ce faisant, réalisent les objectifs et les tâches pour lesquels elles ont été conçues.

– *Flexible* : l'agent est capable d'agir à temps. Il peut percevoir son environnement et élaborer une réponse dans les temps requis. Il est également capable d'avoir un comportement opportuniste, dirigé par ses buts ou sa fonction d'utilité et prendre des initiatives au moment approprié. L'agent peut aussi interagir avec les autres agents afin de compléter ses tâches ou aider les autres à compléter les leurs.

2.2 Définition de la notion de Système Multi-Agents

Un SMA peut être considéré comme un ensemble d'agents partageant un environnement commun. Une définition d'un SMA est proposée dans [Durfee, 1989] :

Définition 1.3 : *Un réseau faiblement couplé d'agents qui interagissent pour résoudre des problèmes qui sont au-delà des capacités individuelles ou des connaissances de chaque agent.*

Nous complétons ces caractéristiques d'un SMA avec la définition proposée par Ferber [Ferber, 1999] :

Définition 1.4 : *Un système Multi-agents est :*

- *Un environnement E : espace disposant généralement d'une métrique*
- *Un ensemble d'Objets O : Pour tout objet, il est possible, à un moment donné, d'associer une position dans E . Ces objets sont passifs, c'est-à-dire qu'ils peuvent être perçus, créés, détruits et modifiés par les agents.*
- *Un ensemble A d'agents, qui sont des objets particuliers (A est inclus dans O), lesquels représentent les entités actives du système.*
- *Un ensemble de relations R qui unissent des objets (et donc des agents) entre eux.*
- *Un ensemble d'opérations Op permettant aux agents de A de percevoir, produire, consommer, transformer et manipuler des objets de O .*

Le domaine des SMAs s'intéresse donc aux comportements collectifs générés par les interactions entre différentes entités autonomes appelées agents.

2.3 Définition des notions de holon et de Systèmes Multi-Agents Holoniques

Les systèmes multi agents holoniques sont des SMA qui intègrent la notion de Holon. Le philosophe hongrois Koestler [Koestler, 1967] a introduit le terme «Holon » pour designer des structures naturelles ou artificielles qui ne sont ni tout ni parties dans un sens absolu.

Définition 1.5 : *Un holon est une entité auto-similaire composée de holons comme sous-structures.*

La structure hiérarchique composée de holons est appelée holarchie (figure 1.1). Un holon peut être vu, en fonction du niveau d'observation, tantôt comme une entité atomique, tantôt comme un groupe de holons en interaction. De la même manière, un ensemble constitué de différents holons peut être considéré comme un ensemble d'entités en interaction ou comme des parties d'un holon de niveau supérieur. À un niveau supérieur, le holon composé est qualifié de super-holon. Les holons qui composent un super-holon sont appelés sous-holons ou holons membres.

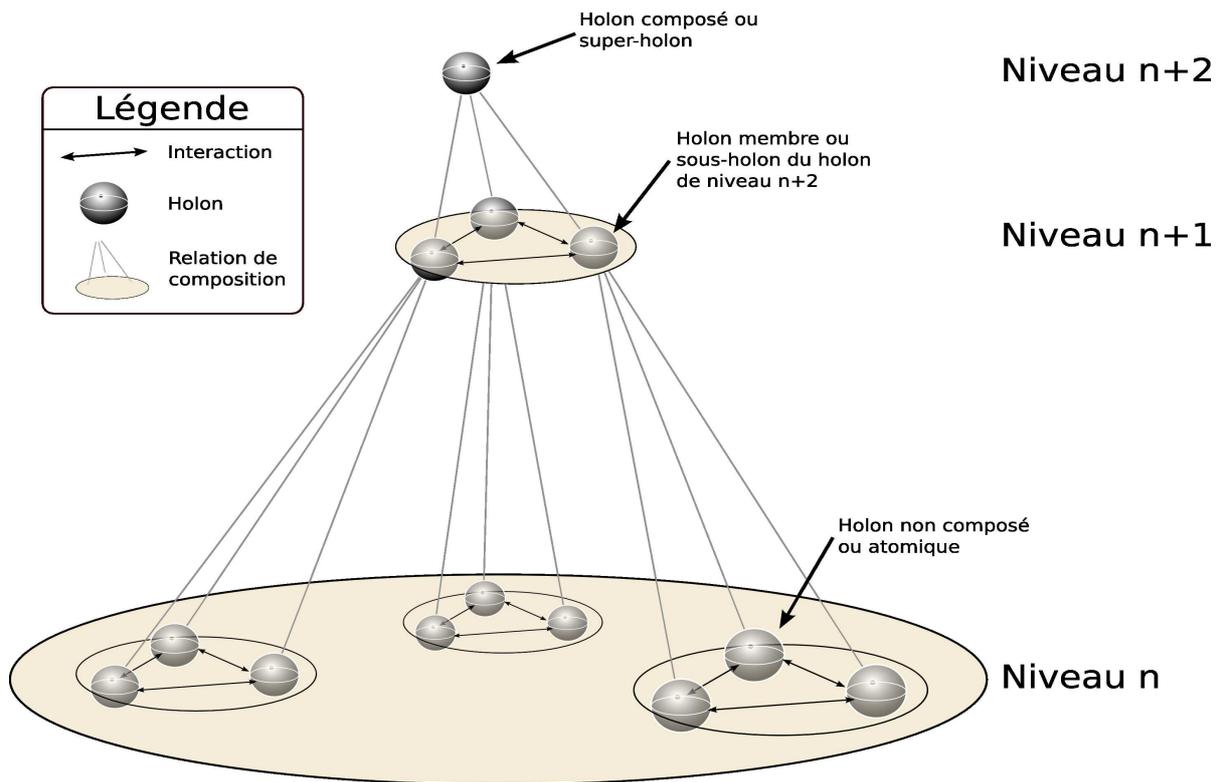


Figure 1.1. Holarchie

Après cette brève introduction aux systèmes multi agents, nous présentons la méthodologie ASPECS que nous utilisons dans notre contribution.

3. Description générale du processus ASPECS

ASPECS est un processus d'ingénierie logicielle qui décrit pas à pas les étapes à suivre pour le développement de logiciels, depuis l'analyse des besoins jusqu'à la production du code et au déploiement de celui-ci sur une plate-forme spécifique. Il est basé sur le métamodèle CRIO [Gaud, 2007] qui définit les principaux concepts pour l'analyse, la conception et l'implantation des SMA.

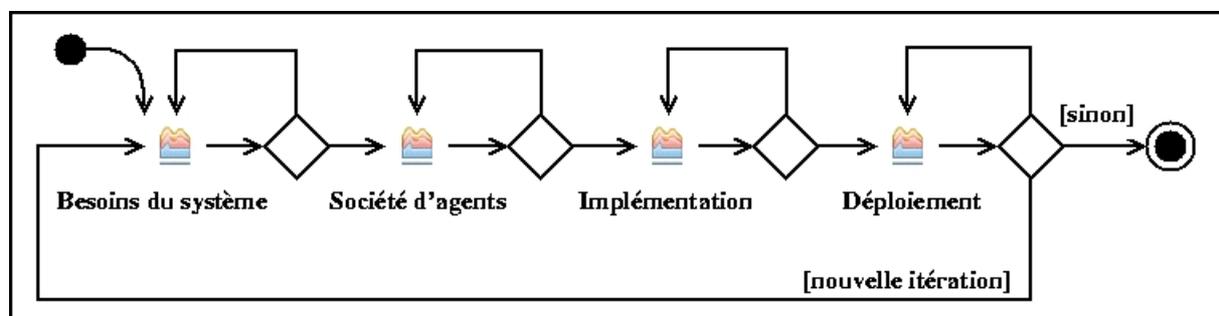


Figure 1.2. Phases du processus ASPECS

Les phases du processus sont illustrées par la figure ci-dessus.

- L'analyse des besoins vise à fournir une description organisationnelle du système (décomposition hiérarchique du système). Elle doit également collecter les connaissances disponibles sur le domaine du problème et les organiser au sein d'une ontologie.
- La conception d'une société d'agents cherche à construire le modèle d'un SMA, dont le comportement global doit être en mesure de fournir une solution au problème décrit dans la phase précédente. Les connaissances sur le système sont affinées et intègrent les éléments spécifiques à la solution proposée.
- L'implémentation de la solution décrit l'architecture des agents impliqués dans la solution et doit fournir le code source de l'application.
- Le déploiement de la solution constitue la phase finale en charge du déploiement de l'application sur la plate-forme choisie.

Le langage de modélisation adopté est UML. Afin de pleinement satisfaire les objectifs et les besoins spécifiques à l'approche orientée-agents, la sémantique et les notations d'UML ont été étendues, et de nouveaux profils UML ont notamment été introduits.

Chaque phase d'ASPECS est composée d'activités qui s'enchaînent selon l'ordre schématisé par la figure 1.3. Une activité est « *l'ensemble des tâches élémentaires exécutées par un individu ou un groupe qui conduisent à la réalisation de biens ou de services* » [Pahl, 1999]. Sur cette figure, les phases d'implémentation et de déploiement ont été fusionnées pour plus de clarté. Chaque activité est schématisée par un rectangle qui contient d'une part le nom de l'activité en partie haute et d'autre part l'objectif de l'activité en partie basse.

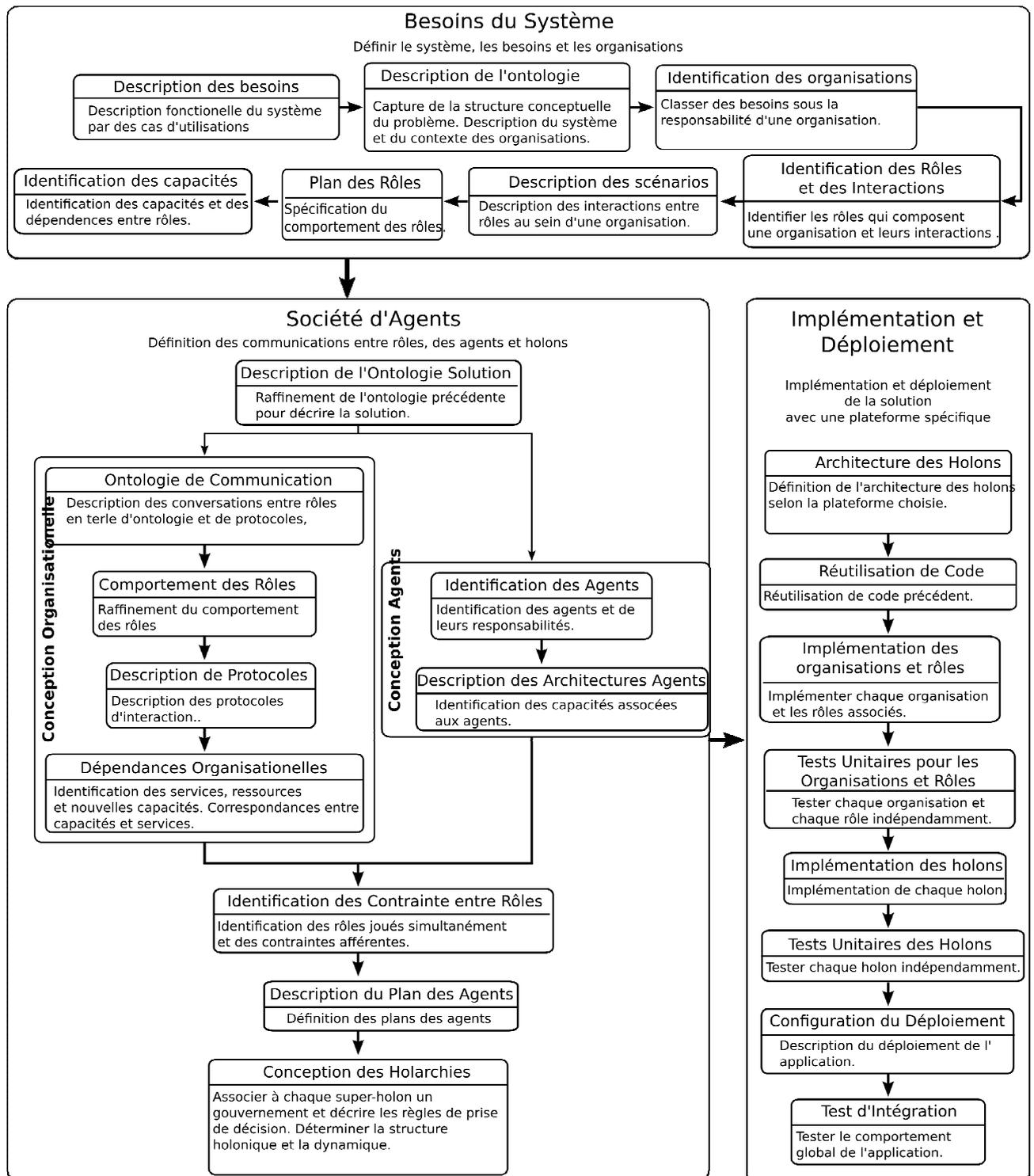


Figure 1.3. Détail des activités d'ASPECS

4. Phase d'analyse des besoins du système

La phase d'analyse des besoins doit fournir une description complète du problème sur la base des abstractions définies dans le domaine du problème. L'ensemble des activités qui

composent cette première phase ainsi que leurs principaux produits sont décrits dans la figure 1.3.

4.1 Description des besoins

ASPECS débute par une description des besoins du domaine. L'objectif consiste à dresser une première description du contexte de l'application et de ses fonctionnalités. Cette activité vise à identifier, classifier et hiérarchiser l'ensemble des buts et des différentes parties prenantes du projet. Elle doit également fournir une première estimation du périmètre de l'application ainsi que de sa taille et de sa complexité. L'analyse des besoins est basée sur une approche orientée but [Yu, 1997].

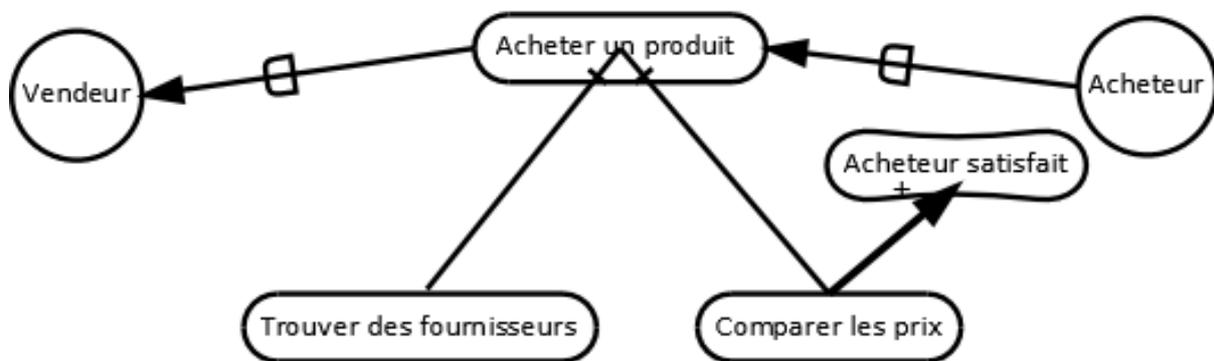


Figure 1.4. Exemple de description des besoins

La figure 1.4 montre un exemple de description de besoin en utilisant une approche orientée but. On distingue l'acteur « *Acheteur* » (présenté par un cercle) qui a pour but « *Acheter un produit* ». Pour ce but, l'acteur « *Acheteur* » dépend de l'acteur « *Vendeur* ». Ce but est de type hardgoal (présenté par un rectangle à coins arrondis), ce qui signifie qu'il possède un critère clair de satisfaction. Le but « *Acheter un produit* » peut se décomposer en deux sous-buts : « *Trouver des fournisseurs* » et « *Comparer les prix* ». Le but « *Comparer les prix* » contribue positivement au but « *Client satisfait* ». Ce dernier but est de type Softgoal (présentés sous forme de nuages), il n'existe pas de critères clairs permettant de dire s'il est satisfait ou non.

4.2 Description de l'ontologie du problème

Une fois les objectifs de l'application déterminés, l'ensemble des connaissances disponibles sur l'application et son contexte est conceptualisé dans l'ontologie du problème. D'après Guarino [Guarino, 1998], une ontologie est « *Un ensemble de termes et de concepts structurés entre eux par des liens de divers types, chaque concept pouvant présenter plusieurs sens thématiques.* ». Une définition plus détaillée sera définie dans le chapitre suivant.

La description de l'ontologie du problème doit fournir une première définition du contexte de l'application et du vocabulaire spécifique au domaine. Elle vise à approfondir la compréhension du problème, en complétant l'analyse des besoins et les cas d'utilisation, avec la description des concepts qui composent le domaine du problème, et de leurs relations.

L'ontologie joue un rôle crucial dans le processus de développement ASPECS. En effet, sa structure sera un élément déterminant pour l'identification des organisations. L'ontologie est décrite ici en termes de *concepts*, d'*actions* et de *prédicats*. Elle est représentée à l'aide d'un *profile* UML spécifique pour les diagrammes de classes.

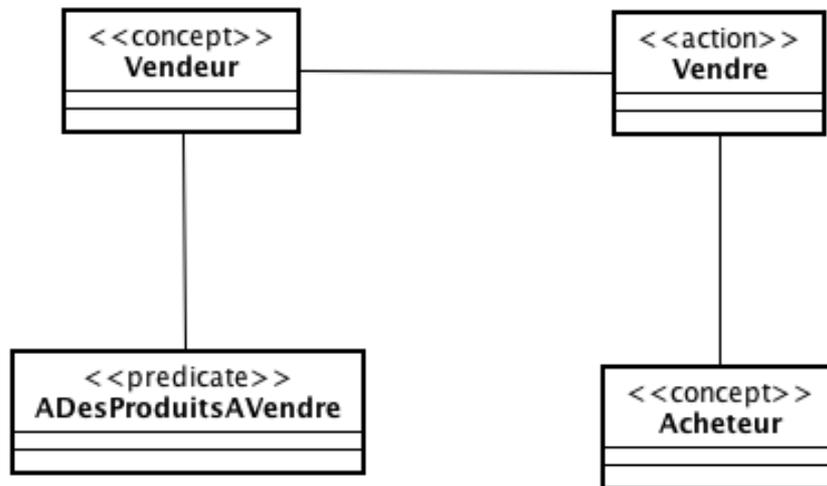


Figure 1.5. Exemple de fragment de l'Ontologie du problème

Dans l'exemple présenté ci-dessus (Figure 1.5), on distingue deux concepts : Vendeur et Acheteur. Un prédicat est associé au concept Vendeur et indique si un Vendeur a des produits à vendre. Enfin une action Vendre conceptualise le fait qu'un Vendeur vend un ou des produits à un Acheteur.

4.3 Identification des organisations

D'après Galbraith dans [Galbraith, 1977] : « une organisation est composée d'entités, travaillant ensemble pour accomplir un but partagé, en se répartissant les tâches et en mettant en place des processus de décision continuellement au fil du temps ». Elle est ainsi basée sur le comportement et les interactions des différentes entités qui la composent.

L'identification des organisations doit établir une première décomposition organisationnelle du système et définir les objectifs de chaque organisation. Chacun des buts, identifiés dans la première activité, se voit associer une organisation incarnant le comportement global en charge de le satisfaire ou de le réaliser. Le contexte de chacune de ces organisations est défini par un sous-ensemble des concepts de l'ontologie du problème. Le résultat de cette activité est ainsi incarné par un ensemble de triplets associant des concepts de l'ontologie, un ou plusieurs buts et une organisation. Les organisations, ainsi identifiées, sont directement ajoutées au diagramme de buts, sous la forme de paquets stéréotypés englobant les buts qu'elles sont en charge de satisfaire. Cette étape de l'activité d'identification des organisations permet de fixer les objectifs d'un premier ensemble d'organisations.

ASPECS se basant sur un processus itératif, cet ensemble d'organisations peut ensuite être complété au fur et à mesure des itérations, afin de déterminer la hiérarchie organisationnelle représentant le système. Cette décomposition hiérarchique du système se poursuit jusqu'à un

niveau où la complexité des comportements (rôles) est suffisamment faible pour être exécutée par des entités considérées comme atomiques et directement implémentables. Les organisations sont alors représentées par des paquets stéréotypés dans les diagrammes de classes. Les liens de composition (comportementale et hiérarchique) entre les organisations sont décrits par des contraintes dans les diagrammes de classe.

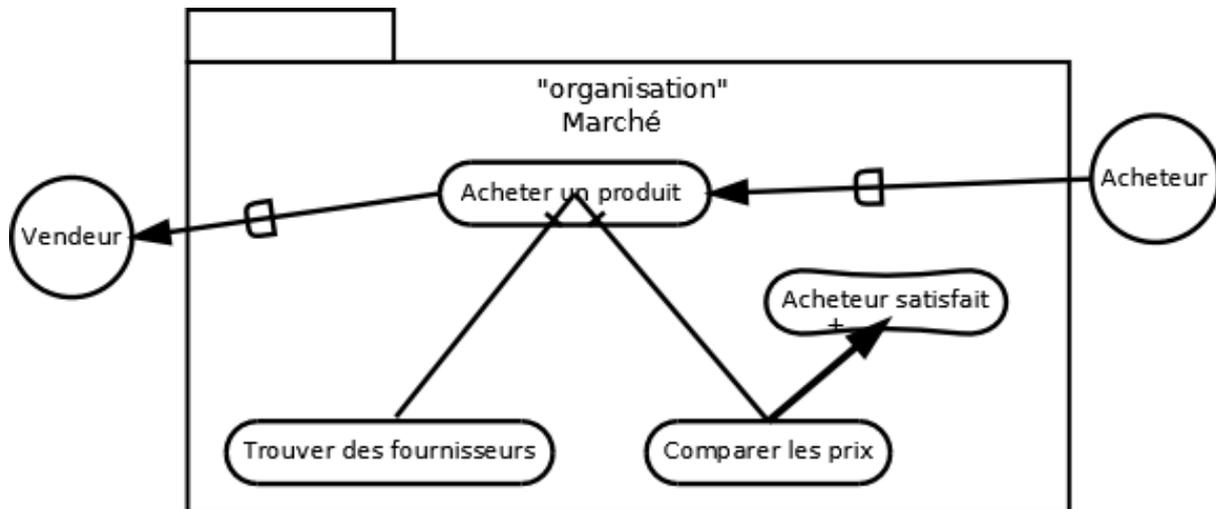


Figure 1.6. Exemple d'organisation

Dans l'exemple présenté ci-dessus (Figure 1.6), on a identifié l'organisation Marché pour la résolution des différents buts. Le package représentant l'organisation englobe les buts dont elle a la charge.

4.4 Identification des interactions et des rôles

Le contexte et les objectifs de chaque organisation sont désormais connus. L'identification des interactions et des rôles vise à décomposer le comportement global incarné par une organisation en un ensemble de rôles en interaction. D'après Dieng [Dieng, 1999] : *Un rôle est une abstraction d'un comportement dans un contexte précis et confère un statut dans l'organisation. Le rôle donne à l'entité qu'il interprète le droit d'exercer ces capacités*. Un rôle interagit avec les autres rôles de l'organisation afin d'accomplir leurs tâches.

Cette activité doit décrire les responsabilités de chaque rôle dans la satisfaction des besoins associés à leurs organisations respectives. Chaque rôle est associé à un ensemble de concepts dans l'ontologie, généralement une sous-partie de ceux associés à son organisation. Grâce aux Boundary Roles, le périmètre de l'application et la frontière entre le système et son environnement sont ici affinés. Les rôles et les interactions composant chaque organisation sont ajoutés à leurs diagrammes de classe. Un rôle est représenté par une classe stéréotypée, et une interaction entre deux rôles est représentée par une association entre les classes des rôles correspondants.

Pour chaque niveau de la hiérarchie organisationnelle, la complexité des rôles identifiés est étudiée. Si celle-ci est considérée comme trop importante pour être gérée par une entité atomique, une nouvelle organisation de niveau d'abstraction inférieur devra alors être identifiée pour répartir la complexité du rôle. Cette identification engendre une nouvelle itération avec l'activité d'identification des organisations.

L'objectif consiste à décomposer les tâches, considérées comme trop complexes au niveau n de la hiérarchie, en un ensemble de tâches plus simples, dont la résolution est répartie entre les rôles du niveau n-1. Chacun de ces rôles de niveau n-1 dispose ainsi d'une complexité inférieure au rôle de niveau n. Les tâches de niveau n sont en fait résolues de manière collaborative par un ensemble de rôles de niveau n-1. Le système est ainsi successivement décomposé niveau par niveau, jusqu'à atteindre un niveau où la complexité des tâches à effectuer est considérée comme suffisamment faible, pour être gérée par des entités atomiques faciles à implanter. Les contributions entre chaque niveau seront détaillées ultérieurement. Le processus de décomposition d'un système dans ASPECS est basé sur la définition récursive du concept d'organisation. Selon le niveau d'abstraction considéré, une organisation peut être vue, soit comme un comportement unitaire, soit comme un ensemble de comportements en interaction. Cette dualité permet de briser la complexité d'un comportement de niveau n en la répartissant parmi un ensemble de comportements en interaction au niveau n-1.

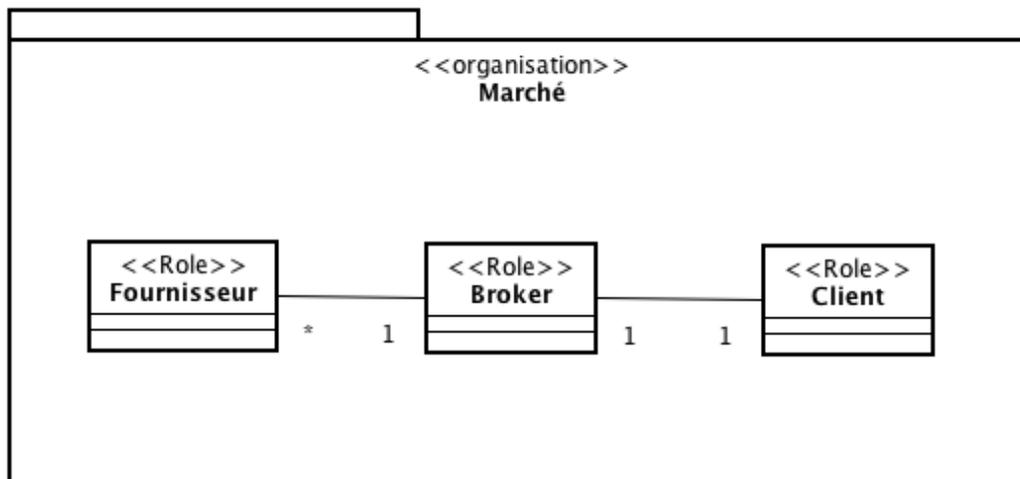


Figure 1.7. Description des interactions et des rôles dans l'organisation *Marché*

Dans l'exemple présenté ci-dessus (Figure 1.7), on distingue l'organisation «Marché», et les rôles qui la composent. Ces rôles sont : «*Client*», «*Broker*» et «*Fournisseur*». Chaque «*Client*» s'adresse à un «*Broker*» qui va chercher parmi les «*Fournisseur*» connus celui proposant un prix satisfaisant.

4.5 Description des scénarios d'interaction

Les objectifs, les rôles et les interactions de chaque organisation sont désormais identifiés. L'objectif de cette activité consiste à préciser les interactions entre les rôles pour donner naissance à un comportement de plus haut niveau. Un scénario d'interaction décrit les

interactions entre les rôles définis au sein d'une organisation donnée et précise les moyens de coordination entre eux pour satisfaire les objectifs assignés à leur organisation. En conséquence, chaque organisation est associée à au moins un scénario; ce dernier pouvant impliquer des rôles définis dans des organisations différentes. En effet, une organisation requiert généralement de l'information provenant d'autres organisations (situées au même niveau d'abstraction ou à un niveau différent). Les scénarios détaillent la séquence d'arrivée ou de transfert de ces informations. La description des scénarios d'interaction est supportée par un ensemble de diagrammes de séquences UML.

Les activités de description des plans de comportements et d'identification de capacités ne sont pas utiles pour les chapitres à venir et ne sont donc pas décrites.

La figure 1.8, montre un exemple de scénario d'interaction les rôles de l'organisation Marché. Le Client envoie un message de demande de produit au Broker. Celui-ci diffuse la demande auprès des Fournisseurs connus. Les Fournisseurs répondent par des propositions qui sont analysés par le Broker afin de choisir la meilleure. Enfin, le Broker envoie le résultat au Client.

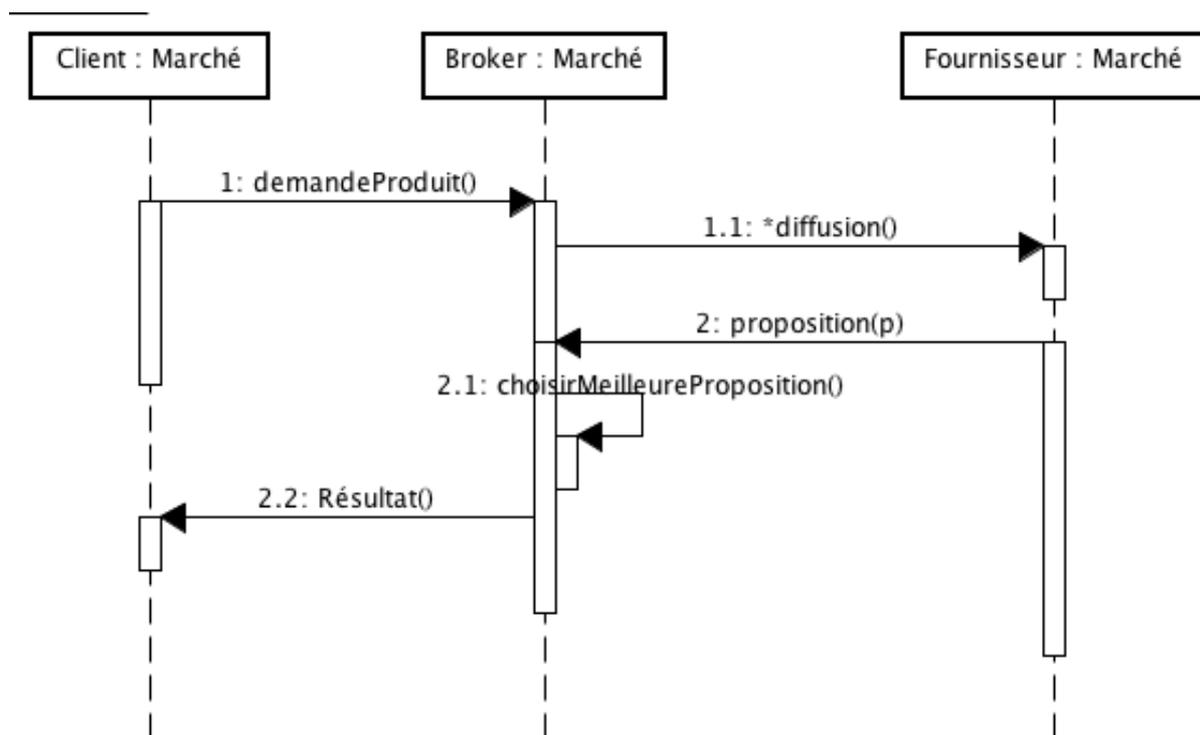


Figure 1.8. Exemple d'un scénario d'interaction entre deux joueurs

5. Phase de conception de la société agent

A la fin de la phase d'analyse, le périmètre de l'application à développer, ainsi que la hiérarchie organisationnelle qui la compose, sont désormais identifiés et partiellement

spécifiés. Pour chaque niveau de cette hiérarchie, les organisations ainsi que les rôles et les interactions qui la composent sont décrites. Une première spécification du comportement des rôles a déjà été effectuée. L'objectif consiste désormais à élaborer le modèle d'une société d'agents dont le comportement global doit être en mesure de fournir une solution au problème décrit dans la phase précédente.

Après avoir modélisé le problème en termes d'organisations, de rôles, d'interactions et de capacités, le modèle de la société d'agents est décrit en termes de communication et de dépendances entre entités. Les connaissances sur le système sont affinées et intègrent les éléments spécifiques à la solution proposée. Le comportement des rôles est affiné sur la base des concepts nouvellement introduits, et associé aux agents en charge de les exécuter. Les interactions sont également raffinées pour décrire précisément leur contenu et leur éventuel protocole.

L'ensemble des activités qui composent cette phase de conception de la société agent, ainsi que les principaux produits associés, sont décrits dans la figure 1.3.

5.1 Description de l'ontologie de la solution

La première activité de la phase de conception est consacrée à la description de l'ontologie de la solution. Elle cherche à affiner l'ontologie du problème, afin d'y intégrer les nouvelles connaissances relatives à la solution en cours de développement et notamment celles qui seront utilisées pour décrire les informations échangées lors des communications entre rôles. Cette extension implique l'ajout de nouveaux concepts et le raffinement de concepts déjà présents. De nouvelles actions sont également ajoutées, en accord avec les capacités identifiées durant l'activité précédente, ainsi que de nouveaux prédicats pour spécifier les règles qui régissent les organisations du système.

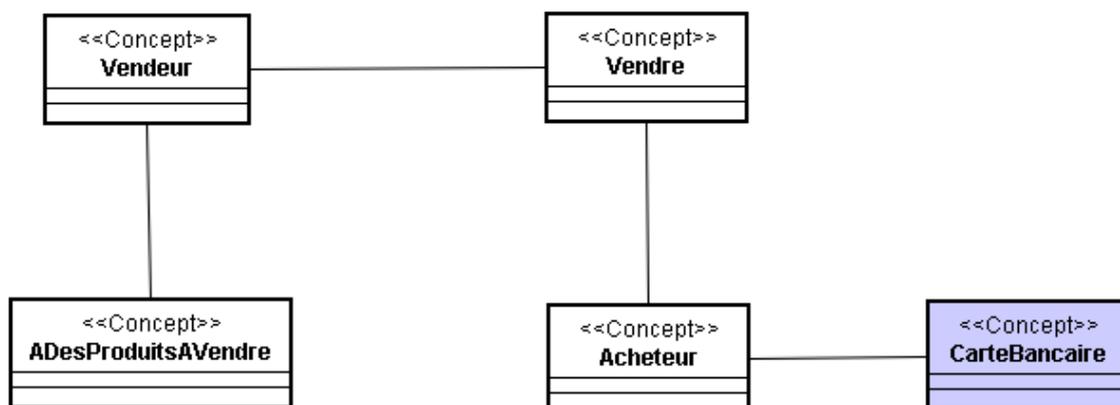


Figure 1.9. Exemple d'un fragment de l'ontologie de la solution

Dans la figure 1.9, on reprend l'exemple de la figure 1.5. Le concept en gris « *Carte bancaire* » est un nouveau concept apporté à l'ontologie solution, décrivant un moyen de paiement.

5.2 Description des communications

Cette activité vise à décrire les communications et conversations entre les rôles de chacune des organisations du système. Une communication est « une spécialisation d'une interaction dans laquelle les connaissances partagées par les participants sont représentées par un ensemble d'éléments de l'ontologie » [Gaud, 2007]. Chacune des interactions précédemment identifiées va être spécialisée dans cette activité en communication ou en conversation. Il est rappelé que les communications sont un moyen plus raffiné d'interagir, par rapport aux interactions entre les rôles définis dans le domaine du problème. Le modèle de la communication entre rôles est basé sur l'hypothèse que deux rôles qui interagissent partagent des connaissances communes et donc une ontologie commune. Ce savoir partagé est représenté dans chaque communication (et conversation) par un ensemble d'éléments d'ontologie (Concept, Action, Prédicat). Une conversation, quant à elle, est régie par un protocole d'interaction et un langage défini. L'ensemble des protocoles est décrit en accord avec les spécifications de la FIPA [FIPA ACL, 2002]. Dans ces standards largement adoptés dans ASPECS, les conversations sont décrites sous la forme d'actes de langage [Searle, 1969]. L'activité de description des communications utilise les diagrammes de classe UML pour fournir une description statique des communications entre rôles : les rôles sont représentés par des classes et les communications par des associations. Les attributs des communications (ontologie, langage, protocole) sont, pour leur part, spécifiés dans des classes d'association.

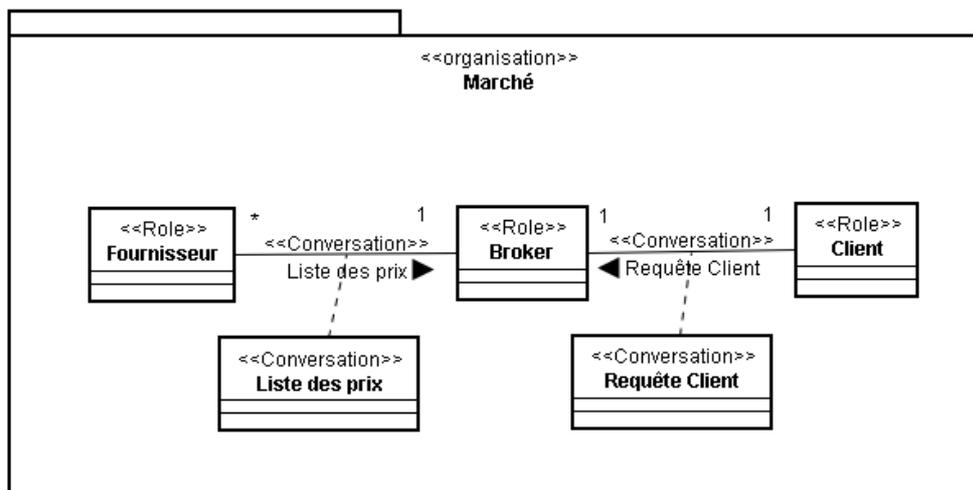


Figure 1.10. Exemple de description d'une communication

L'exemple ci-dessus (Figure 1.10) décrit la communication entre les rôles au sein de l'organisation « *Marché* ». L'interaction entre le *Client* et le *Broker* est modélisée par la

communication (conversation) *Requête Client*. L'interaction entre le *Fournisseur* et *Broker* est modélisée par la communication *Liste des prix*.

5.3 Conception des holarchies

A ce stade du processus, l'ensemble des organisations du système, leurs rôles et les communications associées sont désormais complètement décrits et spécifiés. La conception des holarchies est la dernière activité de la phase de conception; elle effectue une synthèse globale où les résultats de l'ensemble des travaux précédents sont combinés et résumés en un seul produit. Elle est consacrée à l'agentification de la hiérarchie organisationnelle et à la définition des entités en charge de l'exécuter. Son objectif consiste à définir les holons du système et à en déduire la structure de la holarchie.

Pour construire la holarchie de l'application, les organisations qui composent le système sont instanciées sous forme de groupes. Un ensemble de holons est ensuite créé à chaque niveau, chacun d'eux jouant un ou plusieurs rôles dans un ou plusieurs groupes du niveau considéré. Les relations de composition entre super-holons et sous-holons sont ensuite spécifiées en accord avec les contributions entre organisations définies dans la hiérarchie organisationnelle. Par exemple, les super-holons de niveaux $n+1$ jouent des rôles dans les groupes de niveaux $n+1$. Les membres respectifs de ces super-holons jouent des rôles dans les différents groupes de niveaux n , qui contribuent au comportement des rôles de niveau $n+1$ joués par leur super-holon. La hiérarchie organisationnelle est donc directement associée à une hiérarchie de holons (ou holarchie). Les règles qui régissent la dynamique de ces holons sont basées sur la manière de répartir les rôles holoniques parmi ses membres. Tous ces éléments sont ensuite synthétisés pour décrire la structure de la holarchie initiale du système. La notation utilisée pour représenter la structure statique d'une holarchie est inspirée des diagrammes de type *cheese-board* proposés dans [Ferber, 04] et adaptée pour mieux représenter l'approche holonique.

A la fin de cette phase, la structure de la holarchie ainsi que l'architecture des holons qui la composent sont désormais connues. Nous pouvons alors procéder à leur implantation sur la plate-forme choisie.

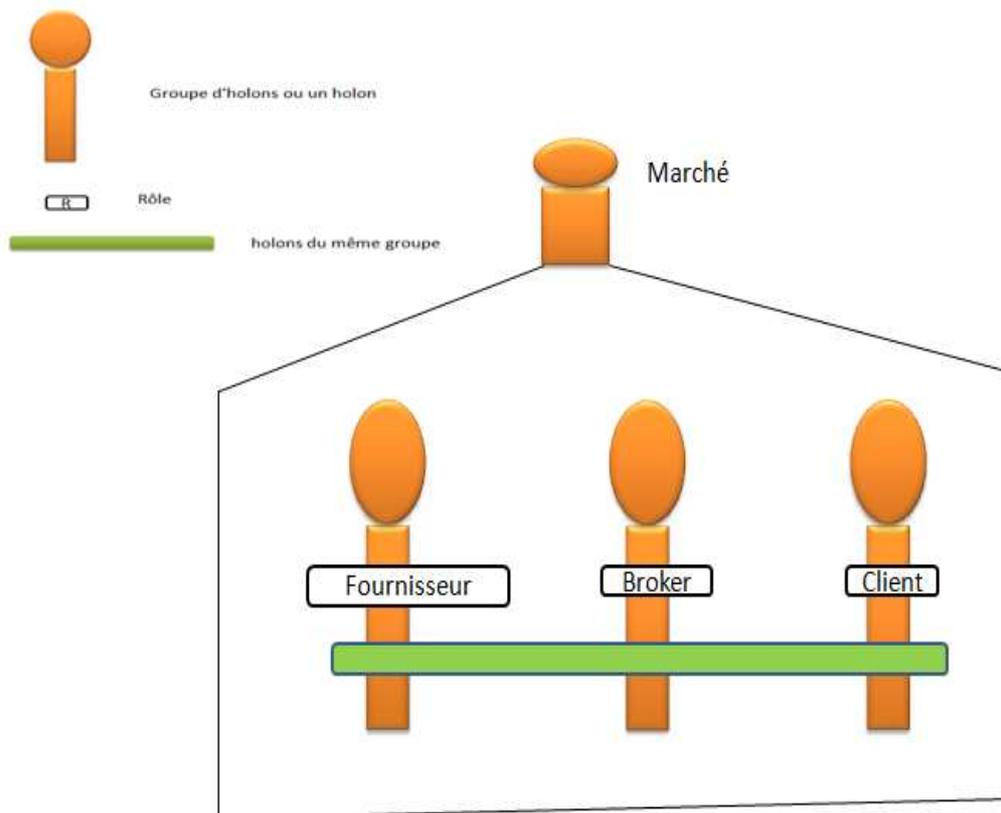


Figure 1.11. Exemple d'une holarchie

L'exemple de la figure 1.11 ci-dessus montre le groupe d'holons « Marché » composé de trois holons ayant respectivement pour rôle « Fournisseur », « Broker » et « Client ».

6. Phases d'implémentation et de déploiement

La phase d'implémentation vise à fournir un modèle implémentatoire de la solution multi-agents conçue durant la phase précédente. Cette étape est dépendante de la plate-forme d'implantation choisie. Parmi les choix possibles comme plateforme d'implémentation MadKit [Gutknecht et Ferber, 2000] ou Janus [Gaud, 2008] semblent être les meilleures candidates de part leur support natif des concepts organisationnels. Notre choix s'est porté sur MadKit car cette plateforme semble être la plus mature à l'heure actuelle.

Sur la base de MadKit, cette phase détaille l'ensemble des activités nécessaires pour concevoir l'architecture de la solution, produire le code source associé et le tester.

La phase de déploiement est la dernière étape du processus ASPECS, elle vise à décrire les éléments nécessaires au déploiement de l'application produite durant la phase précédente. Ceci implique de détailler les étapes de son installation et de son exécution, dans son environnement de production, et éventuellement de sa mise à jour et de sa désinstallation. Dans le contexte des systèmes multi-agents et des systèmes logiciels complexes, la phase de déploiement prend un sens tout particulier. En effet, de tels systèmes se doivent d'être

distribués, ouverts, et fortement dynamiques. Cette phase vise également à définir la position initiale (au moins) des agents au sein du système distribué.

7. Conclusion

Ce chapitre a introduit le processus de développement logiciel ASPECS. ASPECS couvre l'intégralité du processus de développement, de l'analyse des besoins jusqu'au déploiement. Cette section résume brièvement les contributions liées à cette méthodologie qui vont être exploitées dans la suite de ce manuscrit.

La réutilisation des modèles et l'utilisation des schémas de conception organisationnels sont des points clefs d'ASPECS. La définition du comportement des rôles, sur la base des capacités, permet d'augmenter la généricité des organisations et ainsi favoriser leur réutilisation dans de futures applications. En outre, l'approche organisationnelle adoptée est particulièrement intéressante pour le développement d'applications complexes et favorise la modularité, l'extensibilité et la réutilisation des modèles.

La réutilisation est également encouragée par l'ontologie, considérée comme la base de connaissances commune et transversale au processus de modélisation. En effet, les connaissances du domaine du problème sont regroupées et classifiées dans cette base.

Chapitre 2

Gestion et Cycle de vie de la connaissance

Ce chapitre définit les concepts de base, nécessaires à la compréhension de la problématique de la gestion des connaissances. Il aborde la nécessité de gérer les connaissances métier des acteurs lors des activités de conception de produits. De plus, il présente les concepts d'ontologie et de mémoire d'entreprise comme un moyen de représentation et de stockage des connaissances.

Nous terminons ce chapitre par une vue d'ensemble sur les différents travaux qui traitent la gestion des connaissances en utilisant des systèmes multi-agents.

Sommaire

1.	Introduction	44
2.	Définition de la connaissance.....	44
3.	Définition de la gestion des connaissances	45
3.1	<i>Cycle de vie de la connaissance d'après Ruggle.....</i>	45
3.2	<i>Cycle de vie de la connaissance d'après Dieng</i>	46
3.3	<i>Cycle de vie de la connaissance d'après Nonaka et Takeuchi</i>	46
3.4	<i>Cycle de vie de la connaissance d'après Grundstein.....</i>	47
4.	Le stockage et la représentation des connaissances	48
4.1	<i>Mémoire d'entreprise.....</i>	48
4.2	<i>Ontologie.....</i>	49
5.	Approches pour la gestion des connaissances.....	51
5.1	<i>La méthode CommonKADS.....</i>	51
5.2	<i>La méthode REX.....</i>	52
5.3	<i>La méthode MKSM (Methodology for Knowledge System Management).....</i>	52
5.4	<i>La méthode CYGMA (Cycle de vie et Gestion des Métiers et Applications).....</i>	53
6.	Approches à base d'agents pour la gestion des connaissances	53
6.1	<i>Critères de comparaison</i>	53
6.2	<i>Agents comme technique de modélisation.....</i>	54
6.3	<i>Agents comme technique d'implémentation</i>	55
6.4	<i>SMA comme méthodologie pour la gestion des connaissances.....</i>	56
7.	Conclusion.....	63

1. Introduction

La gestion des connaissances constitue « une préoccupation de toute organisation performante » [Ermine, 2000] dans l'objectif d'améliorer sa rentabilité. En effet, de nombreuses contraintes, comme le changement des équipes, les délais de fabrications, les coûts et la qualité, imposent aux entreprises de mettre en commun le savoir de leurs employés. La qualité des produits et des services dépend de la capacité d'une entreprise à créer et partager ses savoirs entre ses employés. Afin de satisfaire ce besoin, l'entreprise doit devenir un environnement de création et de partage des connaissances qui favorise l'innovation.

Nonaka [Nonaka et Takushi, 1995] explique que les connaissances doivent être bien gérées, à un niveau individuel, et également aux niveaux des équipes et de l'organisation. L'entreprise fournit un système de production et d'échanges de connaissances pouvant être partagées entre l'ensemble des employés. Ceci donne une capacité d'apprentissage à l'organisation qui lui permettra de rester compétitive à long terme. Lors des activités de conception, les acteurs métier utilisent leurs connaissances et savoir faire propres à leur métier.

Afin de comprendre la problématique de la gestion des connaissances, ce chapitre aborde en premier temps la définition de la connaissance et de sa gestion. Ensuite, il présente les concepts d'ontologie et de mémoire d'entreprise comme, respectivement, moyens de représentation et de stockage des connaissances. Il se termine par une vue d'ensemble sur les différents travaux qui traitent la gestion des connaissances en utilisant les systèmes multi-agents.

2. Définition de la connaissance

La connaissance présente l'élément de base du processus de gestion des connaissances. Dans la littérature, données, informations et connaissances sont souvent confondus [Serrafero, 2003]. Il devient alors important de visualiser la différence entre ces différents concepts. Afin de définir la connaissance, nous suivons l'approche incrémentale de Gandon [Gandon, 2002] qui considère la donnée comme l'élément de base de la connaissance.

Définition 2.1 : *La donnée est le résultat d'une perception, d'un signal ou d'un signe.*

La donnée est dans ce cas une représentation symbolique d'un nombre, d'un fait ou d'une quantité. Par exemple '100' et 'D' sont des données.

L'information est défini dans [Drucker, 2000] par:

Définition 2.2 : *L'information est une donnée (ou ensemble de données) qui a du sens.*

Par exemple 'la longueur de la table =100 centimètres'.

Enfin, certains auteurs considèrent la connaissance comme un objet manipulable [Argyris, 1978][Nonaka et Takeuchi]. Alavi et Leidner [Alavi et Leidner, 1999] la définissent comme étant un processus pouvant être piloté. Elle est considérée, par d'autres auteurs, comme étant une ressource organisationnelle [Barney, 1991] [Kogut, 1992].

Définition 2.3 : *La connaissance est l'interprétation d'une information par un humain, dans un contexte donné.*

Par exemple, l'expression ' le châssis doit avoir une longueur L=2 mètres' devient une connaissance pour un concepteur de châssis.

Ainsi, une multitude de typologies de la connaissance découle de cette diversité d'approches. Selon Polanyi [Polanyi, 1966], il existe deux types de connaissances : explicites et tacites. La connaissance tacite inclut des éléments cognitifs dans lesquels les individus créent des modèles de fonctionnement du monde en recourant à des analogies et regroupent les compétences innées ou acquises, le savoir-faire et l'expérience [Nonaka et Takeuchi, 1997]. La connaissance explicite, plus facile à communiquer, est une connaissance codifiée, qui est transmise dans un langage formel et structuré et se réfère à la connaissance de la rationalité [Nonaka et Takeuchi, 1997]. En d'autres termes, la connaissance explicite se réfère à celle pouvant être exprimée sous formes de dessins, de mots et d'autres moyens articulés [Polanyi, 1966]. Dans cette thèse, nous nous intéressons particulièrement aux connaissances explicites.

3. Définition de la gestion des connaissances

La gestion des connaissances touche les principales composantes de l'organisation à savoir les ressources humaines et la structure organisationnelle. Tissey [Tissey, 1999] définit la gestion des connaissances comme suit :

Définition 2.4 : *La gestion des connaissances correspond à la gestion consciente, coordonnée et opérationnelle de l'ensemble des informations, connaissances et savoir-faire des membres d'une organisation au service de cette organisation.*

Bukowitz et Williams [Bukowitz, 2000] propose une autre définition :

Définition 2.5 : *La gestion des connaissances est une démarche selon laquelle l'entreprise génère de la richesse à partir de son savoir ou de son capital intellectuel.*

En effet, elle devrait assurer la capitalisation, le partage et la création des connaissances. La capitalisation consiste à stocker et préserver les "connaissances cruciales" c'est-à-dire celles qui ont de la valeur pour l'entreprise. Le partage consiste à diffuser les connaissances entre les différents acteurs. La création des connaissances permet de favoriser la créativité des acteurs par la stimulation de la production des connaissances. Il existe plusieurs cycles de vie de la connaissance qu'on peut qualifier de gestion des connaissances mais qui comportent des différences que nous détaillons dans les sections suivantes.

3.1 Cycle de vie de la connaissance d'après Ruggle

Ruggle [Ruggle, 1998] met en avant quatre processus principaux pour présenter le cycle de vie de la connaissance : la génération, le stockage, la diffusion et l'application.

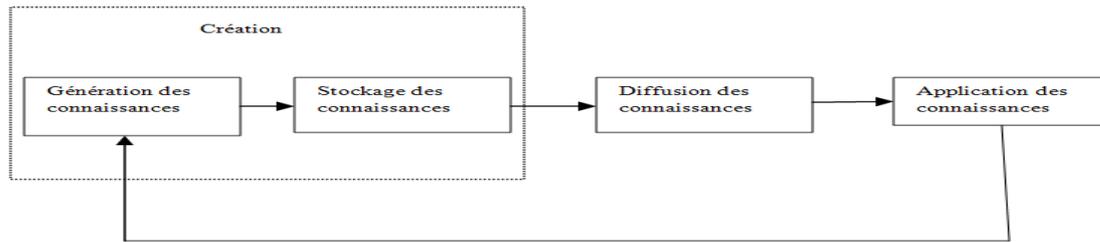


Figure 2.1. Cycle de vie de la connaissance d'après Ruggle

La génération et le stockage des connaissances sont liés au processus de création des connaissances.

Ce processus de création est particulièrement important car il représente le socle de la gestion des connaissances. En effet, il permet l'émergence du corpus à gérer [Marti, 2005].

Le processus de diffusion est lié à la complexité du partage ou à l'obtention de la connaissance requise pour résoudre un problème. Ce problème apparaît une fois que l'individu a localisé la connaissance appropriée. Enfin, le processus d'application des connaissances concerne la difficulté de garantir leur application quand la réutilisation de stock de connaissances antérieures est envisageable.

3.2 Cycle de vie de la connaissance d'après Dieng

Rose Dieng-Kuntz-Kuntz [Dieng, 2001] définit le cycle de gestion de connaissances comme étant composé des phases suivantes :

- *Détection des besoins*: Cette étape consiste à identifier les connaissances qui existent déjà dans l'organisation et celles qui manquent [Nonaka, 1991];
- *Construction*: la construction d'une mémoire organisationnelle afin de développer de nouvelles connaissances, les mémoriser et les indexer pour éviter sa perte.
- *Diffusion*: irriguer l'organisation de connaissance et en distribuer des nouvelles. La connaissance doit être distribuée à ceux qui peuvent l'utiliser.
- *Evaluation*: Cette étape a pour but d'évaluer la connaissance choisie pour être stockée dans la mémoire et son adéquation.
- *Maintenance*: ce processus a pour but la maintenance de la connaissance en la mettant à jour ou en la supprimant si elle devient obsolète.

3.3 Cycle de vie de la connaissance d'après Nonaka et Takeuchi

Le modèle de Nonaka et Takeuchi [Nonaka et Takeuchi, 1995] (figure 2.2) décrit le processus de création de connaissances comme des interactions entre connaissances tacites et explicites, grâce à quatre formes de conversion: (1) la socialisation, (2) l'externalisation, (3) la combinaison et (4) l'intériorisation.

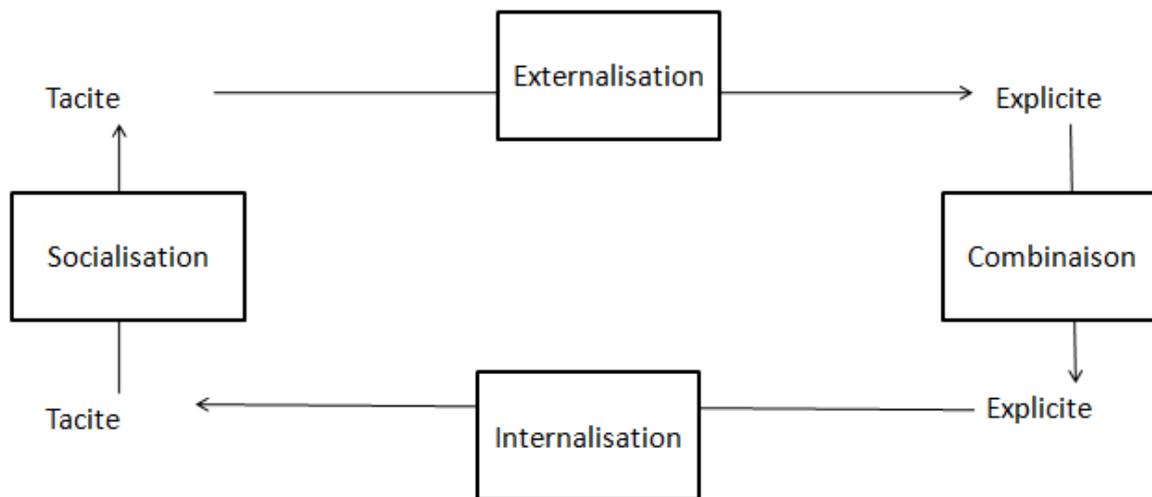


Figure 2.2. Le modèle de Nonaka et Takeuchi

- (1) Du tacite au tacite : la socialisation concerne le partage d'expérience entre individus au sein d'un groupe.
- (2) Du tacite vers l'explicite : l'externalisation désigne l'articulation des connaissances tacites en concepts explicites.
- (3) D'explicite à explicite : la combinaison permet de produire des connaissances nouvelles à partir des connaissances explicites.
- (4) D'explicite à tacite : l'intériorisation représente un processus d'apprentissage basé sur des manuels, documents etc. Ce processus permet d'enraciner la connaissance explicite.

3.4 Cycle de vie de la connaissance d'après Grundstein

Selon Grundstein [Grundstein, 2006], il faut repérer les connaissances, les préserver, les valoriser et les actualiser.

- **repérer les connaissances cruciales**, c'est-à-dire les connaissances explicites et les connaissances tacites qui constituent le cœur des activités de l'entreprise. Il faut les identifier, les localiser, les caractériser, en faire des cartographies et les hiérarchiser. Toutes ces actions ont comme objectif commun la création de connaissances.

- **préserver des connaissances** : consiste à acquérir les connaissances explicitables, les modéliser, les formaliser et les conserver. Autrement, il faut encourager le transfert de connaissances de type « maître - apprenti » et les réseaux de communication entre les personnes par exemple.

L'organisation doit organiser, structurer, et répartir cette connaissance. D'après Stein et Zwass [Stein, 1995], ce processus est décrit en deux phases : (1) une phase d'acquisition et de conservation (2) une phase de recherche et de restitution des connaissances. La première phase s'intéresse à la représentation des connaissances de manière à ce qu'elles puissent être réutilisées par ailleurs par différents membres de l'organisation. C'est une phase

particulièrement importante. Elle est décisive pour la réussite ou non des étapes ultérieures. La deuxième phase, de recherche et de restitution, va être étroitement liée à la première et notamment aux choix opérés, en ce qui concerne la codification des connaissances.

- **valoriser des connaissances** : il faut les rendre accessibles selon certaines règles de diffusion et d'exploitation des connaissances afin de contribuer au développement de l'entreprise. Ce processus lie la problématique de capitalisation des connaissances à la problématique d'innovation [Nonaka & Konno, 1998] [Grundstein, 1988] [Midler, 1993]. Son objectif principale est la réutilisation des connaissances, c'est le processus d'application des connaissances [Fahey et Prusak 1998]. En effet, leur diffusion dans l'organisation ne constitue que la première étape de leur application effective [Alavi et Leidner, 2001]; [Gold, 2001]. En particulier, la théorie de la firme fondée sur les connaissances estime que la source de l'avantage compétitif réside plus dans son application que dans la connaissance elle-même [Grant 1996]. Pourtant, ce processus semble souvent supposé et admis, plutôt que traité explicitement [Gold, 2001]. Le processus d'application des connaissances contenues dans le SGC demeure particulièrement hypothétique et dépendant de l'individu réutilisateur, car il concerne la mise en œuvre d'un processus cognitif difficilement observable et identifiable. La réutilisation de la connaissance est appréhendée principalement sous l'angle de la capacité à exploiter les connaissances stockées. La difficulté de la réutilisation réside dans la garantie d'appliquer les connaissances au bon moment et par la bonne personne. La réutilisation des connaissances a été relativement peu étudiée. Nous analyserons donc la réutilisation dans ce domaine pour essayer de mieux comprendre ce processus complexe. En gestion des connaissances, ce processus concerne l'acte de réutilisation de connaissances qui ont été stockées préalablement.

- **actualiser les connaissances** : C'est le processus d'évaluation, de la mise à jour et de l'enrichissement des connaissances au fur et à mesure de la création de nouvelles connaissances nouvelles et de l'apport de connaissances externes.

Cette phase permet de faire évoluer la base des connaissances afin de la rendre pertinente. La connaissance doit *évoluer* en s'adaptant aux changements de l'environnement. Cette évolution doit tenir compte de la consistance de la base des connaissances, la suppression, la modification ou l'insertion d'une connaissance doit être validé soit automatiquement par des outils spécifiques soit par des experts du domaine.

4. Le stockage et la représentation des connaissances

Nous présentons dans cette section le concept de mémoire d'entreprise comme un moyen de stockage des connaissances et les ontologies comme moyen de les représenter.

4.1 Mémoire d'entreprise

La mémoire d'entreprise est définie dans [Van Heijst et al, 1996] par :

Définition 2.6 : la mémoire d'entreprise est la représentation explicite, persistante, et désincarnée, des connaissances et des informations dans une organisation.

A titre d'exemple, elle peut inclure les connaissances sur les produits, les procédés de production, etc. Chaque individu de l'entreprise possède ses propres connaissances et savoir-faire. L'entreprise regroupe ainsi les connaissances individuelles afin de construire une mémoire collective contenant l'ensemble des documents et rapports (connaissances

explicites). Cette mémoire est également appelée mémoire partagée ou organisationnelle [Rabarijaona, 1999].

Prasad [Prasad, 1996] explique que la mémoire partagée est composée des données et des connaissances issues des activités collectives de l'entreprise, incluant les expériences, les résolutions de problèmes etc.

Dans la littérature, plusieurs méthodes ont été présentées pour construire une mémoire d'entreprise. On peut citer:

- CommonKADS [Schreiber, 1999], une méthode structurée pour la modélisation et le développement de systèmes à base de connaissances et qui repose sur le partage des connaissances,

- Rex [Malvache, 1994], [Eichenbaum et Tamisier, 1997] est une méthode de gestion des connaissances. Elle est composée d'une méthodologie de formalisation des connaissances

- MKSM [Ermine, 1996] une méthode qui découpe le système selon trois axes : la syntaxe, la pragmatique et la sémantique

- La méthode CYGMA (Cycle de vie et Gestion des Métiers et Applications) [Ermine, 1996] à pour objectif la capitalisation des connaissances lors de projets de conception de produits industriels.

Ces méthodes sont détaillées dans la suite afin d'expliquer leurs contributions dans la gestion des connaissances.

4.2 Ontologie

4.2.1 Définition et intérêt pour la représentation des connaissances

Il est difficile d'exposer une définition définitive et formelle de l'ontologie. En effet, nous retrouvons ce terme dans des domaines très différents tels que la philosophie, l'intelligence artificielle ou la linguistique. En Intelligence Artificielle [Smith, 2001], le terme ontologie désigne une organisation des concepts d'un domaine.

Nicola Guarino [Guarino, 1998], définit l'ontologie par :

Définition 2.8 : Un ensemble de termes et de concepts structurés entre eux par des liens de divers types, chaque concept pouvant présenter plusieurs sens thématiques.

Chandrasekaran [Chandrasekaran, 1999] identifie les éléments qui constituent une ontologie à savoir les objets, *présentés sous forme de concept* dont les propriétés ou attributs peuvent prendre des valeurs. Les objets peuvent être liés par des relations. Pour Gruber [Gruber, 1993], l'ontologie est définie par :

Définition 2.9 : Une ontologie est une spécification partagée d'une conceptualisation.

Bachimont [Bachimont, 2007] expose la problématique de la définition d'une ontologie de la manière suivante « *Définir une ontologie pour la représentation des connaissances, c'est définir, pour un domaine et un problème donnés, la signature fonctionnelle et relationnelle d'un langage formel de représentation et la sémantique associée* »

Plusieurs classifications des ontologies ont été proposées dans la littérature [Uschold, 1995] [Sowa, 1999] [Guarino, 1998]. D'après Guarino [Guarino, 1998], les ontologies peuvent être classifiées en fonction de leurs niveaux de généralité. Nous distinguons les ontologies de haut niveau qui concernent les concepts généraux indépendants d'un domaine spécifique. Nous

retrouvons aussi les ontologies de domaine qui concernent un domaine donné. Parmi les types les plus couramment utilisés, nous citons les ontologies de tâche qui présentent les concepts liés à une tâche ou une activité générique et qui spécialisent les concepts décrits dans les ontologies de haut niveau. Enfin, nous distinguons les ontologies d'application qui contiennent assez de connaissances pour structurer un domaine particulier et dépendent d'une tâche particulière.

Les ontologies sont l'objet de plusieurs travaux de recherches de par leur rôle dans la représentation des connaissances. Elles réunissent un ensemble de concepts partagés, définis, décrivant un domaine particulier, une tâche particulière etc. Plusieurs langages (XML Schema, RDF, RDF Schema) ont été proposés afin de faciliter la représentation des informations et des connaissances. D'après [Reynaud 2005] « *Le pouvoir d'expression de ces langages n'est cependant pas très important et aucun mécanisme de raisonnement automatique ne leur est associé* ». De nouveaux langages ont été développés afin de représenter les ontologies. Nous citons OIL [Fensel, 2000] et DAML [Hendler et McGuinness, 2000] qui étendent les schémas RDF avec un ensemble de primitives de modélisation plus riche. La sémantique de ces deux langages est basée sur une logique de description bien définie et des mécanismes de raisonnement automatiques.

L'intérêt de l'utilisation d'une ontologie réside essentiellement dans la représentation de connaissances et le raisonnement dessus. Néanmoins, une ontologie possède d'autres objectifs qui vont, au-delà de cette représentation.

La communauté de l'intelligence artificielle utilise les ontologies pour deux raisons principales :

- La réutilisation de connaissances qui est une des motivations principale qui mène à développer des ontologies. L'objectif est de créer et conserver des bases de connaissances réutilisables dans un domaine particulier ou une application précise [Sowa, 1999].
- La communauté du web sémantique utilise les ontologies afin d'extraire les connaissances pertinentes lors de la recherche de l'information [Dieng, 2001]. Elles servent de vocabulaire standardisé pour le partage de connaissances. L'utilisation d'une ontologie permet l'association de l'information d'une page à des règles d'inférence.

Garino [Guarino, 1997] souligne que le rôle d'une ontologie dans l'extraction d'information est d'établir l'accord entre l'information cherchée et les données. D'après Sowa [Sowa, 2000] une ontologie « *permet de définir les mots d'un langage naturel, les prédicats, les types de concepts et de relations des graphes conceptuels, les classes d'un langage orienté objet* ». Tous ces travaux favorisent l'échange et la réutilisation de connaissances.

4.2.2 Construction des ontologies et exemples d'application

Afin de construire une ontologie pour représenter un domaine particulier, son développeur est confronté à des choix qui consistent à utiliser certains concepts plutôt que d'autres. C'est une tâche primordiale dans la construction des ontologies puisqu'elle détermine les connaissances à présenter.

D'après Motta [Motta, 2000], la conception d'une ontologie est une tâche difficile même pour un spécialiste du domaine. Gomez-Perez [Gomez-Perez, 1996] propose d'établir des concepts d'un domaine, conceptualiser les relations qui lient ces concepts, développer/implémenter le modèle et l'évaluer. Mike Uschold [Uschold, 1995] expose cinq étapes pour la conception d'ontologie: l'identification du sujet, construction de l'ontologie, la réutilisation des ontologies existantes, l'évaluation et la documentation.

Zweigenbaum [Zweigenbaum, 1997] propose un outil permettant de marquer les concepts du domaine ainsi que les relations qui les lient. Les auteurs se basent essentiellement sur l'analyse du corpus et les connaissances du domaine. Gandon [Gandon, 2002] présente

l'ontologie O'CoMMA élaborée dans le cadre du projet CoMMA. Elle permet une recherche d'information intelligente grâce au moteur d'inférence CORESE [Corby, 2000]. Gruber [Gruber, 1993] définit les critères pour construire des ontologies qui sont la clarté, la cohérence, l'extensibilité, la déformation d'encodage minimal et engagement ontologique minimal.

Plusieurs applications mettent en œuvre des ontologies. Protégé [Knublauch, 2004] est un projet dédié à la conception d'ontologies génériques. Il permet la construction des systèmes à base de connaissance. Gruinger [Gruninger, 1995] propose la méthode TOVE – Toronto Virtual Entreprise. Elle aboutit à la construction d'un modèle logique de connaissance.

Ontobroker [Decker, 1999] a été développé à l'université de Karlsruhe en 1997. Il contient un moteur d'inférence et un méta moteur qui rassemble les meilleurs résultats d'autres moteurs de recherche. OntoSeek [Guarino, 1999] est un système de recherche de pages Web et utilise l'ontologie WORDNET.

Pour bien pouvoir manipuler les ontologies le développement d'un système multi agent est très utile.

5. Approches pour la gestion des connaissances

Les méthodes qui seront présentées par la suite, sont utiles pour la gestion des connaissances. Ils ont comme buts d'acquérir la connaissance des experts, de la préserver pour faciliter sa réutilisation et de la disséminer en permettant un accès flexible et efficace dans le contexte particulier d'un problème.

5.1 La méthode CommonKADS

CommonKADS [Schreiber, 1999] est une méthode structurée pour la modélisation et le développement de systèmes à base de connaissances. Elle repose sur le partage des connaissances. L'avantage de cette méthodologie est de permettre de modéliser les connaissances utilisées par les experts pour résoudre des problèmes selon des perspectives différentes [Breuker, 1994] [Schreiber, 1999].

CommonKADS (figure 2.3) permet de modéliser les connaissances utilisées par les experts lors de la résolution d'un problème selon trois couches de la connaissance [Leroux & Laublet 1993] :

- La couche domaine traite les connaissances décrivant une théorie déclarative de l'application ou champ étudié.
- La couche inférence, décrit les connaissances des inférences que l'on souhaite faire, organisées dans un graphe de dépendance (une structure d'inférence).
- La couche tâche décrit les connaissances sur la combinaison et le contrôle des inférences primitives pour atteindre un but.

CommonKADS utilise en plus des trois catégories citées ci-dessus, six modèles pour analyser la connaissance : organisation, tâche, agent, communication, connaissance et conception.

- Le modèle de l'organisation décrit l'entreprise dans son ensemble ainsi que ses fonctions.
- Le modèle tâche décrit les tâches réalisant les fonctions identifiées par le modèle d'organisation.
- Le modèle agent identifie et décrit les agents –humains ou informatiques- impliqués dans la réalisation des tâches.
- Le modèle de communication représente la communication entre agents et homme-machine.
- Le modèle de connaissances (ou d'expertise) modélise l'expertise indispensable à la réalisation des tâches par les agents.

- Le modèle de conception concerne plus spécifiquement la conception d'un système à base de connaissances destiné à implémenter les connaissances modélisées [Dieng, 2001].

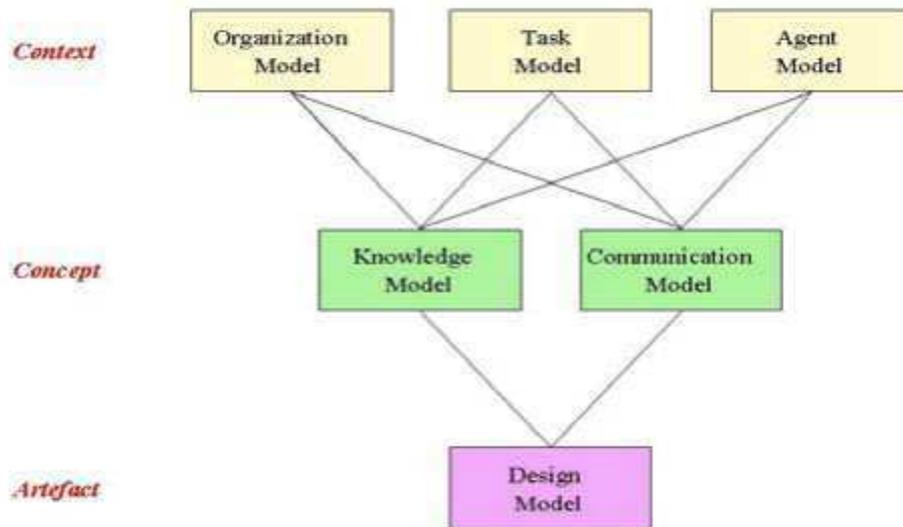


Figure 2.3. Modèle-type de la démarche CommonKADS (source : <http://www.commonkads.uva.nl/index.html>)

5.2 La méthode REX

La méthode Rex [Malvache et Prieur, 93], [Eichenbaum et Tamisier, 1997] est une méthode de gestion des connaissances. Elle est composée d'une méthodologie de formalisation des connaissances ainsi que d'un logiciel qui gère les éléments d'expérience recueillis grâce à la méthodologie. Ces éléments peuvent être de natures différentes : documents écrits, schémas, images, etc. Les éléments de connaissances ainsi définis sont stockés et gérés dans une mémoire avant d'être restitués pour réutilisation. L'objectif de la méthode est de capitaliser les retours d'expériences produits lors de la conception.

5.3 La méthode MKSM (Methodology for Knowledge System Management)

Cette méthode a été élaborée au sein du «Groupe Gestion des Connaissances» de la Direction de l'Information Scientifique et Technique (DIST) du CEA. D'après Adam [Adam, 1999]: «*MKSM découpe le système selon trois axes : la syntaxe, la pragmatique et la sémantique. Chacun de ces axes est découpé en trois points de vue : la structure, la fonction et l'évolution*». La méthode raffine l'analyse et la modélisation du patrimoine de connaissances, jusqu'au grain suffisant ce qui augmente considérablement leur viabilité [Ermine 96].

Les objectifs primordiaux de cette méthode sont:

- Fournir un ensemble de méthodes appropriables par des utilisateurs novices, avec un minimum d'effort et de connaissances spécialisées.

- Être une méthodologie facile à mettre en œuvre.
- Se baser sur des expériences concrètes et variées.
- Permettre d'évaluer le retour d'investissement possible [Ermine, 96].

La méthode MASK est une extension de la méthode MKSM qui considère l'évolution de la connaissance comme faisant partie du système.

5.4 La méthode CYGMA (Cycle de vie et Gestion des Métiers et Applications)

Cette méthode a pour objectif la capitalisation des connaissances lors de projets de conception de produits industriels. Elle procède par la consultation des documents de l'entreprise pour établir un *bréviaire de connaissances de filière métier*. Ce bréviaire est constitué de glossaire métiers, un livre sémantique, un cahier de règles et un manuel opératoire [Dieng, 2001]. La méthode distingue six classes de connaissances industrielles : les connaissances singulières, terminologiques, structurelles, comportementales, stratégiques et opératoires [CORTES ROBLES, 2006].

6. Approches à base d'agents pour la gestion des connaissances

Dans cette section, nous donnons une vue d'ensemble sur la gestion des connaissances fondée sur les systèmes multi-agents en étudiant les différents travaux de recherche qui abordent ce secteur de recherche [Ben Miled, 2009a]. Dans la première sous section, nous établissons quelques critères pour catégoriser les différentes approches. Les quatre dernières sous sections présentent les familles différentes d'approches ainsi qu'une synthèse des différents travaux; Nous abordons les travaux qui considèrent les SMA comme une technique de modélisation adaptée pour la gestion des connaissances. Ensuite, Nous traitons les approches qui abordent les SMA comme technique de mise en œuvre pour la gestion des connaissances. Enfin, nous présentons les travaux qui proposent des méthodologies basées sur les SMA pour la gestion des connaissances.

6.1 Critères de comparaison

Dans le Tableau 1, nous essayons de comparer quelques travaux de recherches en se basant sur leurs contributions à la gestion des connaissances.

Nous avons choisi quelques critères. Ces critères sont : le modèle sous-jacent utilisé, les moyens de stockage de connaissance, son évaluation et le type de connaissance considéré.

- Modèle sous-jacent : pour gérer la connaissance, un modèle du système réel est nécessaire. Ce modèle permet la compréhension du fonctionnement du système et fournit les moyens pour l'analyse du système concerné. Ce système peut être représenté par un modèle construit avec un formalisme de modélisation [Courtney, 2000].

Ce modèle est utilisé pour présenter les aspects pertinents selon les buts spécifiques du Système de Gestion des connaissances.

- type de Connaissance : dans notre étude nous considérons les types de connaissance explicites qui ont été ou peuvent être articulés, codifiés et stockés en certaine forme comme les documents, les liens, les fichiers multimédia etc. Ces connaissances peuvent être aisément réutilisées.

- Évaluation de connaissance : Ce critère permet de détecter si une connaissance archivée ultérieurement est devenue obsolète ou reste d'actualité. L'évaluation peut porter aussi sur la solution proposée par le système pour résoudre un problème.

- Moyen pour stocker la connaissance : la connaissance devrait être identifiée, rassemblée et stockée pour être exploitable. Il existe plusieurs moyens pour stocker la connaissance : les mémoires de projet, la base des connaissances, les ressources RDF etc.

6.2 Agents comme technique de modélisation

Dignum [Dignum, 2006] a proposé une structure pour les sociétés d'agents appelée Opéra. Opéra utilise le paradigme d'agent pour analyser et modéliser des organisations et leurs besoins de connaissance et fournir une architecture réutilisable pour construire des systèmes de gestion des connaissances qui contribuent essentiellement au processus de valorisation des connaissances. Les auteurs ont adopté le modèle organisationnel et ont utilisé les liens et les images comme type de connaissance.

Les connaissances associées aux différentes tâches sont fournies par des sources différentes et dans des formats de présentation différents. Donc, la structure distingue entre la demande, la description et la représentation des connaissances et fournit une description commune, uniforme de la connaissance. Une communauté d'agents collaboratifs est responsable de la correspondance entre l'offre et la demande des connaissances en tenant compte des besoins de l'utilisateur et de ses préférences et les besoins des connaissances d'une tâche. En collaborant ensemble et avec les utilisateurs, les agents apprennent et étendent dynamiquement cette structure en vérifiant les conditions actuelles de l'environnement. Les agents collaborent pour interpréter ces perceptions, résoudre les problèmes, tirer des inférences et déterminer des actions et finalement agir en conséquence. Des agents de l'information spécialisés dans les différents types de sources fournissent cette description. Lieberman [Lieberman, 1995] a développé Letizia, un agent d'interface utilisateur qui aide un utilisateur à effectuer des recherches sur le World Wide Web ce qui contribue au processus de valorisation des connaissances. Il a adopté le modèle des préférences de l'utilisateur et utilisé les documents comme type de connaissance. Le rôle de Letizia consiste à observer et faire des inférences de l'observation des actions de l'utilisateur qui seront appropriées aux demandes futures en apprenant ses préférences. En parallèle avec la recherche de l'utilisateur,

Letizia conduit une recherche limitée en ressources pour prévoir les besoins futurs possibles de ce dernier. Letizia adopte une stratégie qui est à mi-chemin entre les perspectives conventionnelles de recherche documentaire et le filtrage de l'information [Sheth, 1993].

Letizia n'applique pas une évaluation à la connaissance proposée à l'utilisateur pour déterminer sa pertinence. Soto [Soto, 2007] propose un modèle générique pour développer les systèmes multi agents. Le modèle est composé de deux Agences d'Agent. La première est l'Agence de l'utilisateur qui inclut l'agent d'Interface et l'Agent Personnel. L'Agent d'Interface constitue un pont liant les agents et l'utilisateur et présente les informations aux utilisateurs. L'Agent Personnel est responsable de l'obtention du profil de l'utilisateur pour connaître ses préférences avec le but d'adapter la représentation de la connaissance à la préférence de chaque utilisateur. La deuxième est l'Agence de Connaissance pour soutenir les activités décrites dans chaque étape du modèle des connaissances [Soto, 2007]. Les auteurs ont défini un Agent Capteur qui doit extraire les informations des sources de connaissance différentes précédemment définies dans l'ontologie. Les auteurs utilisent un Agent de Maintien qui évalue quelle connaissance est plus fréquemment utilisée et qui devrait être supprimée si elle devient obsolète ou inconsistante avec la nouvelle connaissance.

Guizzardi [Guizzardi, 2007] se sont concentrés sur l'ingénierie organisationnelle pour favoriser la gestion des connaissances. Les auteurs ont adopté un modèle organisationnel et ont utilisé les liens et les fichiers multimédia comme types de connaissance. Ils ont proposé une approche nommée ARKnowD pour soutenir l'analyse et la conception de solutions pour

la gestion des connaissances. ARKnowD est intrinsèquement orienté agents, il met en valeur l'utilité des agents et leurs capacités à analyser et identifier les connaissances dans les organisations ce qui facilite le processus de valorisation.

Tacla [Tacla, 2003] a développé un modèle pour la construction coopérative de mémoires de projet. Dans ce modèle, après une modélisation initiale du domaine, l'acquisition des connaissances se fait de façon ascendante et intégrée, à partir des activités quotidiennes des individus. Le modèle spécifie un ensemble de processus pour l'acquisition des connaissances et un ensemble de processus pour échanger, préserver et mettre à jour des connaissances. Un prototype multi-agents, dérivé de ce modèle, a été réalisé. Il décrit l'architecture adoptée et présente les algorithmes employés, ainsi qu'une évaluation de ce prototype. Les contributions portent, d'une part, sur la méthode pour la réalisation de systèmes de gestion des connaissances apportée par le modèle et, d'autre part, sur l'architecture multi-agents avec un nouveau concept pour l'agencement des agents, le staff d'agents. Tacla a traité la capitalisation des connaissances mais il n'a pas abordé l'aide automatique aux utilisateurs pour la réutilisation des connaissances.

Ces travaux nous ont permis de connaître les différents modèles et architectures dédiés à la gestion des connaissances utilisant le paradigme agent. Nous nous sommes inspirés de ces travaux afin de développer notre SGC notamment des différents types d'agents proposés et de leurs rôles chargés de détecter, identifier, capitaliser et réutiliser les connaissances.

6.3 Agents comme technique d'implémentation

Les systèmes de Gestion des connaissances peuvent être mis en œuvre par des communautés de différents types d'agents qui collaborent pour fournir aux utilisateurs les connaissances liés à leurs tâches. Dans les systèmes de gestion des connaissances se basant sur les SMA, les agents logiciels sont employés comme des outils pour gérer des sources d'information faiblement couplées, fournir la présentation des composants hétérogènes et distribués et personnaliser la présentation des connaissances. Dans [Klusch, 1999], on liste les services possibles rendus par les agents dans une approche de gestion des connaissances :

- Rechercher, acquérir, analyser, intégrer et archiver les connaissances provenant d'informations issues de sources hétérogènes,
- Informer (les systèmes informatiques ou les humains) lorsqu'une nouvelle connaissance, susceptible d'intéresser les acteurs, est prête à être consultée,
- Négocier pour inclure ou exclure des connaissances dans le système,
- Expliquer la qualité et la fiabilité des connaissances contenues dans le système,
- Apprendre au fur et à mesure des connaissances gérées.

Ces services sont souvent spécifiés en termes des types d'agents suivants :

- Les assistants personnels : fournissent l'interface entre l'utilisateur et le système. Ils sont concernés par les préférences de l'utilisateur et ses besoins et présentent des informations dans le format préféré, au bon moment. Les agents assistants proactifs exécutent non seulement les tâches données par un utilisateur, mais suggèrent aussi des sources de connaissance ou d'autres ressources qui ne sont pas explicitement demandées s'ils correspondent aux intérêts de l'utilisateur.
- les agents d'information : se concentrent sur l'accès des sources multiples, distribuées et hétérogènes. Ils doivent maintenir activement ces informations en communiquant avec d'autres agents.
- Les agents d'analyse de tâche : sont les agents qui contrôlent une certaine tâche dans un processus donné, déterminent les besoins de connaissance de la tâche et

rassemblent la connaissance en communiquant avec d'autres agents. L'agent peut aussi contrôler l'exécution d'une tâche et évaluer l'applicabilité de la connaissance fournie. Les leçons apprises (Lessons Learned) sont ici utilisées pour mettre à jour l'état interne de l'agent et optimiser la connaissance liée à la tâche.

- Les agents de maintien de la source : sont des agents consacrés au maintien des sources de connaissance et qui sont en charge de la description de la connaissance contenue dans la source et de l'extraction des informations appropriées pour une demande donnée.
- Les médiateurs sont les agents qui peuvent fournir un certain nombre de services à d'autres agents. Ils peuvent suggérer la collaboration entre des utilisateurs avec des intérêts communs, ou fournir des informations sur les outils disponibles.

6.4 SMA comme méthodologie pour la gestion des connaissances

6.4.1 Travaux de Markus et Gandon

Markus [Markus, 2007] a présenté une approche de modélisation orientée agent pour analyser l'efficacité de partage des connaissances (les documents, des liens etc.). Il a développé la méthode de modélisation KTA (Knowledge Transfer Agent) qui contribue essentiellement à l'analyse de l'efficacité des moyens de transfert des connaissances. Il a utilisé la plateforme i* pour modéliser les relations stratégiques entre les acteurs. Cette plateforme permet 1) la modélisation des aspects internes et externes des acteurs métier au moyen des modèles de la dépendance stratégique (DS) et du raisonnement stratégique (RS), 2) la modélisation des concepts communs comme les buts, les tâches et les ressources 3) le raisonnement sur les buts modélisés au moyen des algorithmes d'évaluation de but. Markus a utilisé différents types de connaissances et a contribué essentiellement au processus de valorisation des connaissances. **Gandon** [Gandon, 2002] adopte une approche innovatrice pour la gestion d'une mémoire organisationnelle combinant l'ingénierie d'ontologie, le Web sémantique et les systèmes multi-agents dans une solution intégrée. Trois aspects ont été essentiellement développés dans ce travail :

- La conception d'une architecture multi-agents soutenant l'approche organisationnelle pour identifier les sociétés, les rôles et les interactions entre les agents;
- La construction de l'ontologie O'CoMMA et la structuration d'une mémoire d'entreprise exploitant les technologies sémantiques du Web;
- La conception et la mise en œuvre des sous-sociétés d'agents consacrés à la gestion des annotations de l'ontologie.

Dans les travaux de recherche de Gandon [Gandon, 2002], la connaissance est évaluée par des experts. Il a donné quelques exemples pour réutiliser la connaissance mais il ne les a pas traités de manière détaillée.

Nous nous sommes inspirées de ces travaux afin de développer notre approche de gestion des connaissances. Les travaux de Markus nous ont permis de comprendre l'intérêt et le mécanisme de fonctionnement de la plateforme i*, un concept que nous avons utilisé dans notre approche afin de déterminer les buts du système et les rôles qui leur sont associés. Les travaux de Gandon nous ont permis de comprendre les ontologies et les manières de les construire. Le SMA développé dans son travail nous a permis de comprendre les techniques

de manipulation de l'ontologie qui constitue l'un des aspects fondamentaux de notre approche.

6.4.2 Approche *-Design

Nous nous appuyons dans cette thèse sur l'approche *-Design [Monticolo, 2007] pour la capitalisation des connaissances au fil de l'eau des projets de conception (figure 2.4).

En effet, dans notre travail, nous prenons en compte les aspects sociaux et coopératifs du processus de conception des produits mécaniques. Ceci constitue un point commun fondamental avec le travail de thèse de Monticolo ce qui nous a permis de le choisir comme base de notre travail.

Quatre aspects ont été développés dans ce travail :

1) Un modèle organisationnel du processus de conception (Orga-Design);

L'auteur s'appuie sur le modèle de cycle de vie coopérative et rétroactive proposé dans [Gomes, 1999] afin de modéliser le processus de conception. Ce modèle se base essentiellement sur : la coopération, les connaissances et le savoir-faire ; La coopération qui encadre les relations entre les différents acteurs de la conception. Les connaissances et savoir-faire nécessaires pour la réalisation des activités de conception.

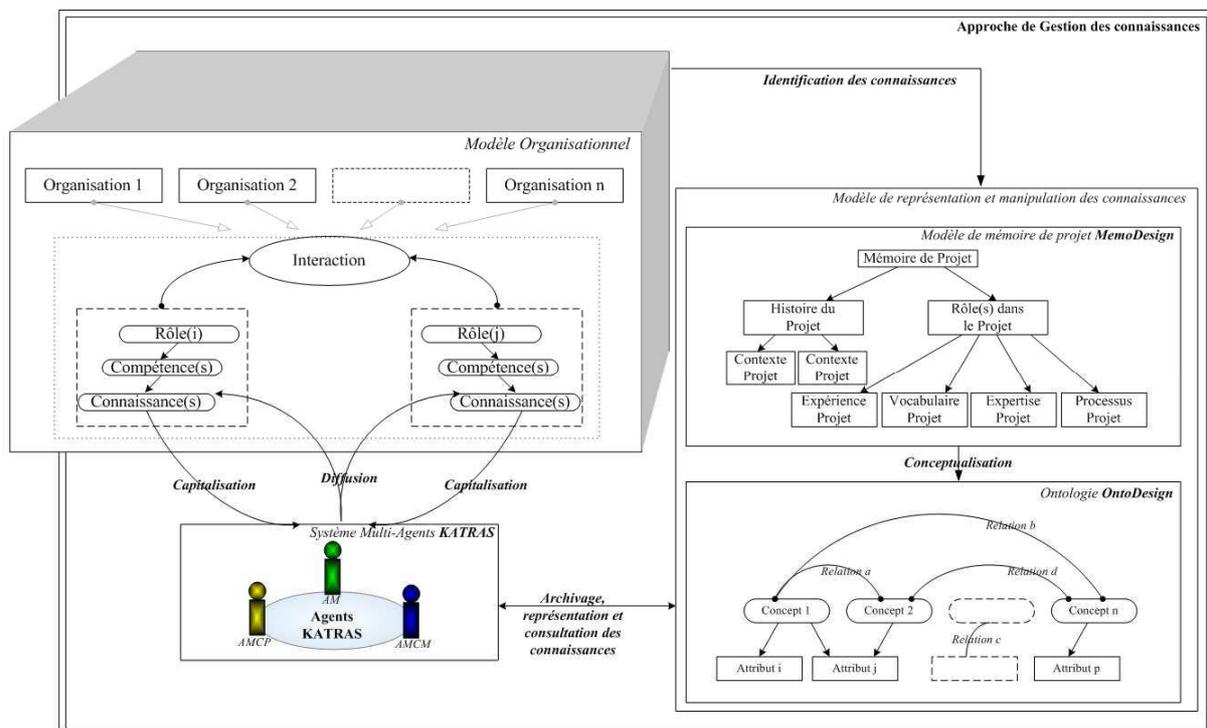


Figure 2.4. Approche *-Design

Le processus de conception (figure 2.5) est composé de quatre phases : l'étude de faisabilité, les études préliminaires, les études détaillées et se termine par la phase d'industrialisation. C'est un processus rétroactif et coopératif se caractérisant par des itérations traduisant une succession d'activités d'analyse et d'activités de synthèse. La décision d'engager l'étape suivante nécessite une activité de validation: activité correspondant à la boucle de rétroaction. La première activité d'analyse correspond à la phase d'étude de faisabilité. Cette phase a pour objectif d'identifier, de quantifier et de mettre en perspective les risques, de définir les moyens les plus appropriés pour les maîtriser et permet d'envisager la problématique du projet.

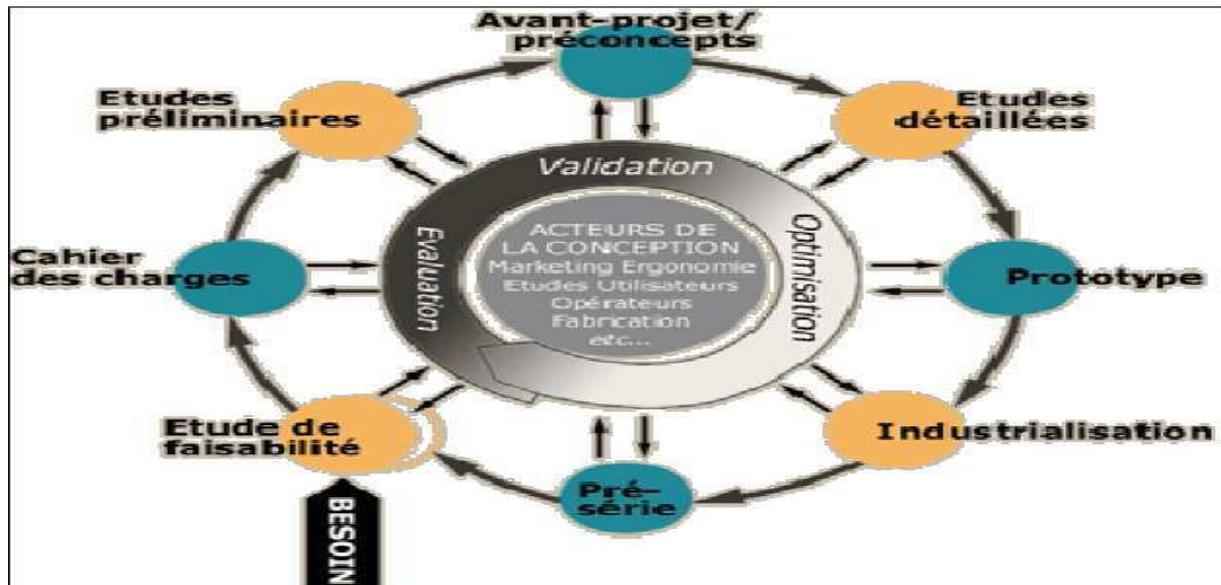


Figure 2.5. Le modèle coopératif et rétroactif [Gomes, 1999]

Cette première phase d'analyse est ensuite suivie par l'élaboration du cahier des charges fonctionnel. Les études préliminaires, deuxième phase d'analyse, correspondent à une phase de recherche de solutions en accord avec le cahier des charges. La troisième phase d'analyse correspond aux études détaillées. Elle a pour objectif de finaliser du point de vue technique le concept retenu en vue de la réalisation d'un ou de plusieurs prototypes (phase de synthèse). La phase d'industrialisation traduit la mise en œuvre des moyens techniques humains afin d'industrialiser le produit. Cette phase se termine généralement par le lancement de la production en série du produit. Le processus de conception intègre une approche coopérative à travers les interactions entre les différents acteurs de la conception (ingénierie, design, etc.). Monticolo a mis l'accent sur la modélisation organisationnelle du processus de conception. Cette modélisation est fondée sur le méta-modèle RIO [Hilaire, 2000] auquel il a associé les notions de compétence et connaissance. Cette approche de modélisation identifie les rôles des acteurs métier et définit la cartographie des connaissances qu'ils utilisent. Ainsi le modèle organisationnel du processus, positionne pour chaque connaissance partagée et utilisée par les rôles des acteurs métier, un contexte relatif à l'organisation dans laquelle elle a été créée. Ce modèle organisationnel guide la capitalisation des connaissances puisqu'il identifie les connaissances utilisées par les rôles tout au long des activités de conception.

La figure suivante (figure 2.6) présente un exemple de modélisation de l'organisation « Calculer le coût du produit et de son investissement »

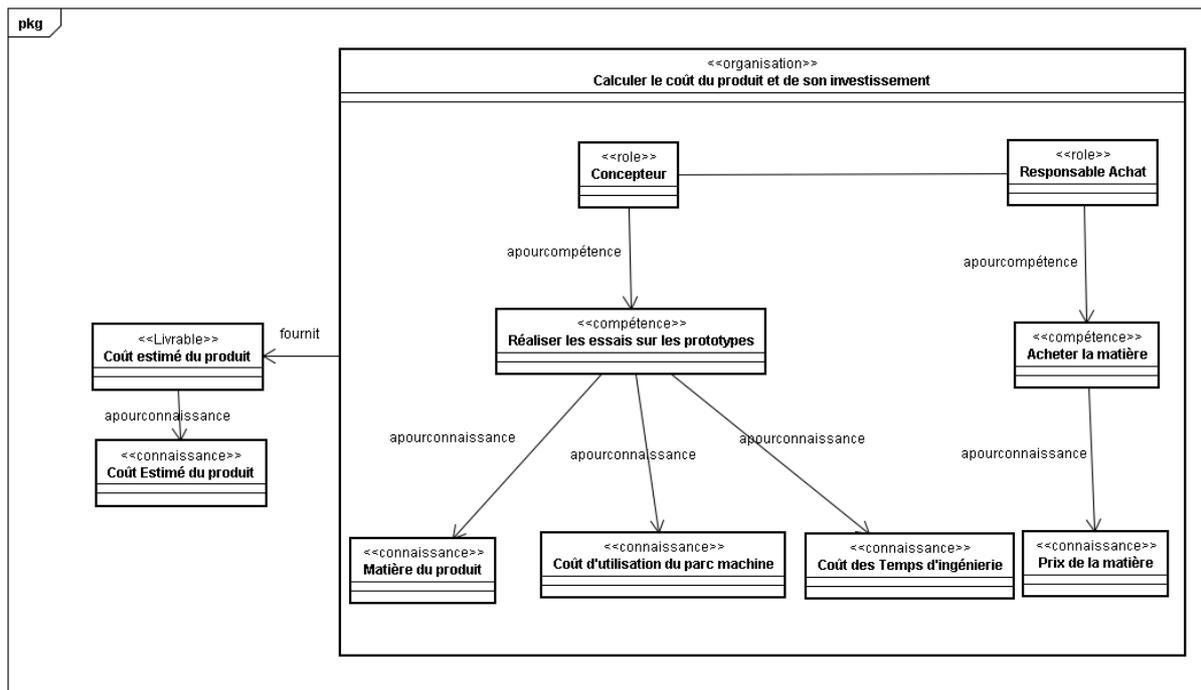


Figure 2.6. Organisation « Calculer le coût du produit et de son investissement »

Cette organisation (développée avec le diagramme de class UML) est composée des rôles ‘*Concepteur*’ et ‘*Responsable achat*’. Le concepteur utilise la compétence ‘*Réaliser les essais sur les prototypes*’. Cette compétence nécessite des connaissances sur la matière du produit, le coût d’utilisation du parc machine et le coût des temps d’ingénierie. Le résultat de l’organisation est la rédaction du ‘coût estimé du produit’. Notons que le ‘coût estimé du produit’ représente une connaissance qui est issue du résultat de l’interaction entre les deux rôles de l’organisation ainsi définie. Ce livrable contient alors de nouvelles informations et connaissances.

2) La définition d’un modèle de mémoire organisationnelle/mémoire projet (figure 2.7)
MemoDesign;

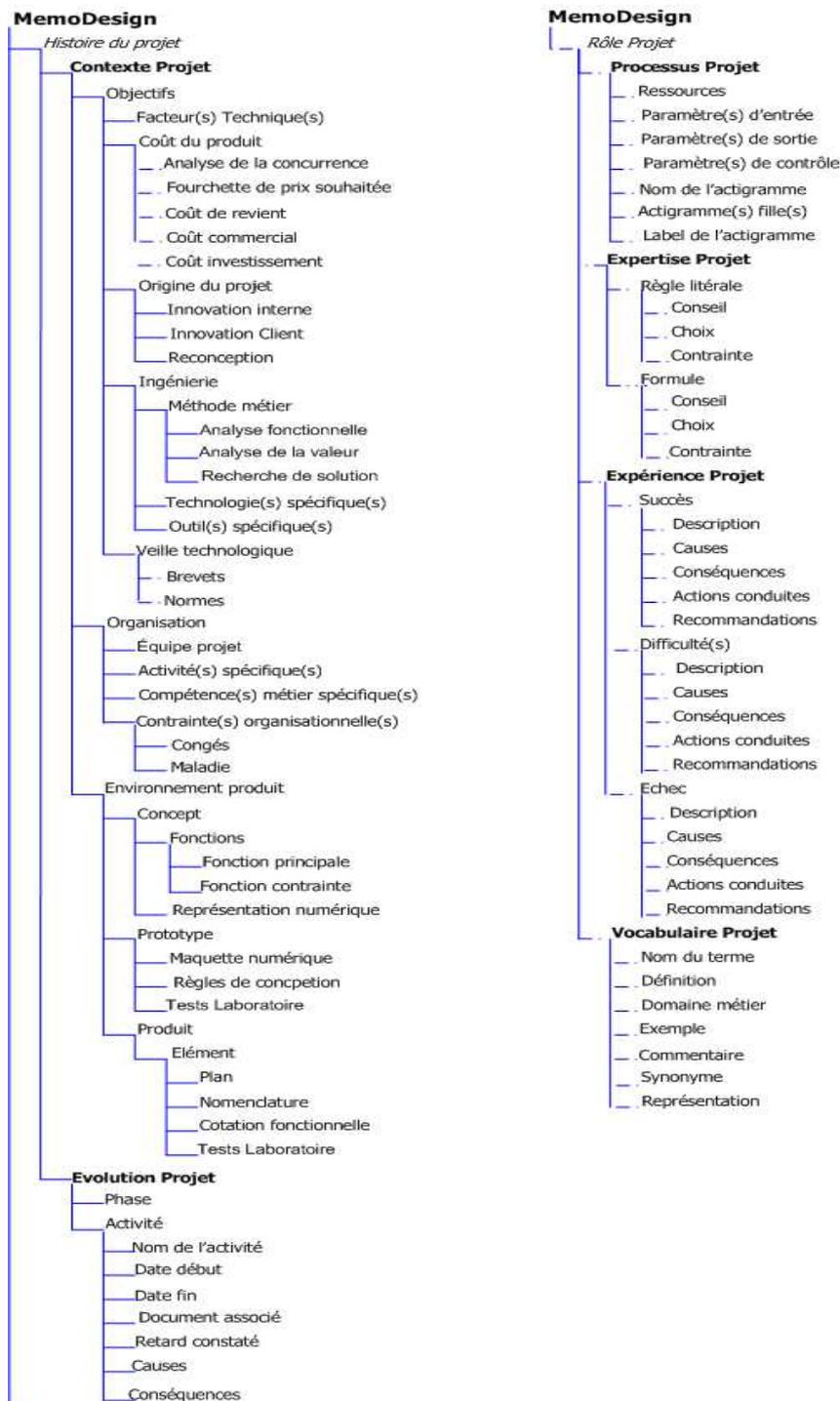


Figure 2.7. Mémoire de projet MemoDesign

L'auteur a utilisé une approche de gestion des connaissances fondée sur une mémoire organisationnelle afin d'archiver et de représenter les connaissances utilisées par les équipes projet. Pour ceci, il a construit le modèle de mémoire de projet *MemoDesign*. Ce modèle est un guide pour la structuration et la représentation des connaissances utilisées lors des projets de conception.

Les connaissances évoquées dans MemoDesign ont été identifiées à partir du modèle organisationnel du processus de conception.

Avant de pouvoir établir une classification des connaissances pertinentes à capitaliser et réutiliser, Monticolo [Monticolo, 2007] a procédé à leur regroupement. Il a établi six groupes de connaissances. Chaque groupe représente un type de connaissance: Le **Contexte Projet**, l'**Évolution Projet**, le **Vocabulaire Projet**, l'**Expérience Projet**, Le **Processus Projet** et l'**Expertise Projet**.

3) Une représentation conceptuelle des connaissances dans l'ontologie Onto-Design ;

Afin de pouvoir manipuler les connaissances du domaine, l'auteur a défini une sémantique et un vocabulaire caractérisant ces connaissances. Ainsi, il a développé l'ontologie du domaine des projets de conception appelée **OntoDesign**. Cette ontologie est une conceptualisation des connaissances identifiées dans le modèle organisationnel et formalisées dans la mémoire de projet MemoDesign. Elle facilite la manipulation des connaissances utilisées en conception pour le système de gestion des connaissances.

4) Un système multi-agents en mesure de mettre en œuvre cette approche « au fil de l'eau » des projets de manière transparente aux acteurs métier ;

Afin de manipuler les connaissances du domaine et d'assurer les activités de gestion des connaissances, l'auteur a conçu un système à base d'agents appelé **KATRAS**. Ce système multi-agents est dédié à la gestion des connaissances lors des projets de conception et a pour objectif d'assister la construction de mémoires de projet. Il interagit avec les acteurs des équipes projet afin de valider et évaluer les connaissances à capitaliser. KATRAS est constitué de trois types d'agents :

- Les agents métier : ils ont trois objectifs. Le premier est l'identification des connaissances à partir du suivi des actions des rôles des acteurs métier. Le second est l'annotation en fonction de la sémantique de l'ontologie OntoDesign. Les annotations précisent le contexte organisationnel dans lequel les connaissances ont été identifiées.

Le troisième objectif est l'assistance des acteurs métier à la réutilisation des connaissances capitalisées dans des contextes organisationnels similaires ;

- Les agents manageurs de connaissances projet : ils ont également trois missions. La première est d'interagir avec les acteurs métier afin de valider les connaissances identifiées et annotées par les agents métier. La seconde est de construire la mémoire de projet en fonction du modèle de mémoire de projet MemoDesign. La troisième est de répondre aux requêtes des acteurs et agents métier lors de la réutilisation des connaissances. Pour ce faire, ils utilisent les connaissances contenues dans la mémoire de projet ;

- Les agents manageurs de connaissances métier : ils ont les mêmes buts que le groupe d'agents précédents. Ils interagissent également avec les acteurs métier pour évaluer les connaissances contenues dans l'ensemble des mémoires de projets terminés. Ils construisent le référentiel métier, c'est-à-dire un référentiel où sont stockées toutes les mémoires de projets terminés. Ils répondent aux requêtes des acteurs à partir des connaissances contenues dans le référentiel métier.

6.5 Synthèse

Dans le Tableau suivant, nous présentons les travaux des chercheurs inscrits ci-dessus et leurs contributions suivant les critères cités dans la section précédente. Si un critère est traité par l'auteur, nous marquons (+) autrement nous marquons (-). Nous indiquons aussi le modèle sous-jacent utilisé par des auteurs et le (s) type (s) de connaissance pour chaque travail de recherche.

Ce tableau nous donne une vue d'ensemble des différents travaux de recherche dans le domaine de gestion des connaissances basé sur les systèmes multi agent. Il montre leur contribution à chaque critère.

Les différents systèmes de gestion des connaissances utilisant les SMA essayent de porter une contribution pour un ou plusieurs processus du cycle de vie de la connaissance. Ils utilisent différents types de connaissances (document, liens, multimédia...) et adoptent différents type de modèles tels que le model organisationnel [Dignum, 2006] [Monticolo, 2007] [Guizzardi, 2007] pour identifier les connaissances dans les organisations, le modèle de préférence de l'utilisateur [Lieberman, 1995] [Soto, 2007] [Gandon, 2002] ou modèle d'information personnel [Van Elst] qui tient compte des différents informations et préférences de l'utilisateur pour bien l'assister dans son travail, les réseaux de Petri [Tacla, 2003] et le modèle orienté but [Markus, 2007] pour modéliser le but de chaque activité et déduire la ou les connaissance(s) associées.

Pour déterminer les connaissances pertinentes pour la gestion, certains travaux [Soto, 2007] [Markus, 2007] [Monticolo, 2007] ont proposé une évaluation de la connaissance par des experts pour s'assurer de sa pertinence.

Nous nous intéressons dans cette thèse au processus de valorisation des connaissances. Nous avons développé un système de gestion des connaissances qui les réutilise en les proposant, à la bonne personne et au bon moment, sous différentes formes dépendamment des besoins de l'utilisateur afin de l'aider à réaliser son activité lors de la réalisation d'un projet de conception d'un produit mécanique. Nous utilisons une approche organisationnelle et un système multi-agents capable manipuler plusieurs types de connaissance.

Auteur \ Critère	Dignum	Lieberman	Soto	Markus	Monticolo	Gandon	Tacla	Guizzardi
Repérer les connaissances	-	-	+	-	+	+	+	-
Préserver les connaissances	-	-	+	-	+	+	+	-
Valoriser les connaissances	+	+	+	+	-	-	+	+
Actualiser des connaissances	-	-	-	-	-	-	-	-
Modèle sous jacent	Modèle organisationnel	Modèle des préférences de l'utilisateur	Modèle des préférences de l'utilisateur	Modèle orienté buts	Modèle organisationnel	Modèle des préférences de l'utilisateur	Réseaux de Petri	Modèle organisationnel
Type de connaissance	Liens, multimedia	documents	documents	Différents types de connaissance	Différents types de connaissance	Différents types de connaissance	documents	Liens, multimedia
Evaluation des connaissances	-	-	+	-	+	-	-	-
Moyen de stocker les connaissances	-	-	Ontologie	-	Mémoire de projet	Mémoire de projet	Mémoire de projet	-

Tableau 1. Comparaison entre les différents travaux

7. Conclusion

Ce chapitre définit les concepts de base, nécessaires à la compréhension de la problématique de la gestion des connaissances. Nous avons abordé la nécessité de gérer les connaissances métier des acteurs lors des activités de conception de produits. .

La nécessité de la réutilisation dans le domaine des systèmes de gestion des connaissances métier et la communication des différents composants nous a mené à définir les ontologies et la mémoire d'entreprises. Nous les avons présentées comme moyen de représenter et stocker les connaissances.

Ces deux concepts constituent un moyen nécessaire mais non suffisant pour la réutilisation des connaissances. Les agents semblent un choix pertinent et adapté pour atteindre cet objectif. Nous avons présenté une vue d'ensemble sur les différents travaux qui traitent la gestion des connaissances en utilisant des systèmes multi-agents.

Nous nous intéressons dans cette thèse au processus de valorisation des connaissances. Nous avons développé un système de gestion des connaissances qui les réutilise en les proposant, à la bonne personne et au bon moment, sous différentes formes dépendamment des besoins de l'utilisateur afin de l'aider à réaliser son activité lors de la réalisation d'un projet de conception d'un produit mécanique. Nous utilisons une approche organisationnelle et un système multi-agents capable de manipuler plusieurs types de connaissance.

Dans les chapitres suivant, nous présentons notre contribution en matière d'approche à base de SMA pour la gestion des connaissances.

Chapitre 3

Analyse du système de gestion des connaissances KATRAS_GW

Nous proposons, dans ce chapitre, une analyse préalable à la conception d'un SGC, appelé KATRAS_GW, qui s'appuie sur la méthodologie ASPECS. La solution présentée repose sur les activités des acteurs métier qui participent aux projets de conception et partagent et utilisent des connaissances lorsqu'ils interprètent des rôles précis durant les activités du processus. Le système propose des mécanismes d'aide à l'utilisateur en réutilisant des connaissances. En effet, ce système permet d'assister l'acteur métier lors du processus de conception du produit mécanique en lui proposant différents types d'aide. L'objectif est de mettre en évidence les objectifs de KATRAS_GW et ses principaux mécanismes de fonctionnement. Les sections de ce chapitre présentent les résultats de l'application des activités de la phase d'analyse d'ASPECS.

Sommaire

1.	Introduction	67
2.	Description des concepts sous-jacents de KATRAS_GW	67
3.	Analyse des besoins de KATRAS_GW	69
4.	Identification des structures organisationnelles	71
	4.1 <i>Identification des organisations</i>	71
	4.2 <i>Rôles dédiés à la capitalisation</i>	73
	4.3 <i>Les rôles dédiés à la réutilisation des connaissances</i>	74
	4.4 <i>Description de scénarios</i>	82
5.	Conclusion.....	87

1. Introduction

Le développement des systèmes de gestion des connaissances (SGC) au sein des entreprises a connu un essor important qui a été amplifié par le développement des Technologies de l'Information et de la Communication. Toutefois, plusieurs facteurs, plus ou moins liés, rendent ces SGC difficiles à analyser et comprendre:

- les technologies utilisées pour le développement de ces SGC sont hétérogènes,
- la connaissance est en soit un objet complexe et protéiforme [Marti, 05],
- la connaissance est distribuée sur l'ensemble des acteurs d'une entreprise,
- les acteurs utilisent un ensemble d'outils métiers (logiciels) spécifiques et hétérogènes,
- les outils métiers et acteurs sont en constante évolution.

La plupart des SGC sont donc des systèmes complexes, hétérogènes, distribués et ouverts. Différentes approches de conception de SGC ont été proposées dans la littérature [Tacla, 2003][Gandon,2002]. Celles-ci ne permettent pas de décomposer et analyser les SGC. Nous proposons, dans ce chapitre, une analyse préalable à la conception d'un SGC, appelé KATRAS_GW, qui s'appuie sur la méthodologie ASPECS [Cossentino, 2007] dédiée à l'analyse, la conception, l'implémentation et le déploiement de systèmes complexes. Cette analyse permet de mettre en évidence les objectifs que cette application doit satisfaire et les principaux mécanismes de son fonctionnement. En particulier, chaque activité, composant la partie analyse de la méthodologie ASPECS, produit un modèle exploitable pour la compréhension et la comparaison avec d'autres travaux existants et facilite la réutilisation du système dans d'autres contextes.

Nous nous basons dans cette thèse sur le travail de Monticolo [Monticolo, 2007] et nous posons en particulier les mêmes hypothèses. L'auteur propose une approche de capitalisation des connaissances au fil de l'eau suivant une approche organisationnelle. Cette approche repose sur quatre composantes :

- un modèle organisationnel d'un processus de conception, utilisant les concepts de Rôle, d'Interaction, d'Organisation, de Connaissances et de Compétences,
- une ontologie décrivant les concepts du domaine de l'ingénierie de produits,
- une structure de mémoire organisationnelle instanciée pour chaque projet dans une mémoire de projet et de manière générale dans une mémoire métier unique,
- un SMA qui capitalise au fil de l'eau les connaissances issues des interactions entre acteurs métiers.

Ce travail est replacé dans le contexte plus général de la gestion des connaissances pour y ajouter l'aspect réutilisation des connaissances et lui donner un cadre à l'aide des modèles issus des activités d'ASPECS. Ne sont présentés que les modèles issus des activités d'ASPECS qui nous paraissent pertinents dans le cadre de notre étude.

La solution présentée repose, comme celle proposée par Monticolo, sur les activités des acteurs métier qui participent aux projets de conception, partagent et utilisent des connaissances lorsqu'ils interprètent des rôles précis durant les activités du processus. Ce postulat signifie que la capitalisation et la réutilisation des connaissances se font « au fil de l'eau » et de manière transparente pour les acteurs métiers.

Les sections suivantes présentent les résultats de l'application des activités d'ASPECS dédiées à l'analyse. C'est-à-dire, la description de l'ontologie du problème, l'analyse des besoins et l'identification des structures organisationnelles.

2. Description des concepts sous-jacents de KATRAS_GW

L'objectif global de la description de l'ontologie du problème est de fournir une vue conceptuelle d'ensemble du problème en cours d'étude. Cette activité approfondit la compréhension du problème avec une description des concepts qui composent le domaine du problème. L'ontologie du problème est modélisée en utilisant un diagramme de classe où les concepts, les attributs et les actions sont identifiés par des stéréotypes spécifiques [FIPA ACL, 2002]. Ces stéréotypes sont

- . «concept» : pour désigner une entité du domaine,
- . «action» : pour désigner une transformation d'un concept,
- . «predicate» : pour désigner un prédicat relatif à un ensemble de concepts.

Le diagramme UML de la figure 3.1 présente notre proposition d'ontologie relative au domaine d'intérêt, à savoir un SGC basé sur les hypothèses de Monticolo.

Le cycle de vie du produit décrit pas à pas les activités à suivre pour le développement d'un produit mécanique, depuis la phase d'analyse des besoins jusqu'à la phase d'industrialisation du produit (Pour la lisibilité du schéma, ces instances n'y apparaissent pas). Une phase est constituée d'un ensemble d'activités. Chaque activité peut être elle-même composée de sous-activités. À l'issue d'une l'activité, un livrable (par exemple un document de spécification) est créé. La phase quant à elle, délivre un état du produit tel qu'un concept ou un prototype. Chaque activité est réalisée par des acteurs métier. Les phases et les activités sont modélisées par des organisations composées de rôles. Chaque rôle représente le comportement d'un acteur métier. Un rôle permet de déterminer le comportement d'un acteur durant l'activité au travers de ses interactions, ses compétences et des connaissances qu'il utilise et/ou qu'il partage [Monticolo, 2007]. Une compétence (exemple : 'Formaliser le besoin client') utilisée par un rôle (exemple : 'concepteur') nécessite une ou plusieurs connaissances (exemple: 'besoins techniques du client') pour être mise en œuvre. Chaque compétence est ainsi associée à une série de connaissances permettant de la caractériser. Un rôle possède une ou plusieurs compétences. Chaque compétence requiert une ou plusieurs connaissances pour être utilisée. Un acteur peut jouer plusieurs rôles et un rôle peut être joué par plusieurs acteurs. Chaque livrable est le résultat d'une activité. Dans le modèle organisationnel, il correspond au résultat des interactions. L'état du produit est contenu dans les connaissances associées aux résultats de l'interaction. Ces connaissances sont partagées lors de l'interaction entre les rôles. Elles sont stockées dans une mémoire organisationnelle.

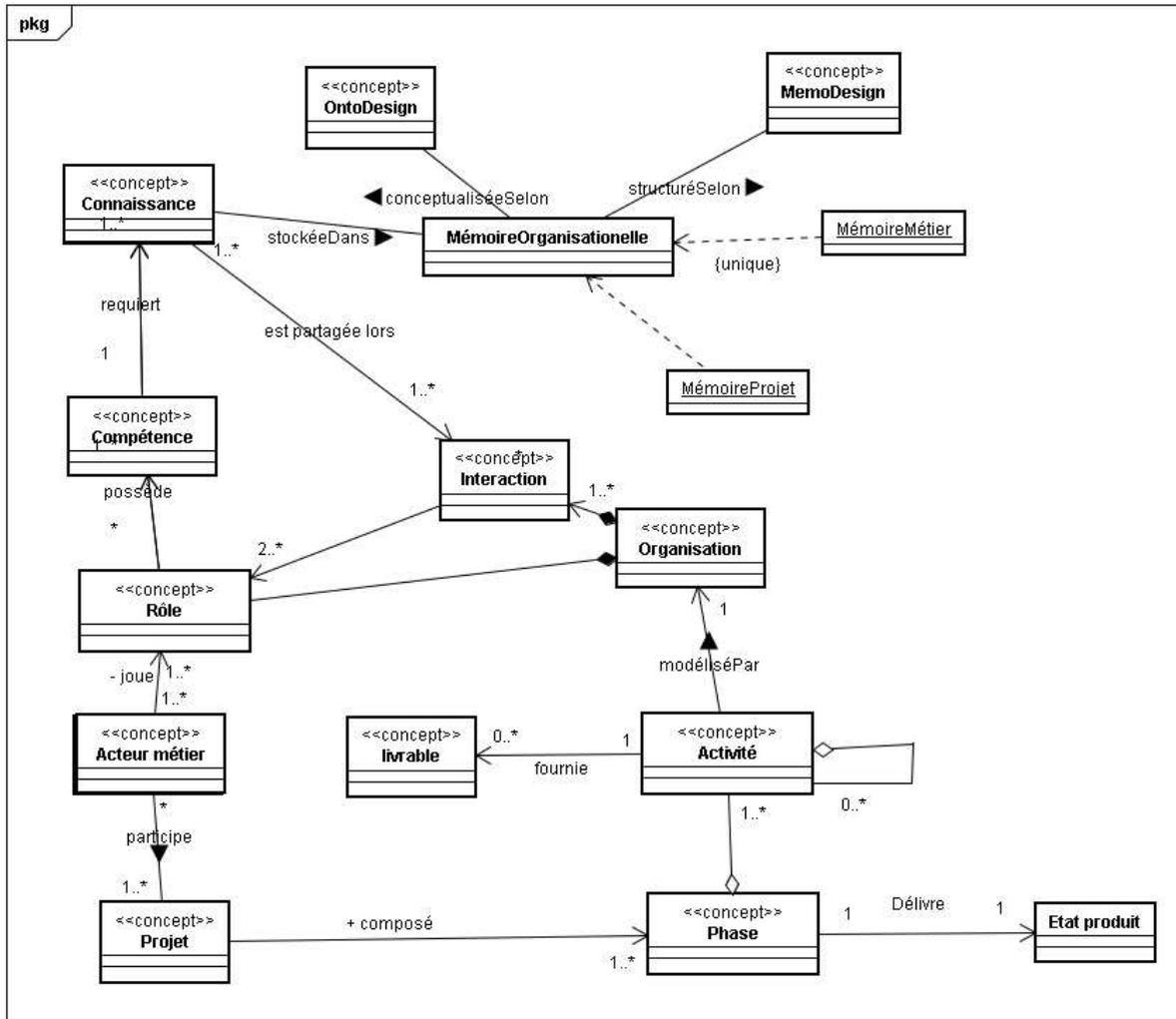


Figure 3.1. Modélisation conceptuelle de l'approche *-Design

Plusieurs travaux dans la littérature ont apporté une contribution à la modélisation conceptuelle du processus de conception. Belkadhi [Belkadhi, 2007] décrit le méta-modèle de la situation qui est une représentation graphique des concepts clés (situation, entité et rôles spécifiques). Grebici [Grebici, 2007] propose une modélisation du cadre de la collaboration qui intègre les différents modes de collaboration, les différents modes d'organisation du processus de conception (prescriptif et émergent), les objets intermédiaires et leur maturité. Ces différents modèles sont dédiés à la modélisation du processus de conception et ne prennent pas en compte les compétences et les connaissances des rôles des acteurs métiers et de manière plus générale les aspects liés à la gestion des connaissances.

3. Analyse des besoins de KATRAS_GW

La méthodologie ASPECS est dirigée par la description des besoins. Cette activité traite de l'analyse des buts du système. Les buts décrivent les objectifs que le logiciel doit réaliser. Nous avons choisi le framework i* [Conklin, 2007] pour supporter l'analyse orientée but de notre SGC. Ce framework fournit une représentation schématique intuitive des buts, des acteurs et de leurs dépendances. Cette représentation graphique [Bresciani, 2004] décrit :

- les acteurs (représentés par des cercles) qui vont être par la suite des candidats potentiels pour l'identification des organisations et des rôles,
- les « hard goals » qui représentent un objectif concret à atteindre (présentés par des rectangles à coins arrondis),
- les « soft goals » n'ont aucune définition précise et/ou critères pour déterminer s'ils sont satisfait ou non (présentés sous forme de nuages)
- les plans (représentés par des hexagones), décrivent, à un niveau abstrait, un moyen de réaliser une tâche. La réalisation d'un plan est un moyen pour satisfaire un « hard goal » ou contribuer à un « soft goal ».

Le framework i* introduit une décomposition arborescente des buts selon deux stratégies : La décomposition "ET" où le but peut être atteint en résolvant tous les nœuds descendants, présenté par un arc liant les nœuds fils. La décomposition "OU" où le but peut être atteint en résolvant un, au moins, des nœuds fils. Pour un soft goal on parle de contribution, c'est-à-dire qu'on identifie les buts qui peuvent contribuer positivement ou négativement à l'accomplissement du but à réaliser.

Le système de gestion de connaissance a pour but principal de gérer les connaissances métiers lors du processus de conception de produits. Dans ce cadre, l'analyse des principaux travaux sur la gestion des connaissances met en avant quatre processus principaux (figure 1.1) : la localisation, la préservation, la valorisation et l'actualisation. On peut assimiler ces processus à des buts globaux que tout SGC doit atteindre (au moins en partie) qui sont respectivement l'identification, la capitalisation, la réutilisation et l'actualisation des connaissances. Ces buts sont de type soft goals. En effet, il semble difficile de définir des critères précis qui permettent d'établir si ces buts sont atteints ou non.

Ces quatre soft goals contribuent donc positivement à la réalisation du soft goal du système de gestion des connaissances « gérer les connaissances ». De plus, ils sont liés par la décomposition ET (figure 3.2) car c'est par leur combinaison que le SGC peut tendre au but global. A ces quatre soft goals, nous ajoutons un cinquième : *contexte identifié*, également de type soft goal et lié par une composition ET aux quatre autres. Ce dernier but est nécessaire pour la prise en compte des hypothèses de Monticolo. En effet, le SGC repose sur l'identification des rôles et activités des acteurs métiers. Ce but est réalisé par le détecteur de contexte qui constitue un rôle clef et basique de l'approche. Nous nous intéressons dans notre travail à la réalisation du soft goal « connaissances réutilisées » que nous allons raffiner dans la suite.

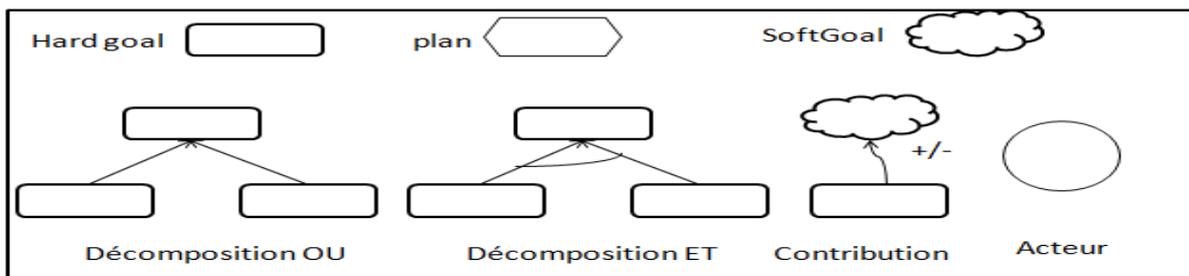
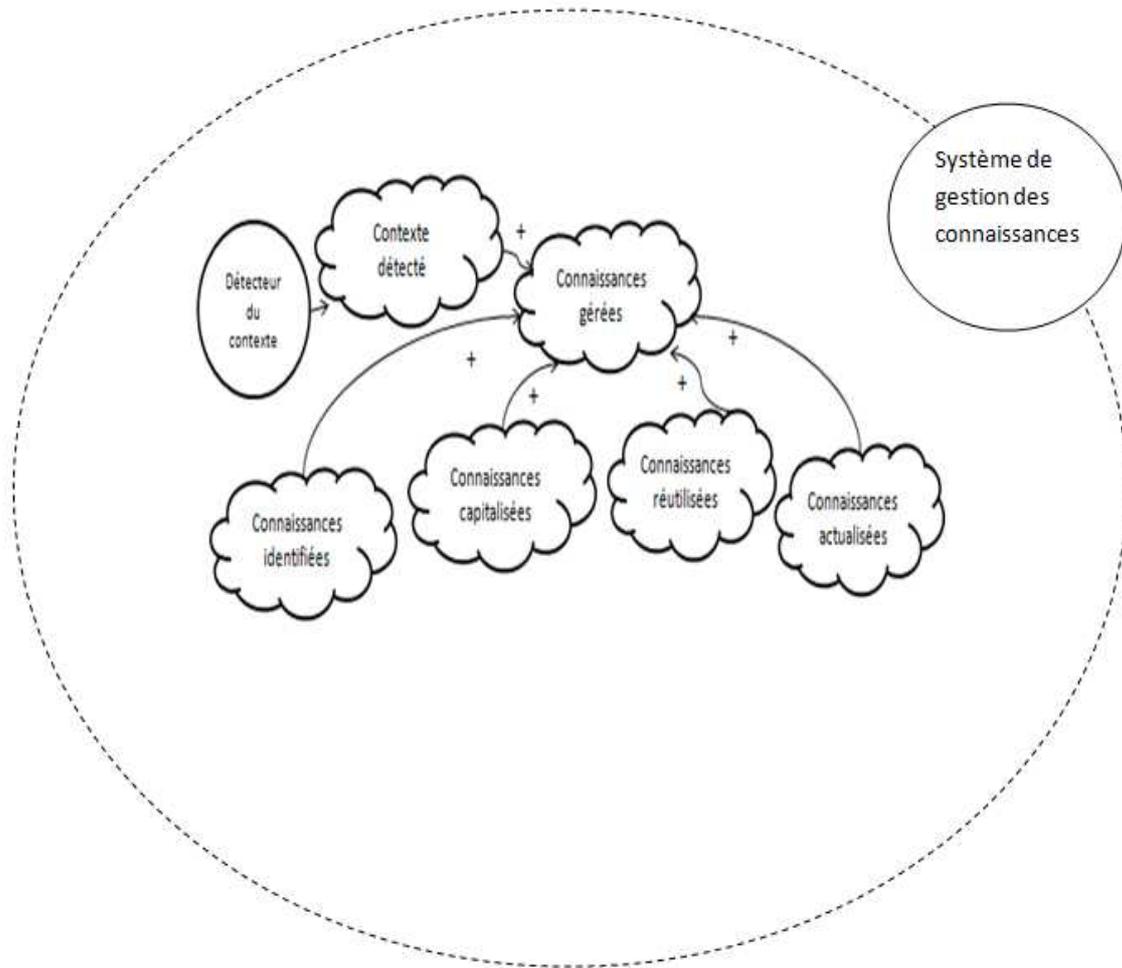


Figure 3.2. Diagramme de Raisonnement Stratégique du système de gestion des connaissances

4. Identification des structures organisationnelles

4.1 Identification des organisations

L'identification des organisations correspond à l'activité « Organisation Identification (OID) » dans ASPECS. Le but de cette activité est de lier chaque besoin, pour notre cas un ensemble

de buts ou de plans, à un comportement global incarné par une organisation. Chaque but/plan est alors associé à une organisation responsable de son accomplissement. Une organisation est définie par un ensemble de rôles, leurs interactions et un contexte commun.

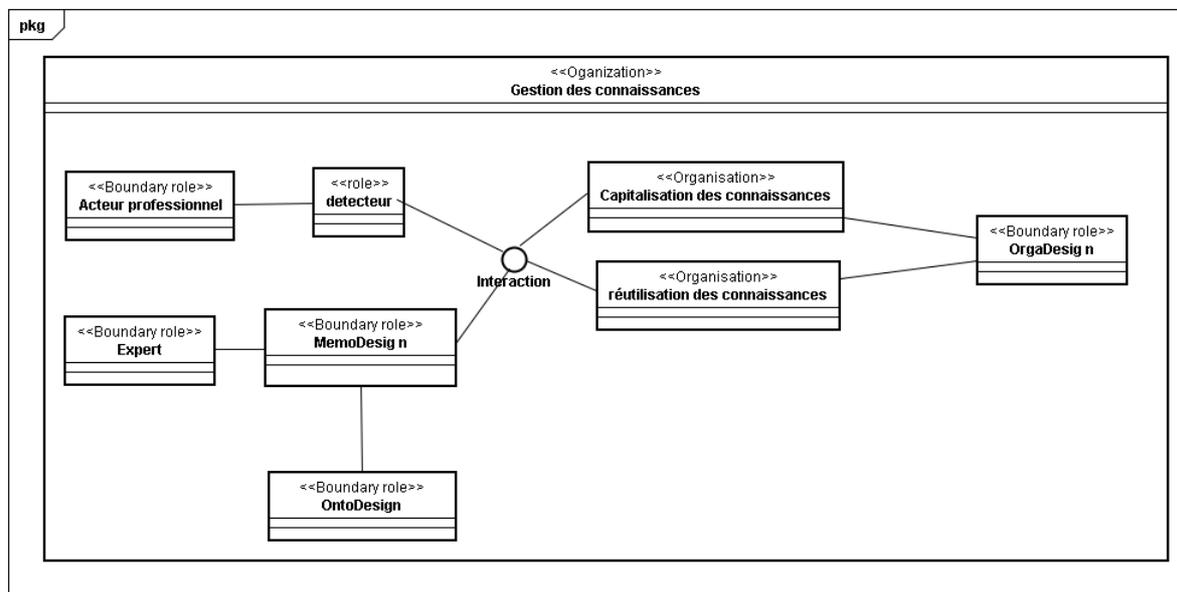


Figure 3.3. Modélisation CRIO du processus de gestion des connaissances

Les composants intervenant lors de la gestion des connaissances sont illustrés dans la figure 3.3. Dans cette figure, les Boundary Roles représentent soit les humains en interaction avec le système, comme les acteurs professionnels ou les experts, soit les composantes OrgaDesign, OntoDesign et MemoDesign utilisées par le SMA pour la capitalisation et la réutilisation des connaissances. L'acteur professionnel est surveillé par le rôle détecteur. Ce rôle monitoré les activités de l'utilisateur en détectant le nom du projet sur lequel il est en train de travailler, son rôle dans ce projet, l'activité courante, et éventuellement le terme dans le champ de recherche. Les compétences et les connaissances utilisées lors du processus de conception sont présentées dans le modèle organisationnel OrgaDesign qui constitue un « Boundary role ». Le « Boundary role » expert représente les experts humains en interaction avec le système qui se chargent de valider les connaissances de MemoDesign. Ces connaissances sont représentées par des concepts et des relations issus de l'ontologie OntoDesign. Ces composants sont en interaction avec les organisations « Capitalisation des connaissances » et « Réutilisation des connaissances ».

Par la suite, nous allons décomposer les organisations « Capitalisation des connaissances » et « Réutilisation des connaissances » en un ensemble de rôles en interaction. Ceci correspond à l'activité « Interactions and Role Identification (IRI) » dans ASPECS qui vise à décomposer un comportement global incarné par une organisation en sous organisations. Le comportement le plus fin est représenté par un Rôle. L'interaction des rôles doit être définie dans la même organisation qui fournit le contexte d'interaction. Le but de Chaque Rôle doit contribuer à l'accomplissement (d'une partie) du but de l'organisation à laquelle il appartient. Le diagramme résultant est un diagramme de classes. Les classes représentent les rôles. Des stéréotypes sont utilisés pour différencier les rôles et les rôles environnementaux. Pour accompagner cette décomposition nous utilisons les diagrammes de raisonnement stratégique [E. Yu, 1997] du framework i^* pour décomposer chaque but non élémentaire en sous-buts ou plans.

4.2 Rôles dédiés à la capitalisation

La figure 3.4 présente le diagramme de raisonnement stratégique illustrant les rôles intervenant pour la capitalisation des connaissances [Monticolo, 2007]

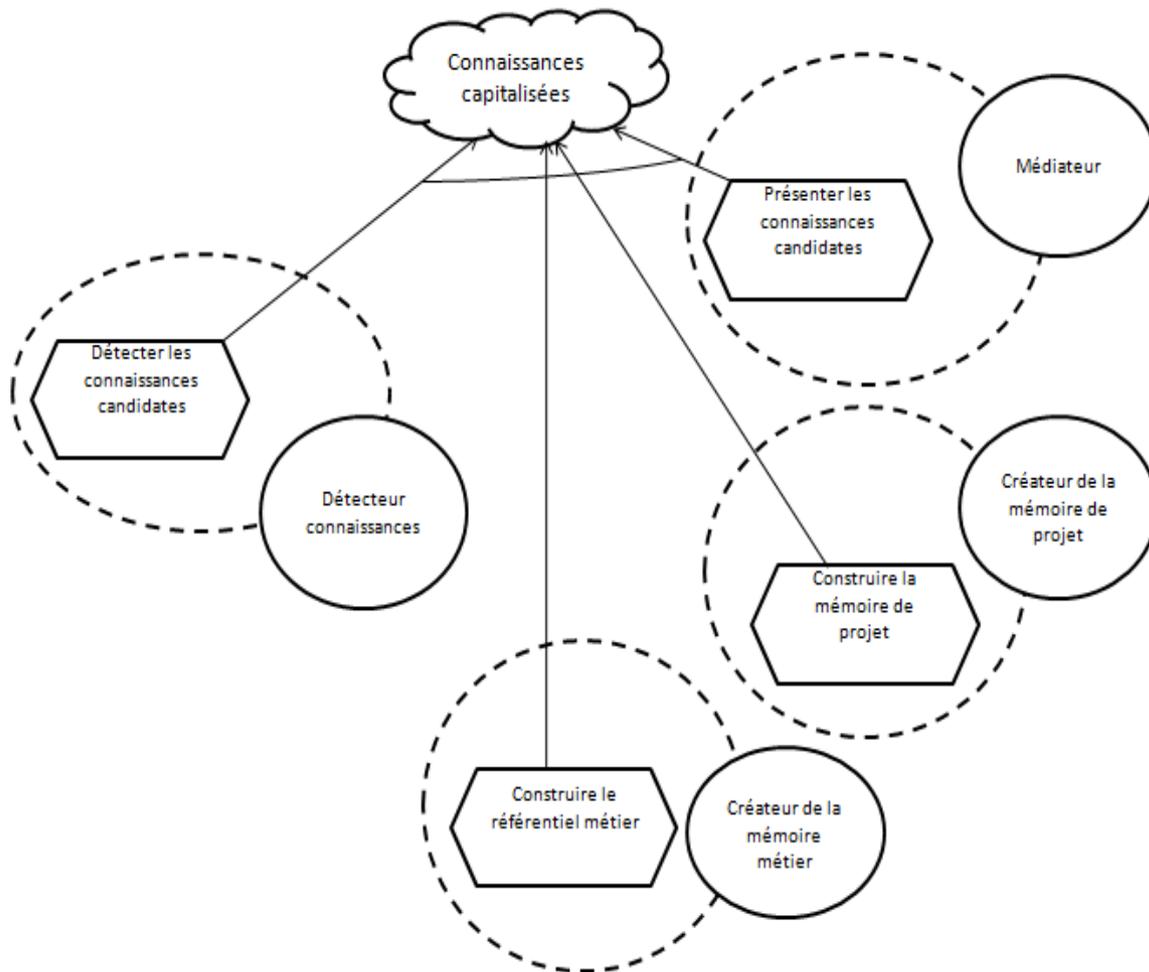


Figure 3.4. Le diagramme de dépendance Stratégique pour le sous but connaissances capitalisées

Le *détecteur de connaissances* identifie les informations dites ‘candidates’, c'est-à-dire les connaissances pertinentes et qui pourraient être utilisées pour construire la mémoire de projet. Pour identifier les connaissances, ce rôle les localise parmi les informations créées lors du projet (documents, planning, calculs,...). Après avoir localisé et identifié ces connaissances, il les cartographie en vue de leur donner un contexte qui sera une activité métier, c'est-à-dire

une étape du processus de conception et un rôle. La cartographie permet également la caractérisation des connaissances en vue de les annoter.

Le rôle *médiateur* présente les connaissances candidates aux membres de l'équipe projet identifiés comme 'référents Projet'. Celles-ci sont ainsi soumises à un processus de validation. Les référents Projet peuvent modifier, supprimer ou accepter les connaissances candidates, informations à valider par l'acteur métier, pour que celles-ci passent à l'état de Connaissances Projet. Dans cet objectif, le rôle médiateur permet d'estimer, d'évaluer, de standardiser, d'enrichir et de mettre à jour les connaissances capitalisées.

Le rôle *créateur de la mémoire de projet* construit la mémoire de projet à partir des connaissances annotées par le détecteur de connaissances et validées par le médiateur. Les connaissances sont modélisées et formalisées selon la structure de la mémoire de projet. Ce rôle gère l'archivage des connaissances dans la mémoire de projet.

Le rôle *créateur de la mémoire métier* construit la mémoire métier à partir des connaissances annotées par le détecteur de connaissances et validées par le médiateur.

Nous avons modifié le comportement du rôle « Assistant cognitif » utilisé pour la capitalisation afin de l'adapter aussi à la réutilisation des connaissances. Ce rôle est désormais appelé « Détecteur de Contexte ». Le Détecteur de contexte interagit avec les acteurs métier pour identifier leurs rôles, leurs activités, leurs projets en cours et éventuellement les concepts qu'ils cherchent. En effet, l'acteur métier valide le choix de l'activité et du projet proposé par le système ce qui va permettre de les détecter par le « Détecteur de contexte ». Ceci permet au système de déduire le rôle de l'acteur métier préalablement fixé par le chef de projet.

4.3 Les rôles dédiés à la réutilisation des connaissances

Comme technique de réutilisation des connaissances, nous proposons, dans cette thèse, la proposition de connaissances pertinentes. La proposition des connaissances pertinentes implique que le système KATRAS_GW soit capable d'identifier : des **connaissances** à proposer à une **personne** et à un **moment** précis lors du déroulement d'un projet. Cette forme de réutilisation s'appuie sur le contexte défini par le modèle organisationnel OrgaDesign et sur les connaissances stockées dans les mémoires de projet et la mémoire métier (structurées selon l'architecture MemoDesign).

La figure 3.5 représente le diagramme de raisonnement stratégique pour le soft goal «connaissances pertinentes proposées ». Pour que ce soft goal soit réalisé, au moins un des trois plans, à savoir, réaliser l'assistance automatique, réaliser le système d'alerte ou réaliser le Transfert doit être exécuté. Ces trois plans diffèrent par leur utilité pour les acteurs métiers selon les différents stages de leur processus d'insertion. Pour un novice, il est intéressant de lui proposer automatiquement des connaissances qui lui permettent d'apprendre les bases de son travail et d'extraire les connaissances depuis la mémoire du projet. Pour un acteur plus expérimenté, un système d'alerte, aidant à éviter les erreurs, lui permet de réaliser les projets avec moins d'effort et en un temps plus court. De plus, comme le travail est collaboratif, le système propose également un transfert des connaissances qui favorise la collaboration entre les différents acteurs métiers. La recherche de l'information constitue un point commun entre ces trois plans. Elle s'effectue en suivant les concepts et leurs relations décrits au niveau de l'ontologie. La description des connaissances ainsi que leurs instances et les techniques permettant sa recherche seront détaillées dans le chapitre suivant.

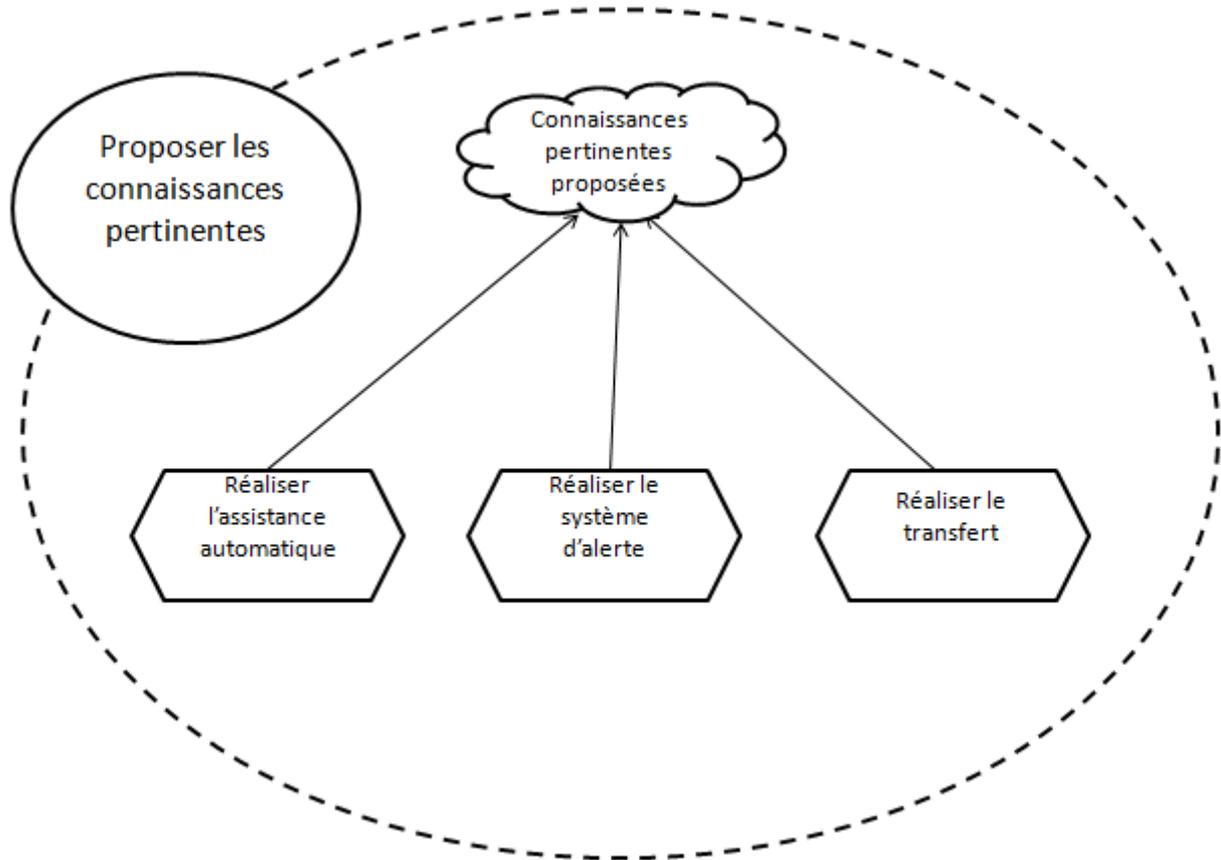


Figure 3.5. Le diagramme de dépendance Stratégique pour le soft goal « connaissances pertinentes proposées »

Les trois plans énoncés et présentés dans la figure 3.5 sont décrits dans les sections suivantes. Pour chaque plan, nous avons établi le **Diagramme de Raisonnement Stratégique** pour déterminer les rôles nécessaires à leur réalisation.

Nous commençons par présenter le plan « Réaliser l'assistance automatique ». Afin de le réaliser, un des deux plans doit être effectué ; « Réaliser le PUSH/PULL » et « Réaliser l'assistance automatique spécifique ».

4.3.1 Le plan « Réaliser le PUSH/PULL »

Ce plan a pour objectif de proposer les connaissances associées à un rôle pour réaliser sa tâche [Ben Miled, 2008].

Ces connaissances sont décrites dans le modèle OrgaDesign et stockées dans les mémoires de projet. Il peut être réalisé soit automatiquement via le PUSH soit suite à l'intervention de l'acteur métier (PULL).

- PUSH :

Le système suit les activités de l'utilisateur, détecte son rôle, le nom du produit ainsi que son activité et lui propose automatiquement les connaissances stockées correspondant au rôle de l'utilisateur. Par exemple, le système propose à l'acteur jouant le rôle de concepteur et réalisant l'activité «Réaliser l'analyse des besoins » la liste des besoins liée au produit en

cours de réalisation. Selon le modèle OrgaDesign (figure 3.6), la connaissance associée à ce rôle est «Besoins clients souhaités». Il lui propose aussi la connaissance liée au résultat de l'interaction.

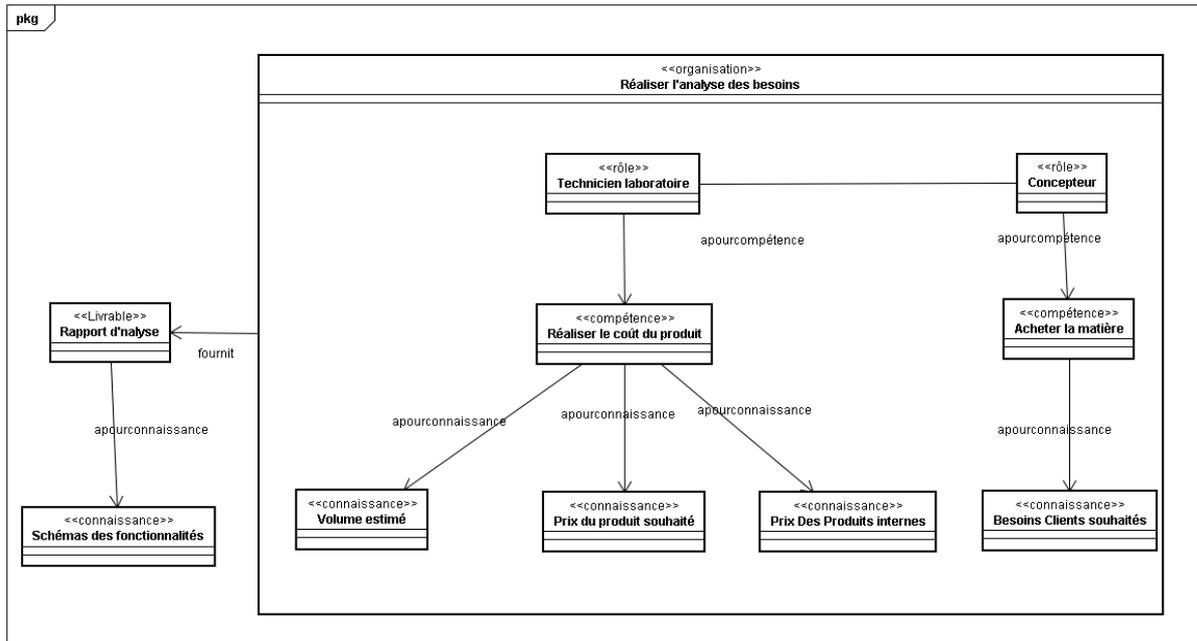


Figure 3.6. Organisation ‘Réaliser l’analyse des besoins’

- PULL :

Le PULL offre une recherche personnalisée des connaissances basée sur une approche organisationnelle. L'acteur tape un terme dans le champ de recherche et il obtient les connaissances liées à ce terme filtrées selon son rôle et son activité dans le modèle OrgaDesign.

Exemple : Si l'acteur joue le rôle du concepteur et réalise l'activité « rédiger la bréviaire des connaissances », il a comme connaissance (tel que défini par le modèle OrgaDesign) la définition des termes, le résultat de sa recherche serait donc la définition du terme. Par contre, s'il joue le rôle d'un technicien laboratoire ayant comme connaissance les paramètres techniques, il aurait comme réponse les paramètres techniques du terme.

Quatre rôles interviennent pour la réalisation du plan PUSH/PULL (figure 3.7) :

- Identifieur (Identifieur OrgaDesign) chargé de l'identification des connaissances associées au rôle ainsi qu'à son activité.
- Réutilisateur chargé de formuler les requêtes et proposer les résultats.
- Chargé de raisonnement métier qui se charge d'extraire les connaissances du référentiel métier.
- Chargé de raisonnement projet qui se charge d'extraire les connaissances de la mémoire projet.

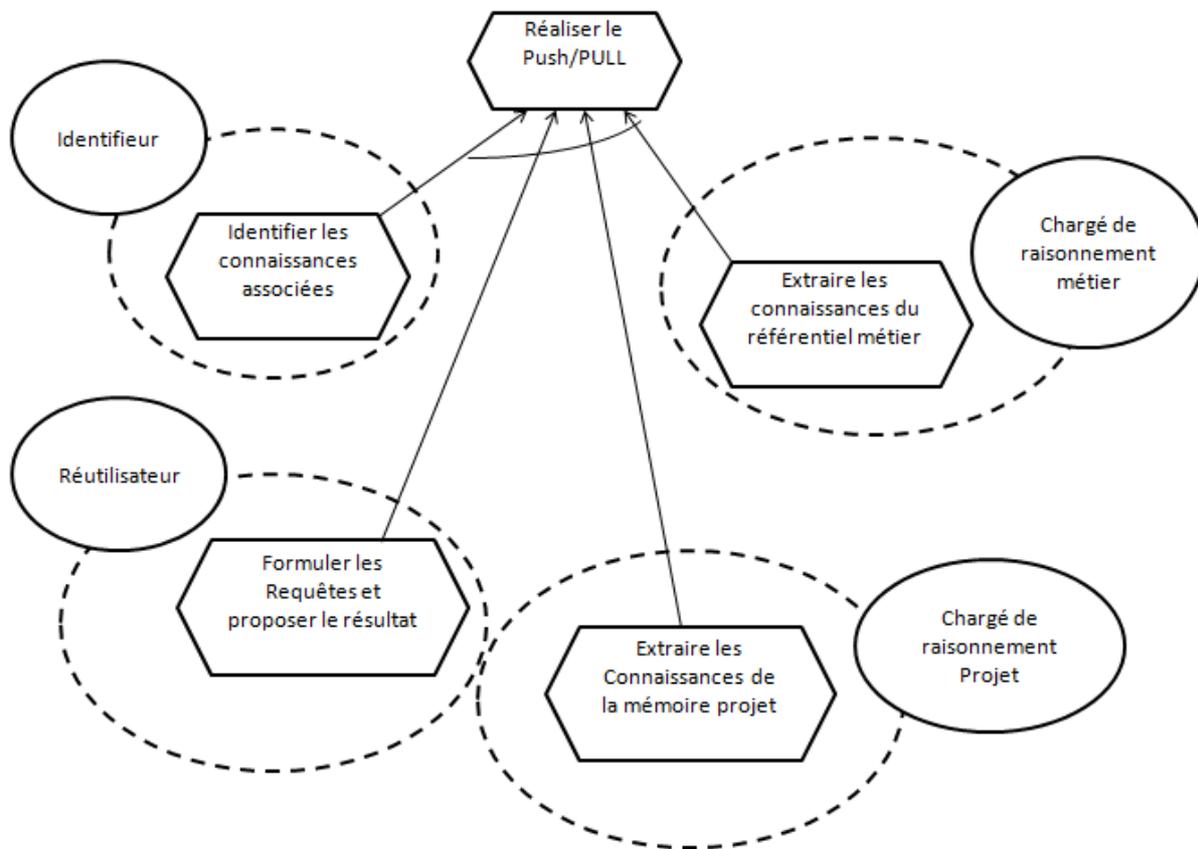


Figure 3.7. Le Diagramme de Dépendance Stratégique pour le plan « Réaliser le PUSH/PULL »

4.3.2 Le plan « Réaliser l'assistance automatique spécifique »

L'assistance automatique spécifique est un plan lié à l'assistance automatique [Ben Miled, 2009b]. Elle constitue un système évolutif basé sur les requêtes des utilisateurs lors de leurs recherches. L'objectif de cette forme de réutilisation est de proposer automatiquement les connaissances liées aux requêtes les plus sollicités par les acteurs métiers. Pour cela, l'identification des connaissances suivant le modèle organisationnel est indispensable pour le bon fonctionnement du système.

Cinq rôles interviennent pour la réalisation de l'assistance automatique spécifique (figure 3.8)

- Identifieur (Identifieur OrgaDesign) chargé de l'identification des connaissances associées au rôle et l'activité de l'acteur métier.
- Réutilisateur chargé de formuler les requêtes et proposer les résultats.
- Apprenant chargé de stocker les requêtes de l'utilisateur et déclencher l'assistance automatique spécifique.
- Chargé de raisonnement métier qui se charge d'extraire les connaissances du référentiel métier.
- Chargé de raisonnement projet qui se charge d'extraire les connaissances de la mémoire projet.

Exemple : les acteurs qui détiennent la connaissance « Besoins client souhaités », cherche un terme N fois (seuil arbitraire). Lors des mises en œuvre suivante d'un rôle ayant cette

connaissance, le système propose automatiquement les « Besoins clients souhaités » à l'acteur métier sans que l'acteur effectue la recherche.

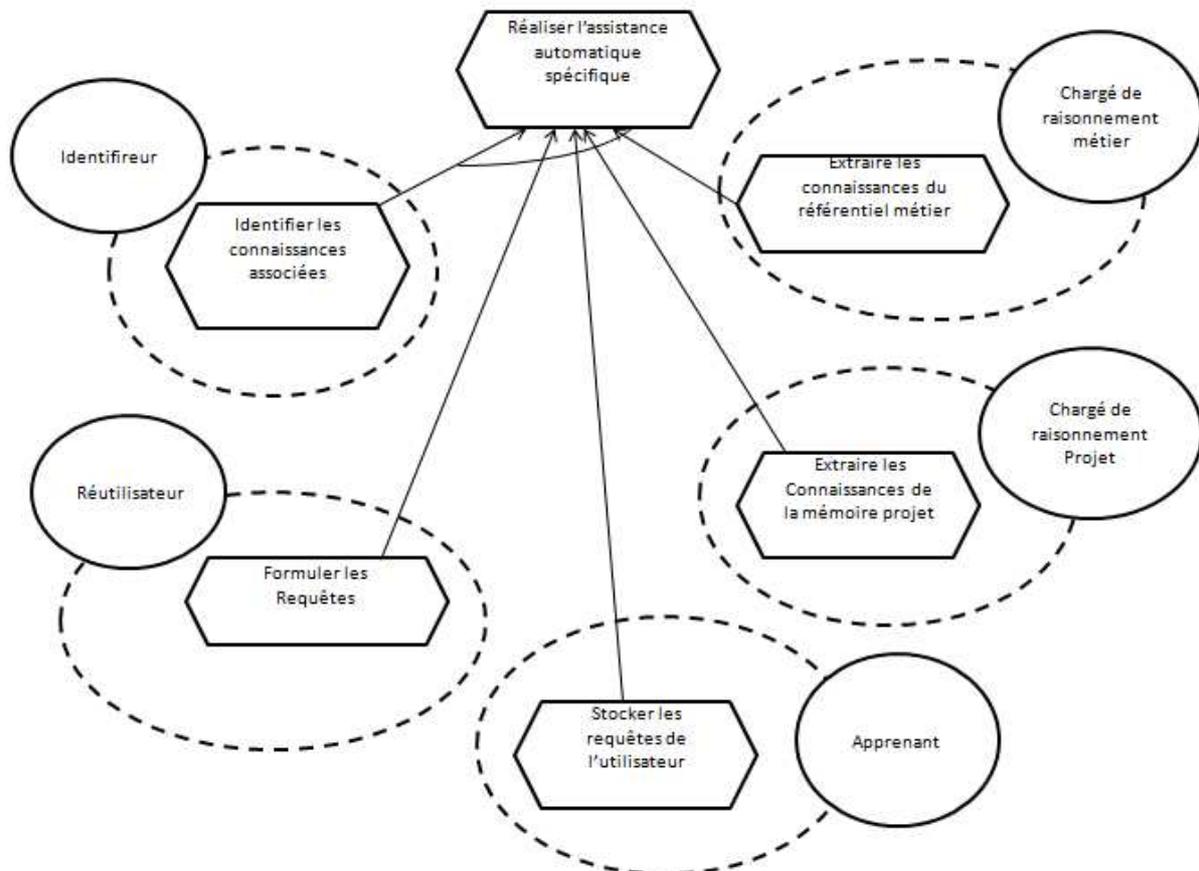


Figure 3.8. Le diagramme de dépendance Stratégique pour le plan « Réaliser l'assistance automatique Spécifique »

4.3.3 Le plan « Réaliser le système d'alerte »

Afin d'éviter d'exploiter les connaissances liés aux échecs et problèmes rencontrés lors de précédents projets, nous proposons le système d'alerte [Ben Miled, 2009b]. Ce système vise à éviter de reproduire les mêmes erreurs et guide l'acteur métier lors de la réalisation de ses tâches. Pour cela, KATRAS_GW exploite les causes répertoriées d'échecs et les retards ainsi que leurs causes.

Ces échecs/retards son associés à une activité et éventuellement des rôles au sein de cette activité.

Trois rôles interviennent pour la réalisation du système d'alerte (figure 3.9)

- Réutilisateur chargé de formuler les requêtes et proposer les résultats.
- Chargé de raisonnement métier qui se charge d'extraire les connaissances du référentiel métier.
- Chargé de raisonnement projet qui se charge d'extraire les connaissances de la mémoire projet.

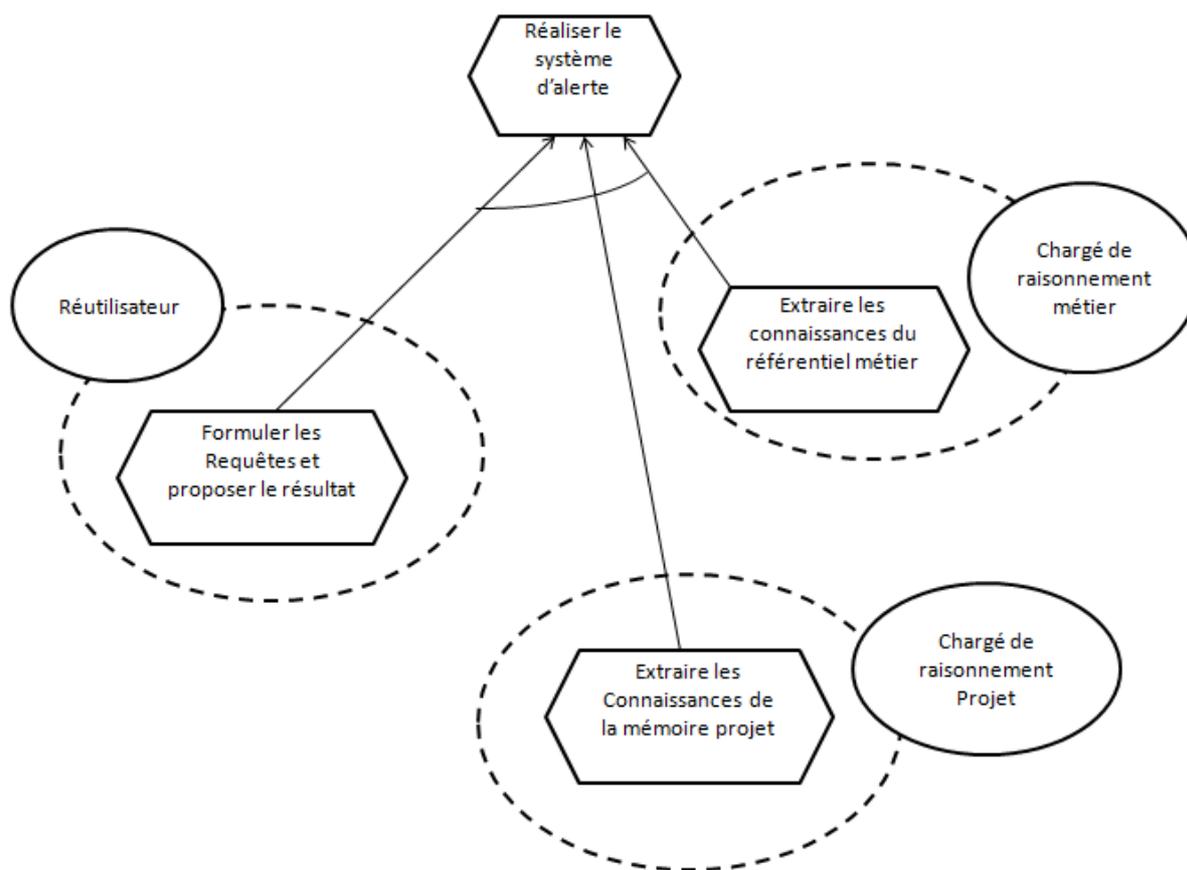


Figure 3.9. Le Diagramme de Dépendance Stratégique pour le plan « Réaliser le système d'alerte »

Exemple : Le système détecte l'activité « réaliser l'analyse des besoins » effectuée par le rôle « concepteur ». Si pour le même contexte organisationnel (activité, rôle), il y a eu un retard, il propose à l'acteur métier les causes du retard, les conséquences, la date de début, la date de fin et les documents associés. Par contre, s'il s'agit d'un échec d'un projet, le *réutilisateur* propose la description de l'échec, la cause, les conséquences, les actions conduites et les recommandations.

4.3.4 Le plan «Réaliser le Transfert»

Le transfert de connaissance contribue à la coopération des acteurs métiers partageant les mêmes connaissances. Cette forme de réutilisation se réalise seulement une fois au début de chaque projet. Elle consiste à communiquer aux acteurs partageant les mêmes connaissances, celles qui sont pertinentes. Ces connaissances proviennent du référentiel métier. Pour cela l'identification des connaissances partagées et les rôles qui les acquièrent suivant le modèle organisationnel est indispensable.

Quatre rôles interviennent pour la réalisation du transfert (figure 3.10)

- Réutilisateur chargé de formuler les requêtes et proposer les résultats.
- Transfèreuse chargé de l'identification et du transfert des connaissances partagées.
- Chargé de raisonnement métier qui extrait les connaissances du référentiel métier.
- Chargé de raisonnement projet qui extrait les connaissances de la mémoire projet.

Exemple : Si deux rôles partagent la même connaissance « liste des besoins », le système communique, au début du projet, aux acteurs concernés (ayant cette connaissance) la liste des besoins de tous les projets capitalisés.

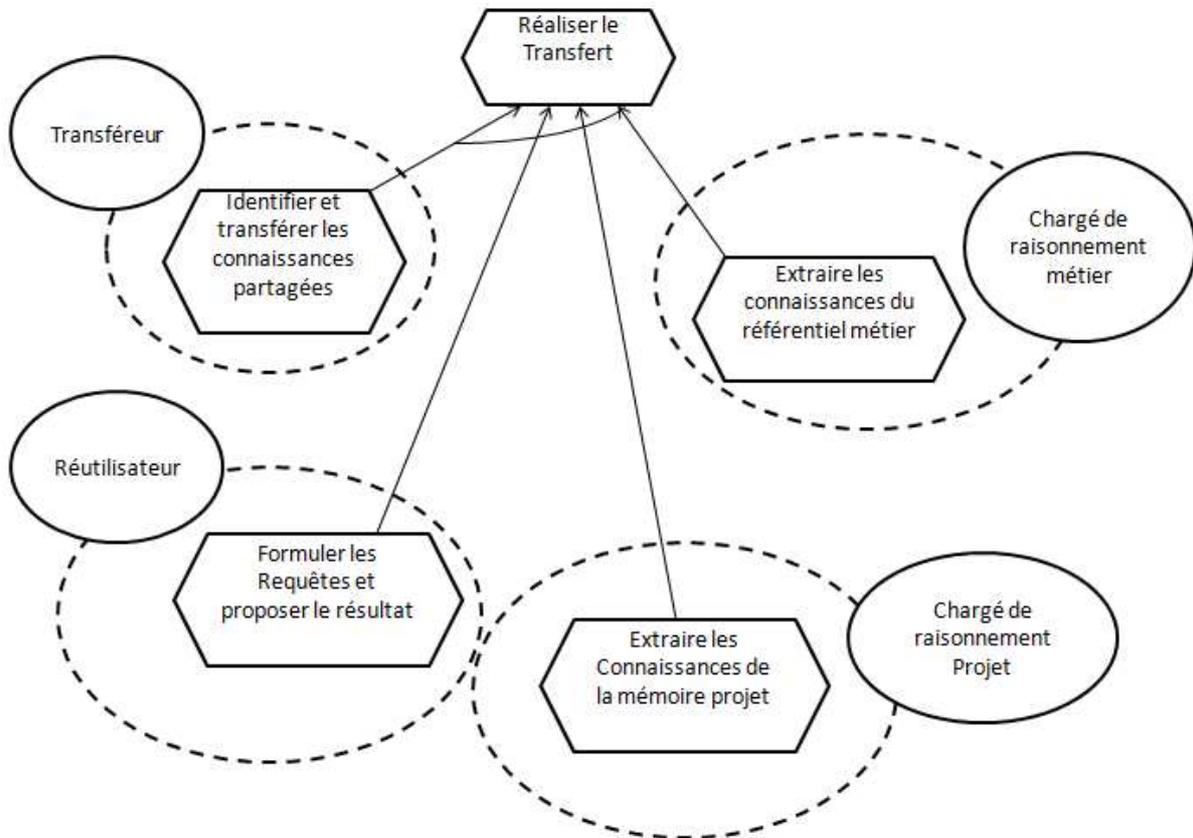


Figure 3.10. Le diagramme de dépendance Stratégique pour le plan « Réaliser le transfert »

4.3.5 L'organisation «Réutilisation des connaissances»

La figure 3.11 illustre les interactions entre les différents rôles pour la réalisation des différentes formes de réutilisation des connaissances.

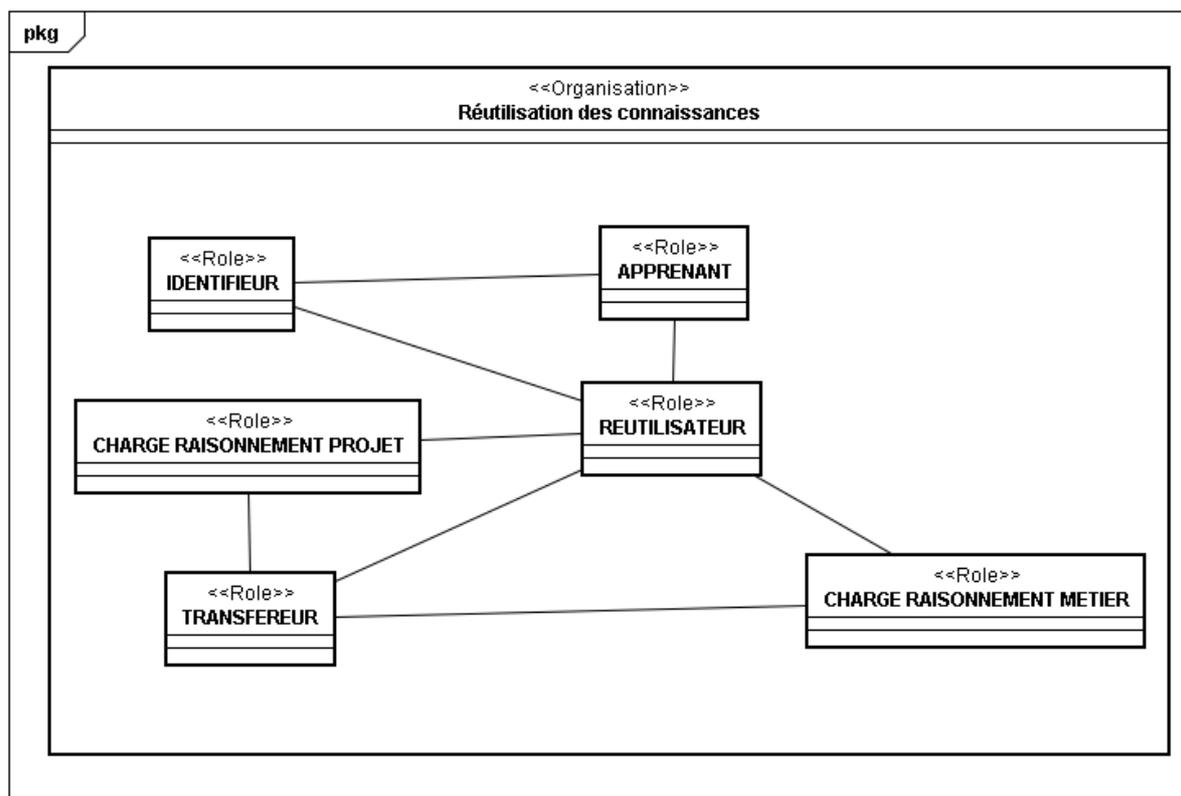


Figure 3.11. Modèle CRIO décrivant la réutilisation des connaissances

Plusieurs rôles interviennent pour la réalisation d'une ou de plusieurs formes de réutilisation. Les formes de réutilisation constituent une aide à l'utilisateur selon le contexte organisationnel et selon ses besoins. Ces rôles sont :

- L'*identifieur* déduit les connaissances liées au rôle et à l'activité détectée. La cartographie de connaissances établie à partir du modèle organisationnel permet d'identifier les connaissances utilisées par les rôles des acteurs métier lors des activités de conception. Le contexte organisationnel (activité, rôle, compétence, connaissance) permet de déduire les connaissances associées à un rôle spécifique pour la réalisation d'une activité spécifique.
- Le *transfereur* déduit, grâce au modèle organisationnel, les rôles qui partagent les mêmes connaissances et se charge d'envoyer par mail celles qui sont pertinentes. Ce processus se réalise une seule fois au début de chaque projet. En effet, certaines connaissances sont partagées par certains rôles dans des activités différentes. Le *transfereur* envoie, aux rôles partageant une ou plusieurs connaissances, les instances (de ces connaissances) extraites de la mémoire projet et du référentiel métier.
- L'*Apprenant* gère les requêtes (connaissances, termes à chercher) établies par les acteurs métiers lors de leurs recherches des connaissances ainsi que le nombre de leur sollicitation. Grâce à cette gestion, il acquiert la capacité d'apprendre les requêtes les plus sollicitées. En effet, il comptabilise chaque connaissance et le terme qui lui est associé à chaque recherche établie par un acteur jouant un rôle particulier dans une activité particulière. Le terme le plus sollicité sera proposé automatiquement avec la connaissance dont il est associé pour le rôle qui la détient.
- Le *réutilisateur* se charge de proposer à l'acteur métier les connaissances pertinentes. Cette proposition dépend des besoins de l'utilisateur. Les connaissances sont jugées pertinentes si elles sont proposées à la bonne personne au bon moment. Dans cet objectif, le rôle de *réutilisateur* se charge de formuler la requête et permet de spécifier le type d'aide apporté à

l'acteur métier. Les requêtes dépendent du type d'aide proposé que ce soit un PUSH, un PULL ou une alerte.

- Le *chargé de raisonnement projet* exploite les connaissances des projets en cours et les manipule à l'aide de l'ontologie OntoDesign afin que ces connaissances puissent être réutilisées. Il exécute les requêtes et extrait les instances des connaissances depuis la mémoire de projet.
- Le *chargé de raisonnement métier* exploite et réutilise, à l'aide de l'ontologie OntoDesign, les connaissances du référentiel métier. En effet, il exécute les requêtes et extrait les instances des connaissances depuis l'ensemble des projets capitalisés.

Nous détaillons dans la section suivante les différents protocoles d'interaction pour la réalisation des différentes formes de réutilisation décrites précédemment.

4.4 Description de scénarios

Cette description correspond à l'activité « Scenario Description » dans ASPECS. Le but de cette activité est de décrire le protocole d'interaction entre les rôles impliqués dans chaque scénario (un scénario décrit les séquences d'interaction des rôles réalisant un (ou une partie du) but. Les scénarios Conçus décrivent des exemples réels d'exécution du programme. Ces scénarios sont représentés sous forme de diagrammes de séquence UML.

4.4.1 Protocole d'interaction pour le Push/Pull

Afin d'illustrer les interactions entre les rôles, nous présentons la figure 3.12 avec les différentes séquences de communication entre les rôles dédiés au Pull et au Push

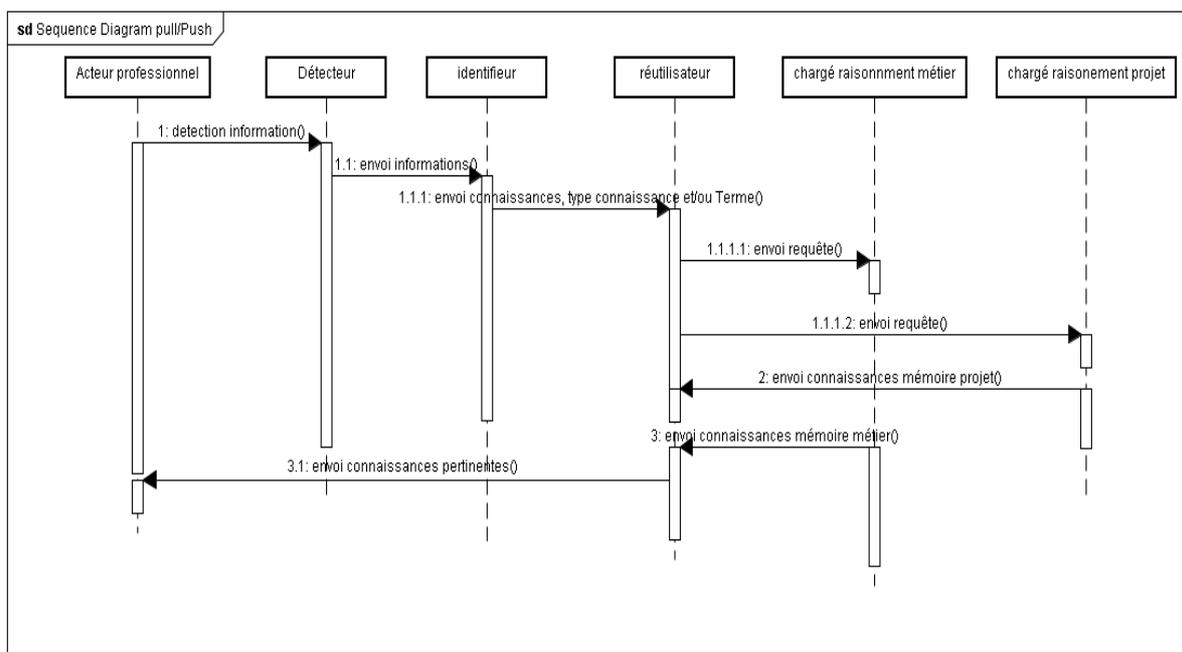


Figure 3.12. Diagramme de séquence (PUSH/PULL)

Lors de la séquence, le rôle *Détecteur* détecte l'activité en cours, le rôle de l'acteur métier (nécessaire pour déclencher le PUSH) et éventuellement le terme dans le champ de recherche (nécessaire pour déclencher le PULL). Il les transmet ensuite à l'*identifieur* qui détermine les connaissances liées au rôle et à l'activité suivant le modèle OrgaDesign (connaissances associées au rôle et connaissances liées au résultat de l'interaction). L'*identifieur* envoie au *réutilisateur* ces connaissances accompagnées éventuellement par le terme recherché. Le *réutilisateur* se charge de construire une requête avec les informations acquises. Une fois formulée, la requête est adressée aux *Chargé de raisonnement Projet* et *Chargé de raisonnement Métier* qui consultent la mémoire projet et le référentiel métier pour rechercher les connaissances répondant à la requête posée.

Les connaissances pertinentes archivées sont ainsi envoyées au *réutilisateur* qui se charge de les proposer à l'acteur métier.

4.4.2 Protocole d'interaction pour l'assistance automatique spécifique (AAS)

La figure 3.13 décrit les différentes séquences de communication entre les rôles dédiés à l'assistance automatique spécifique.

Lors de la séquence, l'acteur métier effectue la recherche personnalisée (PULL). Une fois les connaissances associées sont identifiées, l'*identifieur* les envoie avec le terme recherché à l'*apprenant*. En effet, l'*apprenant* vérifie dans un premier temps, dans la mémoire projet, si le nombre de sollicitations des connaissances identifiées liées à un terme donné a dépassé un seuil limite (seuil prédéfini par défaut mais qui peut être calculé selon une méthode propre à une entreprise ou à un projet). Si ce n'est pas le cas, il incrémente le nombre de sollicitations liées aux connaissances identifiées et au terme recherché et attend une nouvelle requête de l'acteur métier. Si le nombre de requêtes liées à une connaissance et un terme particulier dépasse le seuil (N sur le diagramme) et l'acteur se charge de réaliser une activité, le rôle *Détecteur* la détecte ainsi que le rôle de l'acteur. Il les transmet ensuite à l'*identifieur* qui détermine les connaissances associées suivant le modèle OrgaDesign. Une fois ces connaissances sont identifiées, l'*identifieur* les envoie à l'*apprenant*. L'*apprenant* vérifie, dans la mémoire projet, si le nombre de sollicitation lié aux connaissances identifiées et à un terme donné a dépassé le seuil. Si c'est le cas, il envoie les connaissances avec le terme le plus sollicité qui lui est associé au *réutilisateur* qui se charge de formuler la requête. La requête formulée est adressée au *Chargé de raisonnement Projet* et au *Chargé de raisonnement Métier* qui cherche des résultats, respectivement dans la mémoire projet et dans l'ensemble des connaissances Métier issues de tous les projets (référentiel Métier). Le résultat est ensuite envoyé au *réutilisateur* qui le propose à l'utilisateur.

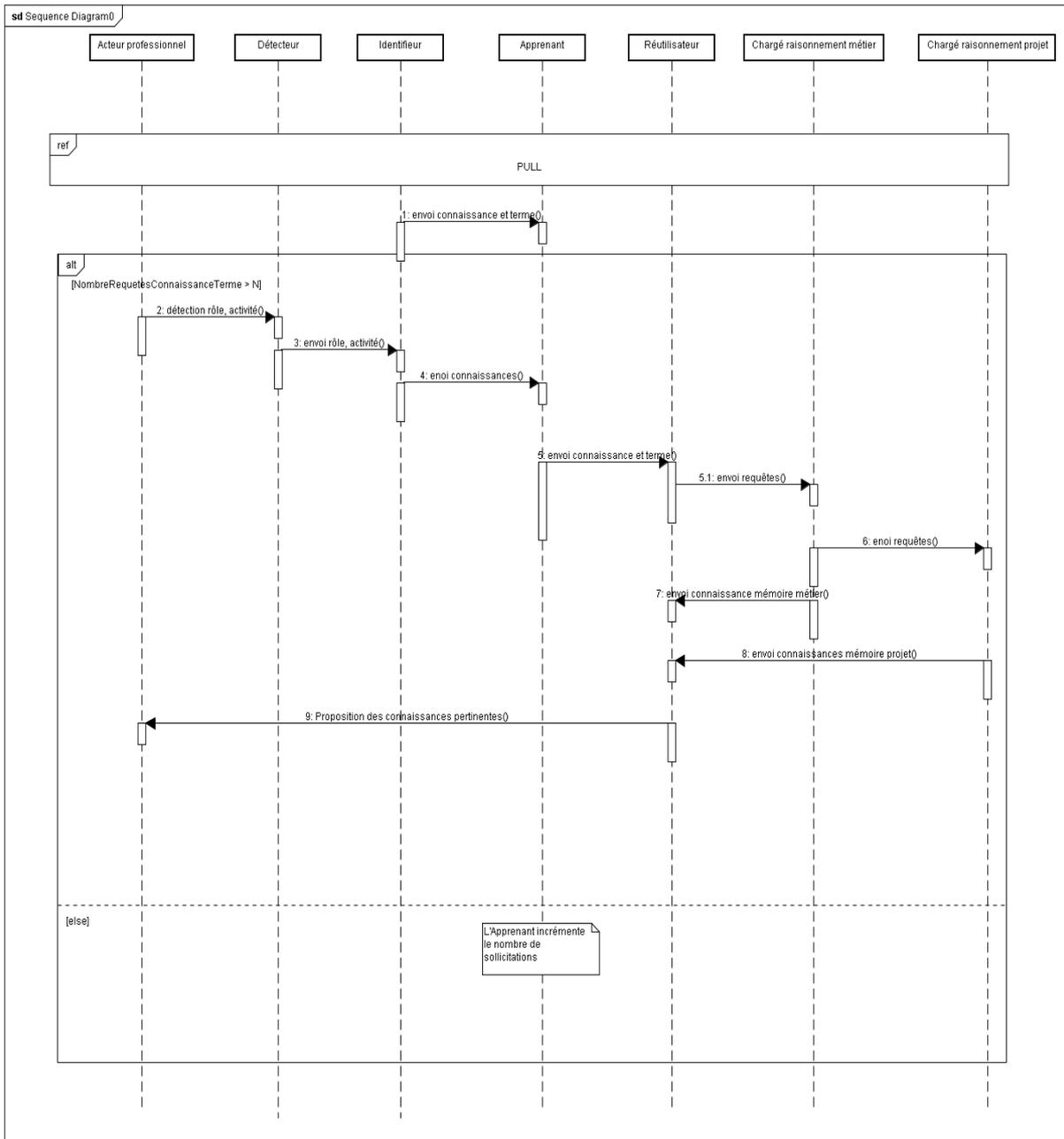


Figure 3.13. Diagramme de séquence (AAS)

4.4.3 Protocole d'interaction pour le système d'alerte

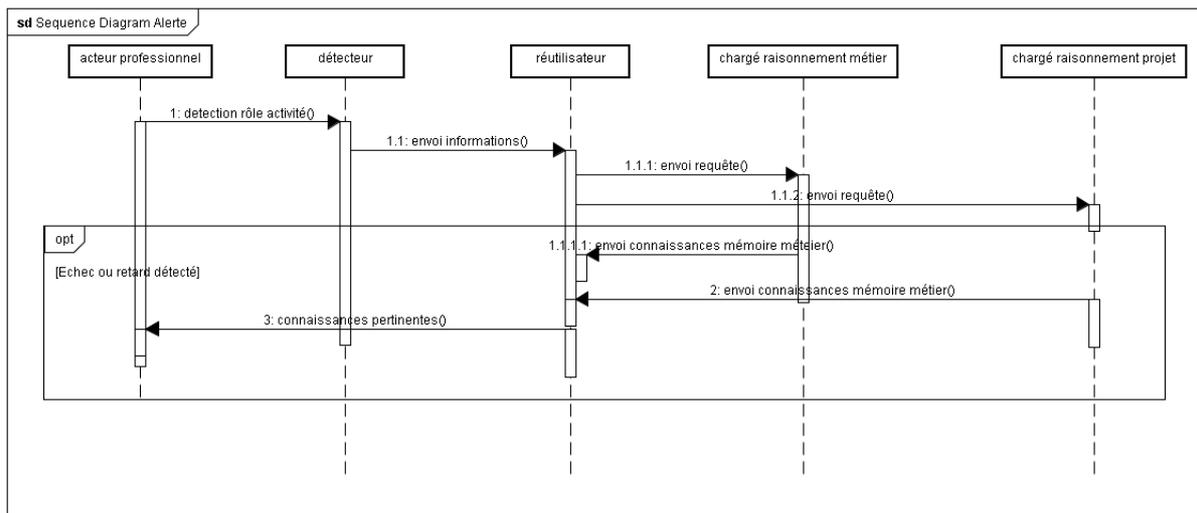


Figure 3.14. Diagramme de séquence (système d’alerte)

La figure 3.14 illustre les interactions entre les rôles chargés de la réalisation du système d’alerte. Lors de la séquence, le rôle *Détecteur* détecte l’activité en cours et le rôle de l’acteur. Il les transmet ensuite au *réutilisateur* qui se charge de construire une requête avec les informations acquises. Le but de cette requête est de savoir s’il ya eu déjà un retard ou un échec d’un projet pour la même activité et le même rôle. La requête formulée est adressée au *Chargé de raisonnement Projet* et au *Chargé de raisonnement Métier* qui consultent la base de connaissances pour rechercher les connaissances répondant à la requête posée. Les connaissances pertinentes ainsi que l’activité et le rôle sont ensuite envoyées au *réutilisateur* qui se charge de les comparer avec l’activité courante et le rôle courant. S’il s’agit du même contexte organisationnel, il propose les connaissances pertinentes à l’acteur métier. S’il s’agit de l’échec d’un projet, le *réutilisateur* propose la description de l’échec, la cause, les conséquences, les actions conduites et des recommandations. Par contre, s’il s’agit d’un retard pour la même activité réalisée par le même rôle, il propose la date début, la date de fin, les documents associées, une description du retard constaté ainsi que les causes et les conséquences.

4.4.4 Protocole d’interaction pour le transfert

Afin d’illustrer les interactions entre les rôles, la figure 3.15 illustre les différentes séquences de communication entre les rôles dédiés au Transfert. Lors de la séquence, le rôle *Détecteur* détecte le nom du projet. Il l’envoie au transféreur qui vérifie son existence dans la mémoire projet. Si le nom du projet n’est pas capitalisé, le transféreur détermine, grâce au modèle OrgaDesign, les connaissances partagées par deux ou plusieurs utilisateurs. Celui-ci envoie les connaissances partagées au *réutilisateur* qui se charge de construire les requêtes avec les informations acquises. La requête formulée est adressée au *Chargé de raisonnement Projet* et au *Chargé de raisonnement Métier* qui cherche une réponse dans la base des connaissances. Les connaissances pertinentes sont ainsi envoyées au *transféreur* qui se charge de les envoyer par mail aux acteurs métiers concernées.

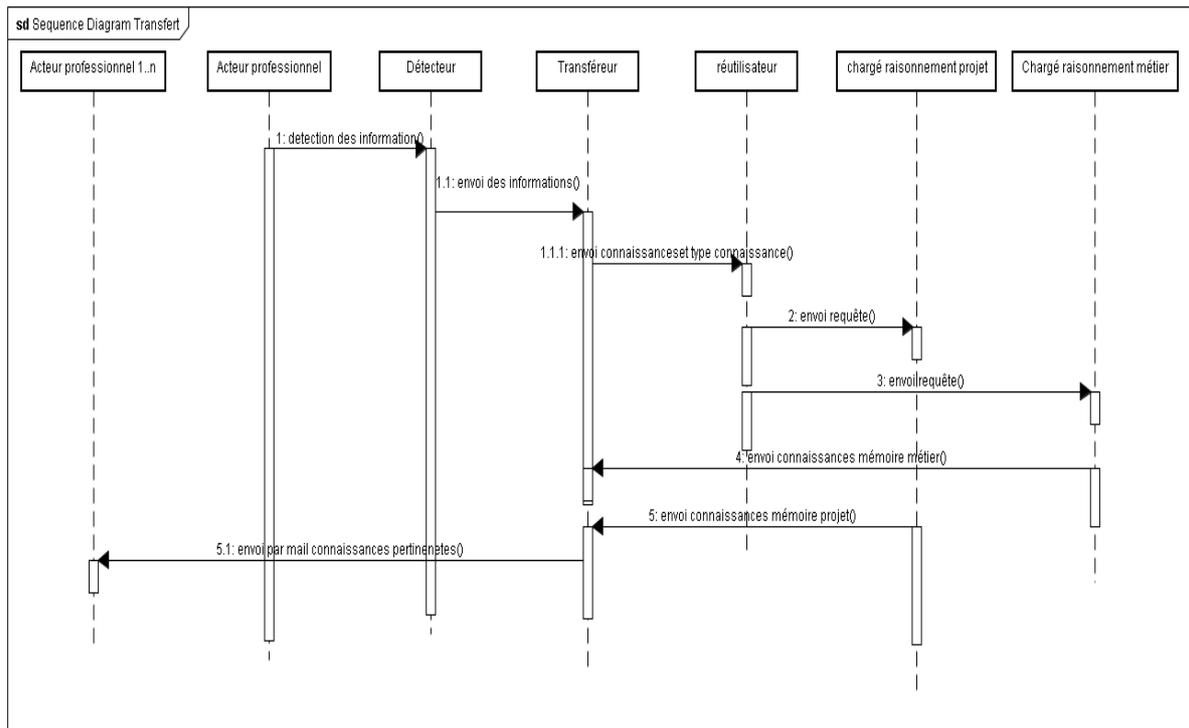


Figure 3.15. Diagramme de séquence (Transfert)

5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons proposé une analyse du SGC KATRAS_GW qui s'appuie sur la méthodologie ASPECS et qui permet de mettre en évidence ses objectifs et ses principaux mécanismes de fonctionnement.

Nous avons utilisé une approche orientée buts afin de modéliser les objectifs de KATRAS_GW ainsi que les acteurs impliqués et leurs dépendances pour la réalisation de chaque but. Nous nous basons dans cette thèse sur le travail de Monticolo [Monticolo, 2007].

L'auteur propose une approche de capitalisation des connaissances au fil de l'eau suivant une approche organisationnelle. Nous avons conçu un système de réutilisation des connaissances qui s'appuie sur une modélisation organisationnelle. Notre contribution, vis-à-vis de ce travail, est double. D'une part, la démarche d'analyse permet de mettre en lumière les différentes composantes et leurs liens en vue de la réalisation des objectifs du système.

D'autre part et sur la base de cette analyse, nous avons proposé des mécanismes d'aides à la réutilisation des connaissances. En effet, ce système permet d'assister l'acteur métier lors du processus de conception du produit mécanique en lui proposant principalement trois types d'aide : l'assistance automatique, le système d'alerte et le transfert des connaissances. L'assistance automatique peut être réalisée soit par le PUSH/PULL où le système propose les connaissances utiles à la réalisation de l'activité courante soit par l'assistance automatique spécifique qui évolue au fur et à mesure que l'acteur métier établit ses requêtes de recherche des connaissances. Le système d'alerte permet d'éviter des erreurs et réaliser le produit avec moins d'efforts et en un temps plus court. Enfin, le transfert des connaissances facilite la collaboration entre les différents acteurs métiers en envoyant par mail aux acteurs partageant les mêmes connaissances celles qui sont pertinentes dans la mémoire métier et la mémoire projet.

Chapitre 4

Conception et modèles détaillés pour un SMA de gestion de la connaissance

Dans le chapitre 3 nous avons fait l'analyse d'un SGC en s'appuyant sur l'approche ASPECS. Pour compléter cette modélisation, ce chapitre décrit de manière plus concrète les concepts nécessaires à la réalisation du SGC et en particulier l'agentification des organisations du chapitre précédent. Cette démarche de conception est inspirée par la deuxième phase de la méthode ASPECS. Parmi les activités concernées, nous avons raffiné l'ontologie de problème pour en faire une ontologie solution, nous avons défini les agents qui mettent en oeuvre les rôles identifiés au chapitre précédent et nous avons implémenté KATRAS_GW (**K**nowledge **A**cquisition **T**raceability and **R**euse by **A**gents **S**ystem for **G**roupware), un collecticiel dédié au travail collaboratif. Nous avons, par ailleurs, mené une étude concernant l'utilisation de KATRAS_GW par des groupes d'étudiants impliqués dans des projets de conception.

Sommaire

1.	Introduction	91
2.	Description de l'ontologie de la solution	91
3.	Identification des agents	97
	3.1 Types d'agents	98
	3.2 Communication entre les agents	102
	3.3 Conception de l'holarchie	106
4.	Déploiement et expérimentation	108
	4.1 Développement des fonctionnalités	108
	4.2 Principes de déploiement de KATRAS_GW	109
	4.3 Exemple d'utilisation.....	111
	4.4 Analyse des résultats	116
5.	Conclusion.....	118

1. Introduction

La conception d'un système multi-agents (SMA) doit se baser sur des méthodologies de conception bien définies. Pour développer un SMA, il faut concevoir d'une part, les agents et d'autre part, les interactions entre eux [Ferber, 1995][Fipa, 2000].

Nous avons proposé, dans le chapitre précédent, une analyse de KATRAS_GW en termes d'organisation, de rôles et d'interactions. En particulier, nous avons défini l'ontologie qui caractérise notre vision du problème ainsi qu'un ensemble d'organisations composées de rôles en interactions. Ces organisations contribuent collectivement à la réalisation d'un ensemble de buts également identifiés lors de l'analyse des besoins.

Dans ce chapitre, nous identifions les différents types d'agents chargés de réaliser les organisations décrites. Nous détaillons leurs différents rôles et responsabilités (déjà identifiés dans le chapitre précédent) et nous proposons une architecture globale pour KATRAS_GW.

L'objectif principal est de mettre en place un SMA dédié à la réutilisation des connaissances dans les collectifs de suivi de projets de conception de produits mécanique.

Nous proposons ainsi un SGC basé sur des agents qui suivent les rôles des acteurs métier tout au long des activités de conception et utilisent le modèle organisationnel du processus pour réutiliser les connaissances et proposer une assistance à l'acteur métier. Les agents assurent donc une gestion des connaissances au fil de l'eau des projets d'ingénierie.

Ce chapitre décrit l'application de la phase de conception d'ASPECS concernant le système multi agents KATRAS_GW.

Dans une première section, nous détaillons l'ontologie solution du problème à résoudre. Dans La deuxième section nous expliquons les différents types d'agents que nous avons créés. Dans une troisième section, nous identifions les groupes auxquels ces agents appartiennent. La dernière section est dédiée à l'implémentation et au déploiement de KATRAS_GW.

2. Description de l'ontologie de la solution

L'objectif de cette activité, « Solution Ontology Description », consiste à raffiner l'ontologie de problème décrite dans l'activité « Problem Ontology Description » en ajoutant de nouveaux concepts et relations liés à la solution à base d'agents. Ces nouveaux concepts/relations apparaissent en grisé sur la figure (figure 4.1). L'ontologie solution raffine donc l'ontologie de problème décrite au chapitre précédent et conceptualise les éléments nécessaires aux agents pour la capitalisation et la réutilisation des connaissances.

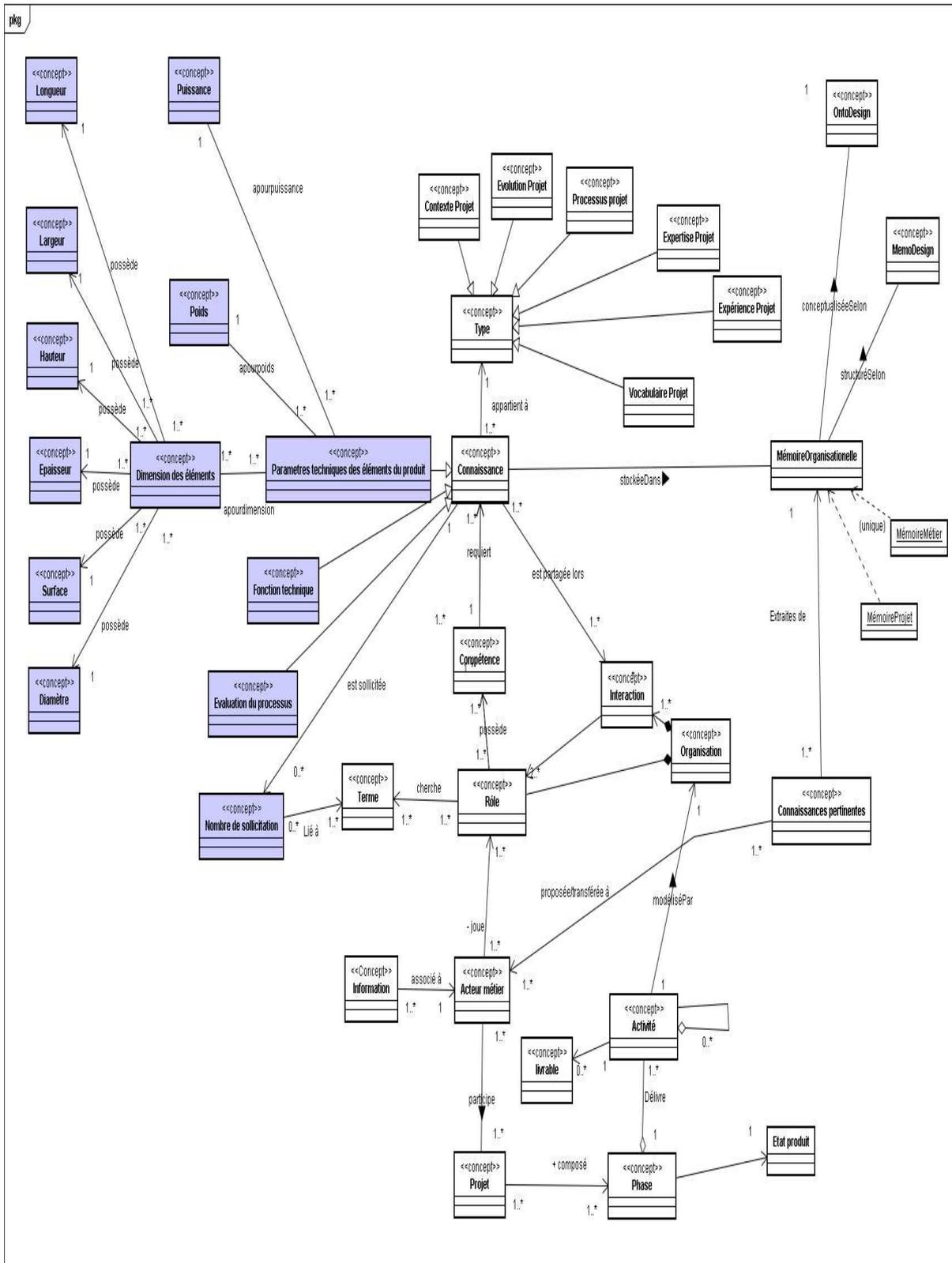


Figure 4.1. Description globale de l'ontologie de la solution

Afin de favoriser la réalisation des scénarios de réutilisation des connaissances du chapitre précédent, nous avons enrichi le modèle OntoDesign. En effet, suite à la fouille des documents liés aux différents projets de conception de produit, au suivi des différents projets

de conceptions et aux interviews avec les experts, nous avons constaté que certaines connaissances, jugées pertinentes par ces derniers, manquent dans le modèle. Ces connaissances sont : le nombre de sollicitation d'une connaissance, la fonction technique, l'évaluation du processus et les paramètres techniques des éléments du produit. Ce dernier concept est enrichi par le poids, la puissance et la dimension d'un élément du produit. Cet élément possède une longueur, une largeur, une hauteur, une épaisseur, une surface et un diamètre.

L'ontologie *OntoDesign* contient des concepts tels que *ElementPrototype*, *Concept*, *Prototype*, *Fonction* et des relations telles que *APourFonctionTechnique*. La figure suivante présente le niveau conceptuel de l'ontologie et le niveau des connaissances (ressources) dans la mémoire de projet. Sur ce schéma, les rectangles sont des relations, les cercles au dessus de la ligne en pointillé sont des concepts. En dessous de cette ligne les instances de ces concepts sont mentionnées. Ainsi la figure suivante permet de comprendre les mécanismes de présentation des connaissances et de stockage de leurs instances à partir des ressources en utilisant les relations et les concepts d'*OntoDesign*.

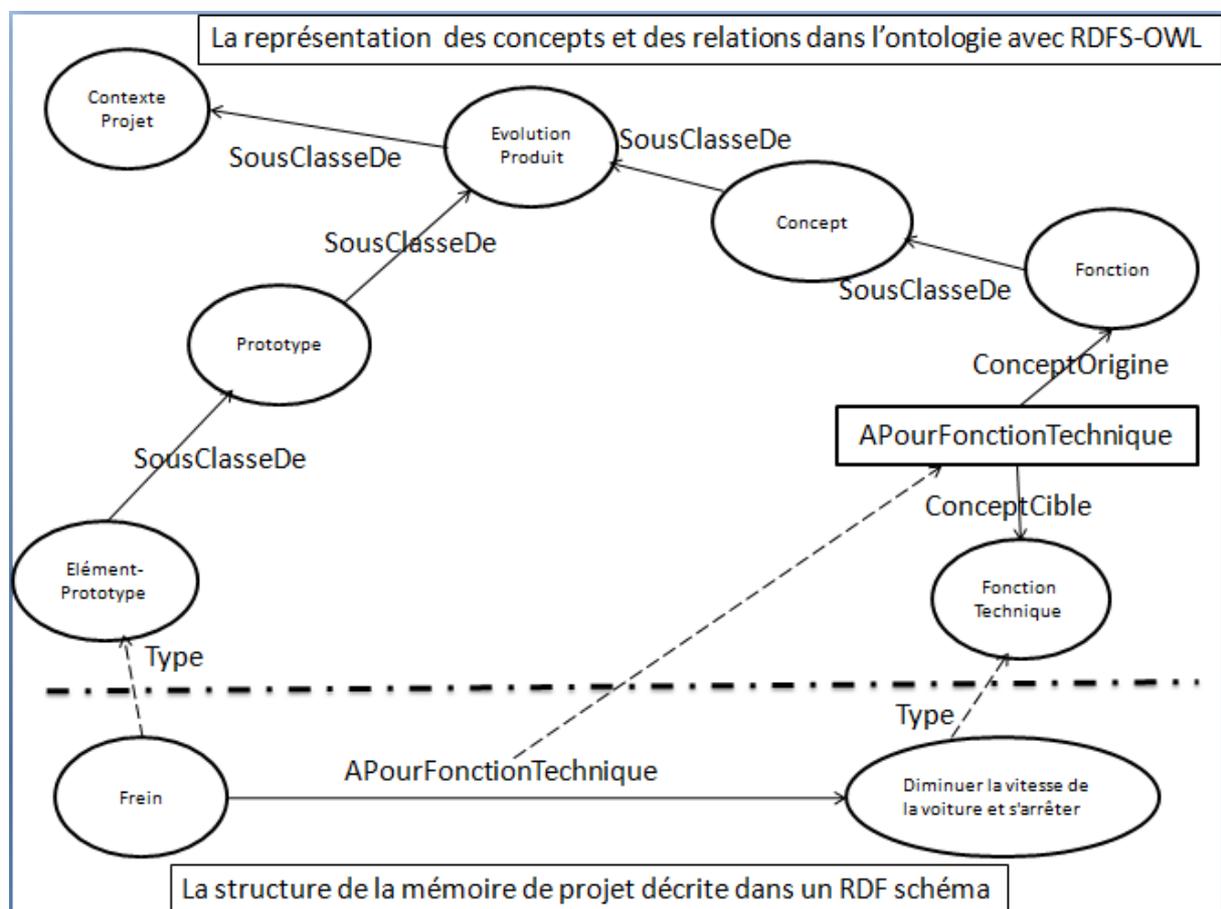


Figure 4.2. Représentation et description des connaissances

Les langages RDF et OWL permettent de formaliser les informations décrites dans l'exemple précédent. Les concepts (fonction, concept) (figure 4.3) ainsi que les relations (*SousClasseDe*, *APourFonctionTechnique*) (figure 4.4) sont représentés par le formalisme OWL

```

<owl:Class rdf:ID="Element-Prototype">
<rdfs:subClassOf
rdf:resource="#Prototype" />
</owl:Class>

```

Figure 4.3.Définition de la classe ‘*ElementPrototype*’

```

<owl:ObjectProperty
rdf:ID="APourFonctionTechnique">
<rdfs:domain rdf:resource="#Fonction" />
<rdfs:rangerdf:resource="#FonctionTechnique"
/>
</owl:ObjectProperty>

```

Figure 4.4. Définition de la relation ‘*APourFonctionTechnique*’

Le langage RDF va permettre de décrire les instances.

```

<rdf:description rdf:about=" http://KATRAS_GW.fr/OntoDesign.owl ">
<OntoDesign:ElementPrototype>Frein<OntoDesign:ElementPrototype/>
<OntoDesign:APourFonctionTechnique>
<OntoDesign:FonctionTechnique>
" Diminuer la vitesse de la voiture et s'arrêter "
<OntoDesign:Fonction Technique/>
<OntoDesign: APourFonctionTechnique />"
</rdf:description>

```

Figure 4.5. Description de la fonction technique de l’élément prototype « Frein »

La première balise RDF de la figure 4.5 indique la ressource à modéliser. La seconde balise présente l’instance et son type ‘ElementPrototype’ hérité de l’ontologie OntoDesign. La troisième balise ‘<APourFonctionTechnique >’ décrit la relation entre les deux instances. La balise suivante spécifie l’instance de type *Fonction Technique*.

Les tables 1 et 2 présentent un extrait de l’ontologie enrichie OntoDesign.

Terme	Concept ID	Parent ID	Définition au langage naturel
Dimension	Dimension	Element	Les dimensions de l'élément
Longueur	Longueur	Dimension	La longueur associée aux dimensions de l'élément
Largeur	Largeur	Dimension	La largeur associée aux dimensions de l'élément
Hauteur	Hauteur	Dimension	L'hauteur associé aux dimensions de l'élément
Evaluation	Evaluation	Processus_projet	Evaluation associée au processus projet
Fonction Technique	FonctionTechnique	Fonctions	La fonction technique du concept
Paramètres Techniques	ParamètresTechniques	Expertise_projet	Les paramètres techniques associés à l'expertise_projet

Table. 1 Les nouveaux concepts de l'ontologie 'OntoDesign'

Relation	RelationID	ConceptOrigine	ConceptCible	Définition au langage naturel
A Pour Dimension	APourDimension	Elément	Dimension	Les dimensions

				de l'élément
A Pour Longueur	APourLongueur	Dimension	Longueur	Longueur associée à la dimension
A Pour Largeur	APourLargeur	Dimension	Largeur	Largeur associée à la dimension
A Pour Hauteur	APourHauteur	Dimension	Hauteur	Hauteur associée à la dimension
A Pour Epaisseur	APourEpaisseur	Dimension	Epaisseur	Epaisseur associé à la dimension
A Pour Surface	APourSurface	Dimension	Surface	Surface associée à la dimension
A Pour Diamètre	APourDiamètre	Dimension	Diamètre	Diamètre associé à la dimension
A Pour Evaluation	APourEvaluation	Processus_projet	Evaluation	Evaluation attribuée au processus projet
A Pour Fonction Technique	APourFonctionTechnique	Expertise_projet	Paramètres_techniques	Paramètres techniques associés à l'expertise projet

Table. 2. Les nouveaux relations de l'ontologie 'OntoDesign'

Au delà de ces enrichissements, nous avons associé un type à chaque connaissance dans le modèle organisationnel (selon la typologie des connaissances décrite dans [Monticolo, 2007]). En effet, afin d'extraire les connaissances, les agents sont dotés de six méthodes de recherches d'informations correspondant aux six types de connaissances qui sont le *Contexte Projet*, l'*Evolution Projet*, le *Processus Projet*, l'*Expertise Projet*, l'*Expérience Projet* et le *Vocabulaire Projet*.

La figure 4.6 présente un exemple de typage. Elle décrit l'organisation « Effectuer les tests de validation » expliquée précédemment. Dans cet exemple, nous avons associé le type «ContexteProjet» à la connaissance *Contraintes du produit*.

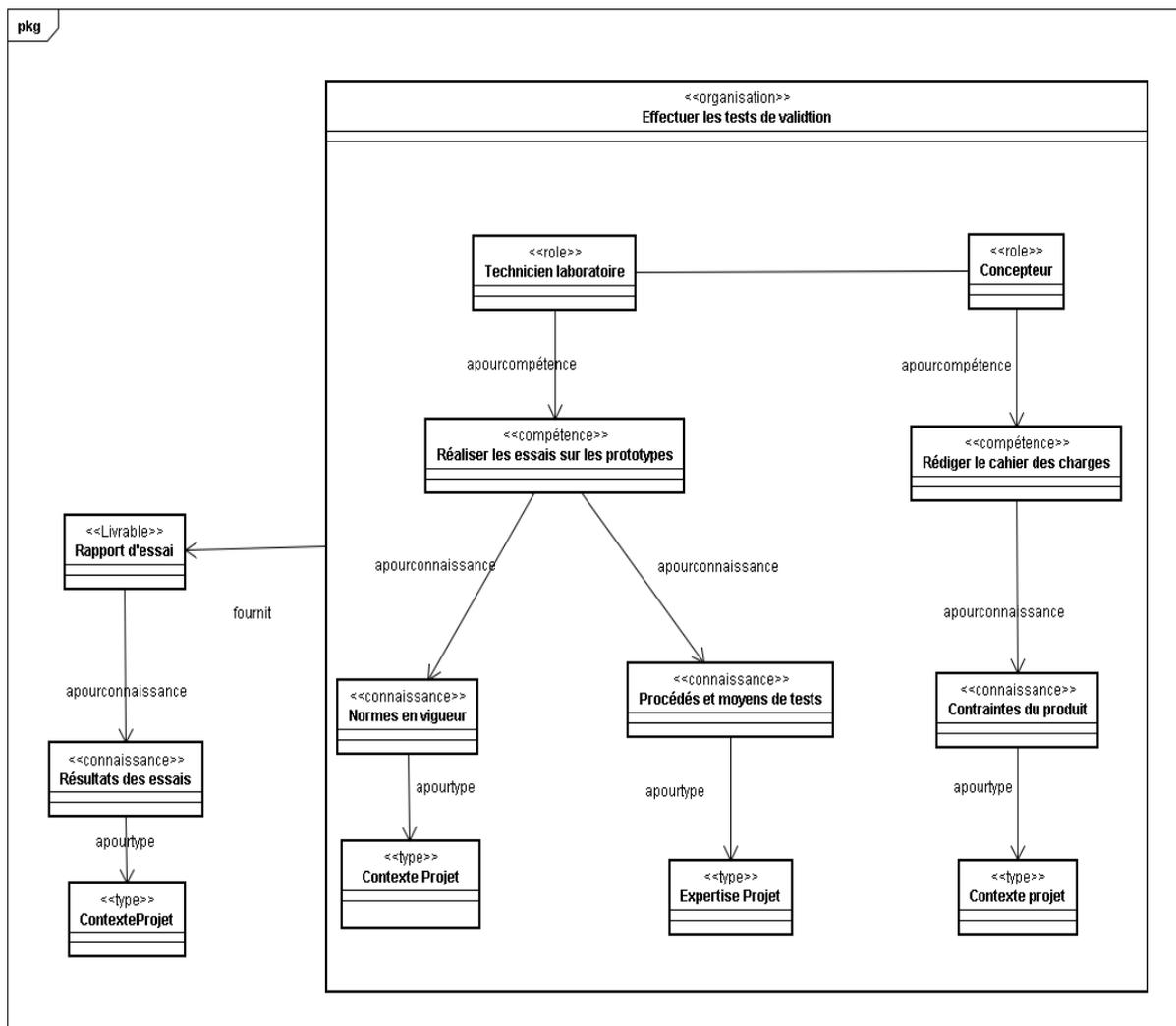


Figure 4.6. Attribution des types aux connaissances

3. Identification des agents

Cette activité correspond à « Agent IDentification (AID) » dans ASPECS. Elle consiste à identifier les agents et leurs responsabilités en termes de rôles mis en œuvre. Leurs buts doivent ainsi correspondre aux buts de ces rôles.

Nous reprenons les rôles décrits dans les modèles des figures 3.3 et 3.11 du chapitre précédent. Pour réutiliser les connaissances nous utilisons sept rôles qui sont : le *Détecteur du contexte*, l'*Identifieur*, l'*Apprenant*, Le *Transfèreur*, Le *Réutilisateur*, Le *chargé de raisonnement projet* et le *chargé de raisonnement métier*.

Nous définissons dans la suite les types d'agents qui interprètent ces rôles et leurs communications respectives.

3.1 Types d'agents

3.1.1 Les agents métier (AM)

Les agents métier suivent les acteurs métier en identifiant le rôle, l'activité et éventuellement le nom du projet et le terme à chercher qui lui sont associés tout au long du processus de conception. Il existe un agent métier par acteur métier.

Un agent Métier est créé lorsqu'un acteur métier est associé à un projet. Lorsque ce dernier se connecte au collecticiel et travaille sur le projet, son agent est activé.

Afin de visualiser l'attribution des rôles pour les agents métier, nous reprenons la figure 3.3 du chapitre précédent.

Lorsque l'acteur participe à une activité, son agent a le rôle de *Détecteur du contexte* (figure 4.7). À travers ce rôle, il détecte le contexte organisationnel lié à l'acteur métier à savoir son rôle, son activité, le nom du projet et, éventuellement, le terme cherché.

Le choix de ce type d'agent a été essentiellement basé sur son comportement puisqu'il interagit directement avec l'acteur métier et détecte les informations qui lui sont associées.

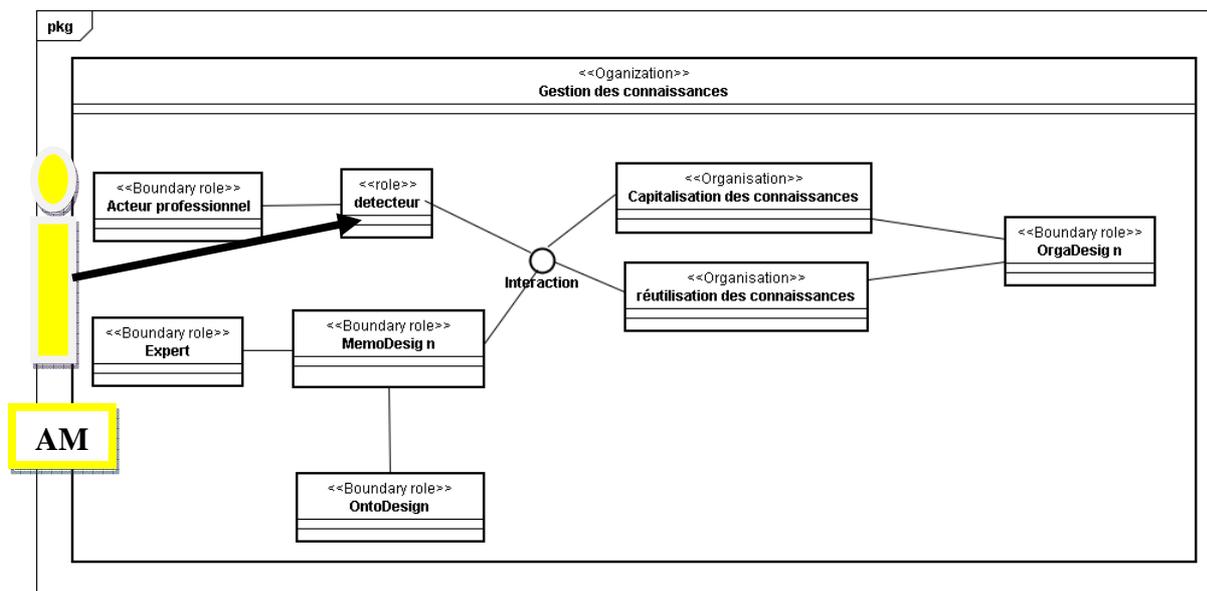


Figure 4.7. Attribution des rôles pour les agents Métier

3.1.2 Les Agents d'identification (AI)

Les Agents d'Identification (AI) ont pour objectif de chercher à partir de l'activité, du rôle et des compétences de son acteur métier, les connaissances qui lui sont associées selon le contexte organisationnel (Organisation, rôle, interaction, compétence, connaissance). En effet, afin de chercher les connaissances associées, les AI interrogent OrgaDesign en ayant comme paramètres d'entrée le rôle et l'activité de l'acteur métier. Ils doivent également chercher les

connaissances partagées par les différents rôles des acteurs métiers. En effet, grâce au modèle OrgaDesign, les AI peuvent identifier, pour chaque contexte organisationnel, les connaissances associées à chaque rôle. Il existe à la base un et éventuellement plusieurs AI afin de répartir la charge d'interfaçage avec OrgaDesign. En effet, le système gère le nombre des AI afin d'éviter le débordement des requêtes (plusieurs acteurs métier se connectent en même temps). L'AI joue le rôle de *Transfèreur* une seule fois au début de chaque projet (figure 4.4). Avec ce rôle, il reçoit les informations détectées par l'agent métier et déduit les connaissances partagées entre les différents rôles des acteurs métiers. Tout au long du processus de conception, cet agent joue le rôle d'*Identifieur*. Il identifie les connaissances associées à chaque rôle suivant le contexte organisationnel. Nous avons choisi ce type d'agent car il interagit directement avec OrgaDesign

3.1.3 Les Agents de réutilisation (AR)

Les Agents de réutilisation (AR) ont pour objectif de formuler les requêtes et proposer les connaissances pertinentes et apprendre les besoins des acteurs métiers en proposant automatiquement les connaissances les plus sollicitées tout au long du projet.

Il existe un seul AR par utilisateur. Les AR se chargent dans un premier temps de formuler les requêtes qui expriment les connaissances identifiées par l'AI et proposent le résultat à l'acteur métier. Ceci est assuré par le rôle *Réutilisateur* (figure 4.8). Il joue ensuite le rôle d'*Apprenant* qui détermine le terme le plus sollicité par rapport aux connaissances identifiées.

Le but partagé par les deux rôles, *Réutilisateur* et *Apprenant*, "choisir le type d'aide proposé à l'utilisateur", nous a guidé dans notre décision de concevoir ce type d'agent.

3.1.4 Les Agents Managers de Connaissances Projet (AMCP)

Les AMCP ont le rôle de '*Chargé de Raisonnement Projet*' (figure 4.8). Avec ce rôle ils sont à l'écoute des requêtes transmises par les AR auxquels ils doivent répondre en utilisant les connaissances capitalisées lors du projet. Ces agents communiquent directement avec la mémoire projet pour en extraire les résultats des requêtes. Il existe un agent par type de connaissances et par projet. Pour un projet, nous retrouvons donc les six AMCP décrits dans le tableau 4.1. Nous avons conçu ce type d'agent afin d'interagir directement avec la mémoire projet pour extraire les réponses aux requêtes des AR.

Agent	Responsabilités
AMCP-Evolution Projet	-Réaliser des raisonnements et extraire les connaissances concernant l'historique du déroulement du projet et contenues dans la mémoire Projet
AMCP-Contexte Projet	-Réaliser des raisonnements et extraire les connaissances décrivant l'origine et l'organisation du projet et contenues dans la mémoire Projet

AMCP-Processus Projet	-Réaliser des raisonnements et extraire les connaissances contenues dans la mémoire Projet et présentant l'enchaînement des activités réalisées et les interventions des acteurs métier et les informations manipulées pour chaque activité métier
AMCP-Expérience Projet	-Réaliser des raisonnements et extraire les connaissances présentant les erreurs, difficultés et échecs rencontrés lors du projet et contenues dans la mémoire Projet
AMCP-Vocabulaire Projet	-Réaliser des raisonnements et extraire les connaissances définissant le vocabulaire utilisé par les différents corps de métiers et contenues dans la mémoire Projet
AMCP-Expertise Projet	-Réaliser des raisonnements et extraire les connaissances relatives aux règles métier utilisées et appliquées lors du développement du produit et contenues dans la mémoire Projet

Tableau 4.1 Les six types d'AMCP

3.1.5 Les Agents Managers de Connaissances Métier (AMCM)

Les AMCM fonctionnent sur le même principe que les AMCP. Ils ont le rôle de '*Chargé de Raisonnement Métier*'. Avec ce rôle, ils répondent aux requêtes des AR en utilisant les connaissances issues, cette fois, de l'ensemble des projets. Ces agents communiquent directement avec le référentiel métier ou mémoire métier pour en extraire les résultats des requêtes. Il existe un agent par type de connaissances et par projet. Pour un projet, nous concevons donc les six AMCM décrits dans le tableau 4.2.

<i>Agent</i>	<i>Responsabilités</i>
<i>AMCP-Evolution Métier</i>	- Réaliser des raisonnements et extraire les connaissances concernant l'historique du déroulement des projets et contenues dans la mémoire métier
<i>AMCP-Contexte Métier</i>	- Réaliser des raisonnements et extraire les connaissances décrivant l'origine et l'organisation des projets et contenues dans

	la mémoire métier
<i>AMCP-Processus Métier</i>	- Réaliser des raisonnements et extraire les connaissances contenues dans la mémoire métier et présentant l'enchaînement des activités réalisées et les interventions des acteurs métier et les informations manipulées pour chaque activité métier
<i>AMCP-Expérience Métier</i>	- Réaliser des raisonnements et extraire les connaissances présentant les erreurs, difficultés et échecs rencontrés lors des projets et contenues dans la mémoire métier
<i>AMCP-Vocabulaire Métier</i>	- Réaliser des raisonnements et extraire les connaissances définissant le vocabulaire utilisé par les différents corps de métiers et contenues dans la mémoire métier
<i>AMCP-Expertise Métier</i>	- Réaliser des raisonnements et extraire les connaissances relatives aux règles métier utilisées et appliquées lors du développement du produit et contenues dans la mémoire métier

Tableau 4.2 Les six types d'AMCP

Nous avons conçu ce type d'agent afin d'interagir directement avec le référentiel métier pour extraire les réponses aux requêtes de l'AR.

La figure 4.8 montre les attributions des rôles pour les agents d'identification et les agents de réutilisation.

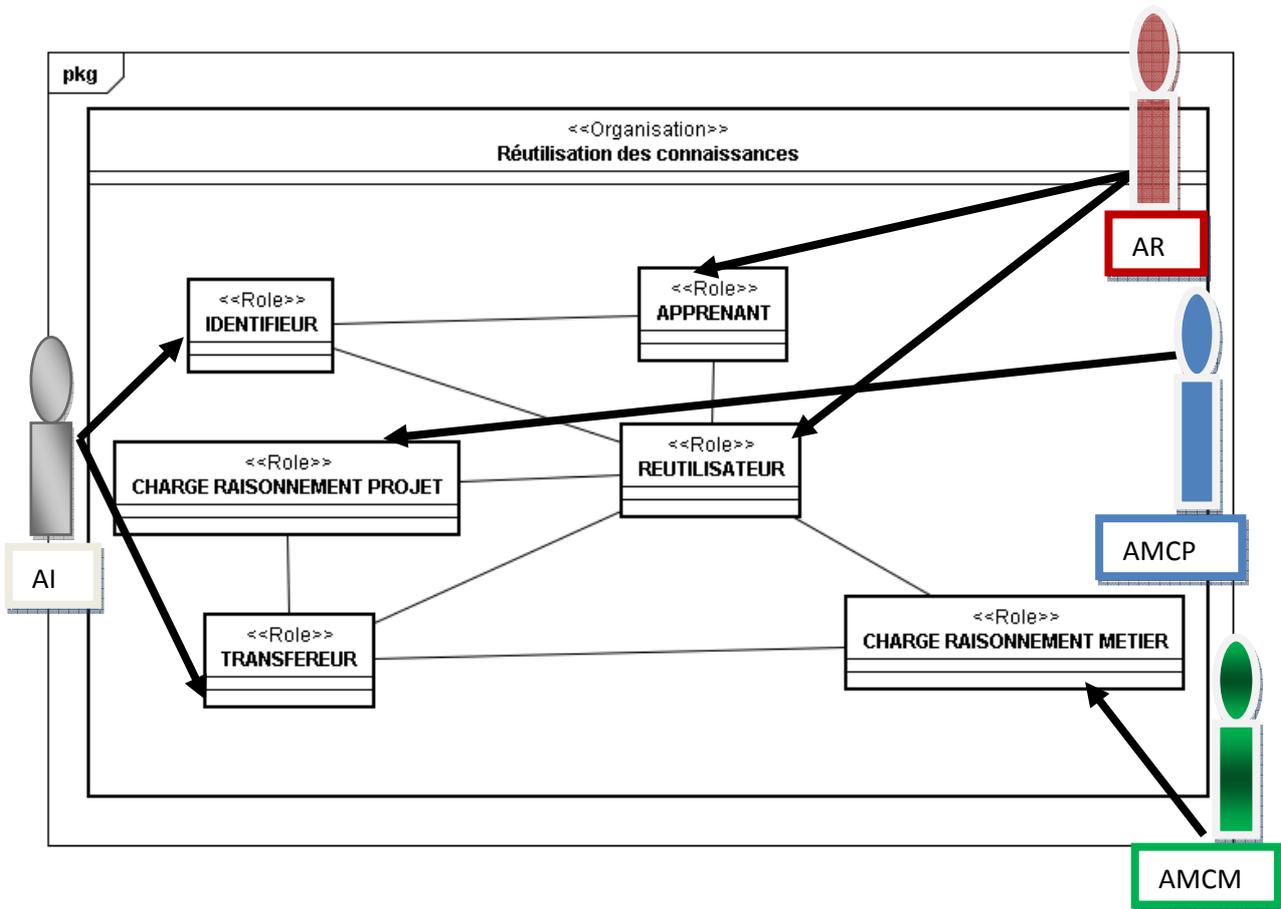


Figure 4.8 Attribution des rôles pour les agents d'identification et les agents de réutilisation

3.2 Communication entre les agents

- **Communication AM – AI**

La fonctionnalité des Agents Métier est de détecter le rôle, l'activité et le projet liés à l'utilisateur ainsi que le terme recherché via le rôle de *Détecteur du contexte*. L'AM transmet un message contenant ces informations à l'AI jouant le rôle d'*Identifieur* pour qu'il déduise les connaissances associées. Il (l'AM) transmet un message au *Transfereur* contenant le nom du projet afin que ce dernier communique les connaissances partagées aux AR (figure 4.9).

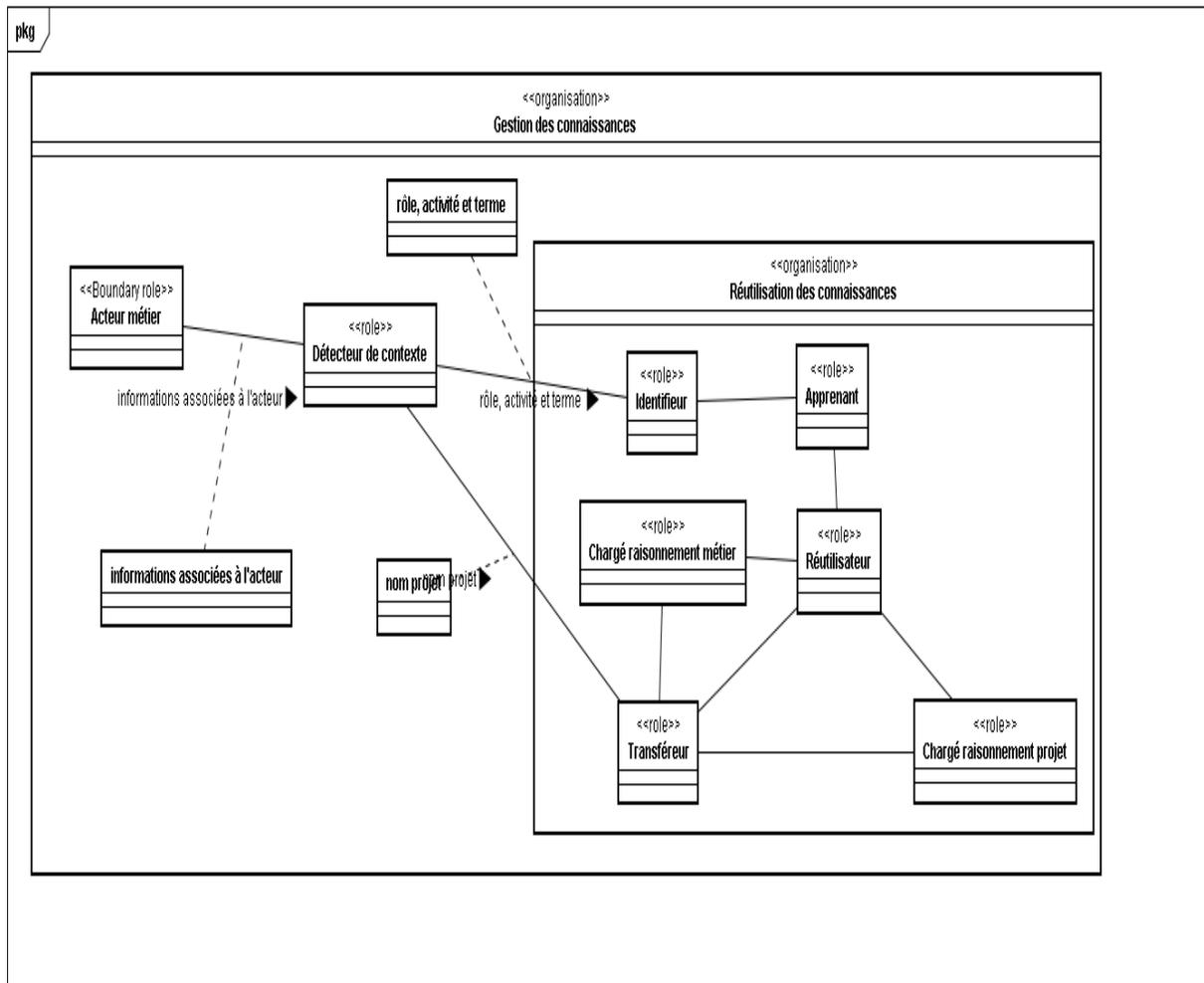


Figure 4.9 Interaction AM-AI

• **Communication AI – AR**

L'AI jouant le rôle d'*Identifieur* identifie les connaissances associées à l'acteur métier et éventuellement le terme à chercher (cf figure 4.10). Il les envoie aux AR jouant respectivement le rôle d'*Apprenant* et le rôle de *Réutilisateur*. L'AI jouant le rôle de *Transféréur* fournit à l'AR jouant le rôle de *Réutilisateur* les connaissances partagées. Ce dernier se charge de formuler la requête selon le message transmis par l'AI. Le *Réutilisateur* propose les résultats pertinents à l'utilisateur (cf figure 4.10).

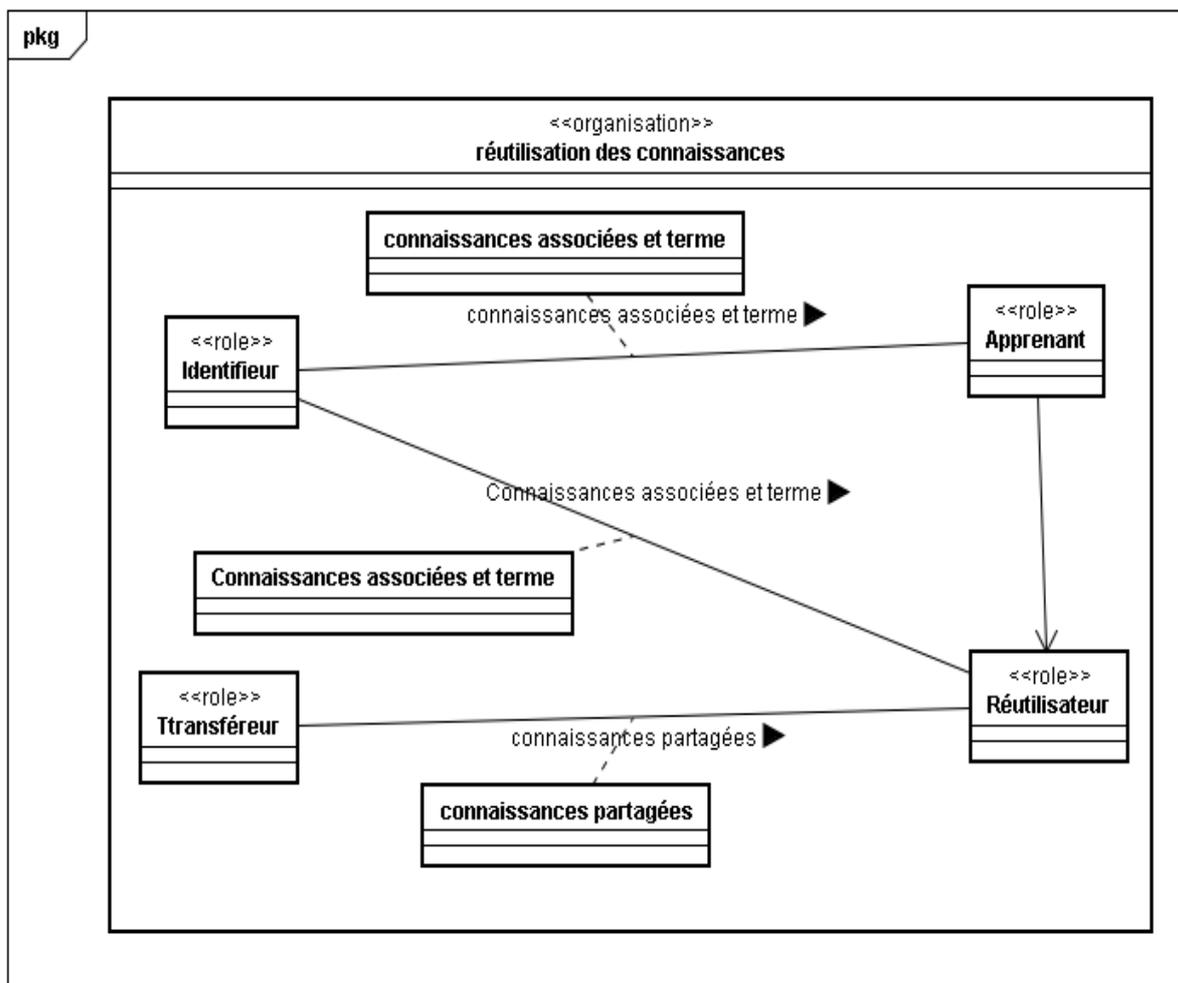


Figure 4.10 Interaction AI-AR

• **Communication AR – AMCP et AR – AMCM**

L'AR jouant le rôle de *Réutilisateur* envoie la requête contenant la connaissance, son type et éventuellement le terme recherché par l'acteur métier aux six types d'AMCM et aux six types d'AMCP jouant respectivement le rôle de « chargé de raisonnement métier » et « le chargé de raisonnement projet » (cf figure 4.11). Les AMCM et les AMCP se servent de la requête pour interroger respectivement la mémoire métier et la mémoire projet. Le résultat de la requête est envoyé à l'AR jouant le rôle de *Réutilisateur* qui se charge de le proposer à l'acteur métier. L'AR jouant le rôle de *Réutilisateur* utilise SPARQL afin de formuler les requêtes. Ce langage, recommandé par le W3C, permet d'appliquer des requêtes sur des triplets RDF et de manipuler l'ontologie OntoDesign.

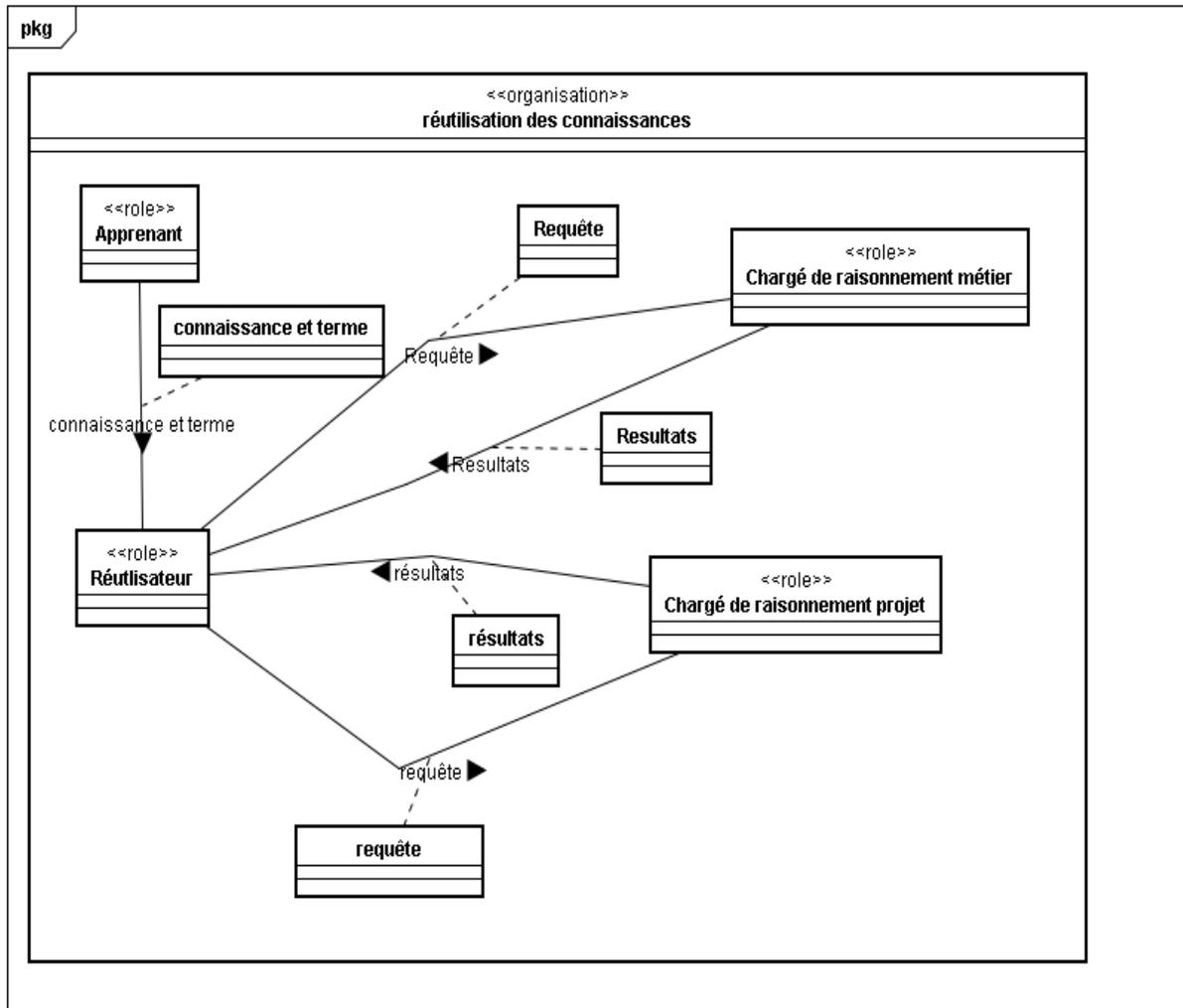


Figure 4.11. Interaction AR-AMCP et AR-AMCM

SPARQL possède plusieurs clauses (OPTIONAL, FILTER, ORDER BY, LIMIT, DESCRIBE...) permettant d'enrichir et de manipuler les instances de l'ontologie. L'exemple suivant présente la requête SPARQL permettant de rechercher l'ensemble des règles métier décrites sous la forme littérale de l'élément «châssis». Nous précisons que 'châssis' est un élément du prototype 'Vehiculedecompetition'. La clause PREFIX permet d'accéder à l'ontologie OntoDesign. Chaque séquence de la clause WHERE fait appel à la structure d'OntoDesign pour définir les relations entre les variables.

```

PREFIX OntoDesign: <http://KATRAS_GW.fr/OntoDesign.owl>

SELECT ?RegleLitterale
WHERE {
  ?RegleLitterale OntoDesign:EstUneLitterale ?RegleConception
  {
  {
    ?RegleConception OntoDesign:RespecteLaRegle ?EnvironnementProduit
    {
    ?EnvironnementProduit OntoDesign:Prototype "Vehiculedecompetition"
    } UNION
    {
    ?EnvironnementProduit OntoDesign:type 'ContexteProjet'
    {
    ?Prototype OntoDesign:ElementPrototype "chassis"
  }
  }
  }
  }
  }
  }

```

• **Communication AMCP – AI et AMCM – AI**

Les six types d'AMCM ainsi que les six types d'AMCP jouant respectivement le rôle de « chargé de raisonnement métier » et « le chargé de raisonnement projet » envoient les résultats des requêtes concernant les connaissances partagées à L'AI jouant le rôle de *Transféréur*. Ce dernier reçoit les résultats et les envoie par mails aux acteurs métiers concernés (cf figure 4.12).

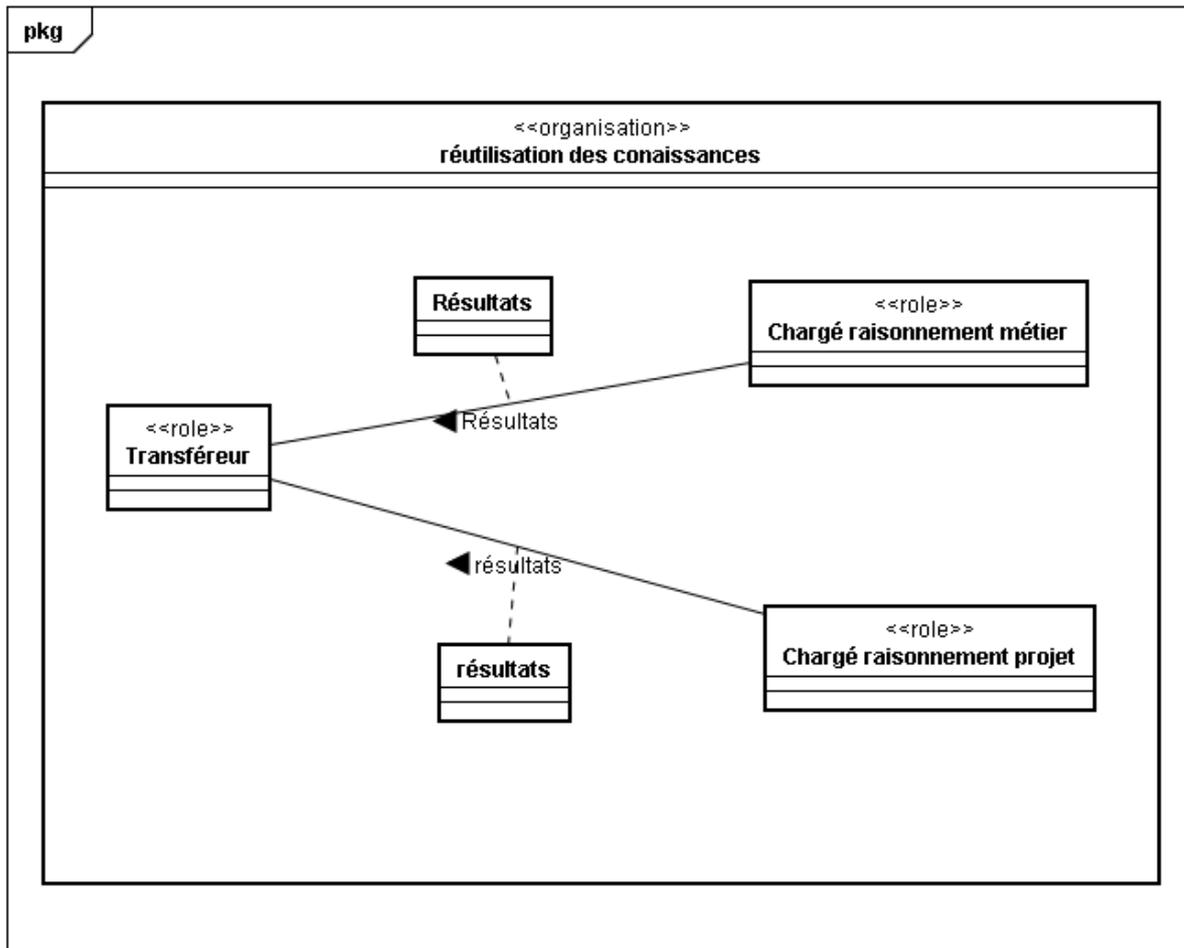


Figure 4.12. Interaction AMCM-AI et AMCP-AI

3.3 Conception de l'holarchie

Nous nous intéressons maintenant à l'activité « Conception des holarchies ». Elle effectue une synthèse globale où les résultats de l'ensemble des travaux précédents sont combinés et résumés en un seul produit. La conception de l'holarchie du système KATRAS_GW (figure 4.13) est illustrée par la figure suivante.

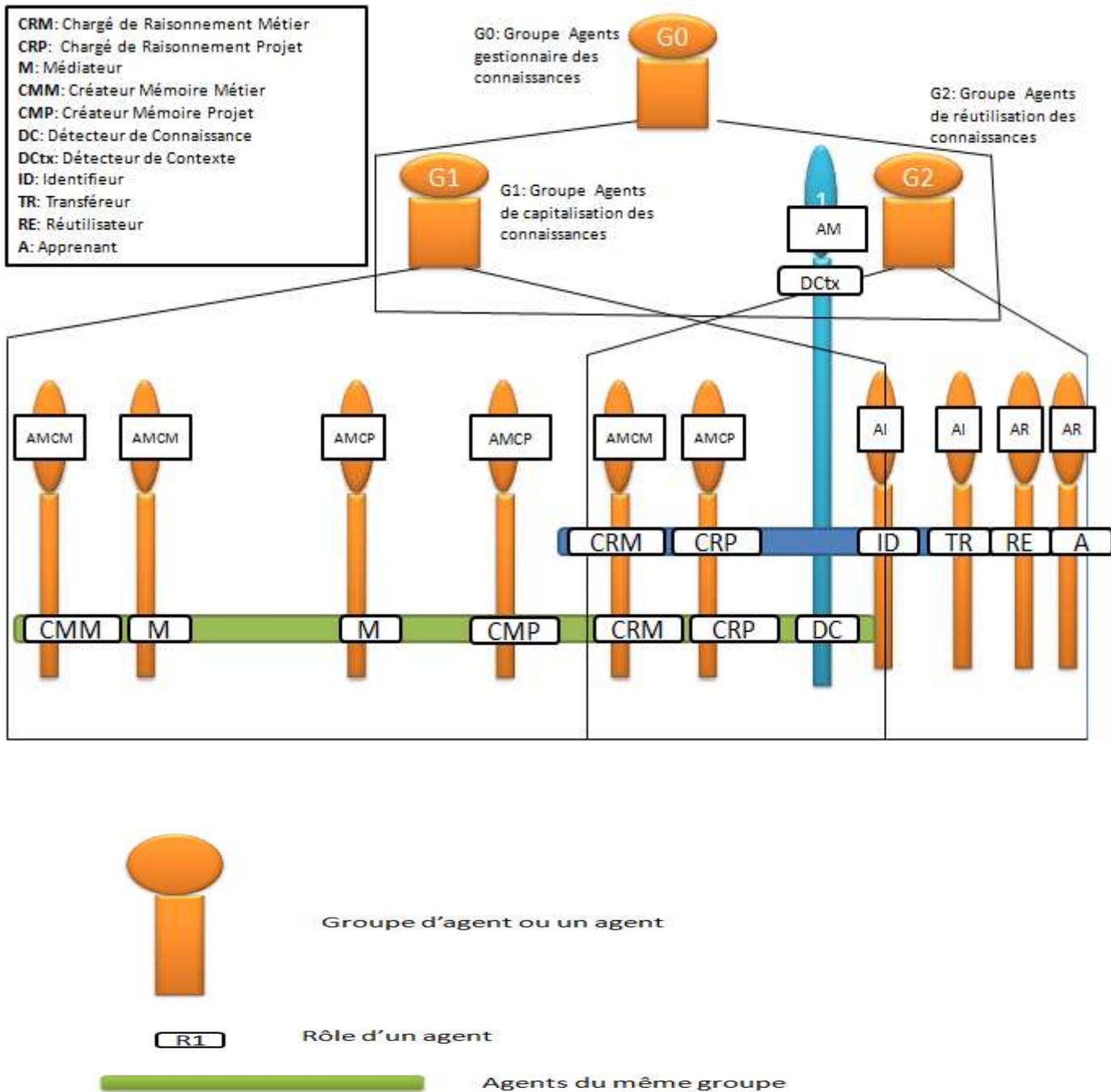


Figure 4.13. Groupe Agent Gestionnaire des connaissances

Le groupe G0 correspond à l'organisation « Gestion des connaissances » et nommé « Groupe Agents Gestionnaires de connaissances ». Dans cette organisation on retrouve l'AM et les groupes G1 nommé Groupe Agents de capitalisation des connaissances et groupe G2 nommé « Groupe Agents de réutilisation des connaissances ». Elles correspondent aux organisations « capitalisation des connaissances » et « réutilisation des connaissances ».

Le groupe G1 est composé des Agents managers de connaissances métier (AMCM), des agents managers des connaissances projet (AMCP) et des agents métier AM. Le Groupe G2 est composé des AMCM, AMCP, AM, agents d'identification (AI) et agents de réutilisation (AR).

4. Déploiement et expérimentation

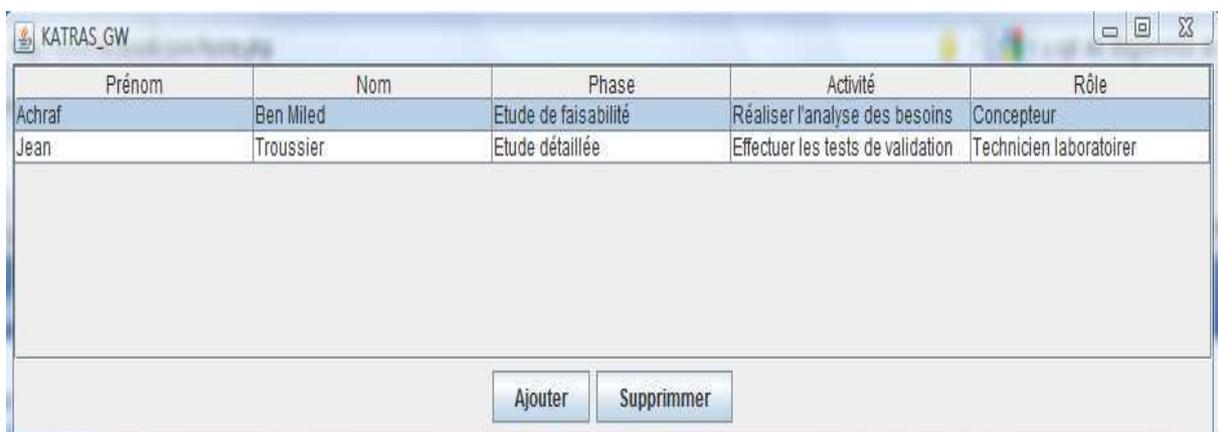
Nous nous intéressons aux collecticiels de suivi de projets de conception de produits mécanique. Nous avons réalisé un collecticiel, , qui est par définition un logiciel destiné à favoriser le travail en équipe, nommé « KATRAS_GW » qui permet à plusieurs utilisateurs distants de communiquer ensemble, d'observer les actions des uns les autres, de partager des fichiers et surtout de gérer les connaissances grâce à une approche organisationnelle. Nous détaillons dans la suite les fonctionnalités du collecticiel.

4.1 Développement des fonctionnalités

Le collecticiel offre une interface multi-utilisateurs permettant d'accéder aux fonctionnalités suivantes:

- **Exécution dynamiques des tâches** : Le système évolue avec l'avancement du projet. Il assure la gestion des rôles et des activités. Les utilisateurs peuvent s'engager dans plusieurs tâches en même temps. Le système propose à l'utilisateur les tâches en cours de réalisation (cf figure 4.19).
- **Communication**: Le système est capable d'assurer les interactions entre utilisateurs distants via les fonctionnalités de chat et mail. Il identifie le rôle ainsi que l'activité de l'acteur métier. Ces informations sont visibles par les destinataires.
- **Partage de fichiers** : le système permet la sauvegarde des fichiers téléchargés par l'utilisateur ainsi que leur accès et leur modification par d'autres utilisateurs. Le système fournit toutes les informations liées au partage d'un fichier (par quel rôle, dans quelle tâche). Exemple : partager un fichier X par le concepteur (rôle) lors de la réalisation d'une activité Y. Le fichier est capitalisé dans la mémoire Projet liée à la connaissance « Ressources » de type « Processus projet » par le groupe des agents de capitalisation. Il est ensuite proposé aux acteurs métiers jouant le même rôle et réalisant la même activité.

Le chef de projet se charge de l'attribution, au début du projet, des rôles aux acteurs métiers suivant le modèle organisationnel OrgaDesign (figure 4.14).



The screenshot shows a window titled 'KATRAS_GW' containing a table with the following data:

Prénom	Nom	Phase	Activité	Rôle
Achraf	Ben Miled	Etude de faisabilité	Réaliser l'analyse des besoins	Concepteur
Jean	Troussier	Etude détaillée	Effectuer les tests de validation	Technicien laboratoire

Below the table, there are two buttons: 'Ajouter' and 'Supprimer'.

Figure 4.14. Exemple d'attribution des rôles

L'acteur métier doit appartenir à un groupe pour la réalisation d'un projet. Une fois connecté, il peut bénéficier des différentes fonctionnalités et services du collecticiel. Le chef de projet se charge d'affecter les rôles aux acteurs métiers suivant leurs tâches. Il précise la date de début et la date de fin pour chaque activité. L'administrateur est responsable de gérer les login et les mots et mot de passe des acteurs métiers.

4.2 Principes de déploiement de KATRAS_GW

Pour accéder au collecticiel, l'acteur métier doit se connecter avec son login et son mot de passe créés par l'administrateur. L'agent métier, jouant le rôle de détecteur vérifie l'identification. Une fois l'utilisateur identifié, l'agent métier lui propose la liste des projets auxquels il participe. Suivant le choix de l'utilisateur en termes de projet, l'AM lui propose les activités en cours de réalisation. La détection du login et de l'activité permet à l'agent métier de déduire le rôle de l'utilisateur. En effet, La planification des tâches et l'attribution des rôles ont déjà été réalisées par le Chef du projet et stockées dans la mémoire projet. Le SMA constitué de *l'AM, l'AI, l'AR, l'AMCM et l'AMCP* se charge de gérer les connaissances et propose une assistance automatique, un transfert des connaissances ainsi qu'une recherche personnalisée (détaillée dans le chapitre précédent) selon le contexte détecté (rôle, activité, nom projet et éventuellement le terme dans le champ de recherche). Plusieurs rôles interviennent pour la réutilisation des connaissances: le *Détecteur du contexte*, l'*Identifieur*, l'*Apprenant*, le *Transféréur*, le *Réutilisateur*, le *Chargé de raisonnement projet* et le *Chargé de raisonnement métier*'. La figure 4 .15 représente les éléments basiques pour la réalisation du collecticiel, à savoir :

- Le modèle organisationnel « OrgaDesign »
- La mémoire projet
- Le référentiel métier
- L'ontologie OntoDesign
- Le SMA chargé de gérer les connaissances

Pour ne pas encombrer la figure, nous avons limité les interactions de AR2 (agent de réutilisation) avec AI2 (agent d'identification) et AMCM.

Dans cette figure, nous retrouvons les différents types d'agents ainsi que leurs interactions avec les différents composants du système KATRAS_GW.

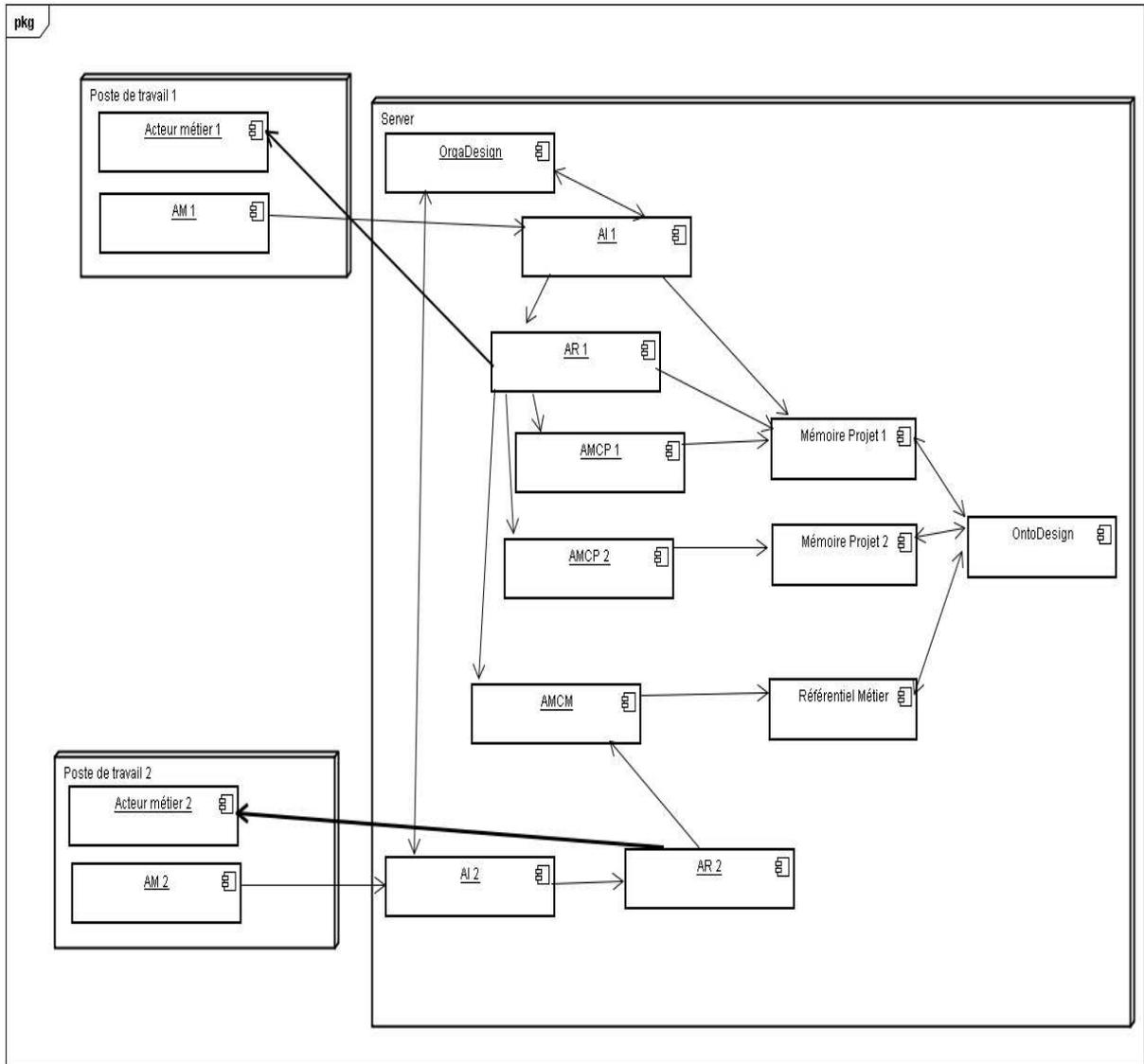


Figure 4.15. Diagramme de déploiement de KATRAS_GW

- L'AI se sert du modèle organisationnel « OrgaDesign » pour identifier les connaissances associées et partagées. Un exemple d'instanciation du modèle est représenté par un fichier XML comme le montre la figure 4.16.

```

- <Activite>
  <nomactivite>Effectuer les tests de validation</nomactivite>
- <Role>
  <nomrole>Concepteur</nomrole>
  - <competences>
    - <competence>
      <nomcompetence>Rediger le cahier des charges</nomcompetence>
      - <connaissances>
        - <connaissance>
          <nomconnaissance>Contraintes du produit</nomconnaissance>
          <typeconnaissance>ContexteProjet</typeconnaissance>
        </connaissance>
      </connaissances>
    </competence>
  </competences>
</Role>
- <Role>
  <nomrole>technicien laboratoire</nomrole>
  - <competences>
    - <competence>
      <nomcompetence>Realiser les essais sur le prototype</nomcompetence>
      - <connaissances>
        - <connaissance>
          <nomconnaissance>Normes en vigueur</nomconnaissance>
          <typeconnaissance>ContexteProjet</typeconnaissance>
        </connaissance>
        - <connaissance>
          <nomconnaissance>Procedes de moyen de tests</nomconnaissance>
          <typeconnaissance>ExpertiseProjet</typeconnaissance>
        </connaissance>
      </connaissances>
    </competence>
  </competences>
</Role>

```

Figure 4.16. Fichier XML représentant OrgaDesign

- L'AR gère les connaissances identifiées et décide de l'aide à proposer à l'utilisateur.
- Les AMCM et les AMCP utilisent la Mémoire Projet, la Mémoire Métier ainsi que l'ontologie pour fournir les résultats des requêtes formulés par l'AR.

4.3 Exemple d'utilisation

Dans cette section, nous proposons un scénario d'utilisation de Katras_GW. Dans cet exemple (figure 4.17), l'utilisateur Julien se connecte avec son login « julien » et son mot de passe.



Figure 4.17. Connexion au collecticiel

Une fois l'acteur métier connecté, le système consulte la mémoire projet pour lui proposer la liste des projets auquel il participe (figure 4.18). Dans cet exemple julien participe au moins à un projet « conception voiture ».



Figure 4.18. Proposition de la liste des projets

Julien choisit un des projets proposés et valide son choix. Le système consulte la mémoire projet et vérifie les activités que julien est chargé de réaliser (figure 4.19).



Figure 4.19. Proposition de la liste des activités

Une fois que le login et l'activité (exemple : réaliser l'analyse des besoins) sont détectés, le système déduit, grâce à l'attribution des rôles par le chef de projet stockée dans la mémoire projet, le rôle de Julien (concepteur). Cette déduction permet de connaître les connaissances utiles à la réalisation des activités grâce à la modélisation organisationnelle. Pour l'organisation « Réaliser l'analyse des besoins » (figure 4.20), le système propose au concepteur la liste des besoins client souhaités.

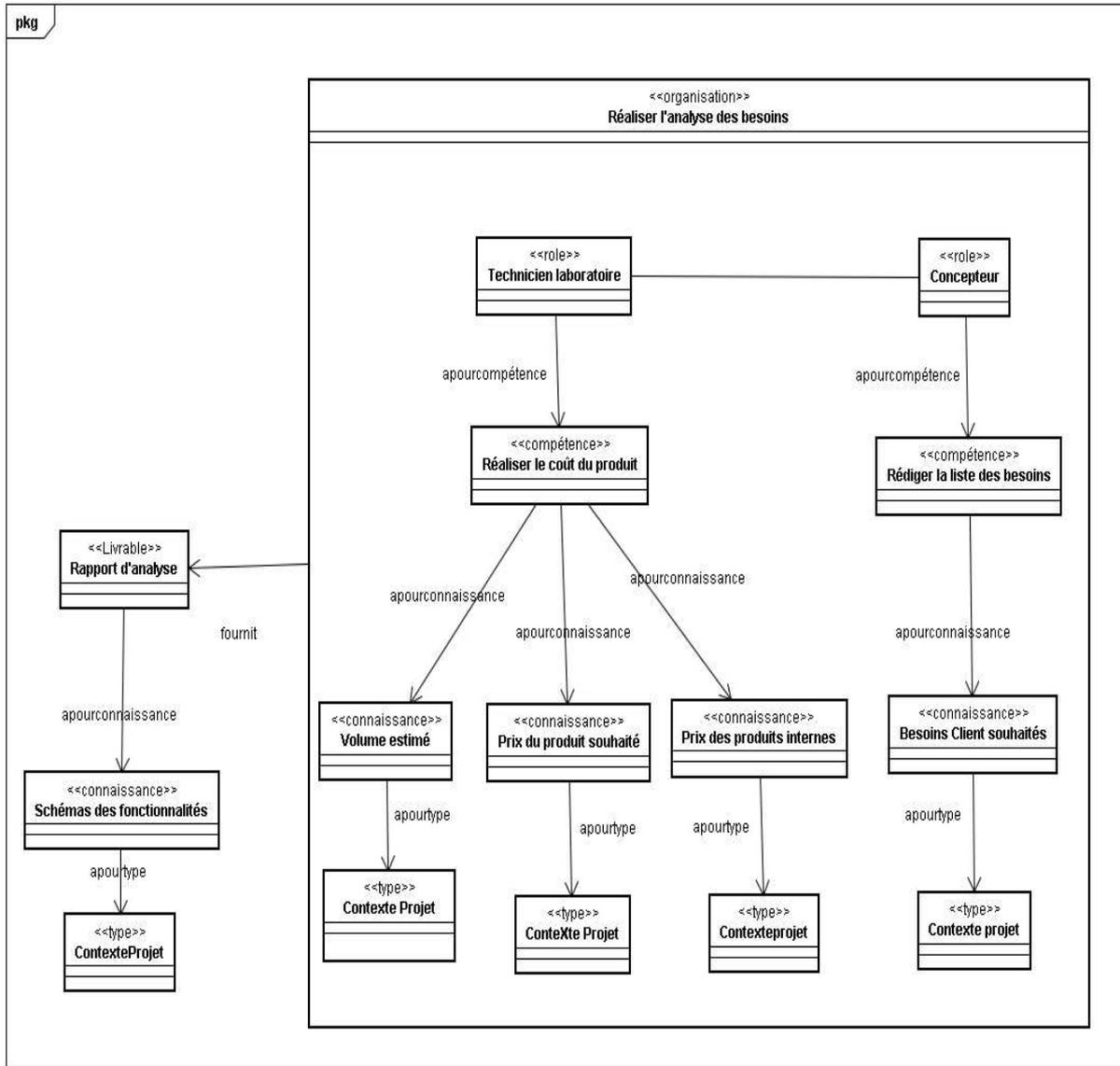


Figure 4.20. Organisation 'Réaliser l'analyse des besoins'

Le système propose à Julien les connaissances pertinentes (Push) comme le présente la figure 4.21.

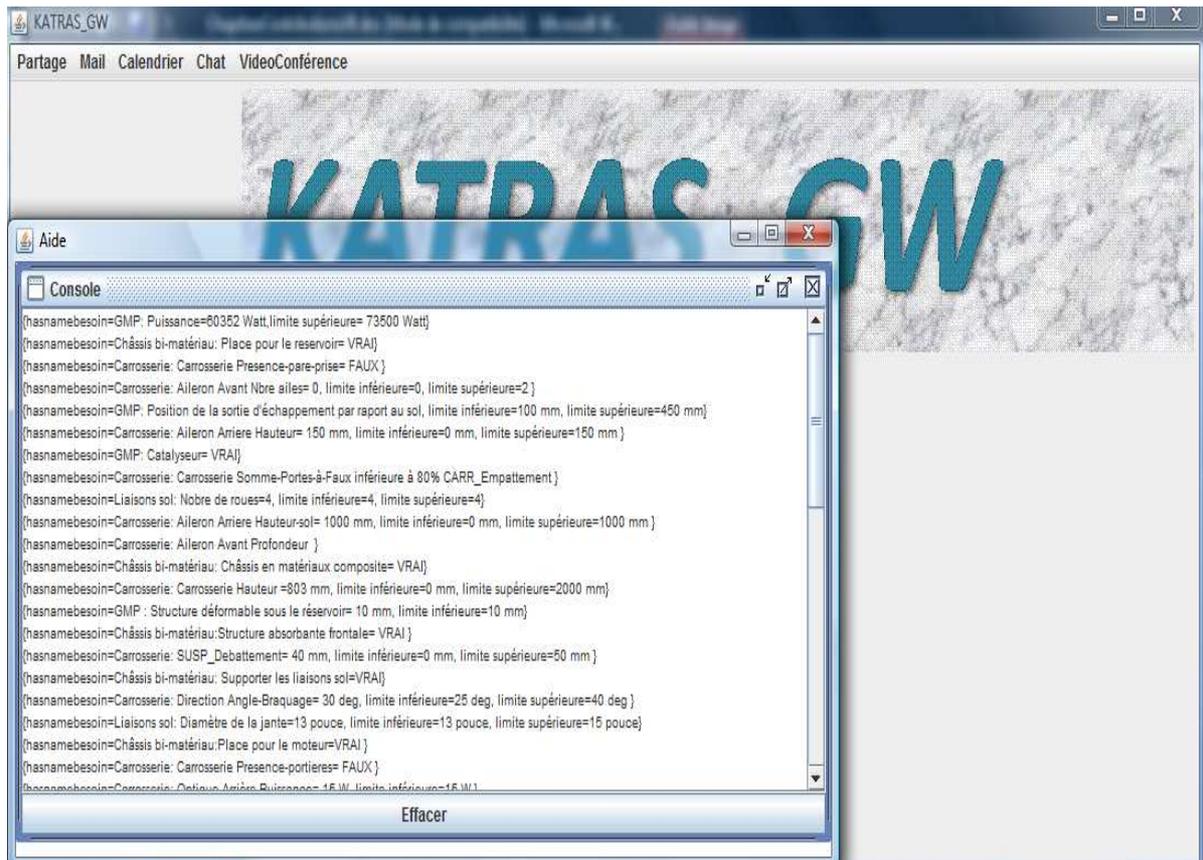


Figure 4.21. Proposition des connaissances (PUSH)

Dans cet exemple, le système lui propose la liste des besoins (figure 4.21)

La figure 4.22 présente l'interface qui permet à l'acteur métier d'accéder aux fonctionnalités du collecticiel KATRAS_GW. Ces fonctionnalités sont le partage de fichier, le mail, consulter le calendrier et le Chat. L'acteur métier peut chercher un terme dans le champ de recherche (PULL). Par exemple, si l'acteur jouant le rôle de concepteur réalise l'activité « réaliser l'analyse des besoins » et cherche le terme « Carrosserie ». D'après le contexte organisationnel fourni par « OrgaDesign », la connaissance liée à ce rôle et à cette activité est « la liste des besoins ». Dans notre exemple, le système propose à Julien qui joue le rôle de concepteur pour la réalisation de l'activité « réaliser l'analyse des besoins », la liste des besoins liée au terme «Carrosserie» (figure 4.22) ce qui cible raffine la recherche.

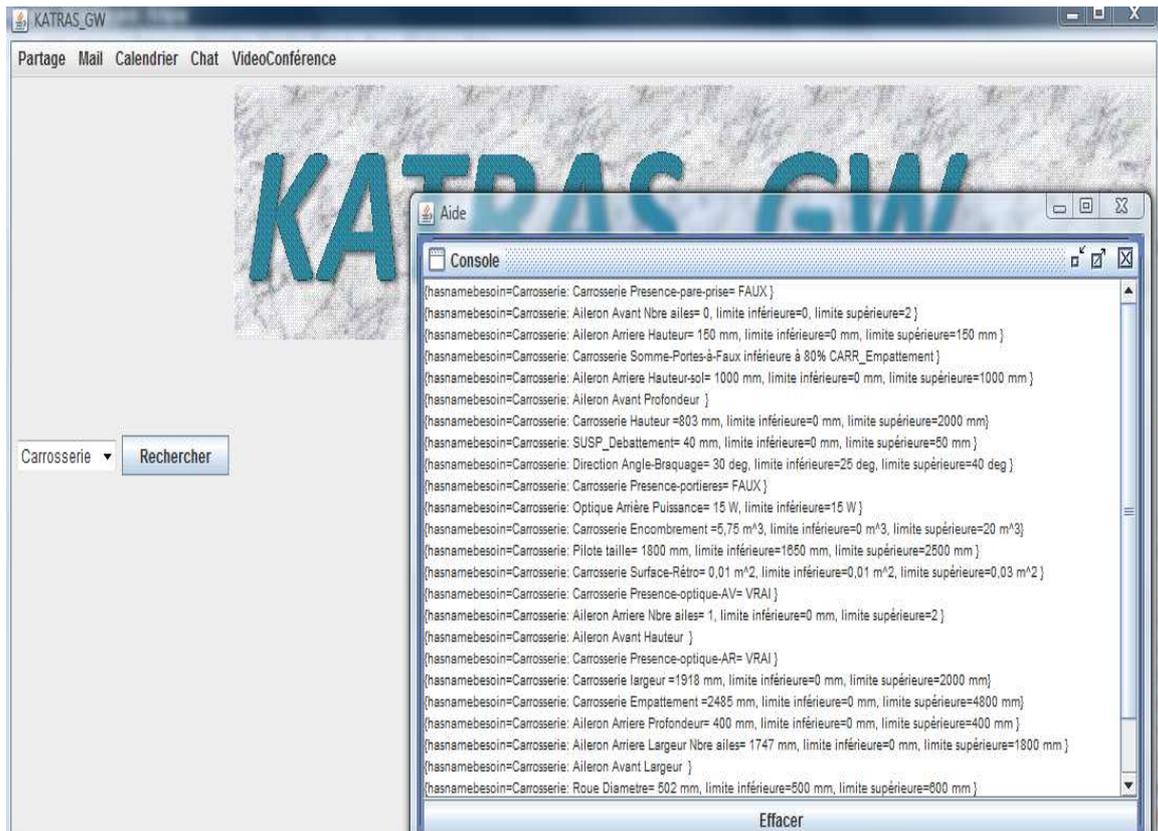


Figure 4.22. Proposition des connaissances (PULL)

4.4 Analyse des résultats

Nous avons expérimenté KATRAS_GW avec des groupes d'étudiants participant à la conception de produits différents. Nous leur avons distribué un questionnaire à remplir pour qu'on puisse déduire les avantages et les inconvénients de KATRAS_GW.

4.4.1 Les avantages

D'après les étudiants, KATRAS_GW permet aux utilisateurs de consulter les connaissances du projet en cours, à savoir la mémoire du projet ainsi que les connaissances de l'ensemble des projets, c'est-à-dire le référentiel métier. Ils trouvent que KATRAS_GW propose une consultation personnalisée ce qui évite, d'après eux, les connaissances secondaires.

Les étudiants pensent que ce collecticiel est très utile pour les novices. Il les guide à chaque étape du processus de conception en leur proposant de l'aide via l'assistance automatique et la recherche personnalisée. Le transfert des connaissances a permis aux étudiants d'avoir une idée sur le travail à réaliser, de collaborer entre eux d'une façon formelle et de porter certaines connaissances dont ils partagent ensemble.

Certains étudiants ont constaté que certaines des connaissances proposées ne sont pas liées directement au projet en cours puisque le système propose les connaissances de tous les projets stockées. Ils trouvent cette aide très utile pour les projets innovants. Les étudiants ont trouvé l'interface du logiciel ergonomique, efficace, facile à utiliser et adapté à leur contexte d'utilisation. Néanmoins, l'utilisation d'un User Pattern [Hariri, 2009] améliorera certainement l'interaction homme/Machine de notre logiciel.

4.4.2 Les inconvénients

D'après les étudiants, KATRAS_GW ne permet pas de gérer les connaissances pour les activités non décrites dans le modèle OrgaDesign. En effet, certains étudiants ne veulent pas se limiter aux activités habituelles du processus de conception du produit. Ceci constitue l'une des limites majeures du collecticiel.

Pour certains étudiants, face au grand nombre de connaissances proposées lors du Push (liste complète des besoins, ou liste complète des fonctions etc.), la consultation d'une connaissance particulière (un besoin précis ou une fonction précise) n'était pas toujours facile. Pour éviter ceci, l'utilisation du PULL est vivement recommandée.

4.4.3 Les connaissances réutilisées

Nous avons effectué un questionnaire pour connaître les phases du processus de conception pour lesquelles les connaissances proposées par Katras_GW ont été le plus réutilisées. Les résultats du questionnaire sont présentés dans la figure (4.23). Les étudiants ont attribué une note entre 0 et 6 pour chaque phase. Plus la note est élevée, plus les connaissances proposées sont pertinentes et ont été réutilisées.

Cette figure nous montre que les connaissances proposées ont été le plus réutilisées lors des deux premières phases.

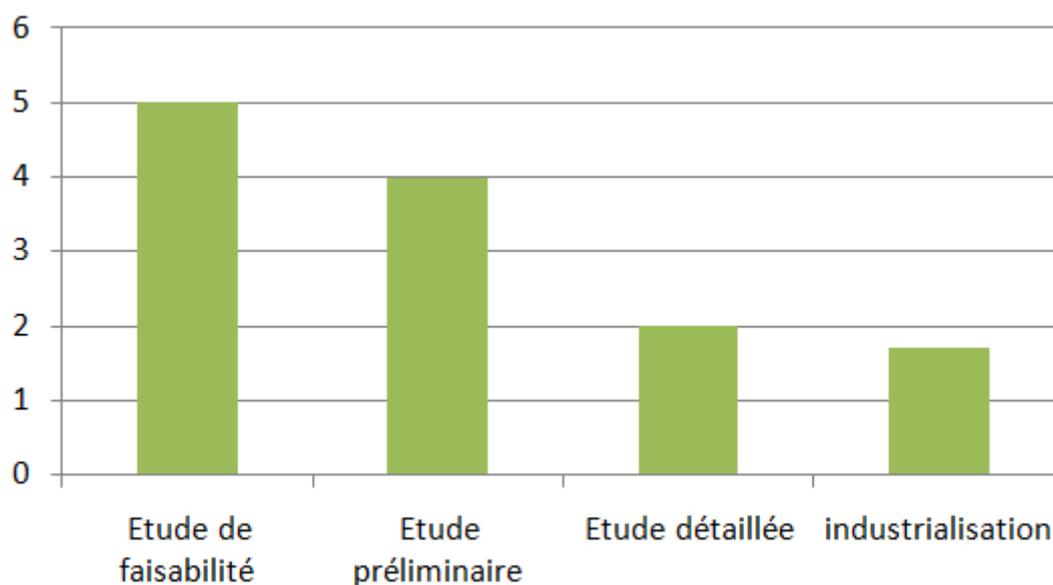


Figure 4.23. La réutilisation des connaissances par phase

Les étudiants ont expliqué ceci par le fait que les connaissances proposées lors de l'étude de faisabilité et l'étude préliminaire permettent de bien rédiger le cahier des charges en s'inspirant des projets déjà réalisés. Plus ils avancent dans le projet, plus les connaissances proposées sont spécifiques. Ainsi, les étudiants réutilisent moins les connaissances lors des deux dernières phases.

5. Conclusion

Tout au long de ce chapitre nous nous sommes focalisés sur la conception, l'implémentation et le déploiement d'un SGC sous la forme d'un collecticiel, nommé KATRAS_GW, qui réutilise les connaissances au fil de l'eau suivant une approche organisationnelle.

Nous avons détaillé l'ontologie solution du problème à résoudre afin de réutiliser le mieux et le plus des connaissances jugées importantes par les experts. Nous avons identifié les différents types d'agents chargés de réaliser les organisations décrites dans le chapitre précédent ainsi que leurs rôles et responsabilités

Nous avons ainsi proposé un SGC basé sur des agents qui assistent l'acteur métier tout au long du processus de conception. Ils proposent une aide à l'acteur métier en réutilisant les connaissances et en s'appuyant sur une approche organisationnelle. Les agents assurent donc une gestion des connaissances au fil de l'eau des projets d'ingénierie.

L'architecture globale du collecticiel comporte quatre aspects :

- les modèles organisationnels du processus de conception où sont représentés les rôles des acteurs métier, leurs compétences, leurs interactions ainsi que les connaissances qu'ils utilisent et partagent tout au long des activités de conception. Ces modèles sont inspirés des travaux de Monticolo [Monticolo, 2007] que nous avons enrichi par de nouvelles connaissances pour pouvoir les réutiliser. Nous avons associé un type à chaque connaissance dans OrgaDesign.

- Nous avons structuré les nouvelles connaissances dans la mémoire métier et la mémoire projet fournissant la base de consultation des connaissances MemoDesign.

- l'ontologie « OntoDesign » permettant de manipuler les connaissances du domaine que nous avons enrichi par les concepts correspondants aux nouvelles connaissances.

- La commuté d'agent prenant en compte les aspects sociaux et coopératifs du processus de conception et chargée de la réutilisation des connaissances contenues dans les mémoires de projet. Nous avons défini les différents types d'agents qui constituent le SMA dédié à la réutilisation des connaissances.

Nous avons expérimenté KATRAS_GW avec des groupes d'étudiants et nous avons analysé les résultats. Cette analyse nous a permis de connaître les avantages et les inconvénients du système ainsi que les connaissances les plus réutilisées lors du processus de conception de produits.

Chapitre 5

Apport de la thèse, perspectives & conclusion

Sommaire

1.	Conclusion générale	122
2.	Perspectives de recherche.....	123
2.1	<i>Réutilisation des connaissances dans les environnements interactifs textuels</i>	123
2.2	<i>Vers une actualisation des connaissances</i>	123

1. Conclusion générale

Tout au long de ce travail nous avons tenté de mettre en place une approche de capitalisation et de réutilisation des connaissances au fil de l'eau des projets de conception fondée sur :

- Un modèle organisationnel du processus de conception ;
- Une représentation conceptuelle des connaissances utilisées par les rôles des acteurs du processus ;
- Un système multi-agents en mesure de capitaliser et réutiliser les connaissances « au fil de l'eau » des projets et de les proposer de manière transparente aux acteurs métier.

Nous avons présenté dans le chapitre 1 les concepts d'agent et de SMA et la méthodologie ASPECS pour l'analyse, la conception et le déploiement de SMA. Celle-ci est basée sur l'hypothèse de Simon de décomposition hiérarchique des systèmes complexes. Ce chapitre décrit en particulier les activités du processus ASPECS qui ont été utiles pour notre travail.

Nous nous sommes ensuite consacrés, au chapitre 2, à la définition des concepts de base nécessaires à la compréhension de la problématique de la gestion des connaissances. La nécessité de la réutilisation dans le domaine des systèmes de gestion des connaissances métier et la communication des différents composants nous a mené à définir les ontologies et la mémoire d'entreprises. Nous les avons présentées comme moyen de représenter et stocker les connaissances. Afin de mieux comprendre la problématique, nous avons présenté une vue d'ensemble sur les différents travaux qui traitent la gestion des connaissances en utilisant des systèmes multi-agents.

Dans le chapitre 3, nous avons proposé une analyse du système de gestion des connaissances KATRAS_GW qui s'appuie sur la méthodologie ASPECS et qui permet de mettre en évidence ses objectifs et ses principaux mécanismes de fonctionnement. Notre démarche d'analyse permet de mettre l'accent sur les différentes composantes et leurs liens en vue de la réalisation des objectifs du système.

Sur la base de cette analyse nous avons proposé des mécanismes d'aides à l'utilisateur de réutilisation des connaissances. En effet, ce système permet d'assister l'acteur métier lors du processus de conception de produit mécanique en lui proposant principalement trois types d'aide ; l'assistance automatique, le système d'alerte et le transfert des connaissances.

Tout au long du chapitre 4, nous nous sommes focalisés sur la conception, l'implémentation et le déploiement d'un SGC sous la forme d'un collecticiel, nommé KATRAS_GW, qui permet la capitalisation et la réutilisation des connaissances au fil de l'eau suivant une approche organisationnelle. Nous avons détaillé l'ontologie solution du problème à résoudre afin de réutiliser au mieux les connaissances jugées importantes par les experts. Nous avons identifié les différents types d'agents chargés de réaliser les objectifs du système ainsi que leurs rôles et responsabilités. L'architecture globale du collecticiel comporte quatre aspects :

- les modèles organisationnels du processus de conception où sont représentés les rôles des acteurs métier, leurs compétences, leurs interactions ainsi les connaissances qu'ils utilisent et partagent tout au long des activités de conception.
- la mémoire métier et la mémoire projet fournissant la base de consultation des connaissances MemoDesign où nous avons structuré les nouvelles connaissances.
- l'ontologie « OntoDesign » permettant de manipuler les connaissances du domaine.

- La communauté d'agent prenant en compte les aspects sociaux et coopératifs du processus de conception et chargé de la capitalisation et de la réutilisation des connaissances contenues dans les mémoires de projet. Nous avons défini les différents types d'agents qui constituent le SMA dédié à la réutilisation des connaissances. Ces agents sont : les agents métiers (AM), les agents d'identification (AI), les agents de réutilisation (AR), les agents managers de connaissances projet (AMCP) et les agents managers de connaissances métier (AMCM). Le système à été implémenté et testé avec des groupes d'étudiants.

2. Perspectives de recherche

Nous définissons deux axes d'approfondissement pour la suite de ce travail. Le premier s'intéresse à la couverture en termes d'éléments traités par l'approche. Le second axe étudie la dernière phase du cycle de vie de la connaissance.

2.1 Réutilisation des connaissances dans les environnements interactifs textuels

Dans le cadre de cette thèse, notre travail s'est limité à capitaliser et réutiliser les connaissances en utilisant un modèle organisationnel pour déterminer celles qui sont pertinentes. Pour aller plus loin dans l'application, il serait intéressant de rendre la connaissance dans les environnements interactifs textuels (blog, forum, etc.) plus intéressantes.

Ainsi, la gestion des connaissances serait supportée par l'analyse sémantique et le système multi-agents dans les environnements interactifs textuels. Le but serait de réaliser les processus du cycle de vie de la connaissance via ces environnements pour être disponible aux utilisateurs. Afin de repérer les connaissances, il serait intéressant d'utiliser les techniques d'analyse du langage naturel.

2.2 Vers une actualisation des connaissances

Lors de nos travaux de recherches, nous nous sommes focalisés sur le processus de valorisation des connaissances en proposant les moyens de les réutiliser. Le cycle de vie de la connaissance se poursuit par le processus d'actualisation qui consiste à mettre à jour les connaissances. Cette phase permet de faire évoluer la base des connaissances afin de la rendre pertinente.

La connaissance doit être actualisée afin de s'adapter aux changements de l'environnement. De plus, la suppression, la modification ou l'insertion d'une connaissance doivent être validées soit automatiquement par des outils spécifiques soit par des experts du domaine.

Références

- [Abed, 2001] ABED M., EZZEDINE H., KOLSKI C. Modélisation des tâches dans la conception et l'évaluation des systèmes interactifs : la méthode SADT/Petri. In Kolski C. (Ed.), *Analyse et Conception de l'IHM. Interaction Homme-machine pour les SI, vol. 1*, Hermès, Paris, pp. 145-174, ISBN 2-7462-0239-5, 2001.
- [Alavi et leindner, 1999] Alavi, M. et D. E. Leidner (1999), "Knowledge management systems: issues, challenges, and benefits", *Communication of the Association for Information Systems*.
- [Alavi et Leidner 2001] Alavi, M. et D. E. Leidner (2001), "Review: knowledge management and knowledge management systems: conceptual foundation and research issues", *MIS Quarterly* 25 (1): 107- 136.
- [Argyris, 1978] ARGYRIS C., SCHÖN D.A. (1978), *Organizational learning: a theory of action perspective*, ADDISON WESLEY.
- [Aubry, 2007] Aubry.S «Annotations et gestion des connaissances en environnement virtuel collaboratif», these, France 2007.
- [Bachimont, 2007] Bachimont, B. (2007), *Ingénierie des connaissances et des contenus : Le numérique entre ontologies et documents*, Hermès Science Publications.
- [Barrey, 199] Barney J.B., 1991. Firm Resources and Sustained Competitive Advantage, *Journal of management*, vol. 17, n° 1, 99 -120.
- [Belkadi, 2007] F. Belkadi, E. Bonjour, M. Dulmet, 'Competency characterisation by means of work situation modelling', *Computers in industry* 58 164-178, 2007.
- [Ben Miled, 2008] A. Ben Miled, V. Hilaire, D. Monticolo, and A. Koukam. "Reusing Knowledge by Multi Agent System and Ontology", in the fourth IEEE International Conference on Signal-Image Technology & Internet-Based Systems, Workshop KARE (Knowledge Acquisition, Reuse and Evaluation), Indonesia, december 2008.
- [Ben Miled, 2009a] A. Ben Miled, D. Monticolo, V. Hilaire and A. Koukam. "A Comparison of Knowledge Management Approaches based on Multi Agent Systems" The 5th International Conference on Signal Image Technology and Internet Based Systems November 29 – December 3, 2009 Marrakesh, Morocco.
- [Ben Miled, 2009b] A. Ben Miled, D. Monticolo, V. Hilaire, and A. Koukam. "A Multi-Agent Based Approach for Knowledge Transfer In Product Design Contexts", in the International Conference on Computers & Industrial Engineering (CIE39), France, July 2009.
- [Blanco, 1998] Blanco E., "L'émergence du produit dans la conception distribuée, vers de nouveaux modes de rationalisation dans la conception de systèmes mécaniques", Thèse de doctorat, INP de Grenoble, Décembre 1998.

[Boissier, 2004] BOISSIER, O., GITTON, S. et GLIZE, P. caractéristiques des systèmes et des applications. In DEMAZEAU, y., éditeur : Systèmes multi-agents, pages 25–54. Editions TEC DOC, 2004

[Boujut, 2000] Boujut J.F., "Enjeux et formes des pratiques coopératives dans la conception", PROSPER, Ecole des mines de Paris, 17-02-2000.

[Bradley, 2000] Bradley K., Rafter R., Smyth B., Case-Based User Profiling for Content Personalisation, In: Proceedings of the International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-based Systems, Trento, Italy, August 2000

[Bresciani, 2004] P. Bresciani, P. Giorgini, F. Giunchiglia, J. Mylopoulos, and A. Perini. TROPOS: An Agent-Oriented Software Development Methodology. *Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 8(3):203–236, May 2004.

[Brown, 1984] Brown, D.C., "Expert Systems for Design Problem-Solving Using Design Refinement with Plan Selection and Redesign", Ph.D. Thesis, Computer and Information Science, Ohio State University, Columbus, 1984.

[Bukowitz, 2000] BUKOWITZ W. et WILLIAMS R. (2000) – *Gestion des connaissances en action* – Paris : Editions Village Mondial, 373p

[Chaib-draa, 2002] Chaib-draa, B. "Causal Maps: Theory, Implementation and Practical Applications in Multiagent Environments", *IEEE Trans. on Knowledge and Data Engineering*, 14(6), pp. 1-17, 2002

[Chandrasekaran, 1999] What are ontologies and why do we need them? *IEEE Intelligent Systems*. 14(1):20-26.

[Charrier, 2009], R. Charrier. « L'intelligence en essaim sous l'angle des systèmes complexes : étude d'un système multi-agent réactif à base d'itérations logistiques couplées », thèse soutenue en 2009

[Chella, 2004] Chella, A., Cossentino, M., Sabatucci, L. and Seidita, V., 2004. *From PASSI to Agile PASSI: Tailoring a Design Process to Meet New Needs*. In 2004 IEEE/WIC/ACM International Joint Conference on Intelligent Agent Technology (IAT-04), Sept. 2004, Beijing (China)

[Corby, 2000] Corby O., Dieng R., Hébert C., A Conceptual Graph Model for W3C Resource Description Framework. In Proc. ICCS'2000 Darmstadt Germany

[Cossentino, 2007] Cossentino M, Gaud N, Hilaire V, Galland S, Koukam A (2007), ASPECS: an Agent-oriented Software Process for Engineering Complex Systems, In Proc. of the Fifth Agent Oriented Software Engineering Technical Forum (AOSE-TF5), Hammamet, Tunisia.

[Darses, 2001] Darses F., "Assister la conception : perspectives pour la psychologie cognitive ergonomique", conférence EPIQUE'2001, Nantes, 29-30 Octobre 2001.

[De Paoli, 2004] Giovanni De Paoli. Méthodes de modélisation numérique et artistique : cas de la plate-forme virtuelle de création pour les artistes des nouveaux complexes cirque du cirque du soleil. *Computer Art Journal*, 1(1), 2004.

[De Terssac, 1996] De Terssac G., "Le travail de conception : de quoi parle-t-on ?", coopération et conception, éd. Octares 1996.

[Descartes, 1637] Discours de la méthode

[Dieng, 2001] Dieng-Kuntz R., Corby O., Gandon F., Giboin A. Golebiowska J., Matta N. Ribière M., *Methodes Et Outils Pour La Gestion Des Connaissances: Une approche pluridisciplinaire du Knowledge Management* (2nd Edition), Dunod Edition - INFORMATIQUES Série Systèmes d'information – ISBN 2 10 006300 6, 2001

[Dignum, 2006] V. Dignum, "an overview of agents in knowledge management" M. Umeda et al. (Eds.): INAP 2005, LNAI 4369, pp. 175 – 189, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006.

[Drucker, 2000] Drucker, P. (April 2000), "Knowledge work", *Executive Excellence* ; Provo ; pp. 11-12.

[Durfee, 1989] DURFEE, E. et LESSER, V.. Negotiating task decomposition and allocation using partial global planning. *Distributed Artificial Intelligence*, 2:229–244, 1989.

[Eichenbaum et Tamisier, 1997] EICHENBAUM-VIOLINE Ch. , TAMISIER S. Gestion des connaissances sur réacteurs avec le système ACCORE *Document numérique*, 1997, 1, 2, 189-204.

[E. Yu, 1997] E. Yu. Towards modelling and reasoning support for early-phase requirements engineering. In 3rd IEEE Int. Symp. on Requirements Engineering, pages 226–235, 1997.

[Ermine, 1996] Ermine J.L, "Les systèmes de connaissances", Eds. Hermès 1996.

[Ermine, 2000], Jean Claude ERMINE, La gestion des connaissances, un levier stratégique pour les entreprise, Actes IC2000, Ingénierie des connaissances, toulouse, 10-12 mai 2000

[Fahey et Prusak 1998] Fahey, L. et L. Prusak (1998), "The eleven deadliest sins of knowledge management", *California Management Review* 40 (3): 265-275.

[Fensel, 2000] FENSEL D., HORROCKS I., VAN HARMELE F., DECKER S., ERDMANN M., KLEIN M. (2000), «OIL in a nutshell», *In ECAI Workshop Notes – Applications of Ontologies and Problem-Solving Methods*, 4-1 – 4-12.

[Ferber, 1995] FERBER, J. Les systèmes multi-agents, vers une intelligence collective. InterEditions, 1995.

[Ferber, 1999] FERBER, J. Multi-agent Systems: An Introduction to Distributed Artificial Intelligence. Addison Wesley. ISBN: 0-201-36048-9, 1999.

[Fichett, 1998] Fitchett, J. (1998), "Managing your organization's key asset: knowledge", *Health Forum Journal*, Vol. 41, pp. 56-60.

[Fillol, 2006] Fillol, C.(2006), « Une étude des communautés de pratiques inter organisationnelles du group EDF », XV eme Conférence Internationale de Management Stratégique, Annecy/Genève juin.

[FIPA ACL, 2002] FIPA ACL Message Structure Specification. Foundation For intelligent Physical Agents, 2002. Standard, SC00037J

[Fukuda 95] Fukuda Y., 'Variations of Knowledge in Information Society', In Proceedings ISMICK 95, p3-8

[Gandon, 2002] Gandon F., 'Distributed Artificial Intelligence and Knowledge Management: ontologies and multi-agent systems for a corporate semantic web' Phd Thesis, University of Nice - Sophia Antipolis, 2002.

[Gaud, 2007] Systèmes Multi Agents Holoniques: de l'analyse à l'implanation. Méta-modèle, méthodologie et simulation multi-niveaux. Thèse soutenue en 2007.

[Gold, 2001] Gold, H. A., A. Malhotra et A. H. Segars (2001), "Knowledge management: an organizational capabilities perspective", *Journal of Management Information Systems* 18 (1): 185-214.

[Gomes, 1999] Gomes S. *Contribution de l'analyse de l'activité au processus de conception de produits innovants*, thèse soutenue en janvier 1999.

[Gómez-Pérez, 1996] Gómez-Pérez, A. (1996). *A framework to Verify Knowledge Sharing Technology*. Expert Systems with Application. Vol. 11, N. 4. PP: 519-529.

[Grant, 1996] Grant, R. M. (1996), "Prospering in dynamically-competitive environments: organizational capability as knowledge integration", *Organization Science* 7 (4): 375-387.

[Grebici, 2007] K. GrebiciLa. « Maturité de l'Information et le Processus de Conception Collaborative », thèse soutenue en 2007.

[Gruber, 1993] Gruber T., (1993). *Towards Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing*. In N. Guarino et R. Poli (Eds.), *Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge Representation*, Deventer, The Netherlands. Kluwer Academic Publishers.

[Grundstein, 2006] Michel Grundstein (2006). *Management des connaissances et des compétences: Vers un modèle de référence (MGKME)*. Journée C2EI –Connaissances et compétences en entreprise industrielle 29 juin 2006, Actes de la Semaine de la Connaissance, Nantes 26-30 juin 2006, France.

[Grundstein, 1988] Michel Grundstein, Patrick de Bonnières, Serge Para: *Les Systèmes à Base de Connaissances, Systèmes Experts pour l'Entreprise*. AFNOR Gestion, 1988.

[Guarino, 1997] GUARINO, N. (1997). Understanding, building and using ontologies. *International Journal of Human Computer Studies* **46**, 293 – 310.

[Guarino, 1998] Nicola Guarino. "Some Ontological Principles for Designing Upper Level Lexical Resources" in Proceedings of the First International Conference on Lexical Resources and Evaluation, 1998.

[Guizzardi, 2007]]GUIZZARDI, S.S Renata., PERINI, Anna, V. DIGNUM. Socially Grounded Analysis of Knowledge Management Systems and Processes, Invited Chapter in (eds) Giorgini, P., Maiden, N., Mylopoulos, J. and Yu, E. "Tropos/i*: Applications, variations and Extensions", Cooperative Information Systems Series, MIT Press (forthcoming).

[Harel, 1987] D. Harel, "Statecharts: A visual Formalism for complex systems", *The Science of Computer Programming*, 1987, 8, pp.231-274.

[Hendler et McGuinness 2000] HENDLER J. et MCGUINNESS D. L. (2000), «The DARPA agent markup language», *IEEE Intelligent Systems*, 6(15), 72-73.

[Hilaire, 2000] Vincent Hilaire, Abder Koukam, Pablo Gruer, and Jean-Pierre Muller. *Formal specification and prototyping of multi-agent systems*. In Andrea Omicini, Robert Tolksdorf, and Franco Zambonelli, editors, *Engineering Societies in the Agents' World*, number 1972 in *Lecture Notes in Artificial Intelligence*. Springer Verlag, 2000.

[Jennings, 1998] JENNINGS N., SYCARA K., WOOLDRIDGE M., « A Roadmap of Agent Research and Development », *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, vol. 1, n°1, p. 7 - 38, July 1998.

[Klusch, 1999] Klusch Matthias, ed., *Intelligent Information Agents*, Springer, 1999.

[Koestler, 1967] Arthur Koestler, *The Ghost in the Machine* (London: Hutchinson, 1967)

[Kogut, 1992] Kogut, B., Zander, U. 1992. Knowledge of the firm, combinative capabilities, and the replication of technology. *Organization Science*, 383-97.

[Kostadinov, 2008] Dimitre Kostadinov, Mokrane Bouzeghoub, Stéphane Lopes: Accès personnalisé à des sources de données multiples. Evaluation de deux approches de reformulation de requêtes. *Ingénierie des Systèmes d'Information* 13(4): 59-82 (2008)

[Lamsweerde, 2001] A. van Lamsweerde *Goal-Oriented Requirements Engineering: A Guided Tour* Invited Paper for RE'01 - 5th IEEE International Symposium on Requirements Engineering, Toronto, August, 2001, pp. 249-263

[Lefebvre, 2002] Lefebvre P., Roos P., Sardas J-C., "From the management of expertise to the management of design metier", EURAM Conference, Stockholm, 9-11 May 2002.

[Lhote, 1999] Lhote F., Chazelet Ph., Dulmet M., "The extension of principles of cybernetics, towards engineering and manufacturing", *Annual Reviews in Control*, Vol. 23, 1999, pp 139-148.

- [Lieberman, 1995] H. Lieberman. Letizia: An agent that assists web browsing. In C. Mellish (Ed):, *Proc. IJCAI-95*, Montreal, Canada, August 1995.
- [Locke, 1963] Locke, J, *The Works of John Locke*, 10 vol., nouv. éd. corr., Londres, 1823 (1963)
- [Maes, 1995] MAES, P. Artificial life meets entertainment: lifelike autonomous agents. *Communications of the ACM*, 38:108–114, 1995.
- [Malvache, 1994] P. MALVACHE, Ch. EICHENBAUM & P. PRIEUR [1994] : “La maîtrise du retour d'expérience avec la méthode rex”, *Revue Performances Humaines et Techniques* n°69, Mars-Avril.
- [Mandiau, 1993] MANDIAU René, «Contribution à la Modélisation des Univers multi-agents : Génération d'un plan partagé», *Thèse de Doctorat*, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, Valenciennes, Février 1993.
- [Markus, 2007] Markus Strohmaier, Eric Yu, Jennifer Horkoff, Jorge Aranda, Steve Easterbrook, “Analyzing Knowledge Transfer Effectiveness--An Agent-Oriented Modeling Approach”. 40th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, 2007.
- [Marti, 2005] Carole Marti. «L'apport des méthodes narratives à la gestion des connaissances: le partage et la réutilisation entre artisans » Thèse soutenue le 2 décembre 2005 à l'université Montpellier 2
- [McDermott, 1999] McDermott R. (1999), "Why information technology inspired but cannot deliver knowledge management", *California Management Review* 41 (4): 103-117.
- [Mer, 1998] Mer S., Laureillard P., "Partage des connaissances dans un système de conception", *In Connaissances et savoir-faire en entreprise*, Hermès, 1998.
- [Micaëlli, 2003] Micaëlli J.P., Forest J., "Artificialisme, Introduction à une théorie de la conception", collection Epistémologie , INSA de Lyon, 2003.
- [Midler, 1993]Midler C., (1993), *L'auto qui n'existait pas, management des projets et transformation de l'entreprise*, InterEditions, 215p.
- [Monticolo, 2007] Monticolo, D « une approche organisationnelle pour la conception d'un système de gestion des connaissances fondé sur le paradigme agent», these, France 2007
- [Motta et al., 2000] Motta, E., Buckingham Shum, S., and Domingue, J. *Ontology-Driven Document Enrichment: Principles, Tools and Applications*. To appear in the *International Journal of Human- Computer Studies*, (2000).
- [Nonaka , 1991] Nonaka, I (1991), The knowledge-creating company, *Harvard Business Review*, 69, November-December, 96-104.
- [Nonaka & Konno, 1998] Nonaka, I. and N. Konno (1998). "The Concept of 'Ba': Building a Foundation for Knowledge Creation." *California Management Review* 40(3): 40-54.

[Nonaka et Takeuchi, 1995] Nonaka, I., and Takeuchi, H., « The knowledge Creating Company: how Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation ». Oxford University Press, 1995.

[Nonaka et Takeuchi, 1997] Nonaka I. et Takeuchi H., « La connaissance créatrice : la dynamique de l'entreprise entreprenante », De Boeck, Bruxelles, 1997.

[Perrin, 1999] Perrin J., "Pilotage et évaluation des processus de conception", éd. L'Harmattan 1999.

[Perrin, 2001] Auteurs collectifs sous la direction de Jacques Perrin, "Conception entre science et art", collection Epistémologie, INSA de Lyon, Juin 2001.

[Pahl et Beitz, 1996] Pahl G., Beitz W., "Engineering Design: a Systematic Approach", 2nd éd., Springer-Verlag, London, 1996.

[Polyani, 1966] Polanyi M., 1966. The Tacit Dimension. London: Routledge and Kegan Paul.

[Pomian, 1996] Pomian J., *Mémoire d'entreprise techniques et outils de la gestion du savoir*, Ed. Sapiientia, 1996, ISBN 2911761006

[Prasad, 1996] Prasad N., Plaza, E. *Corporate Memories as Distributed Case Libraries*, Proceedings of Knowledge Acquisition Workshop, Banff, Alberta, Canada, November 9-14, 1996, p. 40-1 40-19.

[Prax, 2003] Prax J.-Y Manuel de knowledge management. - Paris, Dunod, 2003.

[Rabarijaona99] Rabarijaona A. and Dieng R. and Corby O., *Building a XML-based Corporate Memory*. In John Debenham and Stefan Decker and Rose Dieng and Ann Macintosh and Nada Matta and Ulrich Reimer eds, Proc. of the IJCAI'99 Workshop on Knowledge Management and Organizational Memories, Stockholm, Sweden, 31 juillet 1999

[Reynaud, 2005] Chantal Reynaud, Brigitte Safar, Hélène Gagliardi, Une expérience de représentation d'une ontologie dans le médiateur PICSEL. In *Ingenierie des Connaissances*, Ed. L'Harmattan, 2005

[Ross, 1977] Ross and Schoman. D.T. Ross and K.E. Schoman, Structured Analysis for requirements definition. *IEEE trans. S/W Eng.* **33** (1977), pp. 86-95. 1977.

[Ruggles, 1998] Ruggles, R (1998), « The state of the notion : knowledge management in practice », *California Management Review* 40 (3): 80-89.

[Russel, 1995] RUSSELL, S. et NORVIG, P. (1995). *Artificial Intelligence: Modern Approach*. Prentice Hall.

[Sagot, 2003] SAGOT J.C., GOMES S. (2003). Intégration des facteurs humains dans la démarche de conception: approche ergonomique. *Cahier des Notes Documentaires*. Hygiène et sécurité au travail, INRS (Paris), n°191, 2^{ème} trimestre, 61-71

[Schreiber, 1999] Schreiber, A., Th., A.H., Anjewerden, A., de Hoog, R., Shadbolt, N., van de Velde, W., Wielinga, B.: Knowledge Engineering and Management: The CommonKADS Methodology. The MIT Press, Cambridge (1999)

[Serrafero 06] Serrafero P., Gomes S., Bonnivard D., Jézéquel L., *De la mémoire projet à la compétence métier : vers la synthèse de connaissances métier en ingénierie robuste des produits/process*, Conférence Internationale IDMME, 2006.

[Shearin, 2001] Shearin S., Lieberman H., Intelligent Profiling by Example, In: Proceedings of the 2001 International Conference on Intelligent User Interfaces, Santa Fe, USA, January 2001

[Sheth, 1993] Sheth, B., and Maes, P. 1993. Evolving agents for personalized information filtering. In Proceedings of the Ninth Conference on Artificial Intelligence for Applications, 1993. IEEE Computer Society Press.

[Simon, 1991] Simon H.A., "Sciences des systèmes, sciences de l'artificiel", version traduite en français par J-L. Le Moigne, éd. Dunod, 1991.

[Soto, 2007] J.P Soto, J. Portillo-Rodriguez, A. Vizcaíno, M. Piattini, "A Knowledge-Driven Model and Architecture to Develop Knowledge Management Systems", 9th International Workshop on Learning Software Organizations (LSO) in conjunction with 4th Conference on Professional Knowledge Management (WM), ISBN: 978-3-936771-99-2, GITO-Verlag, Pp: 165-172, Berlin (Germany), 2007.

[Sowa, 1999] John F. Sowa: Relating Templates to Language and Logic. SCIE 1999: 76-94

[Sowa, 2000] John F. Sowa. Ontology, Metadata, and Semiotics. In proceedings of the International Conference on Conceptual Structures, ICCS'2000, Darmstadt, Germany, August 14-18th 2000.

[Stein, 1995] Stein, E. W. et V. Zwass (1995), "Actualizing organizational memory with information systems", *Information Systems Research* 6 (2): 85-117.

[Sureephong, 2007] Pradorn Sureephong, Nopasit Chakpitak, Yacine Ouzrout, Gilles Neubert, Abdelaziz Bouras: Knowledge Engineering Technique for Cluster Development CoRR abs/0712.1994: (2007)

[Tacla, 2003] Tacla C., *De l'utilité des systèmes multi-agents pour l'acquisition des connaissances au fil de l'eau*, thèse soutenue en 2003.

[Tisseyre, 1999] Tisseyre B., Ardoin N., Sevilla F., 1999, Precision viticulture : precise location and vigour mapping aspects, 2 nd European Conference on Precision Agriculture, Odense, Denmark, 319-330.

[UML, 2007] Unified Modeling Language (UML) Specification: Infrastructure, v2.0, OMG Adopted specification, ptc/03-09-15. Object Management Group (OMG), September 2003

[Uschold, 1995] Mike Uschold and Martin King. *Towards a methodology for Building Ontologies*. Presented at the Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing, International Joint Conference on A.I, 1995.

[Van Heijst et al, 1996] Van Heijst G. et al (1996) “Organizing Corporate Memories” IN B. Gaines, M.Mussen , Proceeding of the 10th Baff Knowledge. Acquisition for Knowledge-Based Systems Workshop(KAW '96). Banff, Canada

[Weggeman, 1996] Weggeman M., ‘*Knowledge Management: The Modus Operandi for a Learning Organization*’. In J. F. Schreinemakers ed, Knowledge Management: Organization, Competence and Methodology, Proc. Of ISMICK'96, Rotterdam, the Netherlands, Wurzburg:Ergon Verlag, Advances in Knowledge Management, vol. 1, 21-22 Octobre 1996, p. 175-187

[Weyns, 2005] WEYNS, D., PARUNAK, H., MICHEL, F., HOLVOET, T. et FERBER, J. (2005). Environments for multiagent systems: State-of-the-art and research challenges. In Lecture Note in Artificial Intelligence (LNAI). Springer.

[Zemirli, 2007] W.Nesrine Zemirli, Lynda Tamine, Mohand Boughanem. *A Personalized Retrieval Model based on Influence Diagrams (regular paper)*. Dans : *International Conference on Modeling and Using Context - International Workshop on Context Based Information Retrieval (CIR 2007)*, Roskilde University, Denmark, 20/08/2007-24/08/2007, Doan Bich-Liên, Jose Joemon, Melucci Massimo (Eds.), Roskilde University, ISSN 0109-9779, (support électronique), août 2007.

[Zreik, 1990] Zreik. K, Sur la créativité assistée par ordinateur. Dans *Sur la modélisation des processus de conception créative, 01 DESIGN'90*, page 21. Octobre 1990. EUROPIA.

[Zweigenbaum 1997] P. Zweigenbaum : Construction d’une représentation sémantique en graphes conceptuels – TALN 1997.

Nos Publications

Conférences internationales avec actes

A. Ben Miled, V. Hilaire, D. Monticolo, and A. Koukam. "*Reusing Knowledge by Multi Agent System and Ontology*", in the fourth IEEE International Conference on Signal-Image Technology & Internet-Based Systems, Workshop KARE (Knowledge Acquisition, Reuse and Evaluation), Indonesia, december 2008.

A. Ben Miled, D. Monticolo, V. Hilaire, and A. Koukam. "*A Multi-Agent Based Approach for Knowledge Transfer In Product Design Contexts*", in the International Conference on Computers & Industrial Engineering (CIE39), France, July 2009.

A. Ben Miled, V. Hilaire, D. Monticolo, and A. Koukam. «*An Approach for Building Holonic Models of Design Processes for knowledge Management* », in the international Workshop on Organizational Modeling, Paris, France, June 22/23, 2009.

A. Ben Miled, D. Monticolo, S. Gomes, and V. Hilaire. "*From the project memory MemoDesign to the domain ontology OntoDesign*". the 8th International Industrial Congress of Engineering (CIGI2009), june 2009, Tarbes, France.

A. Ben Miled, D. Monticolo, V. Hilaire and A. Koukam. "*A Comparison of Knowledge Management Approaches based on Multi Agent Systems*" The 5th International Conference on Signal Image Technology and Internet Based Systems November 29 – December 3, 2009 Marrakesh, Morocco.