

THESE DE DOCTORAT
Université de Technologie de Belfort Montbéliard et Université de Franche Comté
Ecole doctorale Sciences Pour L'ingénieur et Microtechniques (S.P.I.M.)

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR

DISCIPLINE : INFORMATIQUE

Une approche organisationnelle pour la conception d'un système de gestion des connaissances fondé sur le paradigme agent

par

Davy MONTICOLO
Laboratoire Systèmes et Transport
Université de Technologie de Belfort-Montbéliard

Soutenue le 26 février 2008

RAPPORTEURS	▪ M^R BENSLIMANE DJAMAL ▪ M^R KASSEL GILLES	PROFESSEUR A L'UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON PROFESSEUR À L'UNIVERSITÉ DE PICARDIE
EXAMINATEURS	▪ M^R CERAVOLO PAOLO ▪ M^R SERRAFERO PATRICK ▪ M^R HOFFMANN DIDIER	PROFESSEUR ASSISTANT A L'UNIVERSITE DE MILAN PROFESSEUR ASSOCIE A L'ECOLE CENTRALE DE LYON RESPONSABLE DU BUREAU D'ETUDE ENTREPRISE ZURFLUH-FELLER
DIRECTEUR DE THESE	▪ M^R KOUKAM ABDERRAFIA	PROFESSEUR À L'UTBM
CO-DIRECTEURS	▪ M^R GOMES SAMUEL ▪ M^R HILAIRE VINCENT	MAITRE DE CONFERENCES A L'UTBM MAITRE DE CONFERENCES A L'UTBM

**A ma Maman,
A Delphine et Lucile,
A ma Famille**

Remerciements

Je tiens tout particulièrement à remercier l'entreprise Zurfluh-Feller de m'avoir embauché et accueilli lors de ces années. Je remercie Sébastien Meunier, sans qui, ce projet n'aurait pas abouti ainsi que Didier Hoffmann et l'équipe du bureau d'études (Rébecca, Alain, Frédéric, Marc, Damien, etc.) pour leur soutien.

Ces travaux de recherche ont été effectués en collaboration avec le Laboratoire Systèmes et Transports (SeT) et plus précisément au sein de l'équipe Ergonomie et Conception de Produit (ERCOS) dirigée par le Professeur Jean Claude. Sagot. Je remercie l'ensemble de cette équipe pour leur soutien. Je remercie également Samuel Gomes pour m'avoir guidé, encadré et supporté. Je remercie Vincent Hilaire et Abder Koukam de m'avoir encadré durant ces trois années de thèse et d'avoir partager leurs savoirs sur les systèmes multi-agents.

Je remercie également :

... Mariette Mercier et Bernard Moulin pour m'avoir fait découvrir le monde de la recherche et de m'avoir donné l'envie de poursuivre en doctorat,

... Gilles Kassel et Djamal Benslimane de m'avoir fait l'honneur d'être les rapporteurs de ce travail,

... Patrick Serrafero pour m'avoir guidé et fait découvrir le monde de la gestion des connaissances en entreprise et en recherche,

... Ernesto Damiani pour avoir suivi mes travaux durant cette dernière année et de m'avoir proposé de travailler avec son équipe,

...Nada Matta pour m'avoir fait découvrir le domaine de l'ingénierie des connaissances,

...Nathalie Chaignaud et Jean-Philippe Kotowicz pour leurs encouragements et leurs sympathies lors des conférences et écoles de printemps.

...Morad pour avoir partagé mes incertitudes de doctorant,

...Genevieve pour avoir lu et relu mon manuscrit,

... Luc et Gisèle pour leurs patiences et leurs soutiens permanents,

et Delphine, pour ton soutien si précieux et ton coaching quotidien tout au long de la thèse.

.

Résumé

Une approche organisationnelle pour la conception d'un système de gestion des connaissances fondé sur le paradigme agent

Ce travail est fondé sur une approche organisationnelle pour la gestion des connaissances lors des projets de conception mécanique. Lors de ces travaux, nous avons 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 système mécanique. Quatre aspects ont été développés dans ce travail :

- 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 ;
- La définition d'un modèle de mémoire organisationnelle, MemoDesign, fournissant un cadre pour la structuration et l'indexation des connaissances à archiver lors des projets de conception ;
- La construction d'une ontologie appelée OntoDesign permettant de manipuler et les connaissances du domaine ;
- 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.

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

Abstract

An organizational approach to design a knowledge management system based on the agent paradigm

This work is based on an organizational approach in order to manage knowledge all along mechanical design projects. During this work, we consider the social and cooperative aspects of the mechanical design process where professional actors work together, create, share and use their knowledge in order to carry out the same aim: the development of a new mechanical system. Four aspects were essentially developed in this work :

- The design of a mechanical design process organizational model where are represented the roles of the actors, their interactions and the knowledge they use and share all along their professional activities;
- The definition of a organizational memory model “MemoDesign” providing a guide to structure and to index information and knowledge to store during the projects;
- The construction of a ontology called “OntoDesign” allowing to handle knowledge of the domain;

The design and implementation of the multi-agents system “KATRAS”, taking into account of the social and cooperative aspects of the mechanical design process and dedicated to the building of project memories all along projects.

Key Words: Knowledge Management, Multi-Agent Systems, Organizational Approach, Project Memory, Ontology

Table des matières

<i>Introduction</i>	15
1. Contexte	16
1.1 Motivation	16
1.2 Contexte industriel	16
2. Objectifs et préoccupations de ce travail	17
2.1 Comprendre les mécanismes de gestion des connaissances	17
2.2 Définir un modèle de mémoire de projet	18
2.3 Rendre compréhensible les connaissances en développant une ontologie de domaine	19
2.4 Gérer les connaissances en fonction des rôles des acteurs métier à l'aide d'un système multi agents	19
3. Plan du document	20
 <i>Projets de conception de produit et gestion des connaissances métier</i>	 25
1. Introduction	27
2. Le processus de conception pour guider les projets	29
2.1 Organiser les projets de conception	29
2.2 Coordonner les activités de conception	30
2.2.1 Succession hiérarchique de phases	31
2.2.2 Processus itératifs et coopératifs	33
2.3 La nécessité d'une approche de « management des connaissances »	35
3. La gestion des connaissances métier	36
3.1 Définitions et nature des connaissances métier	37
3.2 Typologie des connaissances métier	39
3.2.1 Connaissances tacites et explicites	39
3.2.2 Connaissances spécifiques au domaine de conception	41
3.3 Les approches de gestion des connaissances métier	42
3.3.1 L'approche sociale et coopérative	43
3.3.2 L'approche descendante et ascendante	43
3.3.3 L'approche décisionnelle	43
3.3.4 L'approche organisationnelle	44
4. Gestion des connaissances à l'aide de mémoires organisationnelles	45
4.1 Nature des mémoires organisationnelle	45
4.2 Construction de mémoires organisationnelles	46
5. Représentation et modélisation des connaissances métier	48
5.1 L'ontologie : un outil conceptuel pour la modélisation des connaissances	49
5.1.1 Définition	49
5.1.2 Les types d'ontologies	49
5.1.3 Conception et construction d'une ontologie	50
5.2 Représentation des ontologies	51
6. Conclusion	53

<i>Systèmes Multi-Agents et modèles organisationnels</i>	55
1. Introduction	57
2. Le paradigme Agent	58
2.1 Qu'est-ce qu'un agent ?	58
2.2 Architecture interne d'un agent	59
2.3 L'environnement	60
2.4 Les interactions	60
2.5 Des agents aux Systèmes Multi-Agents	61
3. Approche organisationnelle utilisée dans les SMAs	62
2.1 La métaphore sociale	62
2.2 Le modèle organisationnel RIO	63
4. Intérêt des SMAs pour la gestion des connaissances	66
3.1 Des agents coopératifs pour la gestion des informations hétérogènes et distribuées	66
3.2 Des agents assistants pour gérer les connaissances des acteurs	67
3.3 La perception de la structure sociale des organisations pour mieux anticiper les besoins en gestion des connaissances	67
5. Conclusion	69
 <i>Modélisation organisationnelle du processus de conception</i>	 73
1. Notre approche de gestion des connaissances	75
2. Le processus de conception	77
2.1 Les composants du processus de conception	77
2.2 Description du processus de l'entreprise Zurfluh-Feller	78
3. La modélisation organisationnelle	80
3.1 Principe	80
3.2 Les notions de compétences et de connaissances associées au rôle	81
3.2.1 La compétence	81
3.2.2 La connaissance	82
4. Modélisation de la phase 'Étude détaillée'	84
4.1 Les organisations de la phase 'Étude détaillée'	84
4.2 Les rôles et leurs objectifs	85
4.3 Modèle organisationnel de la phase 'Étude détaillée'	86
5. Cartographie des connaissances fondée sur le modèle organisationnel	90
5.1 Identifier les connaissances lors du processus de conception	90
5.2 Les connaissances pertinentes sélectionnées	92
5.2.1 La phase d'étude de faisabilité	92
5.2.2 La phase d'étude préliminaire	92
5.2.3 La phase d'étude détaillée	93
5.2.4 La phase d'industrialisation	94
6. Conclusion	95
 <i>Le modèle de mémoire de projet MemoDesign</i>	 97
1. Introduction	99
2. Typologie et taxonomie des connaissances	100
2.1 Typologie des connaissances métier	100
2.1.1 Deux axes de classification des connaissances	100

2.1.2	Regroupement et typologie des connaissances	101
2.1.3	Taxonomie des connaissances	102
2.1.4	Liens entre les connaissances	104
2.2	Vue globale du modèle de mémoire de projet MemoDesign	105
3.	Création de mémoires de projet à partir du modèle MemoDesign	106
3.1	Connaissances de type Contexte Projet	107
3.2	L'Évolution Projet	108
3.3	L'Expertise Projet	108
3.4	Le Processus Projet	109
3.5	L'Expérience Projet	109
3.6	Le Vocabulaire Projet	111
4.	Comparaison des mémoires de projet existantes et MemoDesign	111
4.1	Les modèles intégrant le contexte du projet et la logique de conception	111
4.1.1	La mémoire de projet de Ribière et al. [Ribière 98]	111
4.1.2	Le modèle de Matta et al. [Matta 00]	112
4.1.3	La mémoire de projet de Eynard et al. [Eynard 01]	113
4.2	La mémoire de projet orientée coopération	114
4.3	La mémoire de projet orientée prise de décision	115
4.4	Un modèle de mémoire de projet orienté compétences	116
4.5	Synthèse et comparatif des mémoires de projet	116
5.	Conclusion	118
 <i>OntoDesign : Une ontologie du domaine des projets de conception</i>		119
1.	Introduction	121
2.	Analyse des ontologies existantes	122
2.1	L'ontologie 'Enterprise'	122
2.2	L'ontologie 'TOVE'	123
2.3	L'ontologie 'O'COMMA'	124
3.	Spécification des concepts, attributs et relations	125
4.	Développement d'OntoDesign à l'aide du Web Sémantique	127
4.1	Utilisation d'un éditeur d'ontologie pour implémenter OntoDesign	127
4.2	Exploitation des informations à partir d'OntoDesign	129
1.1.1	Annotation des informations	129
1.1.2	Recherche d'informations à partir de l'ontologie OntoDesign	131
5.	Conclusion	132
 <i>Conception du système multi-agents KATRAS</i>		135
1.	Introduction	137
2.	Conception du système multi-agents	138
2.1	Prise en compte des différentes catégories de connaissances	138
2.1.1	Rôles dédiés à la gestion des connaissances Projet	139
2.1.2	Rôles dédiés à la gestion des Connaissances Métier	141
2.2	Interactions entre les rôles dédiés à la gestion des connaissances	142
3	Conception du système multi-agents KATRAS	145
3.1	L'agentification	145
3.2	Trois types d'agents pour la gestion des connaissances	147
3.2.1	Les agents métier (AM)	147
3.2.2	Les Agents Managers de Connaissances Projets (AMCP)	148

3.2.3	Les Agents Manageurs de Connaissances Métier (AMCM)	149
4	Architecture du système KATRAS	150
4.1	Distribution des rôles	151
4.1.1	Distribution des rôles pour les AM	151
4.1.2	Distribution des rôles pour les AMCP	151
4.1.3	Distribution des rôles pour les AMCM	151
4.2	Communication entre les agents :	152
5	Conclusion	155
 <i>Gestion des connaissances métier à l'aide de l'ontologie OntoDesign et des agents KATRAS</i>		 157
1.	Introduction	159
2.	Identification et annotation des informations	160
2.1	Identification des informations lors des activités métier	160
2.2	Traçabilité des informations et annotations	162
2.3	Identification des six types de connaissances par les agents métier	163
2.3.1	Recherche des connaissances de type 'EvolutionProjet'	163
2.3.2	Recherche des connaissances de type 'ContexteProjet'	164
2.3.3	Recherche des connaissances de type ExpertiseProjet	165
2.3.4	Recherche des connaissances de type ExpérienceProjet	165
2.3.5	Recherche des connaissances de type VocabulaireProjet	165
2.3.6	Recherche des connaissances de type 'ProcessusProjet'	166
3.	Acquisition des connaissances	168
3.1	Cycle de vie des connaissances	169
3.1.1	Le rôle des groupes d'agents et des communautés d'acteurs	170
3.1.2	Implication des communautés d'acteurs grâce à l'outil wiki	171
3.2	Coordination entre les groupes d'agents et l'ontologie OntoDesign	172
4.	Diffusion des connaissances	173
4.1	Rechercher et consulter les connaissances	173
4.2	Assistance pro active aux acteurs métier	175
5.	Conclusion	177
 <i>Apport de la thèse, perspectives & conclusion</i>		 179
1.	Conclusion générale	180
2.	Perspectives de recherche	182
2.1	Des modèles organisationnels pour la gestion des connaissances	182
2.2	Vers un processus monitoré par les agents	182
2.3	SMA et ontologies pour faciliter la gestion des connaissances	183
 Annexe A : Tableaux de spécification de l'ontologie OntoDesign		 201
Annexe B : La plate-forme de travail collaborative ACSP		205
Annexe C : Utilisation du Wiki pour créer, évaluer et consulter des connaissances		209
Annexe D : Implémentation du système de gestion des connaissances		211
Nos publications		219

Liste des figures

CHAPITRE 1

Figure 1.1	Les différents types de conception	28
Figure 1.2	Le modèle Pahl & Beitz	31
Figure 1.3	Le modèle coopératif et rétroactif	34
Figure 1.4	Des connaissances tacites aux connaissances explicites	40
Figure 1.5	Processus de développement d'une mémoire partagée	47
Figure 1.6	Cycle de gestion des connaissances	48
Figure 1.7	Architecture du Web Sémantique	52

CHAPITRE 2

Figure 2.1	Représentation de deux organisations	64
Figure 2.2	Rôle environnemental	64
Figure 2.3	Les niveaux organisation et agent	65

CHAPITRE 3

Figure 3.1	Notre approche globale de gestion des connaissances	76
Figure 3.2	Éléments du processus de conception	77
Figure 3.3	Le processus de conception de l'entreprise	79
Figure 3.4	Approche organisationnelle de modélisation du processus	80
Figure 3.5	La compétence associée au rôle dans le modèle organisationnel	82
Figure 3.6	Modèle RIO et notions de Compétence et de Connaissance	82
Figure 3.7	La connaissance dans le modèle organisationnel	83
Figure 3.8	Représentation graphique d'une organisation	83
Figure 3.9	L'organisation de la phase d'étude détaillée	85
Figure 3.10	Organisation 'Finaliser le plan de validation'	87
Figure 3.11	Organisation 'Industrialiser le concept choisi'	87
Figure 3.12	Organisation 'Réaliser la cotation fonctionnelle'	88
Figure 3.13	Organisation 'Réaliser le prototype'	88
Figure 3.13	Organisation 'Effectuer les tests de validation'	89
Figure 3.13	Organisation 'Calculer les coûts du produit'	89
Figure 3.14	Validation de la cartographie des connaissances	91

CHAPITRE 4

Figure 4.1	Taxonomie des connaissances métier	103
Figure 4.2	Les principales classes du modèle MemoDesign	106
Figure 4.3	Structure de la fiche d'accueil d'un classeur d'une mémoire de projet MemoDesign	106

Figure 4.4	Extrait de la taxonomie MemoDesign ; connaissances de type Contexte Projet	107
Figure 4.5	Evolution Projet	108
Figure 4.6	Expertise Projet	108
Figure 4.7	Processus Projet	109
Figure 4.8	Expérience Projet	109
Figure 4.9	Exemple de fiche d'Expérience Projet	110
Figure 4.10	Vocabulaire Projet	111
Figure 4.11	Structure de la mémoire de projet proposée par Matta et al.	113
Figure 4.12	Structure de la mémoire de projet proposée par Eynard	114
Figure 4.13	Modèle de la mémoire de projet Meydiam en quatre vues	115
Figure 4.14	Une mémoire de projet basée sur le concept de compétences	116
 CHAPITRE 5		
Figure 5.1	Processus de construction de l'ontologie OntoDesign	121
Figure 5.2	Implémentation en OWL d'OntoDesign à l'aide de Protégé	128
Figure 5.3	Annotations des connaissances à partir de l'ontologie	129
Figure 5.4	Définition de la classe ' <i>ElementPrototype</i> '	130
Figure 5.5	Définition de la relation ' <i>EstUneRegleFormule</i> '	130
Figure 5.6	Annotation de la ressource ' <i>Component51</i> '	130
Figure 5.7	Utilisation de SPARQL pour interroger les instances d'OntoDesign	131
 CHAPITRE 6		
Figure 6.1	Schéma tripartite de la solution proposée	138
Figure 6.2	Les cinq rôles pour manager les connaissances projet	140
Figure 6.3	Les rôles pour la gestion des connaissances projet et métier	142
Figure 6.4	Processus de gestion des connaissances assuré par les rôles lors des activités métier	143
Figure 6.5	Diagramme de séquence des rôles pour le gestion des connaissances Projet	144
Figure 6.6	Diagramme de séquence des rôles pour la gestion des connaissances Métier	144
Figure 6.7	Agentification à partir de l'approche organisationnelle	146
Figure 6.8	Architecture du modèle KATRAS	150
Figure 6.9	Communication AM-AMCP	153
Figure 6.10	Communication AMCP-AMCM	154
Figure 6.11	Communication AM-AMCM	154
 CHAPITRE 7		
Figure 7.1	Reconstitution du modèle organisationnel par les AM pour chaque activité	161
Figure 7.2	Concepts de l'ontologie utilisés par les agents pour l'annotation des connaissances	162
Figure 7.3	Annotations des connaissances avec spécification du contexte organisationnel	163

Figure 7.4	Identification & annotation des connaissances de type 'EvolutionProjet'	164
Figure 7.5	Taxonomie de l'Expertise Projet	165
Figure 7.6	Recherche des paramètres de contrôles à partir de l'ontologie OntoDesign	167
Figure 7.7	Estimation du processus métier utilisé à partir de la planification des projets	168
Figure 7.8	Cycle de vie des connaissances géré par les agents et les communautés d'acteurs	170
Figure 7.9	Rôle des communautés dans la validation et l'évaluation des connaissances	171
Figure 7.10	Protocole de validation et d'évaluation des connaissances Projet et Métier	173
Figure 7.11	Annotation de l'évaluation	173
Figure 7.12	Génération des requêtes SPARQL par l'agent métier	175
Figure 7.13	Protocole de recherche de connaissances pour l'assistance aux acteurs	177

ANNEXES

Figure B.1	Architecture multi-domaines et multi-vues de l'ACSP	207
Figure C.1	Recherche d'une expérience à partir d'un terme	210
Figure C.2	Consultation d'une Expérience sous la forme d'un article Wiki	210
Figure D.1	Architecture logicielle du système de gestion des connaissances	213
Figure D.2	Interfaces du module d'ingénierie des connaissances intégrées à l'ACSP	216
Figure D.3	Assistant KATRAS	217

Introduction

*La connaissance est la seule chose qui s'accroît lorsqu'on la partage.
[Friedrich Nietzsche]*

1. Contexte

1.1 Motivation

L'intensification de la concurrence impose aux entreprises un renouvellement rapide de leurs produits à des coûts toujours plus compétitifs. Actuellement, les industriels développent des produits de plus en plus performants avec des délais de plus en plus courts afin de susciter l'intérêt des clients et des ventes. Dans l'objectif d'améliorer leur rentabilité, les entreprises doivent s'imposer dans des marchés émergents en exposant leur capacité d'innovation. Cette capacité requiert la maîtrise de plusieurs dimensions ; l'optimisation des organisations, le contrôle des procédés industriels et le développement de l'«entreprise apprenante» où les organisations utilisent les connaissances acquises pour réaliser leurs activités. En effet, apprendre est devenu pour l'entreprise, le meilleur moyen de rester compétitive. Il ne s'agit donc plus aujourd'hui, de simplement progresser, mais de développer une culture apprenante, dans laquelle chaque collaborateur, chaque équipe et à terme, toute l'entreprise, pourront optimiser leurs potentiels.

Par ailleurs, les efforts pour réduire le temps de développement et améliorer la qualité du produit ainsi que les coûts d'industrialisation n'ont jamais été aussi nombreux. Ils conduisent à l'optimisation du processus de conception. Ce dernier est une ligne de conduite pour les équipes projets définissant les activités, les méthodologies et les objectifs à atteindre ; de la définition des besoins jusqu'à l'industrialisation du produit. Pour exécuter ce processus, les équipes projets sont composées d'acteurs maîtrisant des domaines métier différents (mécanique, automatisme, injection, ergonomie, emboutissage...). Ils ont par conséquent des rôles spécifiques qu'ils vont interpréter lors d'une ou plusieurs activités du processus. De plus, ces acteurs utilisent des outils dédiés à leur métier, générant un environnement où les sources d'informations sont hétérogènes et distribuées. Ces mêmes acteurs partagent leurs résultats et leurs savoir-faire. Ainsi l'accomplissement des activités métier se fait par la constitution d'organisations dans lesquelles les acteurs interagissent et partagent leurs connaissances pour atteindre un objectif commun qui est le développement du produit. La gestion de ces connaissances est un atout pour l'optimisation du processus de conception. Elle a pour objectif de capitaliser les connaissances lors du processus et de permettre leur réutilisation. Cependant, ce processus est relativement complexe puisqu'il doit prendre en compte la diversité et la nature des informations ainsi que les caractéristiques organisationnelles et sociales des acteurs métier.

Nous proposons une approche de gestion des connaissances fondée sur l'assistance des acteurs métier avec une capitalisation et une réutilisation semi-automatisée des connaissances. Une telle approche permet de concevoir un système de gestion des connaissances qui prend en compte les rôles des acteurs métier et leurs collaborations tout au long du processus de conception.

1.2 Contexte industriel

Nos travaux de recherche ont été effectués en collaboration avec l'entreprise Zurfluh-Feller dans le cadre d'une convention CIFRE.

Les domaines d'activité de l'entreprise sont la conception et la fabrication de mécanismes de volets roulants. Zurfluh-Feller possède un service 'Recherche et Développement' organisé en quatre entités : un bureau d'études, un bureau des méthodes, un laboratoire d'essais, un bureau relation client et veille technologique. Ce service regroupe une quarantaine de personnes qui travaillent en collaboration lors des projets. Chaque bureau abrite un ou plusieurs corps de métiers. On retrouve les domaines de l'ingénierie mécanique et de la conception de produit au bureau d'études, de l'ingénierie des procédés industriels (traitement de surface, injection plastique, ...) au bureau des méthodes, de la mesure physique au laboratoire d'essais et de la qualité au bureau relation client. Chaque acteur est spécialisé dans un domaine métier et utilise des méthodologies et technologies propres.

Pour améliorer l'efficacité du service de recherche et développement, les managers ont souhaité, depuis près de trois ans, développer une dynamique autour de la gestion des connaissances. La finalité de cette démarche est de pouvoir capitaliser et réutiliser les connaissances issues de l'ensemble des domaines métier afin d'assurer une compréhension partagée entre les acteurs et favoriser les prises de décision. C'est dans ce contexte que j'ai été embauché en qualité de responsable du projet 'Gestion des Connaissances' dont l'objectif est de concevoir des méthodes et des outils pour faciliter la gestion des connaissances au sein des projets de R&D.

2. Objectifs et préoccupations de ce travail

La contribution majeure de cette thèse peut être résumée ainsi :

Proposer une approche et des outils pour la gestion des connaissances basés sur les rôles des acteurs métier lors du processus de conception de produits mécaniques.

Cet objectif se décline en quatre sous-objectifs. Le premier est la modélisation du processus de conception centrée sur les rôles des acteurs afin de mettre en évidence leurs implications respectives au sein du processus de conception ainsi que la création et les échanges de connaissances tout au long des projets. Le deuxième sous-objectif est de proposer un modèle de mémoire de projet pour stocker et indexer les connaissances utilisées lors des projets afin de faciliter leurs accès, leurs partages et leurs réutilisations par les acteurs métier. Le troisième objectif est la spécification d'une ontologie utilisée dans le système de gestion de connaissances. L'ontologie apporte une sémantique et un vocabulaire facilitant la représentation et la compréhension des connaissances du domaine. Le quatrième et dernier objectif est la conception d'un système multi-agents pour assister les acteurs métier à travers leurs rôles, pour construire, maintenir et réutiliser des mémoires de projet tout au long du processus de conception. Nous précisons davantage chacun de ces sous-objectifs dans la suite de cette introduction.

2.1 Comprendre les mécanismes de gestion des connaissances

Afin de comprendre les mécanismes de gestion des connaissances au sein du processus de conception, nous adoptons une approche organisationnelle. La notion d'organisation n'est pas

récente. Nous citons la définition de Galbraith dans [Galbraith 77] : « 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 ». Une organisation est donc construite autour de comportements et d'interactions qui sont stables et qui évoluent lentement à travers le temps.

Cette définition de l'organisation permet d'envisager la construction d'un modèle organisationnel du processus de conception qui met en évidence les interactions entre les acteurs métier ainsi que les connaissances qu'ils vont utiliser pour atteindre leurs objectifs. Chaque acteur possède son autonomie à travers ses propres savoirs et savoir-faire, mais interagit avec les autres acteurs pour contribuer à la réalisation des activités. C'est au sein des organisations que naissent les prises de décision. Nous choisissons de modéliser le processus de conception comme une organisation (divisible en sous organisations). Nous nous intéressons, dans ces organisations, aux rôles joués par les acteurs. Nous reprenons la définition de Rodriguez [Rodriguez 05]:

Définition : 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 placé dans un contexte organisationnel utilise donc ses compétences et interagit avec les autres rôles de l'organisation. Les acteurs possèdent un ou plusieurs rôles lors du processus de conception. Lorsqu'ils interprètent un rôle, ils mettent en place leur processus de gestion des connaissances, c'est-à-dire qu'ils créent, utilisent et partagent des connaissances métier. Ainsi, chaque rôle situé dans un contexte organisationnel possède un ou des sous-rôles dédiés à la gestion de ses savoirs. Une modélisation organisationnelle du processus de conception nous permet ainsi de mettre en évidence les connaissances utilisées par les rôles des acteurs métier.

2.2 Définir un modèle de mémoire de projet

Les équipes projets sont des organisations dans lesquelles évoluent les acteurs métier. Une des approches de gestion des connaissances consiste à construire des mémoires contenant les connaissances utilisées dans ces organisations. Ces mémoires dites 'partagées' ou 'organisationnelles' sont définies dans [Dieng 99] par :

Définition: Une représentation et indexation explicites et persistantes des connaissances et informations (ou de leurs sources) dans une organisation, dans l'objectif de faciliter leurs accès, partages et réutilisation par les membres de l'organisation, pour leurs tâches collectives ou individuelles.

Restreinte au monde du projet, la mémoire organisationnelle devient une mémoire de projet [Conklin 98]. Les travaux sur les mémoires de projet en conception mécanique proposent des approches de capitalisation de la logique de conception [Buckingham 97], [Klein 93] [Rivière 98], [Matta 00], [Eynard 01]. D'autres modèles se sont orientés vers la coopération [Golebiowska 02], la prise de décision [Longueville 03] ou sont centrés sur les compétences des acteurs métier [Belkadi 07]. Un modèle de mémoire de projet fournit une indexation des connaissances pour faciliter leur partage et leur réutilisation. Dans ce sens, nous envisageons une capitalisation et une

réutilisation des connaissances en fonction des rôles acteurs métier, ce qui nous conduit à définir un modèle de mémoire positionnant les connaissances en fonction des rôles des acteurs dans l'organisation.

2.3 Rendre compréhensible les connaissances en développant une ontologie de domaine

Une ontologie est une abstraction d'un domaine en termes de concepts et relations, qui sont exprimés dans un langage de représentation des connaissances, permettant leur réutilisation et leur partage entre des systèmes ou des utilisateurs [Wongthongtham 06]. Les ontologies spécifient un vocabulaire associé à une sémantique utile à la compréhension d'un domaine d'informations.

Cette propriété permet, par exemple, à un système de gestion des connaissances basé sur la technologie agents, de déterminer les connaissances qu'il doit capitaliser et la manière de les annoter et archiver. De plus, l'ontologie fournit la possibilité d'inférer pour mieux réutiliser ces connaissances. D'autre part, l'utilisation d'une ontologie permet à des agents logiciels d'échanger des messages, de les interpréter et d'en comprendre le contenu. L'interprétation dépend de l'existence d'une compréhension partagée entre les agents. Dans ce cas, l'agent n'a pas besoin d'une vue complète des connaissances composant le monde où il est, mais simplement d'une vue restreinte, commune et partagée. Cette compréhension distribuée entre les agents doit également exister entre les agents et les acteurs métier. Ceci nécessite un certain nombre de concepts compréhensibles par tous. Une ontologie de domaine permet de définir ses concepts et leurs relations.

La construction des ontologies est un axe de recherche de l'ingénierie des connaissances. Cette discipline produit des méthodes et des techniques de recueil, d'analyse et de structuration des connaissances, des plates-formes de modélisation, ainsi que des représentations des connaissances [Charlet03].

Dans le cadre de notre travail, une ontologie du domaine des projets de conception guide la structuration des connaissances telle qu'elle est définie dans le modèle de mémoire de projet. Elle fournit également un vocabulaire pour annoter, manipuler et inférer sur les connaissances identifiées et capitalisées par le système de gestion des connaissances.

2.4 Gérer les connaissances en fonction des rôles des acteurs métier à l'aide d'un système multi agents

Les sources d'informations ainsi que les rôles utilisés lors du processus de conception sont hétérogènes et distribués. 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. Le paradigme Agent facilite la conception d'une architecture logicielle au dessus d'un environnement informationnel distribué. Un agent logiciel possède la faculté de communiquer avec d'autres agents. De plus, il est en mesure de réaliser des tâches difficiles, d'accepter et de déduire des instructions ou des demandes associées à son activité ainsi que de prendre des décisions [Corkill 98]. Un SMA peut ainsi résoudre des

problèmes complexes en les décomposant et en les partageant entre l'ensemble des agents. Il est également prédisposé à fournir une assistance proactive aux acteurs métier pour la réutilisation des connaissances.

Les agents sont utilisés dans le domaine de l'ingénierie des connaissances pour reproduire les capacités et échanges des humains et pour organiser les connaissances en facilitant le classement et la réutilisation des documents. Ils apportent l'approche cognitive et sociale en modélisant des comportements intelligents individuels et collectifs [Charlet 03]. Un nouveau courant de recherche est récemment apparu : il s'agit d'Agent Mediated Knowledge Management (AMKM) dont l'objectif est d'associer les théories de l'ingénierie des connaissances avec les modèles basés sur les agents. Van Elst, Abecker et Dignum [Dignum 05] expliquent que 'les caractéristiques principales des agents (habilité sociale, autonomie et proactivité) peuvent pallier aux inconvénients des approches centralisées de gestion des connaissances'. Ainsi, un agent dont la tâche est de suivre les connaissances utilisées par les humains dans leur travail quotidien devient : «un assistant personnel qui collabore avec l'utilisateur dans le même environnement» [Maes 94]. Nous pouvons citer de nombreux exemples d'agents assistants pour la gestion des connaissances tels que Letizia de Lieberman [Lieberman 95], OntoBroker développé par Staab et Schnurr [Staab 00] ou le projet AACC Enembreck et Barthès [Enembreck 02]. Des systèmes multi agents ont également été développés pour supporter la création et le maintien de mémoires organisationnelles. Les SMA dédiés à la gestion de mémoires organisationnelles sont définis comme «des systèmes utilisant des méta-informations relatives au processus d'entreprise qui relient des modèles formels appropriés et des ontologies pour obtenir une compréhension partagée facilitant l'exécution de traitements de gestion des connaissances». [Abecker 03]. Nous pouvons citer l'exemple du projet FRODO, qui propose une mémoire organisationnelle distribuée où les agents communiquent en utilisant les actes de langages. Dans ce travail les agents ne sont pas seulement décrits par leurs connaissances, buts et capacités, mais également par leurs droits et obligations. Dans le même objectif, Gandon [Gandon 02] a proposé un SMA utilisant les technologies du Web Sémantique pour gérer des mémoires organisationnelles.

Le modèle Agent que nous proposons pour la gestion des connaissances lors des projets de conception a pour doubles objectifs :

- Identifier, capitaliser et valider les connaissances pour construire des mémoires partagées tout au long des projets;
- Assister les acteurs métier à valider et à réutiliser les connaissances lors du processus de conception.

3. Plan du document

La **première partie** de cette thèse est un tour d'horizon des domaines abordés lors de nos travaux de recherche. Les deux premiers chapitres constituent un état de l'art où sont analysés les travaux existants sur les processus de conception, la gestion des connaissances et les systèmes multi-agents.

- **Chapitre 1 – Les projets de conception et la gestion des connaissances métier.** Nous présentons dans ce premier chapitre le domaine des projets de conception mécanique

avec les modèles de processus existants. Nous poursuivons ensuite par la présentation des approches de gestion des connaissances en conception. Nous introduisons les travaux sur les mémoires organisationnelles suivies de la description des approches de capitalisation pour construire ces mémoires. Nous terminons le chapitre par la définition des ontologies utiles à la modélisation des connaissances métier ;

- **Chapitre 2 – Les systèmes multi-agents et les organisations d’agents.** Nous décrivons dans ce chapitre le paradigme agent suivi de la présentation de l’approche organisationnelle utilisée dans les SMA. Nous discutons de l’intérêt des SMA et de l’approche organisationnelle pour la gestion des connaissances ;

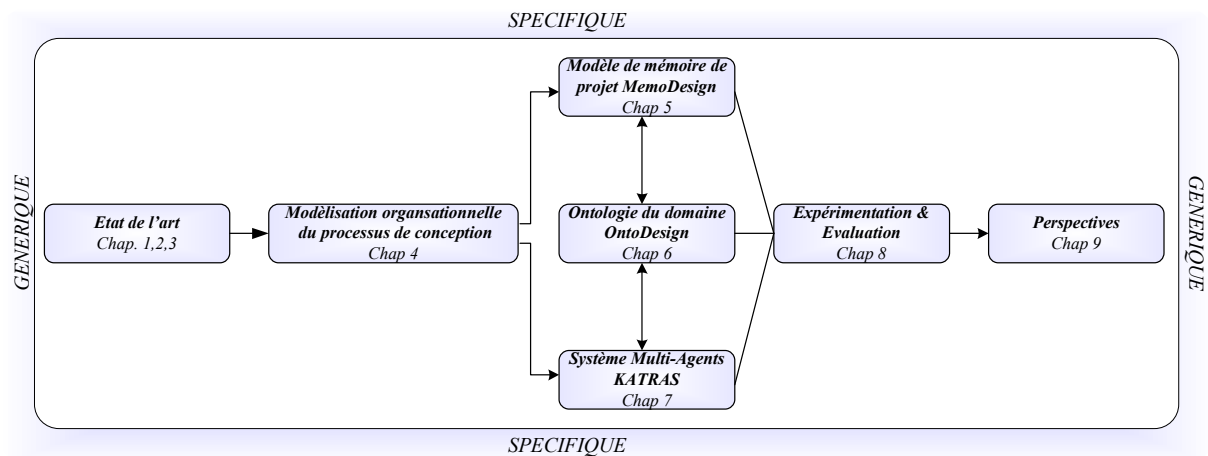
La **deuxième partie** de la thèse décrit le travail d’analyse et de modélisation du processus de conception. Nous avons choisi une approche organisationnelle afin de mettre en évidence d’une part l’implication des rôles des acteurs et leurs interactions, et d’autre part l’identification des connaissances utilisées lors des projets. Dans cette partie, un second chapitre est dédié à la spécification d’un modèle de mémoire de projet à partir des connaissances identifiées lors de la modélisation. Un dernier chapitre présente notre démarche de développement d’une ontologie spécifiant un vocabulaire et une sémantique pour représenter les connaissances du domaine.

- **Chapitre 3 – modélisation organisationnelle du processus de conception.** Ce chapitre présente une modélisation organisationnelle du processus de conception. Il fournit des exemples de modélisation à partir du processus utilisé dans l’entreprise Zurfluh-Feller. 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;
- **Chapitre 4 – La mémoire de projet MemoDesign.** Il s’agit d’une description de notre démarche de structuration et de classification des connaissances utilisées lors des projets de conception. Ce travail permet de proposer un modèle de mémoire de projet appelé MemoDesign. La dernière partie du chapitre, confronte MemoDesign aux modèles de mémoire de projet existants ;
- **Chapitre 5 – De la mémoire de projet à l’ontologie OntoDesign.** Nous décrivons ici les étapes accomplies pour développer une ontologie du domaine des projets de conception mécanique. Cette ontologie a été construite à partir des connaissances décrites dans le modèle organisationnel du processus et de leur taxonomie détaillée dans le modèle de mémoire de projet MemoDesign ;

La **troisième partie** détaille la conception du système multi-agents dédié à la gestion des connaissances ainsi que les mécanismes mettant en œuvre l’ontologie de domaine pour la construction de mémoires de projet au fil de l’eau des projets d’ingénierie.

- **Chapitre 6 – Conception et présentation du modèle agents KATRAS.** Ce chapitre décrit la conception du système multi-agents à partir du modèle organisationnel du processus de conception. Il présente l’architecture du système ainsi qu’une analyse comparative des différents types d’agents;

- **Chapitre 7 – Gestion des connaissances assurée par l’ontologie OntoDesign et pilotée par les agents KATRAS.** Il s’agit ici de présenter les mécanismes mis en place par les agents KATRAS utilisant l’ontologie OntoDesign pour accomplir les étapes du cycle de gestion des connaissances ;
- **Chapitre 8 – Apport de la thèse, perspectives et conclusion.** Ce chapitre rappelle notre contribution pour répondre au problème de gestion des connaissances dans les projets de conception mécanique. Il soulève une discussion sur les perspectives de recherches à mener en prolongement de cette thèse.



Le schéma ci-dessus présente le plan de lecture de la thèse du point de vue générique au point de vue spécifique. Cette thèse expose des informations récentes dans les domaines de la gestion des connaissances et des systèmes multi-agents en proposant un outil d'aide aux concepteurs. Nous espérons que les lecteurs trouveront les informations nécessaires pour qu'ils puissent créer et partager de nouvelles connaissances.

Partie - I

État de l'art

Chapitre 1

Projets de conception de produit et gestion des connaissances métier

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. Ce premier chapitre débute par la présentation du domaine de la conception de produits au travers des activités qui constituent le processus de conception. Lors du déroulement des projets de conception, ce processus guide les équipes en définissant les actions à conduire, de l'identification des besoins à l'industrialisation du produit.

La réalisation des activités du processus de conception nécessite l'utilisation de la part des acteurs, de leurs connaissances et savoir-faire métier. Ceci, dans l'objectif d'améliorer la productivité du cycle de développement de leurs produits, en conception dite "routinière" (activité occupant près de 80% du temps au sein des bureaux d'études selon [Prasad, 96]), et en conception innovante.

Ce chapitre présente tout d'abord les activités de conception à travers les différents modèles de processus existants. Il aborde la nécessité de gérer les connaissances lors du processus. Il se poursuit ensuite par la présentation des approches de gestion des connaissances métier en détaillant, celles fondées sur l'utilisation de mémoires organisationnelles. Nous terminons par la description des travaux sur la modélisation des connaissances métier à l'aide d'ontologies.

Sommaire

1. Introduction	27
2. Le processus de conception pour guider les projets	29
2.1 Organiser les projets de conception	29
2.2 Coordonner les activités de conception	30
2.4 La nécessité d'une approche de « gestion des connaissances »	35
3. La gestion des connaissances métier	36
3.1 La nature des connaissances métier	37
3.2 Typologie des connaissances métier	39
3.3 Les approches de gestion des connaissances métier	42
4. Gestion des connaissances à l'aide de mémoire organisationnelle	45
4.1 La nature des connaissances des mémoires organisationnelle	45
4.2 La construction de mémoires organisationnelles	46
5. Représentation et modélisation des connaissances métier	48
5.1 L'ontologie : un outil conceptuel pour la modélisation des connaissances	49
5.2 Représentation des ontologies	51

1. Introduction

Les projets de conception de produits mécaniques, également qualifiés de projets d'ingénierie, ont pour objectif de développer un couple produit-process à partir d'un besoin identifié. Pour ce faire, ces projets suivent un cycle de développement de produits, composé de plusieurs activités, constituant un processus de conception. Ce processus consiste à transformer un besoin en un produit, en incluant la définition de ses procédés de fabrication (appelé process en ingénierie de conception). Il s'agit en fait de définir des fonctions permettant de satisfaire ce besoin, en déterminant des composants ou pièces qui peuvent répondre à ces fonctions, tout en utilisant des règles métier. Cette démarche consiste à spécifier la forme, les dimensions, les matériaux, les choix technologiques utilisés pour concevoir ces objets, ainsi que les moyens de fabrication et d'assemblage requis pour atteindre les objectifs de volumes, commercialisables sur le marché.

Comme l'indique la figure 1.1, issue du modèle de gestion des connaissances d'ingénierie KnoVA-Méta [Serrafero 06], l'activité de conception peut être déclinée en quatre types, fédérés en deux classes. Ces deux classes sont : la conception initiale (traduisant une absence de connaissances, de compétences voire d'expérience sur le sujet traité) et la re-conception, dont la particularité est d'être particulièrement adaptée à l'ingénierie à base de connaissance puisqu'elle est concerne la conception de produits ou d'élément de produit à partir de composants développés auparavant.

Concernant la conception initiale, il s'agit de concevoir et d'inventer un produit ou un process pour la première fois, sans aucune référence ni aucune connaissance ou expérience passée qui permettrait de s'inspirer pour réutiliser, re-concevoir ou améliorer des solutions existantes (ex : conception d'un porte-avion à propulsion nucléaire...). La conception initiale est composée de 2 types :

- La conception créative qui par essence est la plus aventureuse et la plus risquée de toutes, puisque rien n'est connu au départ, pas même le concept physico-chimique de fonctionnement de l'objet (ex : conception créative d'un véhicule urbain volant au-dessus du trafic) [Vargas, 96] ;
- La conception innovante qui, à partir de la connaissance d'un ou plusieurs principes de fonctionnement connus (ex : la conception/fabrication d'un porte-avion à propulsion classique, la production de chaleur par fission nucléaire) propose une solution innovante pour l'architecture du produit (ex : porte-avion à propulsion nucléaire).

Concernant plus spécifiquement la re-conception, il s'agit de reconcevoir un objet ou process existant. En général, cela se fait sur la base d'un cahier des charges déjà établi, voire stabilisé et motivé par une logique d'optimisation de l'architecture, des coûts, du poids, du volume, de la performance, etc. Il existe, en général, déjà de nombreux produits concurrents et des expériences passées réussies relatives à l'objet à concevoir (ex : re-conception de téléphones mobiles). Les problèmes de re-conception se divisent également en 2 types :

- la conception routinière utilise les concepts et les architectures connues pour concevoir l'objet. Cette démarche doit prendre en compte la grande variété de combinaisons et de topologies possibles (ex : téléphones mobiles à clapet, à glissière ou sans dispositif de fermeture/protection) [Dorville, 96],
- la conception paramétrique utilise des concepts, des architectures et des configurations connus à l'avance. L'objet est conçu à partir d'un ensemble de paramètres hérités de propriétés connues (résistance électrique, condensateur, roulement à billes, ressort de traction, etc.). Fréquemment, le composant paramétrique fait l'objet d'un catalogue standard où l'activité de conception revient souvent à choisir des valeurs pour des dimensions prédéfinies dans un tableau correspondant au produit à concevoir. La conception paramétrique peut s'appuyer sur une modélisation et une configuration numérique permettant de transformer le besoin fonctionnel en solutions géométriques 3D.

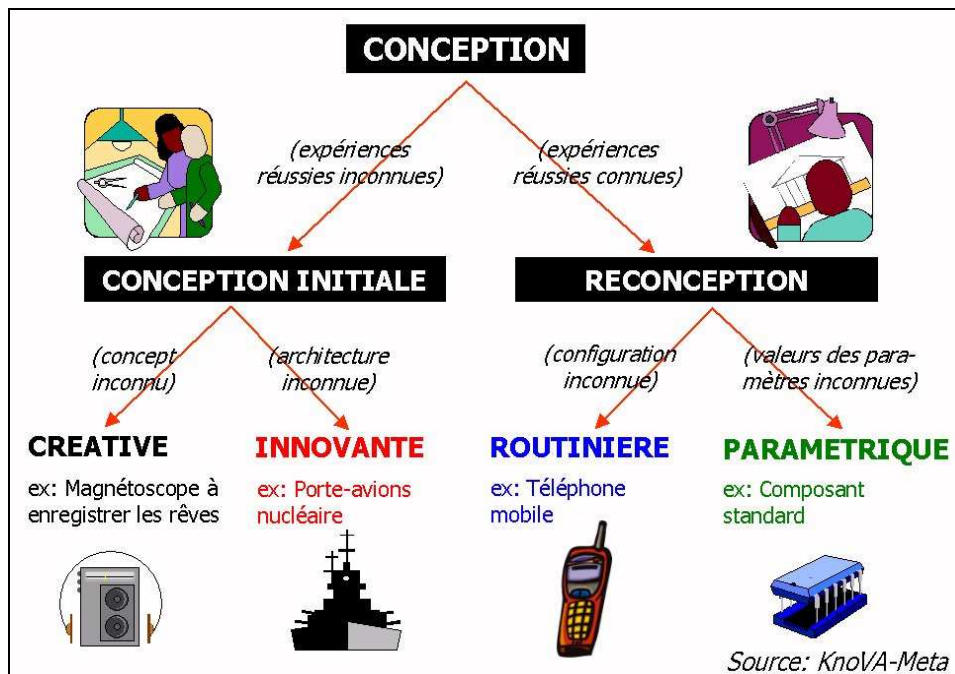


Fig 1.1 : Les différents types de conception [Serrafero 06]

L'activité de conception nécessite donc pour les concepteurs des "aptitudes", telles que la capacité à l'innovation, marquée par une absence de connaissances ou d'expériences dans le domaine ciblé, et donc la nécessité de mettre en jeu de connaissances et expériences nouvelles. Cette démarche fait référence à des multiples allers et retours entre l'espace des concepts et l'espace des connaissances, comme le décrit la théorie C-K [Hatchuel 02]. Elle fait intervenir plusieurs acteurs métier ayant des corps de métier différents. Ceux-ci coordonnent leurs actions et apportent leurs connaissances et savoir-faire pour accomplir les activités métier requises par le processus de conception établi dans l'entreprise.

Avant de décrire les activités et projets de conception, nous présentons quelques définitions utilisées dans les travaux sur l'ingénierie de conception de Pahl et Beitz [Pahl 99].

Définition : *Un processus de conception est constitué de phases et d'activités.*

Définition : *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.*

Définition : *Une phase est une partie du processus dans laquelle diverses activités sont effectuées.*

D'autre part, les activités et phases aboutissent à la réalisation d'un livrable.

Définition : *Un livrable est un ensemble des résultats attendus dans le cadre d'un projet.*

Nous ajoutons également la définition d' « acteur métier » que nous utiliserons tout au long de ce document :

Définition : *Un acteur métier est un individu participant à un projet de conception apportant ses connaissances et savoir-faire lors de la réalisation des activités d'ingénierie.*

Les cinq définitions exposées constituent une base pour la compréhension de la description des différents modèles de processus présentés dans la suite de ce chapitre.

2. Le processus de conception pour guider les projets

Les projets de conception sont des organisations dans lesquelles les activités doivent être coordonnées. Pour ce faire, de nombreux travaux ont proposé des modèles de processus de conception guidant la conduite des projets. Nous présentons dans cette section les besoins d'organiser les projets et de coordonner les activités. Nous verrons dans cette section comment l'organisation des projets et la coordination des activités influent sur le partage des informations et des connaissances.

2.1 Organiser les projets de conception

Afin de répondre aux besoins de favoriser la spécialisation des acteurs et d'augmenter leur niveau d'expertise, les entreprises ont mis en place des organisations. Elles sont basées sur la structure du produit, et aboutissant à la structuration d'équipes par métiers. On peut observer dans ces organisations, l'implication au plus tôt de tous les acteurs du cycle de développement pour anticiper les contraintes métiers et les erreurs potentielles. Ceci implique aux équipes projet d'être pluridisciplinaires afin faciliter l'échange des points de vue. La constitution de ces équipes composées d'acteurs issus des différents services de l'entreprise s'accompagne de nouveaux besoins de communication et met en évidence les limites de l'organisation par fonctions traditionnelles, impliquant une ingénierie séquentielle, coûteuse en terme de qualité, de coûts et de délais. Ce sont désormais des organisations transversales constituées d'acteurs ayant des corps

de métier différents et travaillant de manière collaborative dès les premières activités des projets, qui sont étudiées et mises en oeuvre pour gérer le développement de nouveaux produits.

La première conséquence de ces nouvelles organisations de projets de conception est le côtoiement d'une grande diversité d'acteurs qui doivent simultanément concourir au même but. Les situations de partage des connaissances métier, qui sont par nature hétérogènes, sont alors multipliées [Zaclad 03].

Dans notre approche de gestion des connaissances métier nous devons prendre en compte la diversité des informations et connaissances utilisées. Ces informations sont contenues dans les documents, dans les plans du produit, etc. une information relative à un métier est apportée à un acteur spécialiste de ce métier et ensuite diffusée à l'ensemble des acteurs lors de l'accomplissement d'une activité. La problématique de la gestion des connaissances métier doit donc se positionner au niveau de l'activité. Nous devons considérer comment les acteurs communiquent et transmettent leurs informations, exploitent et interprètent leurs données lors des activités. Nous devons également comprendre comment les activités de conception sont coordonnées afin de suivre l'évolution des informations et des connaissances métier tout au long des projets de conception.

2.2 Coordonner les activités de conception

La collaboration inter-métiers dans les activités de conception est désormais essentielle pour la performance et la compétitivité des firmes innovantes. Perrin déclare que « la conception est un environnement de construction d'une intelligence collective » [Perrin 99]. En effet, la prise en compte de la dimension humaine lors des activités renforce la nécessité de les coordonner pour atteindre une performance optimale : « La coordination en conception a été définie comme un concept de haut niveau recouvrant les notions de planification, d'ordonnancement et de représentation du développement d'un produit, ainsi que de la prise de décision et du contrôle portant sur celui-ci, et prenant en considération des aspects tels que le temps, les tâches, les ressources et la conception » [Duffy 95].

Les concepteurs doivent être capables de traduire le besoin en fonctions auxquelles ils apporteront des solutions, mais aussi d'intégrer les contraintes des métiers impliqués en amont et en aval du processus de conception. Ainsi, le concepteur, mettant en avant ses connaissances et son expérience, est un acteur autonome, apprenant, décideur et créateur, modelant les activités de conception. À l'aide d'une coordination adéquate des différents acteurs métier, on cherchera à favoriser le travail collaboratif pour générer plus rapidement les solutions acceptables pour tous les métiers et répondant aux objectifs attendus en termes de qualité, de coûts et de délais.

La coordination des activités de conception nécessite donc une structuration du processus de conception afin de s'intéresser à la façon dont se déroulent les activités, dont s'établissent les relations entre les acteurs et ceci en lien avec les objectifs qu'ils doivent atteindre. Afin d'appliquer notre approche de gestion des connaissances métier, nous devons comprendre la manière dont sont suivies et coordonnées les activités de conception afin de pouvoir replacer chaque connaissance utilisée par les acteurs dans le contexte du projet de conception. Les

modèles de processus de conception présentés dans la section suivante décrivent la manière dont sont coordonnées les activités de conception.

2.2.1 Succession hiérarchique de phases

Dans le domaine de la conception de produits et de systèmes mécaniques, l'un des premiers modèles de référence fut celui de Pahl & Beitz [Pahl 99]. Il considère le processus de conception comme un processus de « succession hiérarchique de phases ». Le modèle est composé de quatre phases successives (cf. figure 1.2) correspondantes chacune à un métier. Cette organisation ne prend pas en compte le processus de fabrication du produit, et se concentre uniquement sur sa définition.

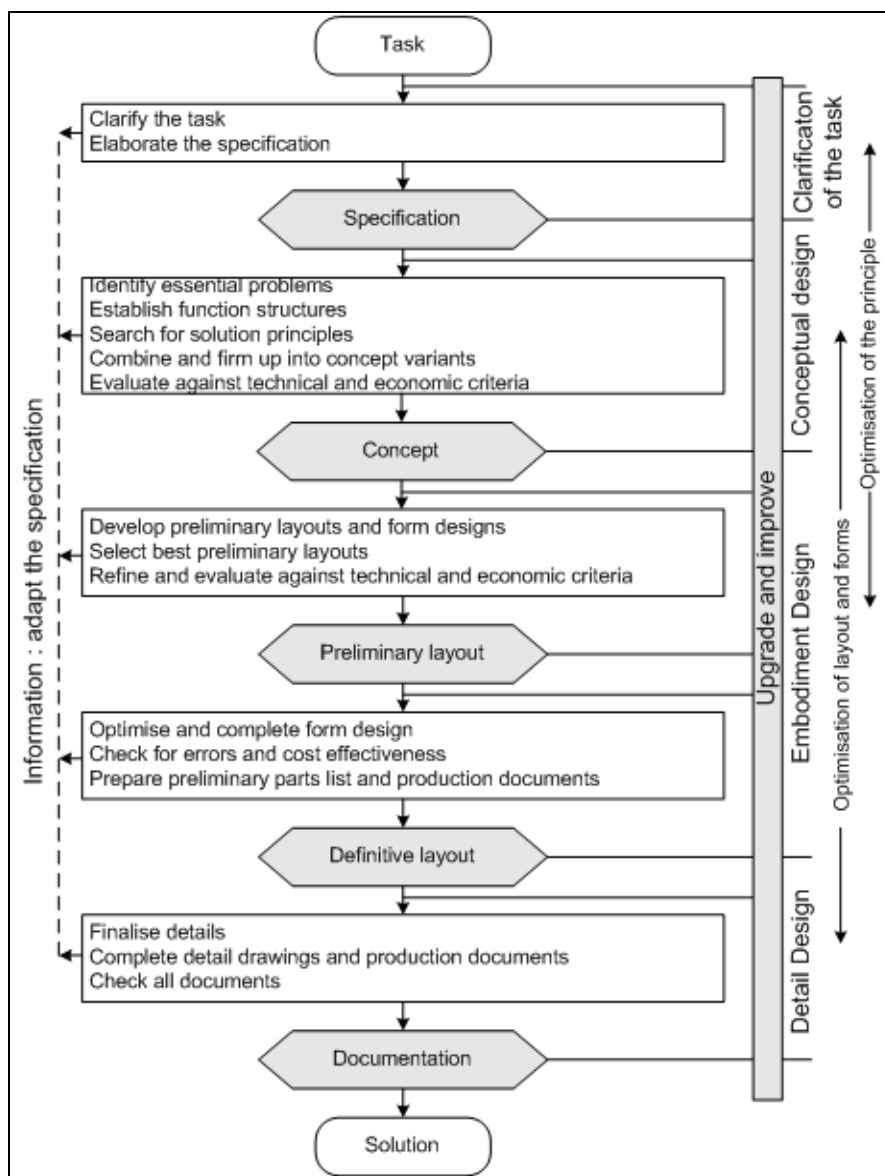


Fig. 1.2 : Le modèle Pahl & Beitz

Les quatre phases proposées par ces auteurs sont :

- *La clarification de la tâche (clarification of the task)* : Cette première étape porte sur le recueil des informations concernant le produit au niveau des clients et du listing des contraintes. On y rédige également le dossier de spécification ;
- *La conception préliminaire (conceptual design)* : La spécification des besoins des clients est utilisée pour produire une ou plusieurs solutions au problème. Dans cette phase, les concepteurs décomposent le problème afin de le traiter par plusieurs petites équipes. Les équipes élaborent des alternatives à partir du dossier de spécification en prenant en compte des contraintes définies. Chaque concept solution est représenté par un scénario, dessin ou diagramme ;
- *La conception imbriquée (embodiment design)* : Dans cette phase, l'architecture de la solution retenue est développée en détail. Les concepteurs déterminent les caractéristiques du produit ainsi que les technologies à utiliser pour le concevoir. Ils développent ensuite un produit conforme aux spécifications techniques et économiques, tout en considérant les contraintes de fabrication et d'assemblage ;
- *La conception détaillée (detail design)* : Cette phase est consacrée à la conception détaillée de toutes les pièces du produit, avec définition des plans techniques et des différents documents associés tels que : les notes de calcul, les gammes d'usinage et d'assemblage, etc.

Les phases du modèle sont successives et correspondent chacune à un métier. Une phase ne commence qu'une fois la phase précédente terminée ; le produit d'une phase constitue alors la donnée d'entrée de la phase précédente. Les auteurs considèrent le déroulement de chaque phase comme la résolution d'un problème qui lui est propre. Dans ce contexte, en considérant le problème de conception global, nous pouvons remarquer qu'au fur et à mesure du déroulement du processus global, le problème est de mieux en mieux défini. En effet, chaque phase bénéficie du résultat de la phase précédente, ce qui aide à mieux définir le problème auquel elle doit faire face, ainsi que le but qu'elle doit atteindre. Nous pouvons également remarquer dans la figure 1.2 qu'au schéma de base proposé s'ajoute un ensemble d'itérations possibles et souvent nécessaires. En effet, le déroulement linéaire du processus présuppose que l'état final atteint à la fin d'une phase constitue, pour la phase suivante, un état initial à partir duquel il est possible d'atteindre le but espéré. Les boucles de rétroaction offrent donc aux acteurs d'une phase, n'ayant pas pu aboutir de façon satisfaisante, de recommencer cette phase en prenant en compte les résultats trouvés, mais aussi de valider la conformité des résultats d'une phase du processus aux objectifs, voire aux spécifications définies lors des précédentes phases.

Le modèle de Pahl & Beitz fut le premier de la série des modèles de processus séquentiels proposés pour guider les activités de conception. D'autres modèles tels que celui de [Ullman 02], ou [Pugh 90] présentent un découpage en phases similaires. Ce découpage décrit un processus où les activités sont réalisées les unes après les autres. La terminologie utilisée est également

similaire d'un modèle à l'autre. D'autre part, nous avons observé que l'ensemble des modèles séquentiels prend en compte trois dimensions :

- La décomposition du problème de conception ;
- La gestion du produit, c'est-à-dire le découpage de sa définition en différents niveaux de détails (du plus conceptuel au plus physique) ;
- La planification du processus de conception qui aboutit à sa définition totale.

La planification du processus détermine les actions à mettre en place lors des projets. Dans l'ensemble des modèles séquentiels, les spécifications du produit sont déterminées dans la première phase du processus. Les autres phases procèdent à l'évolution du produit ainsi qu'à son évaluation par rapport aux spécifications définies dans les phases précédentes. Chaque phase se termine généralement par une 'revue' de conception décrivant une évaluation plus formelle.

Bien que le modèle séquentiel fut le premier formalisé, et que ses phases et ses activités aient inspiré les autres processus, il demeure néanmoins inefficace pour modéliser la dynamique réellement observée dans les projets industriels qui traduisent une non-linéarité du processus de conception. C'est dans ce cadre que se positionnent les processus itératifs et coopératifs de conception, faisant l'objet du prochain paragraphe.

2.2.2 Processus itératifs et coopératifs

En analysant plus finement les activités des concepteurs au sein de chaque phase de conception, la vision du processus de conception se complexifie pour mieux traduire la réalité de la démarche du concepteur, comportant de nombreux allers et retours entre les activités de conception : proposer des solutions, les évaluer, en sélectionner une, la modifier, la formaliser à l'aide de documents, etc. Roozenburg propose de modéliser le processus de conception comme un processus « itératif basé sur une multitude de cycles élémentaires de conception ». Le pilotage suit un mode d'action coopératif discipliné et routinisé [Roozenburg 95].

Cette approche a donné naissance aux modèles de processus simultanés. On parle à présent d'ingénierie simultanée, intégrée ou concourante. L'aspect parallèle de la conception simultanée nécessite un effort d'intégration des métiers afin que chaque phase puisse tenir compte des données, informations et connaissances issues des autres phases [Parsaei 93]. Les différents acteurs se partagent la tâche globale et travaillent en parallèle. De plus, les différents aspects traités successivement dans les modèles séquentiels doivent désormais être pris en compte simultanément et conjointement : la conception est dite 'intégrée' [Prudhomme 99]. Tout comme les modèles séquentiels, la réalisation d'un processus de conception dans un contexte d'ingénierie concourante met en œuvre l'intégration d'acteurs différents qui coopèrent pour atteindre un objectif commun. Toutefois à la différence des modèles séquentiels, l'ensemble des acteurs métier est intégré dès les premières phases du processus. Cette intégration est assurée par le biais de nombreux échanges entre ces acteurs. Les échanges peuvent être le fait de communications formelles (diffusion de documents...) comme de communications informelles (conversations, appels téléphoniques...).

Afin d'illustrer l'approche simultanée de la conception, nous présentons le modèle de processus rétroactif et coopératif proposé par Gomes [Gomes99] (cf. figure 1.3). Ce modèle fut créé en prenant en compte deux éléments fondamentaux dans la conception : la coopération, les connaissances et le savoir-faire. La coopération est le fruit du dialogue et des relations entre les différents acteurs de la conception. Les connaissances et savoir-faire représentent l'aptitude des concepteurs à aborder les phases classiques de la conception de produit. Dans ce modèle, le processus implique dès le départ, dans le groupe de projet, l'ensemble des métiers concernés par les études de marché, la conception, la fabrication, l'utilisation, l'assemblage, le recyclage...

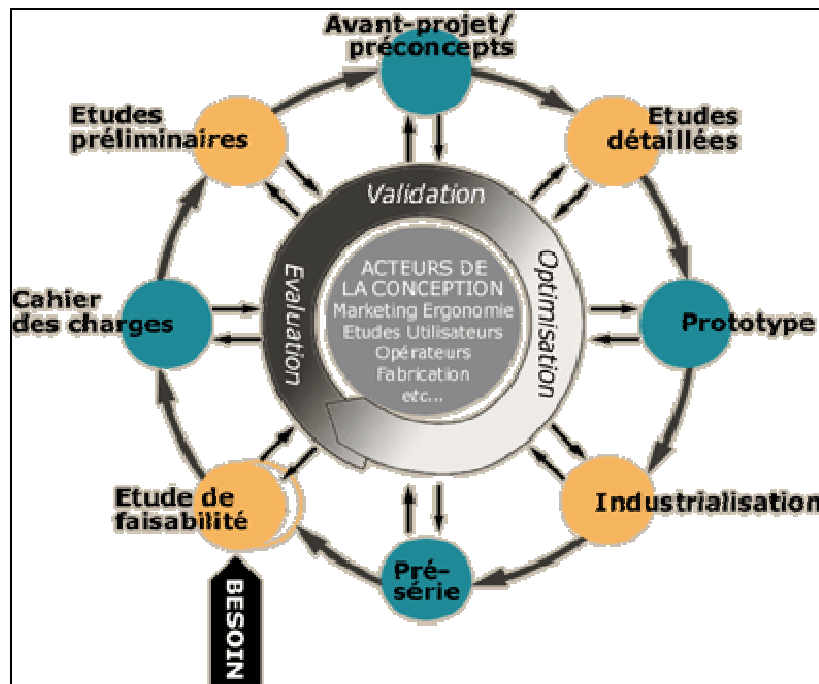


Fig. 1.3 : Le modèle coopératif et rétroactif [Gomes 99]

Le processus de conception de Gomes débute par l'identification du besoin comme préalable à la phase d'étude de faisabilité et se termine par le lancement de la production en série, à l'issue de la phase d'industrialisation. La particularité de ce modèle est que le processus se poursuit, au-delà de la phase d'industrialisation en s'intéressant aux phases de commercialisation ou de recyclage du produit. D'autre part, le processus rétroactif et coopératif se caractérise par des itérations traduisant une succession d'activités d'analyse (divergence) et d'activités de synthèse (convergence). La décision d'engager l'étape suivante nécessite une activité de validation (évaluation) : activité correspondant à la boucle de rétroaction. La première activité d'analyse correspond à la phase d'étude de faisabilité. Cette phase intervient dès l'identification des besoins et permet d'envisager la problématique du projet et de juger de ses chances de réussite ou d'échec. Cette première phase d'analyse est ensuite suivie d'une activité de synthèse se traduisant par l'élaboration du cahier des charges fonctionnel. Les études préliminaires, deuxième phase d'analyse engagée à l'issue du cahier des charges, correspond à une phase de recherche de solutions en accord avec le cahier des charges. La synthèse des résultats étant assurée par la phase d'avant-projets/préconcepts qui recense et hiérarchise les propositions de solutions pour aboutir à un concept. 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, correspondant à la dernière série d'activités d'analyse présentée. Elle traduit la mise en œuvre des moyens techniques humains afin d'industrialiser le produit en définissant les gammes d'assemblage, d'usinage ainsi que les machines, postes de travaux et outillage requis à cette étape du processus. 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 (marketing, ergonomie, ingénierie, design...)

D'autres modèles de processus de conception simultanés existent dans la littérature. [Girod 00], [Purcell 94] et [Ahmed 02] considère le processus comme un ensemble d'activités pouvant être réalisées en parallèle. Ces activités guident les concepteurs à réaliser une fonction ou un état du produit. Elles sont organisées afin de permettre aux acteurs de les enchaîner sans attendre l'issue de celles en cours. Cet avantage permet de ne pas prendre de retard sur l'ensemble du projet d'ingénierie lorsque certains acteurs métier rencontrent des difficultés.

D'autre part, il est à noter que la plupart des modèles simultanés mettent l'accent sur l'aspect pluridisciplinaire et coopératif du processus en expliquant que la coopération entre les acteurs facilite le processus d'innovation en mettant en évidence l'absence de connaissances sur tel ou telle technologie ou procédé, justifiant ainsi la nécessité d'innover.

Dans notre approche de gestion des connaissances, nous avons analysé et modélisé le processus de conception. Nous présenterons, notre démarche dans le chapitre 3, avec la modélisation d'un processus existant, celui de l'entreprise Zurfluh-Feller. Ce processus possède les caractéristiques communes aux modèles énoncés précédemment. Il est composé d'activités de conception, accomplies séquentiellement et parfois simultanément, par des groupes d'acteurs métier travaillant de manière collaborative et échangeant leurs savoirs et savoir-faire. Ces caractéristiques sont reprises par Hatchuel qui explique que pour faciliter l'innovation, le processus de conception doit être coopératif et nécessite un management différent : celui de la production des connaissances [Hatchuel 02]. Cette réflexion conduit à évoquer la nécessité de gérer les connaissances en conception.

2.3 La nécessité d'une approche de « management des connaissances »

De façon générale, un projet de développement de produit nécessite plusieurs processus, parfois concourants, imbriqués et interconnectés, pouvant faire chacun référence à un modèle particulier. Aussi les modèles évoqués dans ce chapitre, ne sont pas antagonistes, mais complémentaires. Certains sont plus efficaces pour des situations d'ingénierie routinière alors que d'autres sont mieux adaptés pour les situations d'ingénierie innovante. De plus, les derniers modèles proposés mettent l'accent sur la notion de collaboration et de partage des informations en tant que partie intégrante du processus de conception. Dans ce sens, Serrafero souligne que cette dimension doit être complétée par une démarche de gestion des connaissances, indispensable à la résolution productive de problèmes de conception routinière et au développement d'un environnement favorable à l'innovation [Serrafero 06].

En effet, la réalisation des activités de conception nécessite de pouvoir évaluer à la fois l'état de la connaissance relative à l'objet de la conception et comment cet état a été atteint. Pour cette

raison, il est important de conserver la trace des connaissances relatives au produit et de leurs évolutions tout au long du projet de conception. Pour ce faire, il faut également conserver les informations relatives aux activités des acteurs qui structurent peu à peu cette connaissance, et donc capitaliser à chaque pas le contexte de cette structuration.

D'autre part, la mise en place d'une approche de gestion des connaissances en conception doit prendre en compte les facteurs d'origine hétérogène tels que les facteurs techniques (méthodes et outils différents selon les corps de métiers), les facteurs humains (savoir-faire et méthodes différentes), etc. Cette hétérogénéité des informations et connaissances à traiter conduit à poser les questions suivantes :

- Où et comment sont générés les données et les informations servant de support aux connaissances ?
- Comment formaliser les connaissances candidates et les valider en vue de leur réutilisation ?
- Comment organiser et présenter les connaissances validées aux bons interlocuteurs pour assurer leur réutilisation ?

De plus, les connaissances pertinentes pour la réutilisation et l'aide au déroulement du processus de conception reposent sur un archivage systématique du contexte de conception c'est-à-dire des activités des acteurs et de l'évolution des connaissances relatives aux produits, aux process etc. Ces informations de suivi constituent un volume important qu'il faut stocker, gérer, exploiter, transformer, etc. Cette accumulation d'informations et des flux d'échange entre acteurs qui en découlent imposent de s'interroger sur la façon de les gérer au mieux : comment y accéder au moment opportun, véhiculent-elles une connaissance réutilisable?

Il s'agit là d'un enjeu essentiel pour la capitalisation des connaissances dans le cadre de projets d'ingénierie pluridisciplinaires. En effet, gérer les connaissances métier c'est savoir les identifier, les extraire à partir de l'information et du contexte, les stocker, les exploiter et les maintenir à jour. Ces activités sont détaillées dans le paragraphe suivant.

3. La gestion des connaissances métier

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 00]. La qualité des produits et des services dépend de la capacité d'une entreprise à créer et partager ses savoirs entre ses employés. Pour cette raison, l'entreprise doit devenir un environnement de création et de partage des connaissances qui favorise l'innovation.

À travers ce concept de l'entreprise apprenante, [Nonaka 95] explique que la gestion des connaissances est un processus qui amplifie la création de connaissances au niveau individuel et la positionne dans le réseau de connaissances de l'entreprise. L'idée fondatrice de ce concept est que l'entreprise est un système de production et d'échanges de connaissances. Ainsi, la

capitalisation de ces connaissances assure leurs réutilisabilités et leurs mises à jour en constituant une mémoire de l'entreprise pouvant être partagée entre l'ensemble des employés.

D'après Euzenat [Euzenat 96], il est important de considérer une mémoire d'entreprise à la fois comme un outil et comme un processus. Un outil spécifiant la nature de la connaissance et comment l'organiser ainsi qu'un processus spécifiant comment la mémoriser et la réutiliser. La mémoire organisationnelle constitue donc un modèle pour la capitalisation, l'archivage et la réutilisation des connaissances dans une organisation.

Les équipes projet créent, partagent et utilisent des informations et des connaissances lors du processus de conception. Ces connaissances doivent être capitalisées et archivées lors des projets afin de permettre leur réutilisation dans de futurs projets. Le développement d'une mémoire partagée semble être une approche adaptée à la gestion des connaissances dans les organisations. Nous souhaitons utiliser cette approche pour faciliter la gestion des connaissances lors des projets de conception. Toutefois, il faut au préalable définir le concept de « connaissances métier » ainsi que les typologies qui peuvent y être associées.

3.1 Définitions et nature des connaissances métier

Lors des activités de conception, les acteurs métier utilisent leurs connaissances et savoir faire propres à leur métier. Ces connaissances métier ont pour origine les informations utilisées issues des données créées par les acteurs dans le système d'information de l'entreprise. Cette section présente les définitions relatives aux données, informations et connaissances ainsi qu'aux modalités de passage de l'une à l'autre.

Afin de définir la notion de donnée, nous reprenons la définition de [Davenport 98] :

Définition : Une donnée est un fait objectif qui relate un événement, comme une observation simple.

Une autre définition est proposée dans [Weggeman 96] :

Définition : La donnée est 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 '200' et 'L' sont des données.

L'information est définie dans [Drucker 00] et [Fitchett 98] par :

Définition : Une information est une donnée (ou série de données) qui a du sens, c'est-à-dire qui est placée dans un contexte précis.

Dans ce sens, l'information est structurée à partir de conventions. Par exemple 'L=200 mm' devient une information. Ainsi, l'information résulte de la comparaison entre données structurées

dans l'objectif de délivrer un message pertinent dans un contexte donné [Fukuda 95]. Nous en déduisons une définition de la connaissance :

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

La connaissance se construit donc à partir de l'information qui est transformée et enrichie par l'expérience personnelle [Bender 00]. Un acteur métier crée donc des connaissances lorsqu'il réalise des tâches en sélectionnant, interprétant et évaluant des informations issues d'un contexte précis. Par exemple l'expression 'Pour respecter les standards de rénovation, le tablier du volet roulant doit avoir une longueur $L=200\text{mm}$ ' devient une connaissance pour un concepteur de volet roulant.

Lors d'un projet d'ingénierie, de nombreuses données sont créées et utilisées. Elles sont dans le meilleur des cas structurées, organisées et deviennent ainsi de l'information. Plusieurs approches proposent d'expliquer et de définir les modalités de passage de l'information à la connaissance. L'approche positiviste explique que les connaissances sont indépendantes du sujet et ne peuvent être capturées que partiellement. En effet, seules des représentations approximatives de la réalité sont possibles.

L'approche constructiviste [Le Moine 95], [Gundstein 94] défend l'existence de la connaissance collective qui se construit chemin faisant (« au fil de l'eau ») et qui résulte de l'étude et de la validation par la communauté d'experts des informations qu'ils possèdent. La cartographie de ces connaissances [Aubertin 01] débute par une analyse du contexte en interviewant les experts du domaine. Cette analyse contribue à la réalisation d'une représentation du patrimoine de connaissances et des savoir-faire individuels. La seconde étape, appelée consensus, est l'appropriation collective (relectures croisées, réunions de bilan...) par les experts des informations potentiellement porteuses de connaissances. La troisième et dernière étape est la légitimation, c'est-à-dire la validation et la reconnaissance de ces informations par les pairs (experts) et les utilisateurs potentiels (débutants). À partir de cette étape, les informations validées deviennent des connaissances.

De notre point de vue, la connaissance n'est pas créée par un groupe d'individus, mais par chaque individu. Cette connaissance est ensuite utilisée, et partagée au cours des projets, lors des collaborations, interactions et échanges d'informations entre les individus. Nous nous plaçons donc dans des courants de pensée constructivistes et positivistes où la connaissance est créée par les individus et peut être formalisée et capitalisée au fil de l'eau à condition qu'elle soit validée et évaluée par les experts du domaine. Elle devient donc à ce stade indépendante du sujet humain (connaissance individuelle) ou du collectif (connaissance collective) qui a permis son émergence. Dans cette optique, la capture et la mise à disposition des connaissances passent par l'utilisation d'outils de représentation des connaissances afin de formaliser les savoirs de chaque membre du groupe. Ainsi, une donnée doit être renseignée afin d'obtenir une information située dans un contexte qui puisse être utilisée par les acteurs métier en vue de créer de nouvelles connaissances.

Une information est d'autant plus vite assimilée qu'elle est présentée dans un contexte proche de celui que le concepteur connaît. Pour faciliter la mise en contexte de l'information, il est

impératif d'attacher à celle-ci des méta-données décrivant son contexte. De plus si les connaissances capitalisées sont organisées, il est beaucoup plus facile de les manipuler et de les gérer en fonction de leur contexte recherché par l'utilisateur. L'organisation des connaissances nécessite de définir leur typologie : sujet du prochain paragraphe.

3.2 Typologie des connaissances métier

Les connaissances métier concernent les techniques, les pratiques et les savoir-faire d'un métier. Elles constituent les connaissances créées et utilisées dans une organisation. Elles caractérisent, par exemple, un savoir tel que concevoir et fabriquer un treuil pour les volets roulants, ou appliquer une méthode de conception. Plusieurs typologies des connaissances métier ont été proposées dans la littérature. Il est nécessaire d'en connaître les spécificités avant de mettre en œuvre une approche de gestion des connaissances. Ces typologies guideront notre démarche de structuration des connaissances présentée dans le chapitre 4.

Différents qualificatifs coexistent dans la littérature : une connaissance peut-être explicite ou tacite, explicitable ou non explicitable, individuelle ou collective, certaine ou incertaine, etc. Afin d'orienter la discussion sur les types de connaissances utilisés en conception, nous présentons tout d'abord la typologie fondée sur la nature intrinsèque de la connaissance à savoir *explicite* ou *tacite*. Nous poursuivons en décrivant les typologies spécifiques à la conception avec celles qui sont fondées sur les objets de la conception et celles qui prennent en compte le projet de conception dans sa globalité.

3.2.1 Connaissances tacites et explicites

Une première typologie des connaissances a été proposée dès 1995 par Nonaka et Grundstein [Nonaka 95], [Grundstein 95]. Ces auteurs distinguent 2 types de connaissances :

- Les connaissances *tacites* : ce sont les connaissances personnelles créées à partir des expériences et de l'intuition. Elles représentent les tours de main qu'un individu a acquis lors de son travail au fil des années. Ces connaissances sont difficiles à spécifier et à communiquer aux autres personnes, car sont dépendantes de l'individu ;
- Les connaissances *explicites* : elles peuvent être codifiées, formalisées et transmissibles sous forme de documents réutilisables, et ceci, indépendamment du sujet qui les a spécifiées. Ce sont les informations contextualisées concernant une organisation, un projet, un client, etc. Ces connaissances peuvent être manipulées par un système d'information.

Nonaka considère que les connaissances d'un acteur sont construites à partir des différentes interactions entre les connaissances tacites et les connaissances explicites. Pour ce faire, les auteurs ont identifié plusieurs modes de transfert illustrés en figure 1.4 :

- La socialisation (des connaissances tacites à tacites) est un processus de partage d'expériences de personne à personne qui permet ainsi la création de connaissances tacites comme des modèles mentaux partagés et des expertises techniques ;

- L'externalisation (des connaissances tacites à explicites) est un processus d'articulation des connaissances tacites en concepts explicites ;
- L'intériorisation (des connaissances explicites à tacites) est un processus de conversion des connaissances explicites vers des connaissances tacites. C'est typiquement un processus d'apprentissage basé sur des documents, des manuels, etc. ;
- La combinaison (des connaissances explicites à explicites) est un processus de création de connaissances explicites par le biais d'une restructuration d'un ensemble de connaissances explicites acquises par différents moyens de communication.

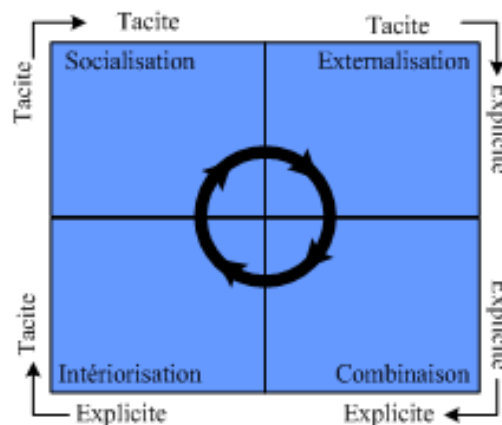


Fig. 1.4 : Des connaissances tacites aux connaissances explicites [Nonaka 95]

Grundstein dans [Grundstein 95] utilise la même approche en proposant de s'intéresser aux connaissances stratégiques (par rapport aux connaissances techniques), c'est à dire les connaissances et savoirs-faire strictement nécessaires au déroulement des processus essentiels qui constituent le cœur des processus de l'entreprise. Cette spécification permet en outre de distinguer les savoirs de l'entreprise (c'est-à-dire les connaissances explicites, spécifiques à l'entreprise, stockées dans des archives, armoires de l'entreprise) des savoir-faire individuels et collectifs (c'est-à-dire les connaissances tacites, stockées dans des éléments immatériels ou dans la mémoire des personnes).

De notre point de vue, les deux types de connaissances ne peuvent pas être gérés de la même manière. L'identification des connaissances tacites demande une compréhension des raisonnements des acteurs. Ces connaissances sont par définition difficiles à capitaliser, car elles sont dépendantes de l'individu. Notons toutefois que Jasper dans [Jasper 99] propose une approche pour définir des connaissances explicites à partir de connaissances tacites. Les connaissances explicites contenues dans les procédures et les rapports sont plus facilement identifiables et formalisables car elles sont indépendantes de l'individu. Nous nous limiterons dans notre approche de gestion des connaissances appliquée au domaine de l'ingénierie de conception à gérer les connaissances explicites utilisées par les acteurs.

3.2.2 Connaissances spécifiques au domaine de conception

L'étude des typologies des connaissances dans le domaine de l'ingénierie de conception porte principalement sur la classification des informations utilisées lors des projets en différents domaines. Evbuomwan et Van Aken se limitent à distinguer les connaissances relatives au produit et celles relatives au processus [Evbuomwan 97], [Van Aken 05].

Le type de connaissances relatives au produit est basé sur les informations associées au futur produit dès les premières phases de la conception. L'identification de ces connaissances nécessite la réalisation d'un modèle produit. On peut citer le modèle à vues multiples (« géométrie » et « simulation ») de [De Martino 98], la représentation de l'architecture produit dans le cas de produits à grande variété et variabilité [Holmqvist 01] ou encore l'intégration entre la définition géométrique du produit et l'évaluation de son comportement physique [Finger 01]. Généralement ces modèles ne couvrent pas l'ensemble du processus de conception et ne permettent pas de conserver l'historique de conception indispensable pour comprendre la logique de conception.

Tout comme les connaissances relatives au produit, celles relatives au processus sont formalisées à partir de modèle de processus. [Bosch 94] aborde la représentation du processus de conception dans le cadre d'une application informatique (NELSIS CAD Framework) destinée à guider les concepteurs tout au long de leur projet : à partir de modèles de process prédéfinis, adaptables en cours de projet, les acteurs archivent leurs activités, les outils employés, mais aussi les contraintes de conception, en vue d'une gestion multi-vues. Cette approche ne prend pas en compte les connaissances relatives au suivi des activités pour la conception et à l'évolution du produit.

Par ailleurs, [Serrafero 02] propose une catégorisation des connaissances métier en prenant en compte les connaissances relatives au produit, au processus et également les connaissances liées au domaine projet. Il propose ainsi vingt types de connaissances métier appelées « cognitons » composant la typologie KnoVa présentée dans le tableau 1.1. KnoVa couvre l'essentiel des connaissances utilisées dans le domaine de la conception (cf. chapitre 4).

Cogniton Culturel (Contexte métier)	Cogniton opératoire (Activité Métier)	Cogniton Comportemental (Règle métier)	Cogniton terminologique (Terme métier)	Cogniton expérimental (Cas métier)	Cogniton évolutif (Evolution métier)
Anecdote, Compétence, Phénomène	Terminale, Séquentielle, Parallèle, Super	Contrainte, Conseil, Choix	Scalaire, Composé, Super-terme	Constante, Référence, Bêtise, Exclusion	Retour, Induction, Idée

Tableau 1.1 : Les vingt types de connaissances proposés dans la typologie KnoVa

La typologie KnoVa distingue cinq classes de connaissances routinières et une classe de connaissances innovantes, à savoir :

- Les cognitons *culturels* : dénommés 'Contextes Métier' et décrivant le contexte d'une compétence métier selon trois types :

- Anecdote métier : conservant la mémoire anecdotique,
 - Compétence métier : décrivant les compétences métier fédérées par le domaine métier,
 - Phénomène métier : décrivant les phénomènes physiques, chimiques, électriques, etc.
- Les cognitons *opératoires* : dénommés ‘Activités Métier’ et décrivant le processus global d’exécution d’une compétence métier selon quatre types :
 - Activité terminale : unité d’un processus métier,
 - Activité séquentielle : séquence d’activité de même niveau, devant toute être exécutées dans un ordre précis,
 - Activité parallèle : ensemble d’activités métier de même niveau, devant toutes être exécutées mais sans ordre précis,
 - Super-activité : activité pouvant être décomposée en sous-activité.
 - Les cognitons *comportementaux* : dénommés ‘Règles Métier’ et décrivant les interactions entre les différentes informations issues d’une activité terminale selon trois types :
 - Contrainte métier : règle métier qu’il est impératif de respecter,
 - Conseil métier : règle métier qu’il est souhaitable de respecter,
 - Choix métier : règle métier génératrice de plusieurs alternatives de conception,
 - Les cognitons *terminologiques* : dénommés ‘Termes Métier’ et décrivant le vocabulaire commun du domaine métier selon trois types : terme scalaire, terme composé et super-terme.
 - Les cognitons *expérimentaux* : dénommés ‘Cas Métier’ et permettant de décrire les cas de conception en les regroupant en quatre types : cas constant, cas de référence, cas d’erreur, et cas d’exclusion.
 - Les cognitons *évolutifs* dénommés ‘Evolution Métier’ et permettant de classifier l’innovation selon quatre groupe : retour métier (innovation à partir de cas métier connus), induction métier (innovation à partir d’information connues) et idée métier (innovation à partir d’idées nouvelles).

Nous nous servons d’une partie de cette typologie pour regrouper les connaissances relatives aux activités métier, aux processus métier et aux règles métier. Définir une typologie des connaissances est un premier pas dans une approche de gestion des connaissances. Ces connaissances typées doivent être ensuite regroupées et organisées en vue de leur réutilisation. Plusieurs travaux dans le domaine de la gestion des connaissances proposent des approches pour regrouper et modéliser les connaissances métier. Nous présentons ces travaux dans le paragraphe suivant.

3.3 Les approches de gestion des connaissances métier

Nous présentons cinq approches de gestion connaissances métier proposées dans la littérature afin de situer nos travaux par rapport aux travaux du domaine. Les trois premières approches se rapportent à la conception d’un système de gestion des connaissances, elles sont proposées par

Zaclad [Zaclad 2001]. Les deux dernières, quant à elles, concernent le management des connaissances lors des projets d'ingénierie et sont expliquées dans les travaux de Dieng-Kuntz [Dieng-Kuntz 01].

3.3.1 L'approche sociale et coopérative

Cette approche porte sur l'étude de la structure des interactions se déroulant au sein d'un groupe, afin de proposer des outils et des méthodes de structuration permettant une «meilleure mise en valeur des savoirs échangés et garantissant une réutilisation plus aisée » [Zacklad 01]. Dans cette classe d'approche, notons les travaux de Darses qui utilise les résultats du domaine de l'ergonomie cognitive pour construire un modèle d'expertises des activités basé sur la coopération afin d'identifier les connaissances relatives à la démarche de résolution de problème [Darses 05]. Nous pouvons également citer le modèle DIPA de [Lewkowicz 01], pour structurer et garder les traces de résolution de problèmes en conception.

3.3.2 L'approche descendante et ascendante

Dans l'approche descendante, la modélisation des connaissances du domaine est au centre de la conception du système de gestion des connaissances. Cette modélisation sert à cartographier les connaissances du domaine à capitaliser. Le système ou les cognitiens interrogissent ensuite avec les détenteurs de connaissances pour extraire les informations dont ils ont besoin. On peut classer les travaux utilisant les experts comme source de connaissances telles que MKSM [Ermine 00], MASK [Ermine 02], CYGMA [Serrafero 02], etc.

Dans les approches ascendantes, la modélisation des connaissances du domaine est également au centre de la démarche de gestion des connaissances. Toutefois dans cette approche, « on ne cherche pas à structurer les informations en s'appuyant sur des hypothèses relatives aux activités coopératives des acteurs, mais en cherchant à identifier la structure des concepts et des raisonnements du domaine » [Zaclad 01]. En effet dans cette catégorie, on prend en compte les informations relatives au domaine (délivrables, rapport, courriels, historiques des forums de discussion, etc.) pour en extraire les connaissances. Notons dans cette catégorie les travaux de [Matta 02] et [Djiaz 06] les traces d'activités contenues dans les rapports et les forums de discussion pour déterminer la logique de conception.

3.3.3 L'approche décisionnelle

Plusieurs travaux se sont intéressés à la capitalisation et la réutilisation des connaissances en conception pour faciliter la prise de décision durant les projets. L'essentiel des contributions identifiées intègre une représentation des processus décisionnels et s'appuie sur les modèles de logique de conception [Dieng-Kuntz 01]. Nous pouvons citer les modèles les plus connus tels que QOC [Buckingham 97], DRCS [Klein 97], IBIS [Conklin 88], DYPKM [Behkti 03] et DRAMA [Brice 00].

Le tableau 1.2 présente une synthèse de ces approches avec les outils développés et la manière de formaliser les connaissances utilisées en conception. Il est à noter que l'approche DYPKM est la seule à prendre en compte le contexte lors de la traçabilité et la représentation des

connaissances métier. Notre démarche de gestion des connaissances lors des projets de conception se rapproche de DYPKM, dans le sens où nous souhaitons également fournir une représentation du contexte pour chaque information capitalisée afin que les acteurs métier puissent la situer par rapport à une activité du processus de conception.

<i>Approche</i>	<i>Formalisation des connaissances</i>	<i>Outils développés</i>	<i>Domaine d'application</i>
IBIS	Arbre : Issues, positions, arguments	gIBIS	Conception
QOC	Arbre : Questions, options, critères		
DRAMA	Arbre : objectifs, options, critères	DRAMA	Conception
DIPA	Graphe de résolution de problème : étapes, opinions, arguments, rôles et décision	Memo-Net	Tous types d'applications
DRCS	Graphe : entités, relations	DRCS-System	Ingénierie concurrente
DYPKM	Représentation du contexte, du processus et des critères de décision		Conception

Tableau 1.2 : Approche de capitalisation relative à la prise de décision

Cette approche décisionnelle de gestion des connaissances métier se restreint à prendre en compte les problèmes de conception et la manière dont les acteurs ont pu les résoudre afin d'orienter la prise de décision lors des activités de conception. Nous ne souhaitons pas nous limiter à la gestion des connaissances relatives aux problèmes de conception, mais l'élargir à d'autres types de connaissances utilisées par les acteurs métier sur l'ensemble du cycle de vie du couple produit/process.

3.3.4 L'approche organisationnelle

En présentant le concept de l'entreprise apprenante Nonaka [Nonaka 95], prend en compte les savoirs dans l'entreprise, et met en évidence les mécanismes de transmission et d'évolution des connaissances dans les organisations. Cette approche qualifiée d'« organisationnelle » prend en compte le caractère social dans la gestion des connaissances dont le but, plutôt que de chercher à formaliser, modéliser des connaissances et savoir-faire, est de permettre aux différents détenteurs et experts de les partager et de les transmettre [Currie 03].

Les approches organisationnelles se focalisent essentiellement sur des processus de conception routiniers. Elle conduit à repenser l'organisation de l'entreprise. Elle peut être supportée par des outils issus des nouvelles technologies de l'information. Nous adoptons cette approche puisque nous considérons également les projets de conception comme des organisations. Nous détaillons cette approche à travers le concept de mémoire organisationnelle dans la section suivante.

4. Gestion des connaissances à l'aide de mémoires organisationnelles

4.1 Nature des mémoires organisationnelle

Chaque individu de l'entreprise possède ses propres connaissances et savoir-faire. L'entreprise regroupe ainsi une somme de connaissances individuelles formant une mémoire collective contenant l'ensemble des documents et rapports (connaissances explicites) utiles à son bon fonctionnement. Cette mémoire est appelée mémoire partagée. Elle est également dénommée organisationnelle puisqu'elle est au service d'une organisation tels que l'entreprise, un département ou encore une équipe [Rabarijaona 00]. Dans la suite de ce document, nous utiliserons indifféremment le terme de mémoire partagée et organisationnelle. Nous reprenons la définition de la mémoire organisationnelle présentée en introduction, section 2.2 décrivant cette mémoire comme une indexation et une représentation explicite des connaissances. Prasad [Prasad 96] complète cette définition en expliquant que la mémoire partagée est composée des données et connaissances issues des activités collectives de l'entreprise, incluant les expériences, les résolutions de problèmes... Dans ce sens, Abecker [Abecker 98] ajoute que cette mémoire contient également le contexte dans lequel les connaissances ont été créées. Préciser le contexte permet l'annotation de l'information en connaissances et facilite la réutilisation et le partage de ces connaissances lors des projets. Nous avons retenu également dans [Caussanel 99] qu'une mémoire partagée est construite en fonction des processus et des activités qui composent l'organisation à savoir l'entreprise ou le projet.

Un des objectifs de la mémoire organisationnelle est donc de décrire les moyens par lesquels les connaissances utilisées dans le passé peuvent être réutilisées lors d'activités courantes, aidant ainsi une entreprise à agir plus efficacement. Les systèmes supportant la création et la maintenance de mémoires partagées utilisent généralement des solutions relatives aux bases de données et des solutions issues des réseaux (spécialement les Intranets et l'Internet) [Lehner 98].

Afin de faciliter la gestion des connaissances lors des projets de conception de produits mécanique, nous souhaitons construire des mémoires organisationnelles qui seront appelées dans ce cas, des mémoires de projet. L'enjeu du développement d'une mémoire organisationnelle est de pouvoir intégrer de manière cohérente les informations issues des sources d'information de l'entreprise [Steels 93]. Ces informations sont de nature diverse et distribuée. Elles sont contenues dans des bases de données, des documents techniques et parfois décrites dans des langages spécifiques à certains logiciels. Nous décrirons à la fin de ce chapitre certains travaux sur la description, la modélisation et l'annotation de telles informations.

D'autre part, la population des utilisateurs des mémoires organisationnelle est par nature hétérogène et géographiquement distribuée dans l'entreprise. En effet, les mémoires sont consultées par les acteurs métier rattachés à des services différents, ayant des niveaux de responsabilité différents et travaillant parfois dans des lieux éloignés. Ces acteurs métier composent des communautés qui construisent et maintiennent ces mémoires organisationnelles.

4.2 Construction de mémoires organisationnelles

La création d'une mémoire organisationnelle nécessite un processus qui transforme les données manipulées par les acteurs dans les systèmes d'informations techniques de l'entreprise en une mémoire contenant des informations et des connaissances.

De nombreux exemples de processus ont été proposés dans la littérature. Dans [Van Heijst 96], les auteurs expliquent que le développement d'une mémoire organisationnelle fait partie d'un cycle en cinq étapes : analyser les expériences quotidiennes (échecs et succès), pérenniser ces expériences, les stocker, les rendre accessibles et les distribuer. Les auteurs expliquent que ce cycle doit se répéter à l'arrivée de chaque nouvelle connaissance.

Dans [Grundstein 00], le processus de capitalisation des connaissances est un cycle articulé en quatre facettes. La première est '*Repérer*' les connaissances cruciales, c'est-à-dire les savoirs (connaissances explicites) et les savoir-faire (connaissances tacites) qui sont nécessaires au processus de décision. La seconde est '*Préserver*' les connaissances en les formalisant et les archivant. La troisième est '*Valoriser*' les connaissances en les mettant au service des acteurs métier de l'entreprise afin qu'ils puissent les exploiter. La quatrième facette est '*Actualiser*' les connaissances, elle consiste à les évaluer, les mettre à jour et les enrichir. Les auteurs décrivent une cinquième facette qui est '*Manager*'. Cette dernière facette ne s'applique pas à la connaissance elle-même, mais plutôt aux activités et aux processus qui facilitent le passage entre les quatre premières facettes.

Le cycle de gestion des connaissances métier selon Grundstein est largement accepté dans la communauté scientifique du domaine. Son utilisation dans l'entreprise doit prendre en compte les impacts sur la gestion des ressources humaines et sur l'organisation. D'autres cycles de gestion des connaissances ont été proposés et possèdent des activités similaires :

- Abecker [Abecker 98] présente un cycle en six étapes ; identification, acquisition, développement, diffusion, utilisation, et conservation ;
- Jasper [Jasper 99] décrit également sept étapes : identifier les connaissances explicites, capturer les connaissances tacites et les rendre explicites, les organiser, les maintenir, les diffuser, permettre leur recherche et les réutiliser ;
- Enfin, Pomian [Pomian 96] propose un cycle en trois étapes : identifier, collecter et réutiliser.

Il est à noter que Dieng-Kuntz [Dieng-Kuntz 01] est à notre connaissance, le seul auteur qui propose un processus pour la création de mémoires organisationnelles prenant en compte les sources d'informations hétérogènes et distribuées. Ce processus est structuré en six étapes (figure 1.5) :

- *Détecter les besoins* : il s'agit de déterminer un mode d'exploitation de la mémoire utile et adapté à l'environnement de travail des utilisateurs ;
- *Construire la mémoire partagée* : cette étape consiste à identifier et choisir les sources de la mémoire (documents écrits et multimédias, bases de données, dictionnaires...),

déterminer les connaissances à prendre en compte et les choix techniques pour la matérialisation de la mémoire (mémoire à base de connaissances, mémoire à base de cas...);

- *Diffuser la mémoire partagée* : l'objectif de ce travail est de déterminer un scénario d'utilisation, un mode de diffusion et une interface adaptée à l'environnement des utilisateurs ;
- *Utiliser la mémoire partagée* ;
- *Évaluer la mémoire partagée* selon les critères des utilisateurs ;
- *Mettre à jour la mémoire partagée* en mettant à jour ses connaissances.

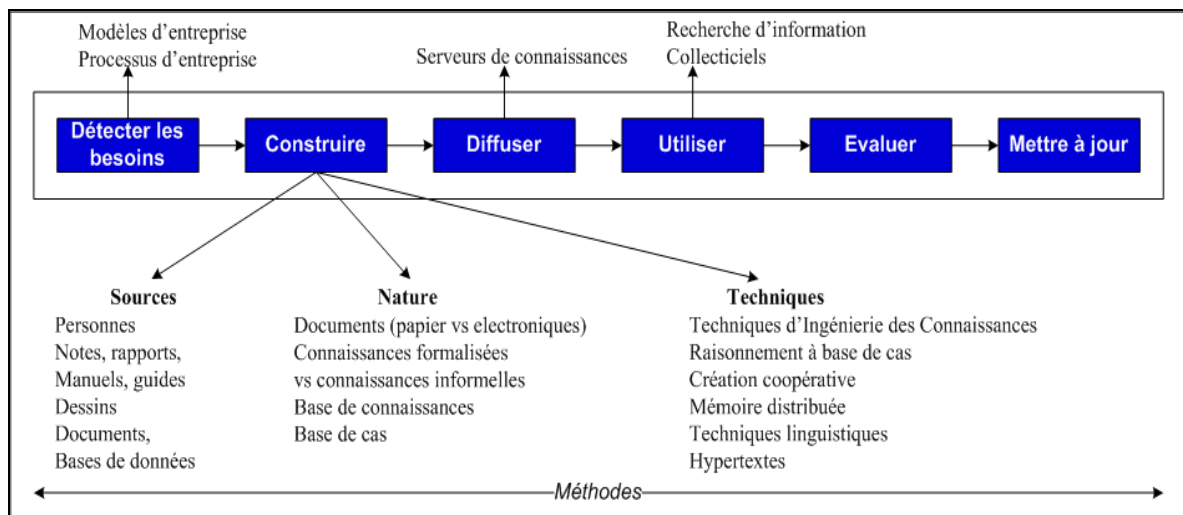


Fig. 1.5 : Processus de développement d'une mémoire partagée [Dieng-Kuntz 01]

À partir de l'analyse des cycles de gestion des connaissances issus de la littérature, nous identifions trois idées directrices : l'identification des connaissances, leur acquisition et leur diffusion (cf. figure 1.6), qui semblent être récurrents chez tous les auteurs.

Lors de la conception d'une mémoire organisationnelle, l'**identification** des connaissances représente la première étape du cycle. C'est un travail délicat puisque l'efficacité de la mémoire partagée dépend de la nature des connaissances sélectionnées pour la capitalisation.

La mémoire organisationnelle a pour objectif d'aider les acteurs métier à réaliser leurs activités ou à résoudre de nouveaux problèmes. Le second objectif est de constituer une base de connaissances qui s'enrichit dès que de nouvelles connaissances sont créées. L'**acquisition** des connaissances est donc la seconde étape fondamentale du développement d'une mémoire partagée. Elle doit être réalisée en prenant en compte l'objectif d'aider les acteurs lors de leurs activités et elle doit constituer un processus permanent qui facilite l'intégration de nouvelles connaissances.

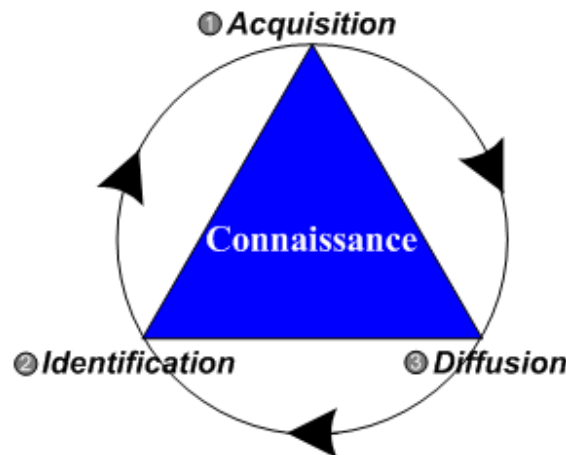


Fig. 1.6 : Cycle de gestion des connaissances

A l'heure actuelle les systèmes intégrant les mémoires organisationnelles utilisent les technologies de l'information (email, workflow...) pour apporter les informations utiles aux acteurs métier. Cependant, cette approche est insuffisante puisque les besoins d'information des acteurs métier sont difficilement prévisibles. La troisième étape du cycle de développement d'une mémoire partagée est donc la **diffusion** des connaissances. Cette étape doit être réalisée dans une démarche d'ingénierie des connaissances puisque la diffusion des connaissances doit prendre en compte les besoins des acteurs qui proviennent de situations particulières. La diffusion a pour objectif d'apporter la bonne information, à la bonne personne, à l'instant où le besoin est ressenti. La diffusion est donc un processus complexe nécessitant de la réactivité et de la pro activité.

5. Représentation et modélisation des connaissances métier

[Teulier 05] présente la gestion des connaissances comme « un champ pluridisciplinaire dont les recherches couvrent l'acquisition et la modélisation des connaissances ». La modélisation consiste à établir une représentation des connaissances dans le but de les archiver, de les communiquer et de les manipuler. Certaines approches de modélisation sont fondées sur les graphes conceptuels [Sowa, 84] et d'autres sur les réseaux sémantiques [Quillian 68]. Plus récemment, certains travaux dans le domaine de la gestion des connaissances ont proposé des techniques de modélisation à partir de corpus ([Duribreux-Cocquebert 00], [Veale 06]) ou d'autres basées sur la construction de modèles de résolution de problèmes à partir de la spécification formelle du domaine [Reynaud 00], [Gómez-Pérez 96], etc. Ces derniers auteurs adoptent une approche de modélisation, fondée le concept d'ontologie. Une ontologie est considérée comme un ensemble d'axiomes logiques conçus pour rendre compte du sens d'un vocabulaire utilisé dans un domaine d'application donné [Guarino 98]. L'importance des ontologies est reconnue dans divers domaines de recherche comme l'intégration d'information, la conception de bases de données, les systèmes d'information, etc.

Depuis les années 90, les recherches scientifiques dans le domaine de l'ingénierie des connaissances, présentent l'émergence de travaux sur la conception d'ontologies [Gandon 02a], [Gómez-Pérez 96], [Aussenac-Gilles 00], [Kassel 00], les apports des ontologies pour la représentation des connaissances [Reynaud 02], [Guelfi 06] et leur utilisation pour les systèmes

de gestion des connaissances [Gandon 02b], [Dietz 05]. Nous présentons dans la suite de cette section cet outil conceptuel.

5.1 L'ontologie : un outil conceptuel pour la modélisation des connaissances

5.1.1 Définition

En ingénierie des connaissances, le mot 'ontologie' a pour signification l'artefact informatique qui va permettre de représenter et de manipuler les connaissances. Une ontologie permet donc de cartographier les connaissances d'un domaine en donnant à ses composants une sémantique tout en précisant leurs relations. Pour ce faire, il faut conceptualiser et transcrire ces concepts dans un langage compréhensible, d'où la définition de Gruber [Gruber 93] :

Définition : « Une ontologie est une spécification explicite d'une conceptualisation ».

Nous complétons cette définition par celle de Uschold [Uschold 96]:

Définition : « Une ontologie peut prendre différentes formes, mais elle inclura nécessairement un vocabulaire de termes et une spécification de leur signification. Cette dernière inclut des définitions et une indication de la façon dont les concepts sont reliés entre eux, les liens imposant collectivement une structure sur le domaine et contraignant les interprétations possibles des termes ».

Pour construire une ontologie, il est impératif de préciser les caractéristiques du domaine à modéliser et les raisonnements définissant les règles heuristiques [Corcho 03]. Une ontologie fournit des termes spécifiques à un domaine, complétés par la définition des concepts et des relations entre ces termes.

Un concept appelé également classe représente la description d'un composant du domaine (objet, activité, tâche...). Les concepts peuvent avoir des sous-concepts (sous-instances de classes). Par exemple, la classe 'ressource' dans les projets d'ingénierie peut avoir comme sous-classe 'ressources matérielles' et 'ressources humaines'. Un concept possède des propriétés qui décrivent les caractéristiques et attributs du concept. L'ontologie spécifie également les relations qui existent entre ces concepts. Ces relations sont héritées des réseaux sémantiques [Quillian 68] tels que les relations de subsumption 'is-a', 'Has-a', 'is-a-kind-of'. Les concepts et les relations sont associés à des axiomes. Ces derniers permettent de définir la sémantique entre les termes (concepts, attributs et relations).

5.1.2 Les types d'ontologies

Plusieurs classifications des ontologies ont été proposées dans la littérature. Nous pouvons citer quelques types parmi les plus couramment utilisés : les ontologies de domaine, les ontologies de tâches, les ontologies de représentation des connaissances, etc. Van Heijst propose une classification en quatre types [Van Heijst 96] :

- *Les ontologies de domaine* : ce sont les plus courantes, elles expriment des conceptualisations spécifiques à un domaine. Elles décrivent les entités, leurs propriétés et la façon dont on peut les relier. Ces ontologies sont développées pour être réutilisables, c'est-à-dire transposables au même domaine, mais pour des applications différentes. Lorsque les propriétés des concepts varient en fonction du contexte, on parle alors d'ontologies contextuelles [Pouquet 03]. D'ailleurs, Benslimane souligne l'importance de ces ontologies pour l'échange des informations dans un domaine [Benslimane 03] ;
- *Les ontologies d'application* : elles contiennent des connaissances du domaine nécessaires à une application donnée ; elles sont spécifiques et non réutilisables ;
- *Les ontologies génériques* : elles sont également appelées ontologie de haut niveau. Elles sont utilisables dans différents domaines et elles expriment des conceptualisations très générales telles que le temps, l'espace, l'état, le processus, les composants, etc. Notons que les concepts figurant dans une ontologie du domaine sont subsumés par les concepts d'une ontologie générique, la frontière entre les deux restes floue ;
- *Les ontologies de représentation* : elles sont utilisées pour formaliser un modèle de représentation des connaissances. On peut par exemple citer l'exemple de l'ontologie de frame [Gruber 93], qui définit les primitives de représentation des langages à base de frames (classes, instances, slots, facettes, etc.).

D'autres classifications existent, par exemple dans [Fox 98], les auteurs définissent une ontologie comme un vocabulaire complété par des spécifications de la signification de ce vocabulaire. Cette définition leur permet de distinguer les ontologies très formelles et les ontologies moins formelles, comme les taxonomies, voire des ontologies informelles telles que celles décrites uniquement en langage naturel.

Il s'agit maintenant d'étudier les différentes approches dédiées à la conception et à la construction d'une ontologie.

5.1.3 Conception et construction d'une ontologie

De nombreuses approches ont été publiées pour la construction des ontologies. Notons les approches proposées par [Fernandez-Lopez 97], [Gruninger 95], [Uschold 96], [Staab 01], [Noy 01] et [Gandon 02a] qui décrivent leurs retours d'expérience sur la construction d'ontologie en un nombre d'étapes allant de la spécification du domaine à la suppression des anomalies.

Nous notons également l'approche de construction à partir de la conceptualisation d'un corpus textuel [Aussenac-Gilles 00]. Dans ce cadre, nous pouvons également citer la méthodologie OntoSpec [Kassel 02] qui est orientée vers la structuration des hiérarchies des concepts et des relations, lors de la conceptualisation. OntoSpec permet de différencier deux types d'ontologies, les ontologies informelles, exploitées pour faciliter aux utilisateurs la compréhension du domaine

et l'ontologie de représentation (appelée computationnelle) servant de support à des inférences et codée avec le langage DefOnto [Kassel 00].

De l'ensemble des méthodes dédiées à la construction d'ontologies citées précédemment, nous pouvons déterminer une liste d'étapes, qui nous semble être commune pour la conception d'une ontologie :

- *S'approprier le domaine de connaissances* : Cette étape consiste à identifier les principales ressources d'expertise et d'informations d'un domaine pour décrire dans un langage commun l'ensemble des termes rencontrés ;
- *Concevoir une structure conceptuelle* : Cette seconde étape consiste à identifier les principaux concepts du domaine ainsi que leurs propriétés. Ce travail permet de spécifier les relations entre concepts ;
- *Définir le niveau de détail* : Cette étape consiste à ajouter des concepts, des relations et des instances pour définir le niveau de détail qui procurera la pertinence de l'ontologie ;
- *Vérifier et contrôler la cohérence de l'ontologie* : L'objectif de ce travail est de s'assurer de la pertinence de la structure de l'ontologie. Il faut corriger l'ensemble des erreurs syntaxiques, logiques ou sémantiques liées aux concepts. De nouveaux concepts peuvent être créés à ce niveau.
- *Déployer l'ontologie* : Après une vérification finale par les experts du domaine, l'ontologie est déployée dans l'environnement et peut faire l'objet de modifications par ajout de nouvelles relations selon les besoins des utilisateurs.

Le processus de construction d'une ontologie n'est pas linéaire, chaque étape peut être réalisée plusieurs fois selon les besoins et les incohérences identifiés.

5.2 Représentation des ontologies

Plusieurs langages de représentation d'ontologies existent. Nous nous intéressons uniquement au langage OWL, et nous expliquerons pourquoi nous l'avons choisi pour notre implémentation. OWL (Web Ontology Language) constitue un standard de représentation d'ontologies développé par le W3C dans le cadre du Web Sémantique [Berners_Lee 01]. OWL est une sur-couche de RDF/RDFS, qui est lui-même une sur-couche de XML (cf. figure 1.7).

Dans ce contexte, OWL permet de définir :

- Une structure hiérarchique des classes, par le biais de relations de type is-a. Cette fonctionnalité, qui se retrouve dans la majorité des formalismes de représentation des connaissances, permet d'organiser les classes de manière arborescente ;
- Des propriétés, qui peuvent s'appliquer aux classes. Celles-ci peuvent pointer sur d'autres classes OWL ;

- Des contraintes concernant par exemple la cardinalité des relations ;
- Des relations logiques entre des classes, comme par exemple la disjonction entre deux classes ;
- Des méta-données, que l'on peut associer aux concepts. Il peut s'agir en particulier de labels (ce qui permet d'avoir le nom du concept en plusieurs langues) ou de commentaires (à des fins de documentation par exemple).

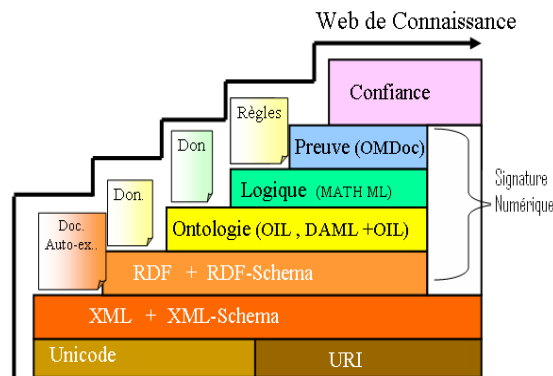


Fig 1.7 : Architecture du Web Sémantique

Afin de répondre à la grande diversité de besoins en termes de représentations d'ontologies, OWL a été décliné en trois sous-langages, d'expressivité croissante :

- *OWL Lite* : est utilisé pour des besoins ontologiques basiques. Par exemple, dans OWL Lite, on ne peut exprimer des relations de cardinalité qu'avec des valeurs égales à 0 ou 1. L'avantage est qu'il est plus facile d'implémenter le support d'OWL Lite que de ses variantes, OWL DL et OWL Full ;
- *OWL DL* : offre une expressivité largement plus importante que OWL Lite, tout en gardant des caractéristiques de complétude (toutes les conclusions peuvent être calculées) et de décidabilité (tous les calculs se terminent en un temps fini). Ce langage a cependant certaines restrictions (par exemple : une classe ne peut pas être une instance d'une autre classe) ;
- *OWL Full* : il s'agit de la version la plus complète d'OWL. Aucune restriction n'est imposée à l'utilisateur, mais en contrepartie, aucune garantie n'est fournie quant aux propriétés de calculabilité de l'ontologie ainsi créée.

Dans le cadre de nos travaux sur la gestion des connaissances lors des projets de conception nous sommes amenés à développer une ontologie de domaine pour la modélisation des connaissances métier. Nous avons choisi le formalisme OWL parce qu'il est maintenant le standard pour la représentation d'ontologies, ce qui fait qu'un grand nombre de ressources sont disponibles pour ce formalisme, qu'il s'agisse d'outils, de documentation, ou encore d'exemples dont nous pouvons nous inspirer.

6. Conclusion

Ce chapitre présente les projets de conception mécaniques et les modèles de processus utilisés pour les piloter. Les modèles séquentielles et simultanés soulignent les besoins de coopération et d'échange de connaissances dans les équipes pluridisciplinaires composant les projets de conception.

Le chapitre aborde le contexte de nos travaux de recherche à travers la nécessité de gérer les connaissances métier des acteurs pour améliorer la productivité en conception routinière et faciliter l'innovation par la collaboration entre les métiers. Cette réflexion nous a conduits à présenter les travaux en gestion des connaissances métier avec la description des approches fondées sur le développement de mémoires organisationnelles. Le chapitre se termine par la description des ontologies, outil utile à la modélisation et la représentation des connaissances métier.

Deux observations importantes nous semblent justifier l'utilisation d'une ontologie dans notre démarche : la nécessité de la réutilisation dans le domaine des systèmes de gestion des connaissances métier et la communication des différents composants (au sens large c'est-à-dire y compris les acteurs) de ces systèmes, illustrés par les travaux autour du Web Sémantique et des agents logiciels.

En effet, nous avons abordé les mémoires organisationnelles pour fournir une structuration et une indexation des connaissances métier, nous avons ensuite présenté les ontologies comme une approche possible pour la modélisation des connaissances. Cependant, nous n'avons pas encore introduit de voies de solution permettant d'orchestrer le passage des données aux connaissances ainsi que leur capitalisation, leur archivage et leur réutilisation. Les agents semblent posséder les propriétés adaptées pour aborder ce type d'activités. Nous présentons dans le prochain chapitre le paradigme agent.

Chapitre 2

Systèmes Multi-Agents et modèles organisationnels

L'environnement d'un système de gestion des connaissances est composé d'informations structurées, et non structurées comme les documents ou les données d'une base de données. Les connaissances métier définies dans le chapitre précédent, sont issues de ces informations et sont par nature hétérogènes et distribuées. Elles doivent être capitalisées, organisées et structurées afin que le système puisse anticiper, s'adapter, et rechercher activement les moyens d'assister les acteurs métier. De plus, dans le cadre de la gestion des connaissances lors des projets de conception, le système doit assurer son processus de gestion des connaissances au « fil de l'eau » des projets tout en prenant en compte la dynamique sociale (rôles, groupe, etc.) des équipes projet. Les systèmes multi-agents sont constitués d'entités hétérogènes et distribuées possédant des propriétés telles que l'autonomie et la réactivité et capables de manipuler des informations de nature similaire. Ces systèmes sont adaptés à la gestion des connaissances dans les organisations

L'objectif de ce chapitre est de présenter le paradigme agent ainsi que l'approche organisationnelle utilisée dans les SMA. Nous terminons ce chapitre par une discussion sur l'intérêt des SMA pour les approches de gestion des connaissances en particulier pour l'approche sociale et coopérative.

Sommaire

1. Introduction	57
2. Le paradigme agent	58
2.1 Qu'est-ce qu'un agent ?	58
2.2 Architecture interne d'un agent	59
2.3 L'environnement	60
2.4 Les interactions	60
2.5 Des agents aux Systèmes Multi-Agents	61
3. Approche organisationnelle utilisée dans les SMA	62
3.3 La métaphore sociale	62
3.4 Le modèle organisationnel RIO	63
4. Discussion sur l'intérêt des SMA en gestion des connaissances	66
4.1 Des agents coopératifs pour la gestion des connaissances hétérogènes	66
4.2 Des agents assistants pour gérer les connaissances des acteurs	67
4.3 La perception de la structure sociale des organisations pour anticiper les besoins en gestion des connaissances	67
5. Conclusion	69

1. Introduction

Selon Hofstadter [Hofstadter 99], l'Intelligence Artificielle (IA) regroupe les disciplines visant la conception d'une entité reproduisant les activités intellectuelles humaines. L'Intelligence Artificielle Distribuée (IAD) regroupe, quant à elle, les disciplines visant la conception d'un ensemble d'entités reproduisant les activités humaines [Chaib-Draa 92], [Mandiau 93]. Suite à la distribution des fonctionnalités d'un système sur un ensemble de composants qui communiquent pour atteindre un objectif global ou résoudre un problème, il est nécessaire de diviser le problème en sous-problème. Ainsi, une extension des systèmes d'IAD est proposée : les entités informatiques doivent être capables de raisonner sur les informations et les capacités des autres dans le but d'une coopération effective. Pour ce faire, elles doivent être dotées de capacités d'interaction, de perception et d'action sur l'environnement, et elles doivent posséder une certaine autonomie de comportement : on parle alors d'agents et de systèmes multi-agents [Russel 95].

D'après Demazeau, le choix d'une approche orientée « agent » implique la décomposition d'un problème à résoudre en quatre éléments-clés : les agents, les interactions, les organisations et l'environnement [Demazeau 95]. Les agents sont, entre autres, autonomes, généralement hétérogènes et en mesure de s'échanger des informations pour résoudre les problèmes. La coordination entre les agents est donc une propriété principale du système qui spécifie la manière d'interagir des agents et les organisations qu'ils doivent constituer pour atteindre leurs objectifs.

Dans le domaine de la gestion des connaissances, les agents sont utilisés pour gérer les informations et connaissances hétérogènes et distribuées. Par ailleurs, la conception d'un système de gestion des connaissances ne se limite pas à cette fonctionnalité, il est nécessaire de se poser les questions suivantes :

- Comment identifier les connaissances à capitaliser ?
- Comment capitaliser ces connaissances de manière transparente ou semi-transparente pour les acteurs tout au long des projets de conception ?
- Comment assister les acteurs à réutiliser ces connaissances ?

Les systèmes multi-agents sont bien adaptés pour répondre à ces besoins de par leur possibilité de s'adapter à des environnements dynamiques et à gérer différentes sources d'informations distribuées. De plus, la coordination entre les agents leur procure la capacité collective de gérer d'importantes masses d'information. Ils doivent toutefois prendre en compte les aspects sociaux des organisations humaines afin d'assister au mieux les acteurs lors de la capitalisation et la réutilisation des connaissances.

Ce chapitre a pour objectif de démontrer l'intérêt de l'utilisation des SMAs pour gérer les connaissances. Nous présentons tout d'abord la notion d'agents, d'environnement et d'interaction qui sont des éléments fondamentaux des systèmes multi-agents. Nous présentons ensuite les approches organisationnelles, utilisées dans le domaine agent, basées sur l'étude des comportements sociaux des organisations humaines. Cette approche permet de prendre en compte

l'aspect coopératif et social des environnements de gestion des connaissances. Cette présentation des aspects des SMAs est suivie d'une discussion sur les approches de gestion des connaissances basées sur les SMAs ainsi que sur les avantages à les utiliser dans ce domaine.

2. Le paradigme Agent

2.1 Qu'est-ce qu'un agent ?

De nombreuses définitions d'agent ont été proposées, parmi elles nous présentons celle de Jennings [Jennings 98] :

Définition : Un agent est une entité informatique, placée dans un environnement, qui est capable d'exécuter des actions d'une façon flexible et autonome afin d'atteindre les objectifs établis lors de sa conception.

Cette définition présente la notion d'agent situé dans un environnement avec des propriétés d'autonomie. Parmi les propriétés des agents, certaines semblent faire l'objet d'un consensus au sein de la communauté multi-agents. Ainsi, nous retrouvons dans les définitions données dans [Ferber 99], [Jennings 98] et [Wooldridge 00] la liste des propriétés suivante :

- Un agent est *autonome* : il possède un état interne sur lequel il a un contrôle total. Cet état interne est inaccessible aux autres agents. De plus, l'agent prend des décisions qui sont basées sur cet état interne sans intervention extérieure (humaine ou d'un autre agent) ;
- Un agent est *réactif* : il adapte ses actions en fonction de l'environnement qu'il perçoit. Il s'agit d'un comportement classique de réponse à un stimulus ;
- Un agent possède une *habilité sociale* : il est en mesure d'interagir avec d'autres agents pour satisfaire les tâches qui lui sont confiées ;
- Un agent est *pro-actif* : il prend lui-même des initiatives en fonction de ses objectifs et des informations qu'il perçoit. Dans le cas de problèmes complexes, il peut déléguer une partie du problème à d'autres agents. Ces agents pro-actifs sont également appelés délibératifs, voire même cognitifs, dans le cas où ils tiennent également compte de leurs cognitions pour choisir l'action à mettre en jeu. Ces modèles d'agents cognitifs, sont très largement étudiés dans la communauté agent, on peut, pour plus de détails se référer aux travaux de [Cohen 95] et [Guichard 00] ;

Bien entendu, en fonction des applications, certaines propriétés sont plus importantes que d'autres. Toutefois, pour la gestion des connaissances, toutes ces propriétés sont requises :

- L'autonomie pour fixer des objectifs à chaque agent comme la gestion d'une source d'information distribuée ;
- L'habilité sociale pour résoudre des problèmes complexes comme l'identification des connaissances nécessaires à capitaliser ;

- La réactivité pour conduire des actions telles que capitaliser une connaissance dès qu'elle est identifiée ;
- La proactivité pour assurer une gestion des connaissances au fil de l'eau des projets et une assistance à la réutilisation.

Notons que les propriétés dépendent également de l'environnement dans lequel les agents interagissent.

2.2 Architecture interne d'un agent

Le terme d'architecture interne désigne l'ensemble des structures de données et des processus internes à un agent lui permettant de prendre une décision (éventuellement rationnelle) consistant à choisir une action en vue de modifier l'environnement. Bien que la frontière soit relativement floue, on distingue deux types d'agents en fonction de leur architecture interne [Wooldridge 99]:

- Les agents réactifs;
- Les agents cognitifs.

Un agent cognitif est un agent disposant de capacités de raisonnement développées. Il est caractérisé par :

- La représentation explicite de ses objectifs ;
- Une représentation évoluée de l'environnement ;
- Une capacité à manipuler ces représentations pour anticiper ou réévaluer ces objectifs.

Chaque agent dispose d'une base de connaissance comprenant l'ensemble des informations et des savoir-faire nécessaires à la réalisation de sa tâche et à la gestion des interactions avec les autres agents et avec son environnement. Les architectures BDI (Belief Desire Intention) [Rao 95] constituent un type d'architecture d'agents cognitifs. Cette architecture est basée sur les notions d'attitudes mentales que sont la Croyance (Belief), le Désir (Desire) et l'Intention (Intention) :

- Les croyances correspondent aux informations (éventuellement incomplètes et incorrectes) qu'à l'agent de son environnement ;
- Les désirs correspondent aux états de l'environnement que l'agent souhaiterait voir réalisés ;
- Les intentions correspondent aux projets de l'agent pour satisfaire ses désirs.

Un agent réactif est régi par des règles du type stimulus-réponses et ne dispose pas de représentation interne explicite de son environnement. Les prises de décision d'un tel agent peuvent être représentées par une machine à états finis et son comportement apparaît du fait du chaînage des différentes règles comportementales et de leurs conséquences sur l'environnement. Un exemple d'architecture couramment utilisée pour concevoir des agents réactifs est celui de l'architecture de subsumption proposée par Brooks [Brooks 86]. Le principe de cette architecture est de concevoir le processus décisionnel en considérant un ordre de priorité entre des modules

qui représentent les tâches pouvant être accomplies par l'agent. Les conditions d'activation de chaque module sont alors évaluées suivant cet ordre de manière à sélectionner la tâche à effectuer en priorité. Les systèmes multi-agents réactifs présentent l'intérêt de la fiabilité en raison de la simplicité des agents pouvant être déployés en grand nombre. Dans notre approche de gestion des connaissances nous utiliserons ce type d'agent pour assurer l'assistance de chaque acteur métier lors de la capitalisation et la réutilisation des connaissances.

2.3 L'environnement

Russel propose de classifier un environnement selon les propriétés suivantes [Russel 95] :

- *Accessible* ou *inaccessible* : selon le fait que l'agent peut accéder à l'état de l'environnement de manière complète, précise et à jour ;
- *Statique* ou *Dynamique* : un environnement statique est modifié seulement par les actions des agents, tandis qu'un environnement dynamique peut être modifié par d'autres processus en exécution ;
- *Déterministe* ou *non-déterministe* : dans un environnement déterministe, l'action d'un agent produit un seul changement dans l'état de l'environnement. Cependant comme le souligne Wooldridge, pour la majorité des cas l'environnement doit être vu comme non déterministe du point de vue de l'agent [Wooldridge 02] ;
- *Discret* ou *continu* : un environnement est discret s'il existe un nombre fini d'états qu'il peut atteindre ; en revanche, un environnement continu peut atteindre un nombre illimité d'états.

Odell précise que l'ensemble des perceptions et des actions qu'un agent est susceptible de réaliser est entièrement défini par rapport à l'environnement où celui-ci va opérer [Odell 02]. Dans le cadre de la gestion des connaissances, l'environnement de l'agent détermine à la fois les sources d'informations nécessaires à l'identification des connaissances et également la dynamique des organisations humaines dans lesquelles sont échangées et utilisées les connaissances. Cette caractéristique doit guider la spécification des interactions entre les agents.

2.4 Les interactions

Dans un environnement les agents interagissent selon des modes de coopération, de concurrence ou de coexistence pour résoudre un problème donné [Chaib-Draa 96]. Selon Ferber, une interaction est une mise en relation dynamique de deux ou plusieurs agents suite à une série d'actions au cours desquelles les agents sont en contact les uns avec les autres soit directement, soit par l'intermédiaire d'autres agents de l'environnement. Pour interagir, ces agents doivent être capables de communiquer entre eux. Un point crucial des systèmes multi-agents est donc la communication. En effet comme l'explique Ferber [Ferber 99] : « *Sans communication, l'agent n'est qu'un individu isolé, sourd et muet aux autres agents, renfermé sur sa boucle perception-délibération-action. C'est parce que les agents communiquent qu'ils peuvent coopérer, coordonner leurs actions, réaliser des tâches en commun et devenir ainsi de véritables êtres sociaux* ».

Les systèmes multi-agents se fondent généralement sur deux approches pour définir la communication entre agents : soit, ils communiquent par le biais d'une mémoire commune, c'est le cas des modèles de tableau noir, soit les agents s'envoient directement des messages les uns aux autres. La communication par envoi de messages pouvant se décliner suivant des modèles allant des langages d'acteurs proposés par [Hewitt 1977] jusqu'aux conversations basées sur un ACL (Agent Communication Language).

Pour gérer les connaissances, les agents doivent interagir et s'échanger les informations et connaissances. Pour ce faire, ils doivent communiquer en utilisant une vue partagée de la représentation des connaissances qu'ils manipulent. Cette vue peut être obtenue par l'utilisation d'une ontologie. Dileo souligne l'importance des ontologies dans les SMA pour spécifier le domaine d'information du système [Dileo 02]. En effet, nous pensons que sans une représentation conceptuelle des connaissances du domaine, les agents ne peuvent pas assurer des activités telles que l'annotation, l'organisation ou l'échange de connaissances.

2.5 Des agents aux Systèmes Multi-Agents

Demazeau propose de définir un système multi-agents comme un ensemble d'agents potentiellement organisés qui interagissent dans un environnement commun [Demazeau 01]. L'approche Voyelles présentée par l'auteur consiste ainsi à considérer que l'analyse, le design, l'implémentation et le déploiement d'un système multi-agents peuvent être étudiés en fonction de quatre aspects fondamentaux : Agents (architectures internes des agents), Environnement (le milieu dans lequel évoluent les agents), Interaction (les moyens par lesquels les agents interagissent) et Organisation (les moyens utilisés pour structurer l'ensemble des entités). Nous complétons ces caractéristiques d'un SMA avec la définition proposée par Ferber [Ferber 99] :

Un système multi-agents est :

- Un système multi-agents est un système composé des éléments suivants ;
- Un environnement E , disposant en général d'une métrique ;
- Un ensemble d'objets O , auxquels on peut associer une position E à un moment donné. Ces objets (hormis les agents) sont passifs : les agents peuvent les percevoir, les créer, les détruire et les modifier ;
- Un ensemble d'agents A , lesquels représentent les entités actives du système ;
- Un ensemble de relations R , qui unissent les objets entre eux ;
- Un ensemble d'opérateurs Op permettant aux agents de A de percevoir, produire, consommer, transformer et manipuler des objets de O ;
- Et, des opérateurs chargés de représenter l'application de ces opérations et la réaction du monde à cette tentative de modification, que l'on appellera les lois de l'univers.

Le domaine des SMAs s'intéresse donc aux comportements collectifs générés par les interactions entre différentes entités autonomes appelées agents. Ainsi, la conception d'un système multi-agents comprend les modalités de communication et la définition des interactions entre ces agents. Toutefois, il est à noter que [Wooldridge 00], [Dignum 04], [Cossentino 05] et [Bresciani 01] défendent une approche de conception prenant en compte la description des rôles des agents, de leurs buts et l'organisation des groupes qui vont composer le SMA. Nous

évoquons, dans la prochaine section, cette approche organisationnelle utilisée dans les SMA et basée sur l'étude des aspects coopératifs et sociaux dans les organisations.

3. Approche organisationnelle utilisée dans les SMA

Afin de spécifier notre SMA dédié à la gestion des connaissances métier, nous utilisons une approche organisationnelle pour prendre en compte les aspects sociaux et coopératifs des projets de conception. Dans cette section nous décrivons les avantages d'une telle approche. Plusieurs approches organisationnelles, existent, nous présentons dans cette section le modèle organisationnel RIO basé sur les concepts de rôle, interaction et organisation. Nous expliquons ensuite pourquoi nous avons choisi ce modèle.

2.1 La métaphore sociale

Les travaux sur les interactions et la coopération dans les systèmes multi-agents ont abouti à la proposition de nombreux modèles utilisant des concepts sociaux. On retrouvera ainsi des concepts tels que les « rôles », les « groupes », les « communautés » qui rappellent les caractéristiques sociales des organisations humaines.

Les travaux dans le domaine des SMA prennent en compte les aspects sociaux de deux manières : une vision comportementale ou une vision structurelle. La première, considère l'agent comme la source de la structure sociale qui communique avec les autres agents du SMA en prenant en compte ses objectifs, ses tâches, etc. Le point de vue structurel, quant à lui, détermine une structure organisationnelle pour le SMA en définissant les communautés d'agents, les interactions, les rôles... L'agent est alors un élément de l'organisation qui respecte les objectifs, et les normes de l'organisation.

[Foisel 99] dresse les caractéristiques des organisations dans les SMA :

- La dualité entre la structure statique de description de société abstraite et dynamique du processus d'organisation ;
- L'origine non définie du processus d'organisation, qui peut être imposé par le concepteur ou initié, construit et adapté par le système lui-même ;
- La nécessité d'adaptation d'une organisation, due à l'absence d'une structure optimale : la société d'agents doit pouvoir remettre en cause son fonctionnement pour mieux s'adapter à un environnement changeant.

De nombreuses définitions des organisations d'agents ont été proposées, nous citons celle de [Dignum 04b] qui contribue à souligner l'aspect social des organisations d'agents tout en spécifiant le devoir pour les agents de tenir compte des objectifs du groupe pour atteindre leurs propres buts. :

Définition : Les organisations d'agents peuvent être vues comme des ensembles d'entités et leurs interactions, régulées par des mécanismes d'ordre sociaux et créées par des acteurs autonomes pour accomplir un but commun.

Nous complétons cette définition par celle de [Guizzardi 06] qui aborde la notion de connaissances et souligne l'importance des échanges à l'intérieur des organisations :

Définition: Une organisation d'agents est une communauté de partage de connaissances dans laquelle les agents collaborent et échangent des connaissances pour réaliser leurs activités.

D'autre part, [Ferber 03] liste les avantages de l'approche organisationnelle pour le domaine de système multi-agents :

- La *modularité* : les organisations peuvent être vues comme des unités spécifiant le comportement de leurs membres. Ainsi, la conception du SMA est facilitée par la définition de règles pour chaque unité ;
- Les *architectures multiples* : l'approche organisationnelle ne restreint pas l'architecture interne de l'agent, ce qui permet de pouvoir implémenter tout type de modèle au niveau de l'agent ;
- L'*hétérogénéité des langages* : les groupes d'agents sont considérés comme des espaces d'interactions. A l'intérieur de ces groupes, les moyens spécifiques de communication peuvent être utilisés sans modifier l'architecture globale du SMA ;
- La *sécurité des applications* : tous les agents d'une organisation communiquent entre eux sans intervention du milieu extérieur. Cette caractéristique permet d'éviter les problèmes liés à la sécurité dans le SMA.

Les avantages des approches organisationnelles ont été repris dans les méthodologies de conception de SMA telles que GAIA [Wooldridge 99], OPERA [Dignum 04a], et MESSAGE [Caire 01]. De plus, plusieurs (méta)-modèles organisationnels ont été proposés tels que Aalaadin [Ferber 99], MOCA [Amiguet 00], MOISE [Hannoun 02] et RIO [Hilaire 00]. Nous détaillons, dans la suite de ce chapitre, le méta-modèle RIO et nous justifions son utilisation pour nos travaux.

2.2 Le modèle organisationnel RIO

Ce modèle présenté dans [Hilaire 00] est basé sur les concepts de Rôle, d'Interaction et d'Organisation (RIO) :

- Le *Rôle* est une abstraction d'un comportement dans un contexte précis, ce qui lui procure un statut particulier dans l'organisation. Le rôle donne à l'entité qui l'interprète le droit d'exercer ses capacités. Il peut interagir avec d'autres rôles dans la même organisation. Les relations entre les rôles et les agents sont dynamiques. À n'importe quel moment, un agent peut jouer un nouveau rôle et quitter celui qu'il avait auparavant ;

- L'*Interaction* naît entre deux rôles lorsqu'une action du premier rôle produit une réaction chez le second ;
- L'*Organisation* est définie par une série de rôles, leurs interactions et un contexte commun.

RIO prend en compte la notion de décomposition des organisations. Elle est présentée comme un mécanisme de raffinement des rôles et des organisations. Une organisation est vue comme un rôle dans une autre organisation. Ces dernières sont interdépendantes puisqu'elles appartiennent à la même organisation mère. Pour illustrer cette notion, nous pouvons prendre l'exemple du processus de conception composée de phases qui peuvent être modélisées en organisations. Dans le processus les phases sont composées d'activités qui sont alors modélisées comme des organisations ayant un rôle particulier dans l'organisation mère modélisant la phase.

Les concepteurs du modèle RIO ont établi une notation pour représenter les organisations, les rôles et les interactions. Un rectangle désigne un rôle, un trait représente une interaction entre rôles et un rectangle qui inclut d'autres rectangles désigne une organisation. La figure 2.1 représente deux organisations constituées respectivement de quatre et trois rôles en interactions.

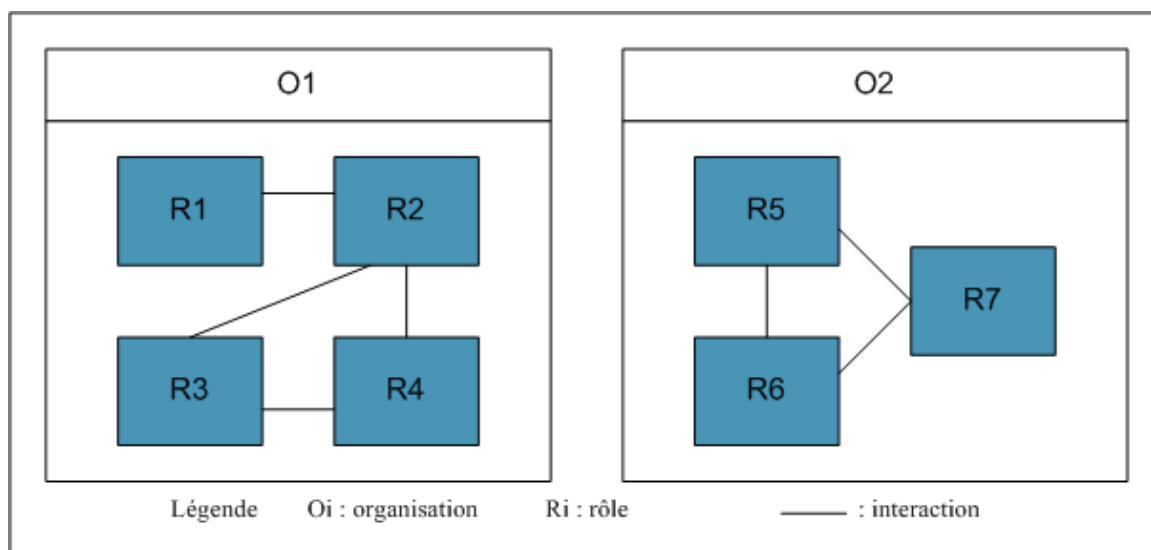


Fig. 2.1. Représentation de deux organisations

Les rôles et les interactions sont les abstractions des composantes d'une interaction entre entités. Quelle que soit l'interaction, elle se déroule toujours dans un environnement qui est par exemple constitué par les objets manipulés par les entités ou par ce qui est considéré comme externe aux entités. Ces changements peuvent être assimilés à des interactions qui interviennent entre l'environnement et les rôles. Pour représenter la partie de l'environnement qui intervient dans une interaction, on utilise, un rôle particulier : le rôle environnemental. Un rôle environnemental abstrait une

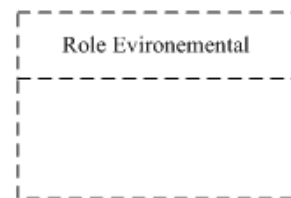


Fig.2.2 : Rôle Environnemental

partie de l'environnement avec lequel d'autres rôles sont en interaction. Le rôle environnemental est représenté avec un rectangle en pointillé (figure 2.2).

Le modèle RIO considère deux niveaux d'abstraction :

- Le niveau organisation : ce niveau considère le système comme une société artificielle ou organisation composée d'entités abstraites, appelées rôles et de leur interaction ;
- Le niveau agent : c'est à ce niveau que s'effectue la conception du système en termes d'agents. Les rôles sont encapsulés par des agents en s'appuyant sur des critères de conception : regroupement de rôles fortement liés par les ressources nécessaires à leurs réalisations ou pour des raisons d'efficacité.

La figure 2.3 présente ces deux niveaux, en montrant des instances d'organisation, de rôles, d'agents et leurs relations. La description de chaque niveau s'appuie sur des concepts bien identifiés. Le concept de niveau supérieur est l'organisation qui représente la projection de la mission globale du système selon un point de vue donné. Le système est lui-même vu comme étant une macro-organisation. Par exemple, dans une entreprise, un service ou le comité d'entreprise peuvent être considérés comme des organisations. La mission d'une organisation se décline en termes de rôles en interaction. Un rôle est l'abstraction d'un comportement ou d'une fonctionnalité et peut être rattaché à un statut. Les rôles interagissent pour assurer la mission de l'organisation. Le niveau agentification structure les rôles autour des agents qui les mettent en œuvre.

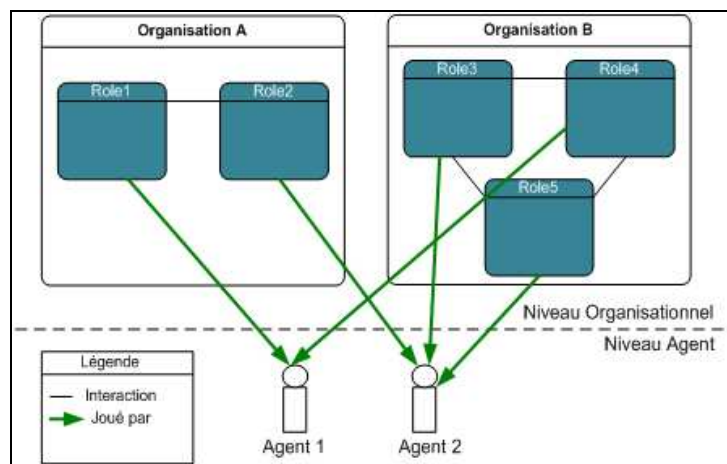


Fig. 2.3. Les niveaux organisation et agent

Nous avons choisi le modèle RIO puisque ses concepts peuvent être utilisés pour modéliser un projet de conception. On peut modéliser les activités de conception à l'aide d'organisation, les actions des acteurs métier à travers leurs rôles et l'échange des connaissances à travers les interactions entre les rôles dans une organisation. Avec ce modèle organisationnel, nous pouvons ainsi modéliser chaque activité de conception en mettant en évidence l'implication des rôles des acteurs et leurs interactions (ce travail est décrit dans le chapitre 3). Cette modélisation guide la spécification de notre système multi-agents (la conception de SMA est présentée dans le chapitre 4).

4. Intérêt des SMAs pour la gestion des connaissances

La gestion des connaissances s'applique souvent à des environnements où les informations utilisées par les acteurs sont distribuées et hétérogènes. De nombreux travaux utilisent les agents comme solution pour gérer ces diverses sources d'informations et apporter une représentation unifiée des connaissances de nature distribuée et hétérogène.

[Klusch 99] 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 implémentés pour définir deux catégories de SMA dédiés à la gestion des connaissances : les SMAs basés sur la coopération entre les agents afin de traiter les problèmes complexes liés à la nature des connaissances et les SMA proposant des agents assistants qui gèrent les connaissances en fonction des intérêts des acteurs.

3.1 Des agents coopératifs pour la gestion des informations hétérogènes et distribuées

Dans cette catégorie de SMA, certains utilisent les agents comme des entités autonomes (à l'image des employés d'une entreprise). Les coopérations entre ces agents génèrent une dynamique complexe. Les plus connus sont les SMAs gérant les réseaux d'échanges Peer-to-Peer [Guizzardi 04], [Nejdl 02]. Les interactions entre les agents sont alors destinées à l'échange de ressources.

D'autres SMA sont spécialisés dans la recherche et le partage d'informations. Ils utilisent les travaux sur les négociations, la mobilité, et la collaboration entre agents [Klusch 00]. Ces SMA utilisent des modèles de préférences des utilisateurs pour reconnaître et fournir les informations aux utilisateurs [Delgrado 00] [Preece 00]. Ces SMA sont utilisés en e-Commerce pour détecter des informations telles qu'«un client qui a acheté cet article a également acheté ces autres articles...».

3.2 Des agents assistants pour gérer les connaissances des acteurs

Dans cette catégorie, les agents sont conçus pour exhiber des comportements flexibles, proactifs et réactifs en fonction des besoins de leurs utilisateurs [Barthès 02], [Tacla 03], [Champin 03]. D'autres travaux complètent cette approche en intégrant la capacité pour les agents de gérer des ressources distribuées et de résoudre des problèmes complexes tels que la coordination de la diffusion des connaissances dans une communauté de pratique [Guizzardi 06]. Certains de ces SMAs ont été conçus en complément d'outils de gestion de l'information (workflow, ontologies, système de recherche d'informations...) pour donner naissance à des plates-formes telles que FRODO [Abecker 03], CoMMA [Gandon 02b] Edamok [Bonifacio 02] ou encore KRAFT [Preece 00]. Ces travaux ont donné naissance au concept de « Multi-Agent Information System » (MAIS) [Gandon 02]. Un MAIS est un système multi-agents dont l'objectif est de fournir des fonctionnalités pour gérer et exploiter des informations distribuées (fournir des accès, mettre à jour des ressources, associer des ressources hétérogènes...).

D'autre part, Van Elst dans [Van Elst 04] propose d'utiliser les deux catégories de SMA introduites précédemment afin de prendre en compte les aspects collectifs d'un domaine tout en respectant les désirs et objectifs des acteurs du domaine. Cette approche est appelée « Agent-Mediated Knowledge Management » (AMKM). Les agents AMKM sont structurés en organisation d'agents avec une description de leurs rôles ainsi que des configurations rendant possibles leurs interactions. Ces systèmes facilitent la gestion des connaissances dans des environnements dynamiques. C'est un premier pas vers la prise en compte des aspects collectifs et sociaux du domaine pour la spécification de SMA dédié à la gestion des connaissances. Grâce à ces éléments, le système peut déterminer les connaissances à capitaliser et anticiper les besoins des acteurs lors de la réalisation de leurs activités. Une des approches de spécification de SMA prenant en compte les éléments cités, est la modélisation d'organisations d'agents.

3.3 La perception de la structure sociale des organisations pour mieux anticiper les besoins en gestion des connaissances

Les connaissances créées, utilisées et partagées sont souvent issues d'un environnement où les acteurs ont besoin d'interagir pour accomplir leurs objectifs commun et individuels. Le nombre et le comportement des participants ne peuvent pas être fixés a priori. Cela impose au système des qualités de flexibilité, d'adaptation et de réaction en fonction des changements de l'environnement.

Dans le domaine de la gestion des connaissances, de nombreux travaux [Nonaka 95], [Dieng-Kuntz 01] expliquent que les processus et systèmes de gestion des connaissances sont dépendants de la structure organisationnelle régissant les activités des acteurs. Cette structure organisationnelle est généralement prise en compte par la spécification d'une architecture du SMA matérialisant les droits de partage et d'accès des ressources.

Il est donc nécessaire de mettre en corrélation l'approche de gestion des connaissances et les aspects sociaux des organisations. Plus le système s'inspire de la structure organisationnelle de l'environnement, plus il sera efficace pour s'adapter au changement et au besoin de connaissances des acteurs.

Les interactions dans les environnements nécessitant une gestion des connaissances (équipe projet, entreprise) sont complexes. Cependant, ces interactions sont à l'origine du partage d'information, de la prise de décision et de la résolution des problèmes. Elles requièrent des aspects sociaux que les agents peuvent intégrer. De notre point de vue le paradigme agent est adapté pour intégrer ses aspects sociaux à partir d'approche de spécification organisationnelle. Un SMA dédié à la gestion des connaissances doit supporter :

- La gestion des informations quelque soit leur nature ;
- Une capitalisation transparente ou semi-transparente pour les acteurs;
- Les processus organisationnels complexes mis en œuvre par les acteurs ;

La perception par les agents de la dynamique des organisations humaines leur permet de mieux anticiper les besoins des acteurs et de mieux identifier la création et le partage des connaissances dans l'environnement. Nous présentons dans les chapitres 6 notre approche de conception du SMA en prenant en compte le modèle organisationnel du processus (cf. chapitre 3) utilisé par les acteurs lors des projets de conception.

5. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté quelques aspects du domaine des systèmes multi-agents ainsi que les approches organisationnelles utilisées dans les SMAs. Nous avons montré que l'évolution des méthodes de spécification des SMAs, notamment celles basées sur des approches organisationnelles où les phénomènes sociaux (rôles, interactions, habiletés...) sont pris en compte, offrent de nouvelles possibilités pour la gestion des connaissances. Nous pensons qu'une modélisation organisationnelle des processus complexes utilisés par les humains, apporte une plus grande possibilité au SMA pour gérer les connaissances distribuées et hétérogènes. Ainsi, les sociétés, les rôles, les capacités et les interactions des agents doivent être inspirés des groupes, rôles, compétences et interactions des acteurs métier afin de concevoir un SMA capable d'identifier les connaissances à capitaliser, s'assurer une capitalisation semi-transparente et anticiper les besoins en connaissances des acteurs métier lors de leurs activités de conception.

Nous présentons dans le chapitre suivant notre analyse et modélisation du processus de conception selon une approche organisationnelle. Ce modèle organisationnel permet d'identifier les rôles, leurs interactions et les connaissances qu'ils utilisent et partagent tout au long du processus de conception. Il guide la conception de notre système multi-agents dédié à la gestion des connaissances en conception.

Partie - II

Modélisation du domaine et cartographie des connaissances

Chapitre 3

Modélisation organisationnelle du processus de conception

Dans le premier chapitre, nous avons présenté les modèles de processus de conception qui coordonnent les activités de conception à réaliser dans les projets de développement de produits mécaniques. Dans ces projets les acteurs métier travaillent ensemble pour réaliser un objectif commun tel que, par exemple, améliorer les performances d'un produit existant. Les acteurs du projet utilisent et partagent leurs connaissances et savoir-faire pour accomplir les tâches qui permettront d'atteindre l'objectif fixé.

La capitalisation de ces connaissances peut-être facilitée en utilisant un modèle qui met en évidence les interactions entre les acteurs métier, sources d'échanges d'informations et de connaissances. Un tel modèle doit également refléter la structure organisationnelle du projet avec ses aspects sociaux afin que le système de gestion des connaissances puisse identifier les connaissances à capitaliser et les besoins en connaissances des acteurs durant leurs activités.

Nous présentons, tout d'abord, le processus de conception de l'entreprise Zurfluh-Feller. Nous nous basons sur ce processus existant, dont les caractéristiques sont similaires aux modèles publiés dans la littérature, pour établir le modèle organisationnel du processus de conception. Notre démarche de modélisation est fondée sur le méta-modèle RIO. Nous présentons dans ce chapitre une partie du modèle organisationnel correspondant à la phase « Étude détaillée » ; phase incontournable de tous les projets de conception. Nous terminons ce chapitre par la synthèse des connaissances métier identifiées à l'aide du modèle organisationnel.

Sommaire

1. Notre approche de gestion des connaissances	75
2. Notre approche de gestion des connaissances	77
2.1 Description du processus de l'entreprise Zurfluh-Feller	77
2.2 LDescription du processus de l'entreprise Zurfluh-Feller	78
3. La modélisation organisationnelle	80
3.1 Principe	80
3.2 Les notions de compétences et de connaissances associées au rôle	81
4. Modélisation de la phase 'Étude détaillée'	84
4.1 Les organisations de la phase 'Étude détaillée'	84
4.2 Les rôles et leurs objectifs	85
4.3 Modèle organisationnel de la phase 'Étude détaillée'	86
5. Cartographie des connaissances fondée sur le modèle organisationnel	90
5.1 Identifier les connaissances lors du processus de conception	90
5.2 Les connaissances pertinentes sélectionnées	92
6. Conclusion	95

1. Notre approche de gestion des connaissances

Comme nous l'avons expliqué dans les chapitres précédents, les informations et les connaissances métier utilisées par les acteurs des projets de conception, doivent être gérées afin d'améliorer l'efficacité du processus de conception et du développement de produits dans un contexte d'ingénierie collaborative et simultanée. Nous présentons dans la suite de ce document notre démarche de gestion des connaissances. Elle s'inspire de plusieurs approches citées dans la littérature et présentées dans le chapitre 1, section 3 :

- L'approche sociale et coopérative [Zacklad 01] avec une modélisation des activités métier et une représentation des coopérations, des rôles des acteurs métier, de leurs compétences, etc. ;
- L'approche ascendante et descendante [Zacklad 01] avec une modélisation du domaine pour établir une cartographie des connaissances à capitaliser. Par ailleurs le système de gestion des connaissances interagit avec les experts pour valider et évaluer les connaissances. Il utilise également les informations issues des résultats des activités métier pour identifier les connaissances à archiver ;
- L'approche organisationnelle [Dieng-Kuntz 01] avec la définition d'un modèle de mémoire de projet permettant d'indexer et d'organiser les connaissances du domaine.

En effet, en utilisant une approche sociale et coopérative, nous souhaitons identifier les connaissances nécessaires à capitaliser à partir de l'étude des interactions entre les acteurs dans les équipes projet. Cette démarche permet d'obtenir une identification des connaissances échangées et garantit une capitalisation et une réutilisation plus aisée. En effet, l'étude des rôles des acteurs et de leurs interactions, matérialisant l'échange des connaissances lors des activités, permet d'obtenir un modèle guidant la capitalisation au fil de l'eau du projet et la réutilisation des connaissances métier. Nous présentons dans ce chapitre la modélisation organisationnelle du processus de conception afin de représenter les rôles, leurs interactions, leurs compétences et leurs connaissances, mises à jour tout au long des projets de conception. Cette analyse du domaine permet ainsi d'obtenir une cartographie des connaissances générées, utilisées et partagées dans l'objectif de les capitaliser.

À partir de cette identification des connaissances métier, nous pouvons à la fois les structurer en s'appuyant sur les caractéristiques des activités coopératives des acteurs (rôles des acteurs dans l'activité, objectifs de l'activité...) et proposer une structure des concepts du domaine. Cette approche ascendante aboutit à la définition d'un modèle de mémoire de projet (cf. chapitre 4) guidant la structuration des connaissances ainsi que la manière de les présenter aux acteurs. La mémoire de projet sert également à pérenniser et à stocker les connaissances métier utilisées par une équipe projet.

Cette démarche est complétée par une définition des concepts, de leurs relations et attributs constituant une ontologie du domaine des projets de conception (cf. chapitre 5). La sémantique et le vocabulaire décrit dans l'ontologie permettent au système de gestion des connaissances de structurer les informations capitalisées selon le modèle de mémoire de projet et de procurer les moyens de raisonner.

Notre approche de gestion des connaissances est finalisée par la conception d'un système multi-agents capable de piloter la gestion des connaissances à travers les trois éléments présentés (modèle organisationnel du processus de conception, ontologie du domaine et mémoire de projet). Les agents sont utilisées ici pour gérer les informations hétérogènes et distribuées, et s'inspirent de la structure sociale des projets à travers le modèle organisationnel du processus de conception pour :

- Identifier les connaissances à capitaliser lors des activités de conception à l'aide du modèle organisationnel ;
- Assurer une capitalisation assistée et semi-transparente des connaissances métier tout au long du projet ;
- Anticiper les besoins en connaissances des acteurs selon leurs rôles et leurs positions dans le processus de conception ;

La figure 3.1 illustre notre approche globale de gestion des connaissances :

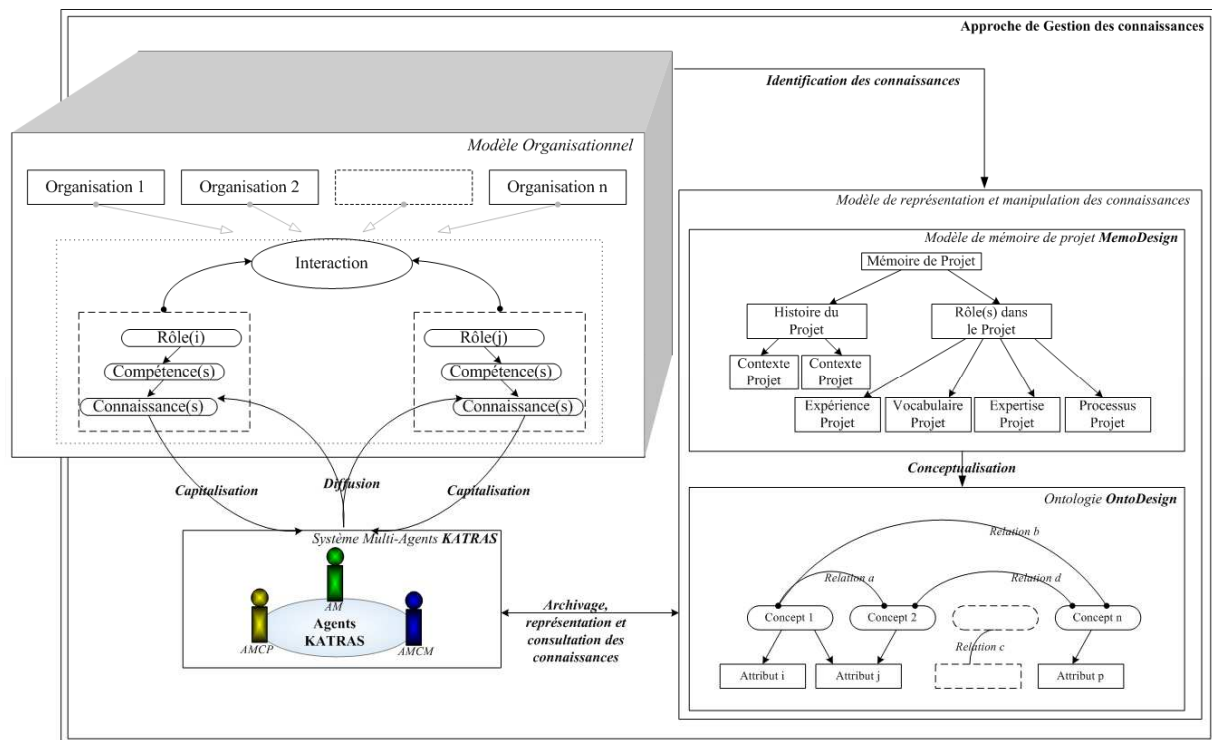


Fig. 3.1 : Notre approche globale de gestion des connaissances

La figure 3.1 présente le premier élément fondateur de notre travail de recherche, à savoir le modèle organisationnel du processus de conception (présenté dans ce chapitre). Le modèle organisationnel proposé permet d'obtenir une cartographie des connaissances utilisées lors des projets. Ces connaissances sont ensuite organisées sous la forme d'une mémoire de projet appelée MemoDesign (second élément fondateur de notre approche). Elles sont ensuite conceptualisées et spécifiées grâce à une ontologie de domaine appelée OntoDesign (troisième élément fondateur). Le quatrième composant de notre approche est le système multi-agents, appelé KATRAS. Il

permet de capitaliser, archiver et proposer une assistance à la réutilisation des connaissances. Les trois derniers composants, cités ci-dessus, sont détaillés dans les trois prochains chapitres.

La première partie de ce chapitre, présente le processus de conception de l'entreprise Zurfluh-Feller. Ce processus possède des similitudes (nom des phases, activités, livrables, etc.) avec les processus de conception publiés dans la littérature. Nous utilisons ce processus existant pour définir un modèle organisationnel du processus de conception. Nous présentons dans une seconde partie notre démarche de modélisation organisationnelle fondée sur le méta-modèle RIO. Nous avons utilisé cette démarche pour modéliser l'ensemble des activités du processus de l'entreprise. Dans un souci de clarté pour le lecteur, nous nous limitons à ne présenter qu'une phase du processus : la phase d'étude détaillée. Nous terminons le chapitre par une synthèse des connaissances identifiées dans le modèle organisationnel, sélectionnées et validées par les acteurs métier pour composer la mémoire de projet.

2. Le processus de conception

2.1 Les composants du processus de conception

Le processus de conception 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. Une phase est constituée d'un ensemble d'activités. Chaque activité peut être elle-même composée de sous-activités. À l'issue de l'activité, un livrable est créé. Cela peut être par exemple, un rapport ou un élément du produit. La phase quant à elle, délivre un état du produit tel qu'un concept ou un prototype. Le processus de conception est ainsi composé d'une série d'activités réalisées par les acteurs métier.

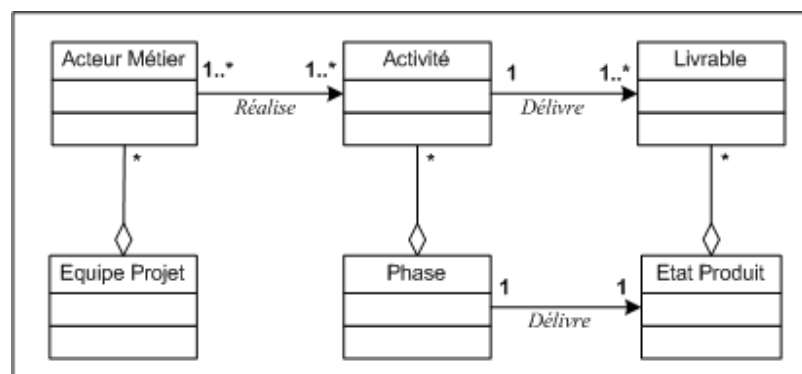


Fig. 3.2 : Composants du processus de conception

Le diagramme UML de la figure 3.2 présente le modèle structurel du processus de conception avec ses composants et leurs relations. Nous prenons en compte ses éléments lors de notre approche de modélisation. Les phases et les activités sont modélisées par des organisations. Nous représentons les rôles des acteurs. Le rôle permet de déterminer le comportement de l'acteur durant l'activité à travers ses interactions, ses compétences et les connaissances qu'il utilise et

qu'il partage. Un acteur peut jouer plusieurs rôles et un rôle peut être interprété par plusieurs acteurs. Le livrable est le résultat de l'activité. Dans le modèle organisationnel, il correspond au résultat de l'interaction. L'état du produit est contenu dans les informations et les connaissances associées au résultat de l'interaction.

Les phases du processus de conception sont les mêmes pour tous les projets de développement de produit. Selon le type de conception, (routinière ou innovante), le chef de projet détermine les activités nécessaires à la réalisation du produit. Généralement, en conception routinière la phase d'étude préliminaire est allégée puisque les concepteurs ont déjà développé des produits similaires. En conception innovante, l'ensemble des activités est appliqué pour le développement du produit. Nous décrivons un processus de conception existant, celui de l'entreprise Zurfluh-Feller.

2.2 Description du processus de l'entreprise Zurfluh-Feller

Nous considérons l'exemple du processus de l'entreprise Zurfluh-Feller pour définir un modèle organisationnel global du processus de conception. Nous présentons dans ce paragraphe les caractéristiques de ce processus. Ce processus a été formalisé à la suite de l'analyse et du suivi de plusieurs projets dans l'entreprise

Les travaux menés au sein de l'entreprise nous ont permis d'identifier, de formaliser, de valider avec les acteurs et de représenter le processus existant [Monticolo 06]. Celui-ci (figure 3.3) décrit les activités métier à réaliser regroupées en quatre phases : identification des besoins, étude préliminaire, étude détaillée et industrialisation. Chacune des phases contient une série d'activités (labellisées : A12 à A13 pour la phase A1, A21 à A2C pour la phase A2, etc.). Elles sont accomplies simultanément pour réaliser les livrables : cahier des charges, les concepts, le prototype et les préséries. Si ces livrables ne répondent pas aux attentes de l'équipe projet, certaines activités de la phase sont de nouveau réalisées (boucle de rétroaction au niveau du processus de conception).

Le processus nécessite l'intervention de l'ensemble des acteurs métier dès les premières phases du projet. Dans le contexte d'ingénierie concourante déjà évoqué au chapitre 1, les acteurs métier sont réunis en équipe autour d'une conception commune d'un produit. Ils contribuent simultanément à la conception du projet, du produit et du process en accomplissant des activités métier de manière collaborative. Le processus de conception peut être complet ou allégé selon le type de conception (routinier ou innovant). Dans le cas d'une conception routinière, les phases de début de projet (étude de faisabilité et étude préliminaire) sont allégées soit en terme de durée, soit en terme de suppression d'activités. Dans le cadre d'une conception innovante, cette tendance est inversée et la durée des deux premières phases devient importante. Cela est dû à la difficulté de trouver de nouveaux concepts et de les prototyper. Dans ce cadre, des activités telles que l'analyse fonctionnelle et la recherche de solutions peuvent être réitérées et demandent plus de temps que lors d'une re-conception. Nous avons identifié trois types de projets dans l'entreprise d'accueil :

- Les projets 'routiniers' où le produit est développé en partie ou totalement à partir de composants déjà conçus (concepts et architecture connus, mais configuration et valeurs des paramètres inconnues) (cf. figure 1.1, chapitre 1) ;

- Les projets ‘retour qualité’ où les acteurs métier procèdent à une re-conception du produit. Dans ce type de projet, la phase d’identification du besoin n’est pas réalisée. La phase d’étude préliminaire est accomplie entièrement puisque de nouvelles configurations du produit doivent être créées. Les phases suivantes d’études et d’industrialisation sont plus rapides puisqu’il est rare pour une re-conception que la matière du produit diffère et que les procédés d’industrialisation soient modifiés.
- Les projets ‘innovants’ où les acteurs métier développent un nouveau produit et parcourent l’ensemble des étapes du processus de conception (seuls les concepts de base sont connus) ;

Les projets respectant le processus de conception de l’entreprise ont une durée de six à dix-huit mois et sont accomplis par des équipes pluridisciplinaires (concepteurs mécaniciens, chargés méthode injections plastique, chargés méthode presse, techniciens laboratoires...). Chaque projet fait intervenir entre quinze et vingt acteurs métier dans le service de Recherche et Développement.

La figure 3.3 liste les phases et les activités métier du processus de conception utilisé dans l’entreprise. Les activités citées sont souvent décomposables en sous activités lorsqu’elles présentent une complexité particulière. Elles sont numérotées chronologiquement, mais leur déroulement n’est pas séquentiel comme le présente la vision graphique du processus global.

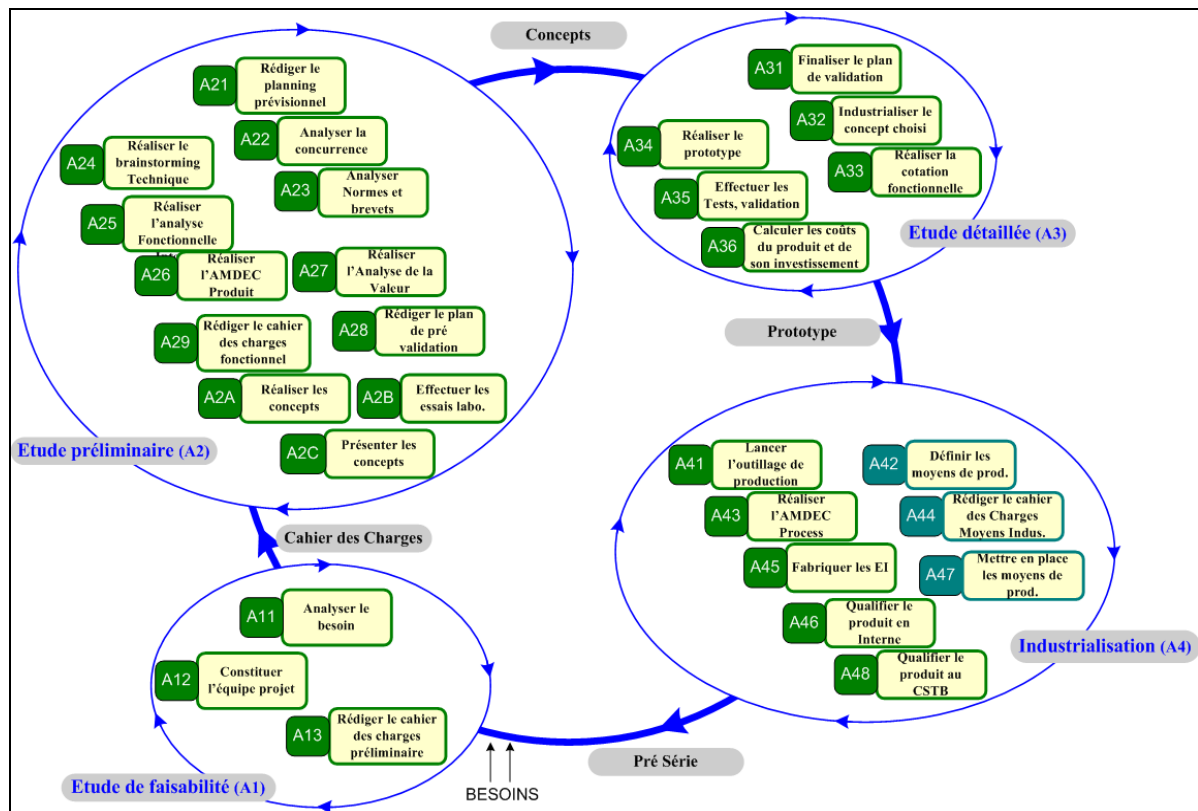


Fig. 3.3 : Le processus de conception utilisé dans l’entreprise

Le processus de l'entreprise est composé de phases similaires au cycle coopératif et rétroactif présenté par Gomes [Gomes 02] (cf. section 2.2.2, chapitre 2). Il est composé de quatre phases aboutissant au développement d'un livrable qui spécifie un état du cycle de vie du produit. Tout comme les processus simultanés publiés dans la littérature, le processus de Zurfluh-Feller possède des activités réalisées simultanément et l'ensemble des acteurs métier participe au projet dès la première phase. La majorité des activités (rédiger le cahier des charges, réaliser le prototype, etc.) sont appliquées à d'autres projets de développement de produit. De plus les rôles observés lors des projets sont des rôles utiles à tout projet de conception (concepteur mécanicien, dessinateur CAO, technicien méthode, etc.). Nous pensons donc que le modèle organisationnel du processus de conception créé à partir de celui de l'entreprise Zurfluh-Feller peut être généralisé à d'autres processus de conception.

3. La modélisation organisationnelle

3.1 Principe

Pour la modélisation du processus de conception, nous utilisons le méta-modèle organisationnel RIO [Hilaire 00] (cf. chapitre 2, section 2). Rappelons que les concepts de base de ce modèle sont l'organisation, l'interaction et le rôle.

Les trois concepts du méta-modèle RIO conviennent parfaitement pour modéliser le processus de conception. Nous représentons une activité de conception par une organisation. Dans cette organisation nous représentons les rôles des acteurs métier en interaction. L'interaction symbolise la collaboration entre les acteurs qui s'exprime par la réalisation d'un livrable (objectif de l'organisation/activité) et le partage des connaissances entre les rôles. Ainsi, à l'aide de RIO, nous représentons une phase du processus par organisation divisible en activités qui sont elles-mêmes représentées par des organisations. (cf. figure 3.4).

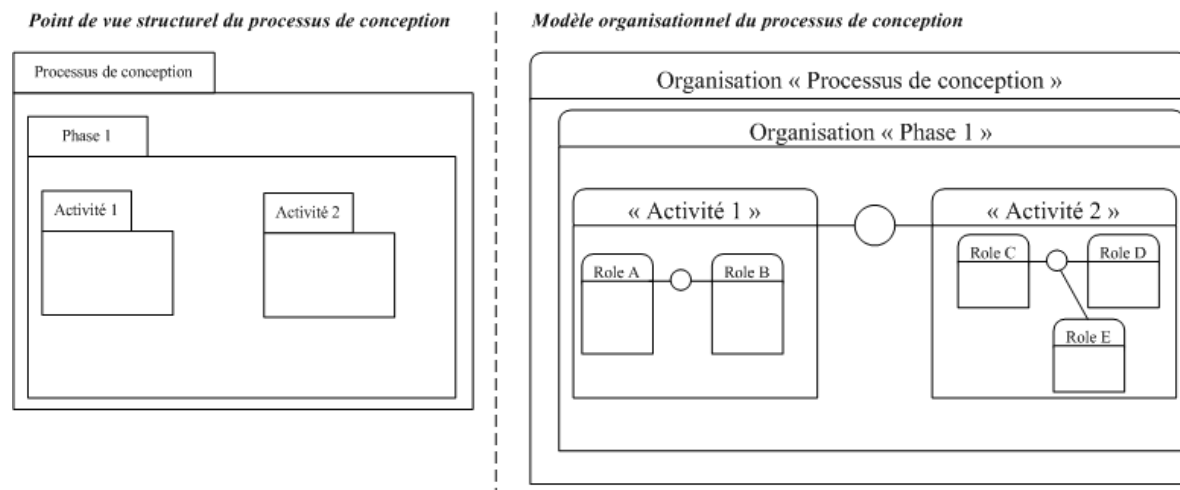


Fig. 3.4 : Approche organisationnelle de modélisation du processus

La hiérarchisation des activités est représentée par un mécanisme de raffinement des rôles et des organisations. Deux organisations en interaction sont représentées par des rôles dans l'organisation qui les contient. Par exemple dans la figure 3.4, les deux organisations 'Activité 1' et 'Activité 2' sont des rôles pour l'organisation 'Phase 1'. Ces organisations sont dépendantes entre elles, puisqu'elles appartiennent à la même organisation mère. Ainsi, chaque activité du processus de conception peut être raffinée en plusieurs organisations. Lors de notre démarche nous avons modélisé une activité pour une organisation. L'activité dans le processus de conception a une granularité suffisante pour représenter les rôles des acteurs et leurs interactions. Toutefois certaines activités faisant intervenir de nombreux rôles, ont été raffinées afin de représenter quels rôles étaient en interaction dans le groupe.

3.2 Les notions de compétences et de connaissances associées au rôle

L'approche organisationnelle met l'accent sur les rôles assurés par les acteurs métier participant à un projet de conception. Nous pensons qu'un rôle se sert d'une ou de plusieurs de ses compétences pour atteindre les objectifs de l'organisation. Chaque compétence est mise en œuvre à l'aide des connaissances que détient le rôle. Par exemple, un dessinateur CAO peut se servir de sa compétence 'établir une maquette numérique du produit' uniquement s'il possède les connaissances relatives à la géométrie du produit. Le méta-modèle RIO ne permet pas de représenter explicitement les compétences et les connaissances utilisées par le rôle lorsque celui-ci interagit avec d'autres rôles dans la même organisation. Nous proposons dans cette section de rendre explicite les notions de compétences et de connaissances associées à un rôle.

3.2.1 La compétence

Lors du processus de conception, les acteurs utilisent plusieurs compétences pour réaliser les activités métier. La compétence est définie au niveau individuel de la manière suivante :

Définition « *la compétence est la capacité pour un individu de mettre en œuvre ses connaissances et de valoriser son savoir-faire dans un cadre professionnel* » [Le Bortef 02].

La compétence est donc vue comme une action que l'acteur est en mesure de réaliser en utilisant une ou plusieurs de ses connaissances. Ainsi, nous prenons en compte, dans le modèle organisationnel, le concept de 'Compétence' associé au rôle.

La figure 3.5 présente le concept de compétence dans le modèle organisationnel. La compétence comporte un verbe symbolisant une action. Il correspond à l'action que peut réaliser le rôle dans l'organisation. Par exemple, la compétence être capable d' '*Analyser le besoin client*' signifie que le rôle auquel elle est associée est en mesure de réaliser l'action correspondante c'est-à-dire l'analyse du besoin client. Un rôle acquiert ainsi des compétences lorsqu'il participe aux activités métier et qu'il réussit à atteindre l'objectif fixé. Par exemple, le rôle '*Assistant technique commercial*' qui participe à l'activité '*Analyser le besoin client*' et qui réussit dans la mission confiée, acquiert la compétence qui consiste à « être capable d'analyser le besoin client ». Par conséquent, à l'intérieur d'une organisation, nous modélisons le rôle avec la ou les compétences qu'il utilise pour satisfaire les objectifs de l'organisation.

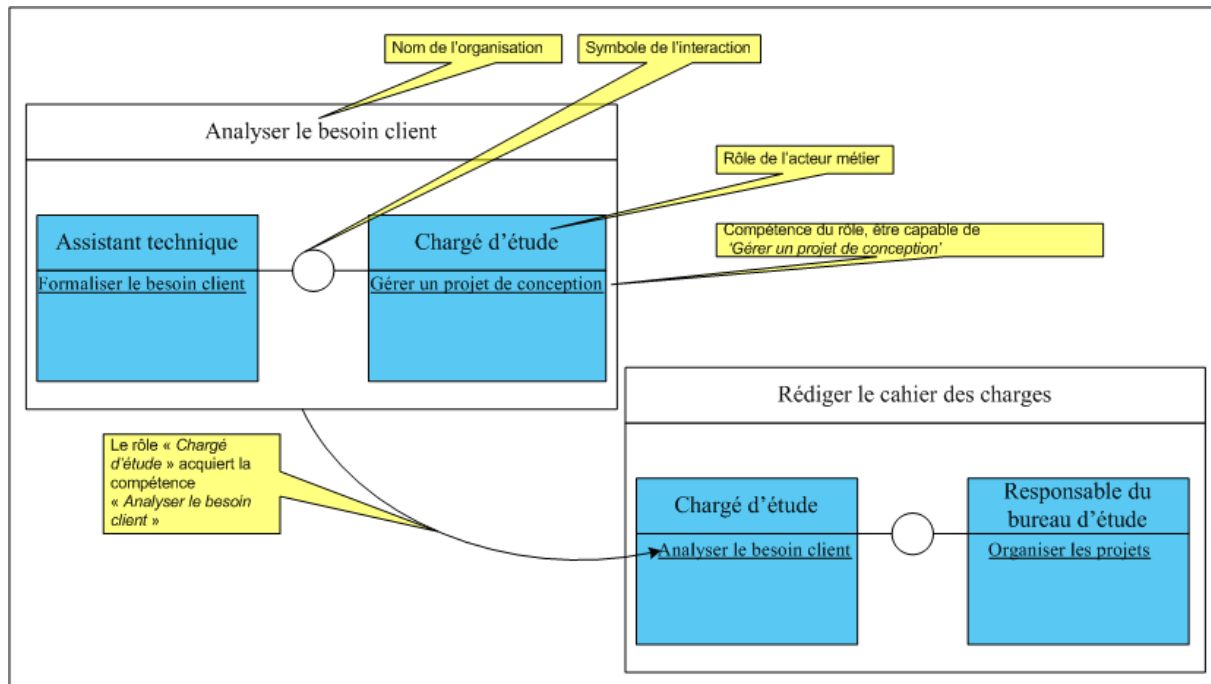


Fig. 3.5 : La compétence associée au rôle

3.2.2 La connaissance

La compétence utilisée par le rôle nécessite une ou plusieurs connaissances pour être mise en œuvre. Chaque compétence est ainsi associée à une série de connaissances permettant de la caractériser. Le diagramme UML de la figure 3.4 décrit le modèle RIO en représentant les notions de compétence et de connaissance associées au rôle. Un rôle possède une ou plusieurs compétences dans l'organisation. Chaque compétence requiert une ou plusieurs connaissances pour être utilisée. Ces connaissances sont partagées lors de l'interaction entre les rôles.

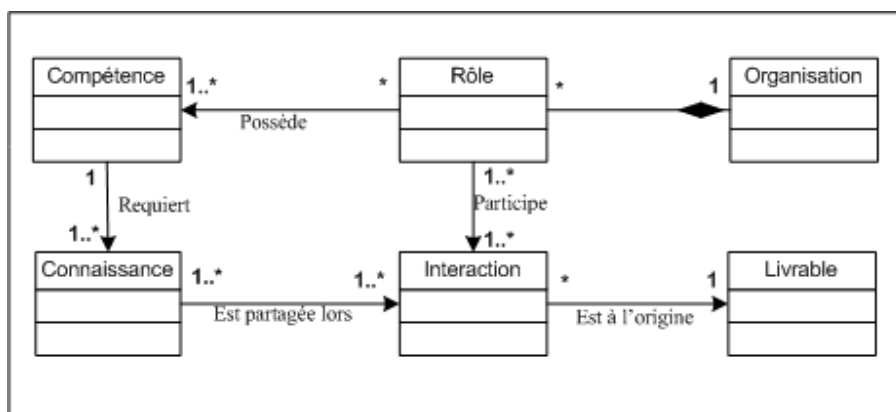


Fig. 3.6 : Modèle RIO et notions de Compétence et de Connaissance

La connaissance est l'interprétation par un acteur métier d'une information définie dans un contexte précis (cf. chapitre 2, section 1.1). Pour chaque organisation, nous prenons en compte la notion de 'connaissances' telle qu'elle est définie devant les travaux de Von Krogh [Von Krogh 95] qui, à travers le concept d'«autopoïèse», suggère que par essence la connaissance ne peut être transmise et reconnue que par l'interaction. Le même point de vue est partagé par Durand [Durand 97] qui explique que la connaissance est une composante de la 'Compétence' et qu'elle est créée lors de l'apprentissage par interaction, c'est-à-dire par la création et le partage des connaissances entre les acteurs.

Dans le modèle organisationnel, la connaissance peut être vue comme une composante du rôle associée à une des compétences qu'il utilise (cf. figure 3.6). La connaissance est ainsi partagée lors des interactions entre les rôles. La compétence peut être mentionnée comme une information (ou sa source) placée dans le contexte de l'organisation (cf. figure 3.7).

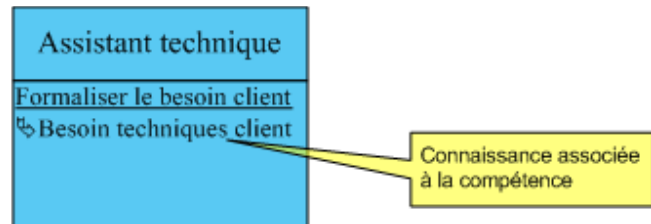


Fig. 3.7 : La connaissance dans le modèle organisationnel

Par exemple, l'entité '*Besoins techniques client*' est par nature une donnée. L'information déduite de cette donnée, consiste à savoir si ces 'besoins techniques du client' sont spécifiés et avec quelle valeur. De plus, l'information est située dans le contexte de l'organisation telle que '*Rédiger le cahier des charges*'.

Dans ce contexte, un rôle tel que l'«*Assistant technique commercial*» interprète, utilise et partage cette connaissance pour accomplir l'objectif de l'organisation : la rédaction du cahier des charges. Sans cette connaissance et la ou les compétences associées (à savoir être capable de '*Rédiger le cahier des charges*'), le rôle n'est pas en mesure d'atteindre son objectif.

La figure 3.8 propose une représentation graphique d'une organisation :

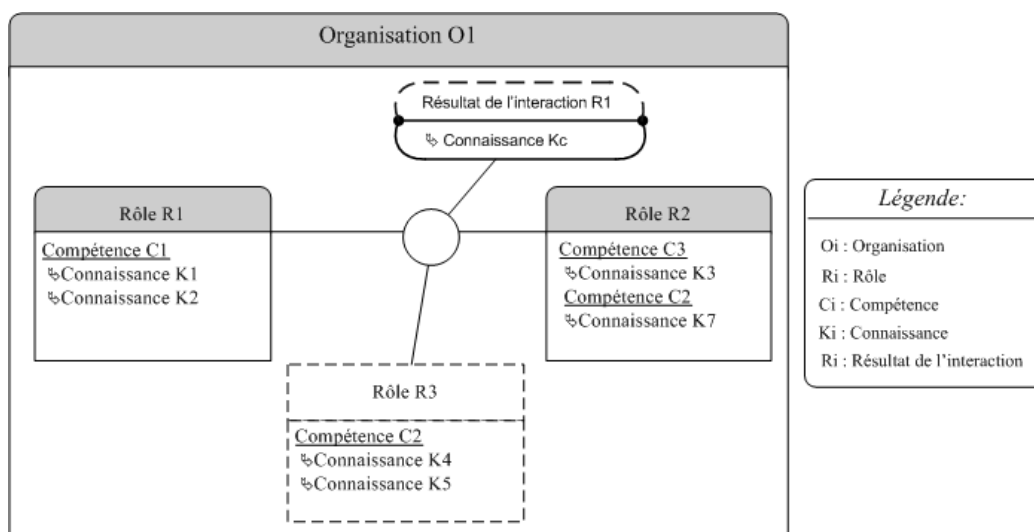


Fig. 3.8 : Représentation graphique d'une organisation

L'organisation est représentée dans un cadre principal. Elle est composée de rôles représentés par des rectangles. Un rectangle dont les contours sont en pointillés correspond à un rôle environnemental. Chaque rôle possède au moins une compétence représentée par son intitulé souligné. La compétence peut être lu en y associant l'expression « être capable de ». Par exemple, la compétence 'Rédiger le cahier des charges ' signifie : être capable de 'Rédiger le cahier des charges '. Chaque compétence est agrégée d'au moins une connaissance introduite par le symbole '⌘'. L'interaction est illustrée par un cercle relié par des segments aux rôles. Un rectangle aux extrémités arrondies est également relié à ce cercle. Il représente les résultats de l'interaction avec, dans sa partie supérieure, le livrable, c'est à dire l'objectif de l'organisation et dans sa partie inférieure, la liste des connaissances associées au résultat de l'interaction entre les rôles.

4. Modélisation de la phase 'Étude détaillée'

Nous appliquons l'approche de modélisation organisationnelle au processus de l'entreprise Zurfluh-Feller. Le modèle organisationnel est établi à partir de l'ensemble des phases et activités du processus de l'entreprise. Afin de ne pas surcharger notre présentation, nous nous limitons dans cette section à décrire la modélisation de la phase 'Étude détaillée'.

4.1 Les organisations de la phase 'Étude détaillée'

L'identification des organisations dans le processus de conception établit une décomposition organisationnelle du processus et détermine les objectifs de chaque organisation. Les organisations correspondent aux phases et activités du processus. Lorsque nous observons de nombreux rôles dans une organisation, nous raffinons l'activité en plusieurs organisations afin de représenter explicitement les interactions entre les rôles. Cette décomposition aboutit à une hiérarchie d'organisations.

La phase d'étude détaillée est composée de six activités (cf. figure 3.3). Elle aboutit à la réalisation d'un prototype à partir du concept élaboré dans la phase précédente. Dans l'entreprise, les activités de la phase d'étude détaillée ne sont pas décomposées en sous-activités. De ce fait, nous obtenons six organisations pour la modélisation de cette phase (cf. figure 3.9) :

- *Finaliser le plan de validation*: L'objectif de cette organisation est de spécifier les tests à réaliser pour vérifier que le prototype est conforme aux spécifications du cahier des charges et répond aux normes européennes ;
- *Industrialiser le concept choisi*: L'industrialisation du concept consiste à définir les méthodes et moyens de production permettant sa fabrication. Cet objectif est complété par la planification de l'industrialisation ;
- *Réaliser la cotation fonctionnelle* : Dans cette organisation, les rôles ont pour objectif commun d'établir et de réajuster l'ensemble des cotes fonctionnelles du concept selon des changements constatés après l'activité d'industrialisation.

- *Réaliser le prototype* : Il s'agit là de fabriquer le prototype à l'aide des méthodes et des moyens de production choisis auparavant. Ce prototype doit être fabriqué en respectant les cotes fonctionnelles spécifiées.
- *Effectuer les tests de validation* : Les tests de validation consistent à appliquer les protocoles spécifiés dans le plan de validation et à vérifier que le prototype répond aux normes et aux spécifications du cahier des charges ;
- *Calculer les coûts du produit et de son investissement* : L'objectif de cette organisation est d'estimer le prix de développement du produit en fonction de ses coûts (matières, ingénierie, industrialisation...);

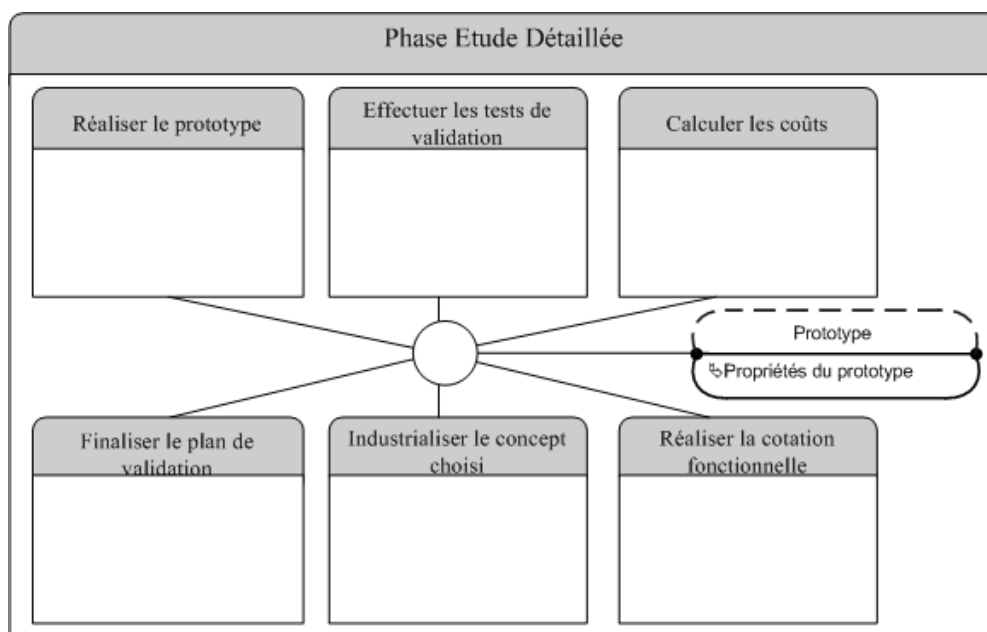


Fig. 3.9 : L'organisation de la phase d'étude détaillée

4.2 Les rôles et leurs objectifs

Après avoir déterminé les organisations correspondantes à la structure du processus et correspondants à ses phases, nous identifions les organisations de plus bas niveau relatives aux activités et animées par les rôles des acteurs métier. Lors de la phase d'étude détaillée, nous avons identifié sept rôles :

- *Le Concepteur* : ce rôle principal est à l'origine de la réalisation des concepts. Il participe à toutes les organisations de la phase. Son objectif est de s'assurer que le concept choisi peut donner naissance à un prototype ;
- *Le Chargé méthode injection* : il propose des solutions pour le choix des procédés d'injection nécessaire à la réalisation du prototype et ses composants ;

- *Le Chargé méthode presse* : il a pour mission de choisir le procédé d'emboutissage permettant de développer le prototype et ses composants ;
- *Le responsable atelier injection*: l'acteur métier ayant ce rôle précise les moyens techniques d'injection possibles ainsi que leurs disponibilités. Il planifie le développement du prototype ou de ses composants dans l'atelier injection ;
- *Le responsable atelier presse*: tout comme le rôle précédent, il précise les moyens techniques possibles, pour l'emboutissage presse. Il planifie également le développement du prototype ou de ses composants dans l'atelier presse ;
- *Le responsable des achats*: l'acteur ayant ce rôle a pour mission d'analyser et de définir le coût des matières utilisées pour réaliser le prototype. Il est responsable des relations avec les fournisseurs ;
- *Le technicien du laboratoire d'essais* : il a pour objectif de réaliser les essais d'endurance et de fiabilité du prototype conformément au plan de validation et aux recommandations de l'organisme de certification.

4.3 Modèle organisationnel de la phase 'Étude détaillée'

Les compétences et les connaissances associées aux rôles sont définies à partir de l'analyse et du suivi des activités dans l'entreprise. Nous présentons à présent, en détail, les six organisations composant le modèle de la phase d'étude détaillée :

- *Finaliser le plan de validation* (figure 3.10): cette organisation est composée des rôles 'Concepteur' et 'Technicien laboratoire'. Le concepteur utilise deux de ses compétences : 'Réaliser les concepts' et 'Rédiger le cahier des charges'. Chacune de ces compétences nécessite respectivement des connaissances sur la spécification du concept et des contraintes liées au produit pour être utilisée dans cette organisation. Le résultat de l'organisation est la rédaction du 'Plan de validation'. Notons que 'les tests de validation' du produit représentent une connaissance qui est issue du résultat de l'interaction entre les deux rôles de l'organisation ainsi définie. En effet, les rôles se partagent leurs connaissances et les utilisent pour rédiger le plan de validation. Ce livrable contient alors de nouvelles informations et connaissances ;

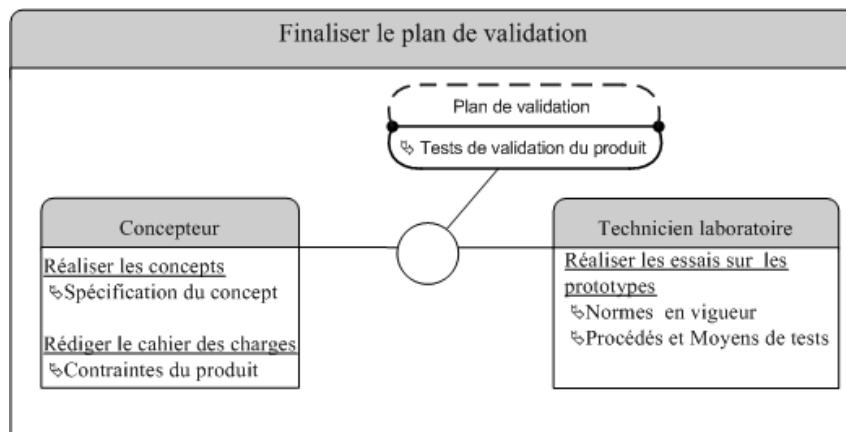


Fig. 3.10 : Organisation Finaliser le plan de validation

- *Industrialiser le concept choisi* (figure 3.11): trois rôles interagissent dans cette organisation pour satisfaire les deux objectifs : définir les méthodes et les moyens de production;

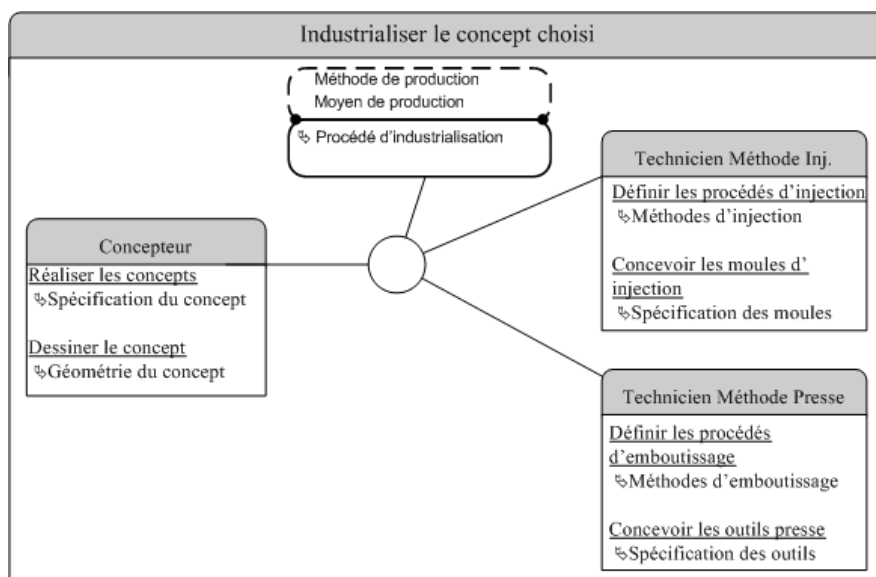


Fig. 3.11 : Organisation 'Industrialiser le concept choisi'

- *Réaliser la cotation fonctionnelle* (figure 3.12): cette organisation est animée par les trois mêmes rôles que la précédente. Ces rôles s'échangent leurs connaissances sur les cotes obtenues après la réalisation d'un échantillon du prototype et sur les cotes prévues lors de la conception. Le résultat de ces interactions correspond à la définition des cotes définitives du produit ;

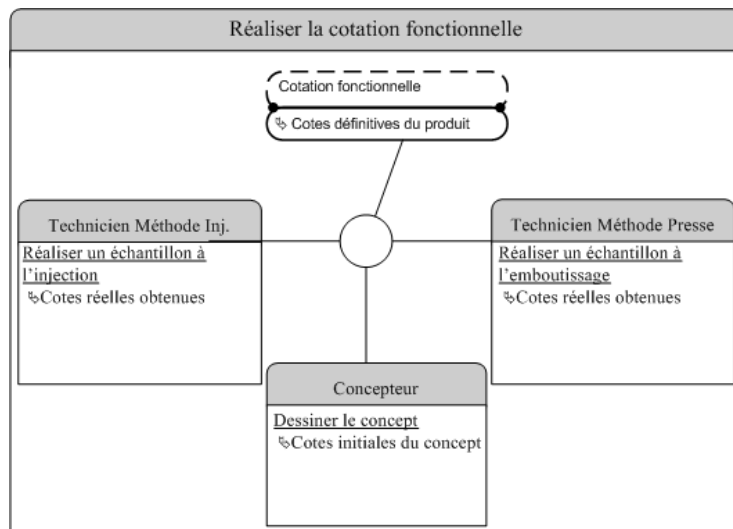


Fig. 3.12 : Organisation 'Réaliser la cotation fonctionnelle'

- *Réaliser le prototype* (figure 3.13): deux nouveaux rôles viennent participer à cette organisation : le responsable atelier injection et le responsable atelier presse. Les trois autres rôles utilisent la compétence 'Réaliser la cotation fonctionnelle' et les connaissances sur les 'Cotes définitives du produit' qu'ils ont acquis dans l'organisation précédente;

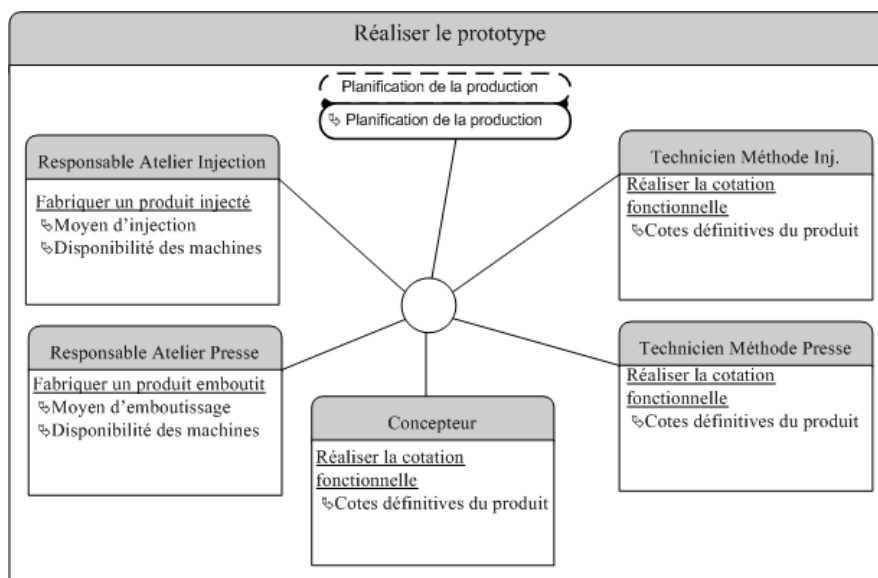


Fig. 3.13 : Organisation 'Réaliser le prototype'

- *Effectuer les tests de validation* (figure 3.14): deux rôles interagissent dans cette organisation, le 'Concepteur' et le 'Technicien laboratoire'. L'objectif de l'organisation est de réaliser les essais sur le prototype défini dans le plan de validation. Le concepteur utilise sa connaissance sur les contraintes fonctionnelles du produit pour vérifier que le prototype répond bien à l'ensemble des fonctionnalités spécifiées dans le cahier des

charges. Le technicien laboratoire utilise ses connaissances sur les normes en vigueur pour vérifier que le produit répond aux exigences de l'organisme de qualification ;

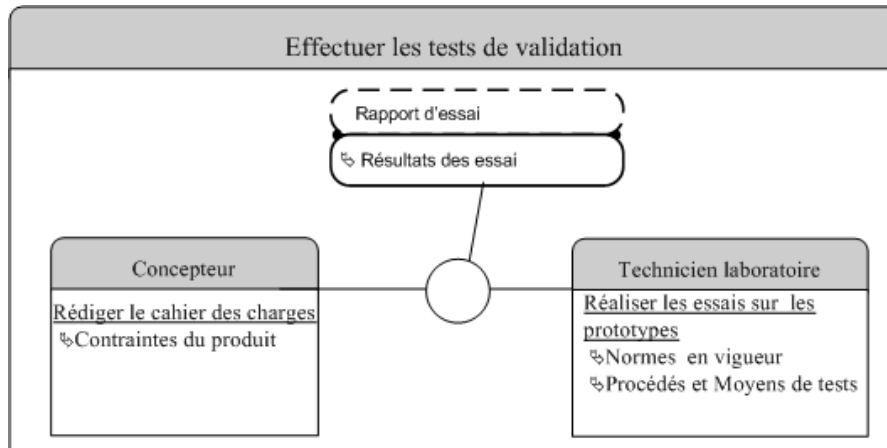


Fig. 3.14 : Organisation 'Effectuer les tests de validation'

- *Calculer le coût du produit* (figure 3.15): cette organisation a pour objectif de déterminer le coût de revient du produit. Le rôle 'Concepteur' doit alors utiliser trois connaissances : les coûts d'ingénierie, les coûts des matières et les coûts de fabrication. Ce rôle interagit avec le rôle 'Responsable achat'. Ce dernier apporte les connaissances sur les prix de la matière fixés par les fournisseurs.

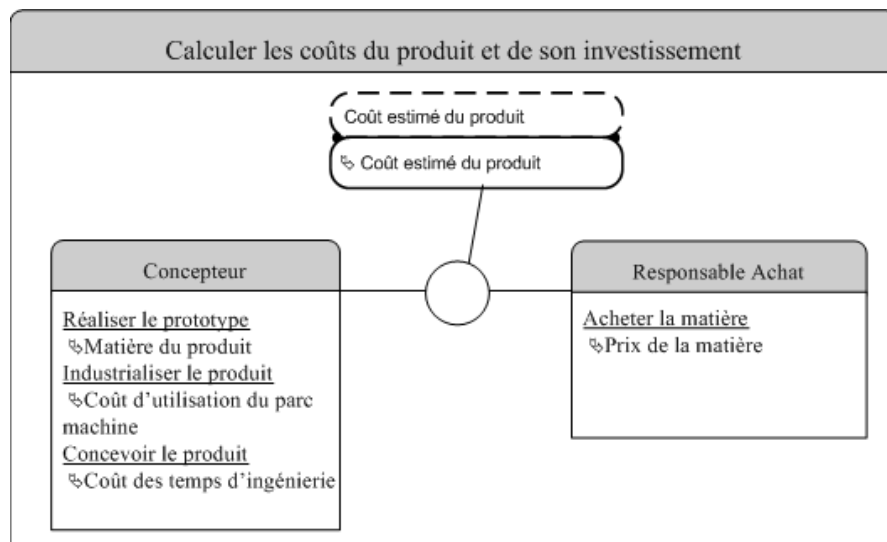


Fig. 3.15 : Organisation 'Calculer les coûts du produit et de son investissement'

La modélisation de la phase d'étude détaillée, est composée de six organisations. Le modèle obtenu permet d'identifier les connaissances utilisées et partagées dans cette phase. Nous présentons dans la section suivante la cartographie des connaissances métier du processus de conception.

5. Cartographie des connaissances fondée sur le modèle organisationnel

Le modèle organisationnel définit une cartographie des connaissances et permet d'identifier les connaissances pertinentes à capitaliser dans un projet. Cette identification constitue l'étape à réaliser avant d'envisager un système de gestion des connaissances. Elle nécessite une analyse précise du processus afin de déterminer les connaissances que l'on doit préserver, développer ou abandonner. La modélisation centrée sur les rôles, leurs interactions, leurs compétences ainsi que leurs connaissances, permet de définir pour chaque activité du processus, les connaissances créées, utilisées et partagées par les acteurs.

5.1 Identifier les connaissances lors du processus de conception

Le modèle organisationnel du processus de conception détermine pour chaque connaissance :

- L'activité métier dans laquelle elle a été utilisée;
- Le rôle et la compétence de l'acteur métier qui utilise cette connaissance;
- Les rôles des acteurs métier avec qui cette connaissance a été partagée;

Grâce à tous ces éléments, le modèle organisationnel du processus de conception positionne chaque connaissance dans un contexte organisationnel précis. Il devient ainsi un référentiel pour les connaissances métier. L'ensemble des organisations procure une liste de connaissances contextualisées mais non classées et non typées. La figure 3.16 présente notre démarche d'identification des connaissances à partir du processus de conception.

Chaque activité du processus fait l'objet d'une modélisation organisationnelle. Le modèle organisationnel obtenu permet d'identifier les connaissances à capitaliser en fonction des organisations, des rôles et des compétences des acteurs métier. Nous pouvons ainsi classer ces connaissances par compétences et par rôles. Ce travail permet de définir quel rôle utilise, partage ou génère chaque type de connaissance. Nous utiliserons par la suite cette approche pour capitaliser les connaissances selon le rôle des acteurs métier.

Toutefois seuls les experts métier, c'est-à-dire les membres des équipes projet sont en mesure de préciser quelles sont les connaissances à archiver parmi celles identifiées. Nous avons donc présenté les connaissances contenues dans le modèle organisationnel aux équipes projet pour qu'ils identifient, évaluent et valident les connaissances pertinentes que le système de gestion des connaissances devra archiver. A la suite de cette identification, nous mettons à jour le modèle organisationnel afin qu'il contienne uniquement les connaissances pertinentes à capitaliser et à réutiliser au fil des projets. Des exemples de ces connaissances sont listés dans le paragraphe suivant sous forme de tableaux pour les deux premières phases des projets de conception. Chaque connaissance possède un contexte puisqu'elle est positionnée par rapport à une activité du processus de conception.

Grâce à la modélisation organisationnelle du processus de conception, puis à la validation et l'identification des connaissances pertinentes par les acteurs métier, nous pouvons dresser une cartographie des connaissances qui seront organisées et capitalisées dans la mémoire de projet. La section suivante présente une synthèse de ces connaissances métier contenues dans le modèle organisationnel.

5.2 Les connaissances pertinentes sélectionnées

Nous présentons dans les deux sections suivantes une synthèse des connaissances pertinentes à capitaliser lors des projets de conception. Ces connaissances sont décrites dans des tableaux à trois colonnes. La première colonne concerne les activités de conception. La seconde colonne 'connaissances partagées' décrit les connaissances détenues par les rôles des acteurs métier qu'ils partagent lors des interactions avec les autres rôles pour accomplir l'objectif de l'activité. La troisième colonne 'connaissances nouvelles' liste les connaissances qui sont associées au résultat de l'interaction entre les acteurs métier. Cette identification des connaissances pertinentes à capitaliser est nécessaire à la construction de la mémoire de projet.

5.2.1 La phase d'étude de faisabilité

La phase d'étude de faisabilité représente les activités liées au démarrage du projet. Les acteurs métier analysent le marché, la concurrence, les besoins des clients pour formaliser au mieux la nécessité de développer un nouveau produit ou d'améliorer un produit existant. Cette phase se termine par la décision de concevoir ou non le produit. Pour prendre cette décision, les acteurs métier doivent disposer d'un maximum de connaissances sur les besoins, les fonctionnalités et les contraintes du produit. Le tableau 3.1 présente une partie des connaissances utilisées et partagées par les acteurs métier ainsi que les connaissances créées lors des activités métier durant la première phase du projet.

Activités Métier	Connaissances partagées	Connaissances nouvelles
•Analyser le besoin	-Prix du produit souhaité, -Volume estimé, - Besoins clients souhaités - Prix des produits internes	-Schémas des fonctionnalités, -Volume estimé -Fourchette de prix fixée
•Rédiger le cahier des charges préliminaire	-Schémas des fonctionnalités, -Volume estimé -Fourchette de prix fixée	-Fonctions du produit -Volume estimé
•Constituer l'équipe projet	-Ressources humaines disponibles, -Compétences présentes dans l'entreprise	-Liste des acteurs métier du projet -Liste des compétences utilisées

Tableau 3.1 : Connaissances à capitaliser lors de la phase d'étude de faisabilité

5.2.2 La phase d'étude préliminaire

La phase d'étude préliminaire est le cœur de la conception du produit. Les acteurs métier utilisent les méthodes de conception, telles que l'analyse fonctionnelle et l'analyse de la valeur pour déterminer la spécification des concepts. Ils collaborent également lors de séances de créativité pour déterminer les meilleurs concepts pour le développement du produit. Lors de cette

phase, de nombreuses connaissances sont générées. Le tableau 3.2 présente une partie de ces connaissances.

Activités Métier	Connaissances partagées	Connaissances nouvelles
•Définir le planning prévisionnel	-Délais fixés par le client	-Activités du projet planifiées
•Analyser la concurrence	-Prix des produits similaires concurrents -Fonctionnalités des produits concurrents -Avantages des produits -Inconvénients des produits	-Positionnement des produits internes par rapport à la concurrence -Comparatif des produits similaires
•Rechercher les brevets et normes existants	-Description des brevets -Sociétés dépositaires des brevets -Description des normes en vigueur	- Contraintes à fixer en conception pour éviter d'être dans le cadre d'un brevet existant -Tests à réaliser pour rendre le produit conforme aux normes
•Réaliser l'analyse fonctionnelle	-Caractéristique du besoin -Profil de vie du produit	-Fonctions du produit -Hiérarchie des fonctions -Caractérisation des fonctions
•Réaliser l'AMDEC Produit	-Description fonctionnelle du produit	-Organigramme fonctionnel du produit -Description des modes de défaillances -Tableau des effets des défaillances -Probabilités estimées des défaillances
•Réaliser l'analyse de la valeur	-Description fonctionnelle du produit	-Analyse des coûts par rapport aux fonctions -Evaluation des différentes alternatives -Descriptions des alternatives retenues
•Réaliser les concepts solutions	- Description des alternatives retenues - Description des fonctions et contraintes du produit	- Maquette numérique du produit -Spécification géométrique des concepts

Tableau 3.2 : Connaissances à capitaliser lors de la phase d'étude préliminaire

5.2.3 La phase d'étude détaillée

Lors de la phase d'étude détaillée, l'équipe projet choisit la meilleure solution parmi les concepts spécifiés en phase d'étude préliminaire. Ce concept-solution est utilisé pour concevoir un prototype qui est développé avec la bonne matière, le bon dimensionnement, mais sans utiliser les procédés d'industrialisation finaux. Les connaissances identifiées dans cette phase sont issues des organisations présentées en section précédente. Le tableau 3.3 en décrit quelques-unes.

Activités Métier	Connaissances partagées	Connaissances nouvelles
•Finaliser le plan de validation	-Spécification du concept -Contraintes du produit -Normes en vigueur -Procédés et moyen de tests	-tests de validation du produit
•Industrialiser le concept choisi	-Spécification du concept -Géométrie du concept -Méthodes d'injection -Spécification des moules d'injection -Méthodes d'emboutissage -Spécification des outils presse	-Procédés d'industrialisation
•Réaliser la cotation fonctionnelle	-Cotes réelles obtenues -Cotes initiales relatives au concept	-Cotes définitives du produit

Tableau 3.3 : Connaissances à capitaliser lors de la phase d'étude détaillée

5.2.4 La phase d'industrialisation

La phase d'industrialisation a pour objectif de mettre en place la fabrication en pré série du produit. Ce travail fait intervenir l'ensemble des corps de métier : les acteurs du bureau d'études, du bureau des méthodes et de la production. Ils travaillent ensemble pour déterminer les meilleurs procédés d'industrialisation pour le produit et pour sa qualification. La qualification permet à l'équipe projet de faire reconnaître que le produit répond aux normes en vigueur après l'examen par un organisme de certification. Les connaissances identifiées dans cette phase sont spécifiques à tous les procédés d'industrialisation (procédés de fabrication, procédés d'assemblage, traitement de surface...). Le tableau 3.4 liste quelques-unes de ces connaissances.

Activités Métier	Connaissances partagées	Connaissances nouvelles
•Préparer l'outillage de production	-Plans du produit	-Conception des outils de production -Desc. du processus de production
•Réaliser l'AMDEC Process	-Description du processus de production -Recommandations pour les défaillances à hautes probabilités	-Organigramme fonctionnel du process -Description des modes de défaillances -Tableau des effets des défaillances -Probabilités estimées des défaillances
•Fabriquer les échantillons d'industrialisation	-Plans du produit -Description du processus de production incluant les risques de défaillances	-Caractéristiques (dimensionnement, poids, géométrie...) des échantillons d'industrialisation
•Mettre en place les moyens de production	-Moyens de fabrication -Caractéristiques des machines -Caractéristique de l'outillage	-Processus de production du produit -Caractéristiques Matière -Planification de la production
•Qualifier le produit en interne	-Caractéristiques des échantillons d'industrialisation	-Résultat de la qualification interne du produit

Tableau 3.4 : Connaissances à capitaliser lors de la phase d'industrialisation

6. Conclusion

Les activités du processus de conception sont réalisées par plusieurs acteurs métier travaillant de manière collaborative et échangeant leurs connaissances et savoir-faire pour accomplir les mêmes objectifs. Afin de prendre en compte ces aspects sociaux, nous utilisons une approche de modélisation centrée sur les rôles des acteurs métier fondée sur le méta-modèle RIO. Nous obtenons ainsi un modèle organisationnel qui met en évidence l'implication des rôles, leurs interactions, les compétences et les connaissances au sein des organisations et sous-organisations correspondant aux phases et aux activités du processus de conception.

Dans ce chapitre nous avons présenté une partie de ce modèle organisationnel correspondant à une phase du processus de l'entreprise Zurfluh-Feller. Le modèle organisationnel global obtenu positionne chaque connaissance par rapport au processus de conception, et définit pour chacune d'elle, le ou les compétences qui la requièrent ainsi que le ou les rôles qui l'utilisent.

Le modèle organisationnel du processus est utilisé pour établir la cartographie des connaissances métier utilisées lors des projets de conception. Celle-ci débute par une identification des connaissances à partir de la modélisation du domaine, suivi de leur validation par les acteurs métier. À ce stade, nous obtenons une liste de connaissances pertinentes à capitaliser lors des projets de conception. Grâce au modèle organisationnel, cette liste de connaissances est ordonnée en fonction des organisations et des rôles du processus de conception.

L'étape suivante consiste à regrouper ces connaissances et à déterminer leur typologie et taxonomie. Ce travail aboutit à la spécification d'un modèle de mémoire de projet permettant d'indexer et de représenter les connaissances utilisées par l'organisation projet.

Chapitre 4

Le modèle de mémoire de projet MemoDesign

Le modèle organisationnel du processus de conception met en évidence les connaissances pertinentes à capitaliser lors des projets de conception. Ces connaissances sont positionnées dans un contexte précis qui est défini par les organisations.

D'autre part, une mémoire de projet est une représentation et une indexation explicite des connaissances utilisées par l'équipe projet. Un modèle de mémoire de projet sert donc à définir comment organiser et représenter les connaissances pertinentes décrites dans le modèle organisationnel du processus de conception. Un tel modèle doit être perçu par le système de gestion des connaissances afin que ce dernier puisse capitaliser et structurer les connaissances en vue de leurs réutilisations.

La première partie de ce chapitre est consacrée au regroupement des connaissances ainsi que l'élaboration de leur taxonomie en vue de définir le modèle de mémoire de projet appelé MemoDesign. La seconde partie présente, avec des exemples illustratifs, la construction de mémoires de projet à partir de MemoDesign. Le chapitre se termine par une comparaison entre MemoDesign et les modèles de mémoire de projet existants.

Sommaire

1. Introduction	99
2. Typologie et taxonomie des connaissances	100
2.1 Typologie des connaissances métier pour la mémoire de projet	100
2.2 Vue globale du modèle de mémoire de projet MemoDesign	105
3. Création de mémoires de projet à partir du modèle MemoDesign	106
3.1 Connaissances de types Contexte Projet	107
3.2 L'Évolution Projet	108
3.3 L'Expertise Projet	108
3.4 Le Processus Projet	109
3.5 L'Expérience Projet	109
3.6 Le Vocabulaire Projet	111
4. Comparaison des mémoires de projet existantes avec MemoDesign	111
5. Conclusion	118

1. Introduction

Par définition, la durée de réalisation d'un projet est limitée. Nous avons établi, à l'aide du modèle organisationnel présenté dans le chapitre précédent, une cartographie des connaissances utilisées lors de ces projets. A partir de cette cartographie nous souhaitons organiser et indexer les connaissances à capitaliser.

Dans le cadre des PME et PMI telles que Zufluh-Feller, les équipes projet sont souvent constituées des mêmes acteurs, mais les connaissances et savoir-faire acquis dans un projet ne sont pas formalisés pour être exploités. En général lorsque le projet est terminé, il ne subsiste que les résultats (délivrables) et informations (rapports, documentation au format papier ou numérique). Ballay [Ballay 99] explique, que même si à la suite d'un projet une équipe utilise l'expérience non formalisée des projets passés, dans la plupart des cas, "toute la mémoire de montage de l'opération, de coordination des tâches, d'élaboration des décisions, d'obtentions des résultats, a des chances de se perdre". Il apparaît alors comme essentiel de conserver une mémoire du projet pour formaliser et réutiliser toutes les connaissances créées. Par ailleurs, les projets qui échouent, c'est à dire qui n'aboutissent pas à une industrialisation, constituent des expériences à considérer pour analyser les erreurs commises.

Les connaissances utilisées lors du processus de conception proviennent de sources différentes et sont hétérogènes. Plusieurs travaux de recherche ont proposé des typologies de connaissances. Certains auteurs établissent ainsi une distinction entre la connaissance explicite et tacite [Nonaka 95] (cf. section 3.2, chapitre 1). La connaissance explicite est formalisée, codifiée en langage naturel. Cette formalisation est réalisée en utilisant une notation spécifique formelle ou semi-formelle (logique, UML,...). Cette notation rend la connaissance explicite transmissible. Elle se présente comme une connaissance objective ou scientifique qui est indépendante de celui qui sait. Elle est apprise par la réflexion ou l'étude et reflète l'expertise intellectuelle d'un individu. Par opposition à la connaissance tacite qui est individuelle, basée sur les expériences, les croyances, le caractère personnel, etc. Elle dépend également des compétences cognitives de la personne telles que l'intuition. Cette connaissance est difficile à formaliser. Cependant, Nonaka [Nonaka 95] explique que lors des interactions sociales telles que les collaborations, les connaissances tacites sont transformées en connaissances explicites et que les connaissances individuelles deviennent des connaissances organisationnelles. Lors de travaux [Djiaz 2006a], [Djiaz 2006b] en collaboration avec l'Université de Technologie de Troyes, nous avons abordé des critères de classification pour capturer les connaissances tacites et explicites afin d'alimenter les mémoires de projet. Toutefois, nous nous limitons, dans cette thèse, à la gestion des connaissances métier explicites.

L'objectif de ce chapitre est de définir un modèle de mémoire de projet, c'est-à-dire une architecture organisée permettant d'indexer les informations et connaissances pertinentes à capitaliser lors d'un projet en vue de les réutiliser lors d'activités métier futures. Nous reprenons la définition de Matta [Matta 00] sur la mémoire de projet :

“Une mémoire de projet peut être considérée comme étant une mémoire des informations et des connaissances acquises et produites au cours de la réalisation des projets”.

Nous complétons cette définition en y précisant que le second objectif des mémoires de projet, après la capitalisation et l'organisation des connaissances est leur réutilisation :

“La mémoire de projet est un modèle présentant l'organisation des informations et connaissances créées, utilisées et partagées lors d'un projet, en vue de leur réutilisation par les acteurs métier”.

2. Typologie et taxonomie des connaissances

Les travaux actuels sur les mémoires de projets présentent des méthodes pour capitaliser les connaissances au fil de l'eau des projets de conception dans l'objectif d'assurer l'historique des expériences passées. Ces méthodes fournissent une structuration des connaissances selon deux axes : la logique de conception et le contexte de la prise de décision.

Nous nous basons sur les travaux de recherche en gestion des mémoires organisationnelles présentés dans le chapitre 2, pour déterminer une typologie et une taxonomie qui sera la base du modèle de mémoire de projet. Ce modèle de mémoire de projet, appelé MemoDesign, est conçu pour indexer et représenter les connaissances pertinentes à capitaliser lors des projets de conception de systèmes mécaniques.

2.1 Typologie des connaissances métier

2.1.1 Deux axes de classification des connaissances

- **Un premier axe : l' « histoire du projet »**

Nous souhaitons développer une mémoire de projet pour archiver les connaissances pertinentes utilisées dans un projet qui seront réutilisables lors des projets futurs. Il est donc nécessaire de positionner ces connaissances dans un référentiel qui est le processus de conception. Chaque connaissance doit être placée dans un contexte précis. Ce contexte ne peut être expliqué qu'à l'aide d'une description du déroulement du projet, c'est-à-dire des activités réalisées dans le projet. Nous rejoignons donc l'idée d'un axe de classification dédié à la mémoire de caractéristiques de projets tel que le décrit Matta [Matta 00]. Les connaissances classées dans cet axe présentent l'historique du projet, son origine et son organisation. Ces connaissances sont vérifiées puisqu'elles sont basées sur des faits produits durant le projet. Nous nommons ce premier axe de la mémoire du projet l' « *Histoire du projet* ».

- **Un second axe : les « rôles dans le projet »**

Nous avons observé, lors de l'étape d'identification des connaissances, qu'un grand nombre de connaissances résulte des travaux et des collaborations entre les acteurs métier. D'après la modélisation organisationnelle du processus de conception, nous avons observé que les acteurs réalisent les activités métier en interprétant des rôles spécifiques. Chacun de ces rôles nécessite une ou plusieurs compétences mettant en valeur une ou plusieurs connaissances. Il est donc nécessaire de classer les connaissances selon les rôles des acteurs métier qui les utilisent. Nous définissons ainsi le second axe de la mémoire de projet où sont classées les connaissances

utilisées par les acteurs métier en fonction des rôles qu'ils interprètent. Cet axe est appelé « rôles dans le projet »

2.1.2 Regroupement et typologie des connaissances

Avant de pouvoir établir une classification des connaissances pertinentes à capitaliser, identifiées dans le chapitre précédent, nous avons procédé à leur regroupement. Nous avons ainsi établi six groupes de connaissances (tableau 4.1). Chaque groupe représente un type de connaissance que nous détaillons dans les paragraphes suivants :

- Le **Contexte Projet** regroupe les connaissances qui présentent le projet et les événements ou états des composants du projet. Par exemple, ces connaissances expliquent l'origine du projet aussi bien que les différents états du produit. Ces connaissances apportent un contexte à l'ensemble des connaissances de la mémoire de projet. Nous proposons ce type de connaissance afin de permettre aux acteurs métier de comprendre les événements du projet tels que son origine, les décisions des clients, les évolutions du produit, etc. ;
- L'**Évolution Projet** regroupe les connaissances liées au déroulement du projet tel que les dates, les noms d'activités, les retards constatés, etc. Nous proposons ce second type afin de positionner chaque activité et événements du projet sur un axe temporel. Cet axe permet de comprendre l'enchaînement des activités du projet.
- Le **Vocabulaire Projet** regroupe les connaissances permettant de rédiger un glossaire des termes techniques employés par les acteurs en fonction de leur domaine métier. Nous proposons ce type de connaissances pour aider les novices ou nouveaux employés de l'entreprise à comprendre les termes utilisés dans les différents services;
- L'**Expérience Projet** regroupe les connaissances décrivant les expériences métier rencontrées par les acteurs lors du projet. Ces expériences peuvent être des succès, des difficultés ou des échecs. Ce type de connaissances est proposé pour formaliser les expériences métier vécues par les acteurs lors des projets;
- Le **Processus Projet** regroupe les connaissances permettant d'établir les processus auxquels a participé l'acteur métier. Ce peut être les processus d'industrialisation, de marketing, etc. Nous proposons ce type de connaissances afin de capitaliser et proposer aux acteurs métier, les connaissances sur les processus utilisés pour chaque métier. Ces connaissances permettent d'améliorer et d'optimiser les processus industriels;
- L'**Expertise Projet** regroupe les connaissances permettant de décrire les règles métier utilisées par les acteurs. Chaque acteur utilise des règles en fonction de son domaine métier. Par exemple en mécanique les ingénieurs définissent des paramètres géométriques du produit à partir de formules mathématiques. Ces formules représentent des règles métier. Nous proposons ce type de connaissances afin d'organiser et de sauvegarder les savoir-faire des acteurs qui s'expriment à travers les règles métier qu'ils appliquent. La réutilisation de ces règles est utile aux novices pour comprendre le métier, mais également aux acteurs expérimentés pour optimiser leur temps d'ingénierie.

Nom du type de connaissances	Connaissances ciblées
Contexte du projet (ContexteProjet)	- Connaissances liées au déroulement du projet, - Connaissances présentant l'origine du projet - Connaissances décrivant l'organisation du projet - Connaissances décrivant les états du produit
Évolution du projet (EvolutionProjet)	- Connaissances concernant l'historique du déroulement du projet
Processus métier mis en place dans le projet (ProcessusProjet)	- Connaissances présentant l'enchaînement des activités réalisées, les interventions des acteurs métier et les informations manipulées pour chaque activité métier
Glossaire projet (GlossaireProjet)	- Connaissances définissant le vocabulaire utilisé par les différents corps de métiers
Expertise projet (ExpertiseProjet)	- Connaissances relatives aux règles métier utilisées et appliquées lors du développement du produit
Expérience projet (ExpérienceProjet)	- Connaissances présentant les erreurs, difficultés et échecs rencontrés lors du projet

Tableau 4.1 : Typologie des connaissances appliquée à l'échelle d'un projet

Les six types de connaissances (cf. tableau 5.1) que nous proposons ont été créés à partir de l'analyse des problèmes et des demandes utilisateur. Les types '*Contexte Projet*' et '*Évolution Projet*' contiennent les connaissances qui caractérisent le projet, elles appartiennent à l'axe '*Histoire du projet*'. Le *Contexte Projet* répond au besoin de se remémorer les conditions de réalisation d'un projet. L'*Évolution Projet* a été créée pour pouvoir positionner chaque événement du projet sur un axe temporel.

Les quatre autres types de connaissances sont liés aux rôles des acteurs métier, ils appartiennent à l'axe '*Rôles dans le projet*'. Ils ont été créés à partir des demandes des différents corps de métiers. Nous nous sommes également inspirés du modèle KnoVa [Serrafero 02] (cf. section 3, chapitre 2) pour les noms attribués à ces quatre types de connaissances. Nous associons ces connaissances pour chaque rôle joué par les acteurs métier. Les connaissances relatives au processus (*Processus Projet*) utilisé doivent être capitalisées afin que les acteurs métier puissent optimiser et comprendre les démarches qu'ils ont appliquées. De plus, nous avons constaté certains problèmes de communication entre les services dus à l'utilisation de termes similaires, mais ayant des significations différentes d'un corps de métiers à un autre. Pour résoudre ce problème, nous proposons le type de connaissances *Vocabulaire Projet* où sont classées les définitions de chaque terme en fonction du rôle de l'acteur et de son métier. D'autre part, nous devons capitaliser les expériences rencontrées par les acteurs métier afin d'éviter de reproduire les erreurs commises et promouvoir les réussites. Nous proposons ainsi le type de connaissances *Expérience Projet*. Le dernier type de connaissance *Expertise Projet* a été proposé à la suite du besoin des concepteurs de réutiliser des paramètres et des règles de conception. Nous avons ainsi généralisé ce type de connaissances à tous les rôles des acteurs métier en supposant que les autres corps de métiers ont également des règles métier à capitaliser.

2.1.3 Taxonomie des connaissances

Afin de structurer nos connaissances, nous avons établi une taxonomie. Une taxonomie est une approche permettant de classer ou de catégoriser une série d'informations sous la forme d'une hiérarchie, à savoir une simple arborescence de termes. Comme un arbre hiérarchique, la taxonomie est composée d'une racine et de ramifications et chaque point entre deux branches est appelé nœud. L'ingénierie des connaissances définit la taxonomie comme une classification de l'information sous forme d'une hiérarchie formalisant les relations présumées entre les entités du

monde réel qu'elle représente. Ainsi, chaque nœud d'une taxonomie est une information qui représente une entité réelle. Chaque lien entre deux nœuds représente une relation spécifique appelée sous-classification. La figure 4.1 présente la taxonomie des connaissances métier constituant la mémoire de projet MemoDesign.

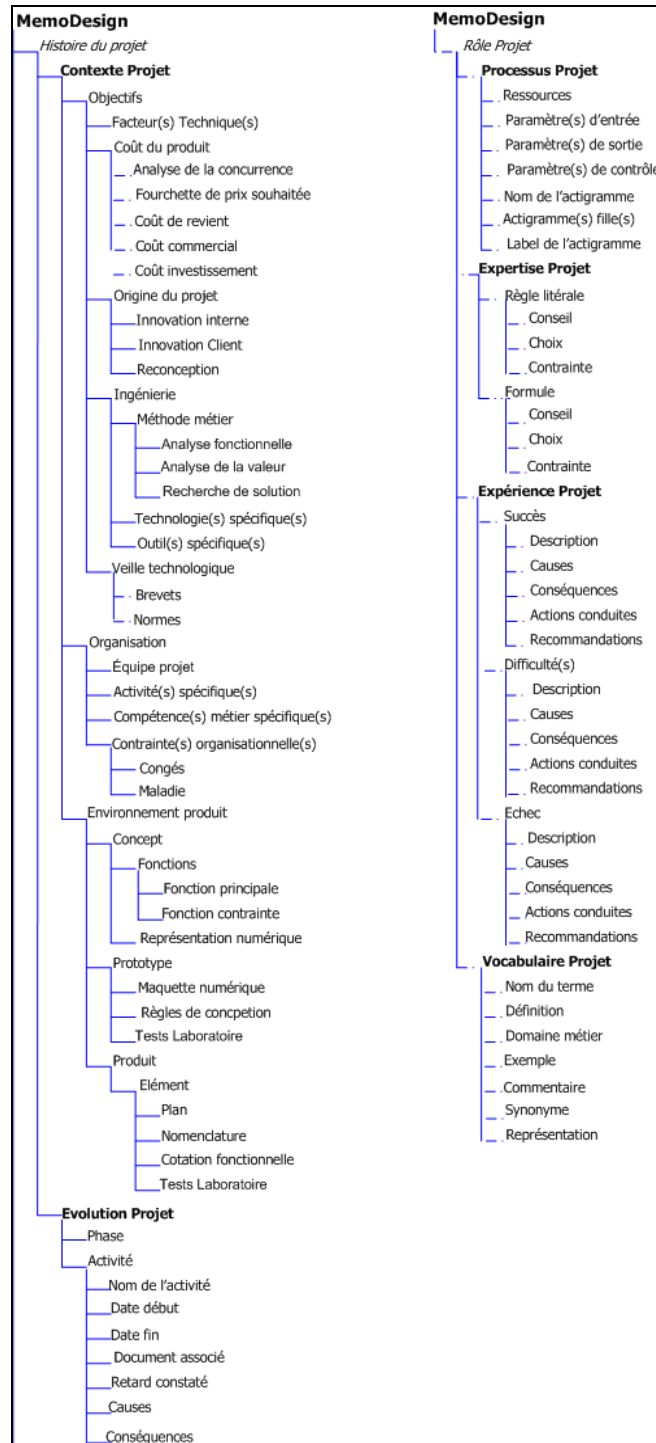


Fig. 4.1 : Taxonomie des connaissances métier

La taxonomie des connaissances métier a été réalisée à partir des connaissances pertinentes identifiées par les acteurs métier et décrites dans le modèle organisationnel du processus de conception. Nous avons ensuite comparé ces connaissances avec des modèles de mémoire de projet existants [Matta 00] et le modèle connaissances\compétences Knova [Serrafero 02]. MemoDesign est ainsi basé sur une taxonomie des connaissances métier où l'on retrouve des concepts de haut niveau inspirés de typologies existantes de connaissances métier mais appliquées au projet en cours (Contexte Projet, Processus Projet, Expertise Projet, et Vocabulaire Projet). Cependant, l'ensemble des connaissances présentées dans la classification, composant le modèle de mémoire de projet MemoDesign, est issu du travail de classification réalisé avec les équipes projet de l'entreprise Zurfluh-Feller.

2.1.4 Liens entre les connaissances

Lors de la création de la mémoire de projet MemoDesign, nous avons identifié des relations entre les différents types de connaissances. Nous proposons trois types de relation ; l'implication, l'égalité et la déduction. Nous explicitons ces relations par des exemples concrets dans les paragraphes suivants. Le tableau 5.2 présente quelques-unes de ces relations parmi les éléments de la taxonomie des connaissances métier.

Connaissance	Connaissance(s) en relation	Nature de la relation
ContexteProjet \Facteurs techniques	ContexteProjet \Méthode(s) métier	Implication
	ContexteProjet \Techno. spécifique(s)	Implication
	ExpertiseProjet Règle littérale	égalité
	ExpertiseProjet Règle formule	égalité
ContexteProjet \Coût du produit	ContexteProjet \Analyse concurrentielle	Déduction
EvolutionProjet \Liste des acteurs métier	ContexteProjet \Contraintes orga.	égalité
ContexteProjet \Origine du projet	EvolutionProjet \Activité(s)	Déduction
	EvolutionProjet \Phase(s)	Déduction
EvolutionProjet \Phase(s)	ProcessusProjet \Nom de l'actigramme	égalité
EvolutionProjet \Activité(s)	ProcessusProjet \Nom de l'actigramme	égalité
EvolutionProjet \Dates Activité	ProcessusProjet \Actigramme Fille	Déduction
EvolutionProjet \Documents	ProcessusProjet \Paramètre d'entrée	Déduction
	ProcessusProjet \Paramètre de contrôle	Déduction
	ProcessusProjet \Paramètre de sortie	Déduction
EvolutionProjet \ActeursMétier	ProcessusProjet \Ressources	Déduction
ExpérienceProjet \Succès	ExpertiseProjet Règle littérale	égalité
	ExpertiseProjet Règle formule	égalité
ExpérienceProjet \Difficulté(s)	ExpertiseProjet Règle littérale	égalité
	ExpertiseProjet Règle formule	égalité
ExpérienceProjet \Echec(s)	ExpertiseProjet Règle littérale	égalité
	ExpertiseProjet Règle formule	égalité

Tableau 5.2 : Exemple de relations entre les connaissances métier de MemoDesign

Certaines connaissances, telles que les facteurs techniques, définies comme des objectifs en début du projet impliquent l'utilisation de méthodes métier spécifiques en conception ou en industrialisation. Ces connaissances ont donc une relation de type **implication**. Dans ce type de relation, une ou plusieurs connaissances sont mises en relation en fonction d'une connaissance. Par exemple, pour les connaissances citées précédemment, c'est le facteur technique 'coffre en matière plastique PA 66' qui impliquera la correspondance entre les deux connaissances relatives

aux méthodes d'ingénierie 'Injection plastique' et 'Dépose joint'. La relation d'implication ne crée pas de nouvelles connaissances, elle permet simplement de lier des connaissances existantes.

D'autre part, les facteurs techniques sont décrits dans MemoDesign dans les connaissances de type *ContexteProjet* mais également dans l'*ExpertiseProjet* sous forme de règles (formule ou littérale). Nous obtenons une relation identifiée comme une **égalité** puisque deux concepts différents ont deux valeurs d'instances égales. De ce fait, on peut associer la valeur de l'instance du concept « Règle littérale » à celle du concept « Facteur technique ».

L'analyse concurrentielle permet de recueillir la liste et les caractéristiques des produits concurrents. Elle permet ainsi de déterminer la fourchette de prix dans laquelle devra se placer le produit pour qu'il soit commercialisable sur le marché. Ainsi, la synthèse des prix des produits concurrents (connaissances 'ContexteProjet\AnalyseConcurrentielle\Produits Concurrents\Prix') permet de déduire la fourchette de prix souhaitée (connaissances 'ContexteProjet\Objectifs\Coût du produit'). Ces connaissances ont une relation de type **déduction**. A la différence de l'implication, dans ce type de relation, une nouvelle connaissance est créée à partir de deux ou plusieurs connaissances archivées.

Il existe donc trois natures différentes pour les relations entre les types de connaissances de MemoDesign. L'*implication* permet de comprendre que certaines connaissances sont issues d'autres connaissances. L'*égalité* entre deux connaissances représente une duplication d'une connaissance à deux emplacements différents de la taxonomie de MemoDesign. La *déduction* exprime la génération de la connaissance à partir d'une autre en utilisant des règles d'inférence. Nous nous servons de ces relations pour construire l'ontologie du domaine des projets de conception présentée dans le chapitre suivant. Nous expliquerons l'intérêt de ces relations.

2.2 Vue globale du modèle de mémoire de projet MemoDesign

Comme nous l'avons expliqué précédemment (cf. section 2.1.1), le modèle de mémoire de projet MemoDesign est organisé selon deux axes ; l' « *Histoire du projet* » et les « *Rôles dans le projet* » (cf. figure 4.1). Le premier axe contient les deux types de connaissances 'Contexte Projet' et 'Évolution Projet'. Il détaille l'historique du projet avec ces événements, les états du produit et les dates. La figure 4.2 présente uniquement les classes de haut niveau du modèle. Dans un souci de compréhension, nous n'avons pas représenté toutes les connaissances définies dans la taxonomie.

Le second axe 'Rôles dans le Projet' est constitué d'une description de chaque rôle ayant participé au projet selon les six types de connaissances : 'Processus Projet', 'Expertise Projet', 'Expérience Projet' et 'Vocabulaire Projet'. Cet axe est dupliqué selon le nombre de rôles identifiés dans le projet.

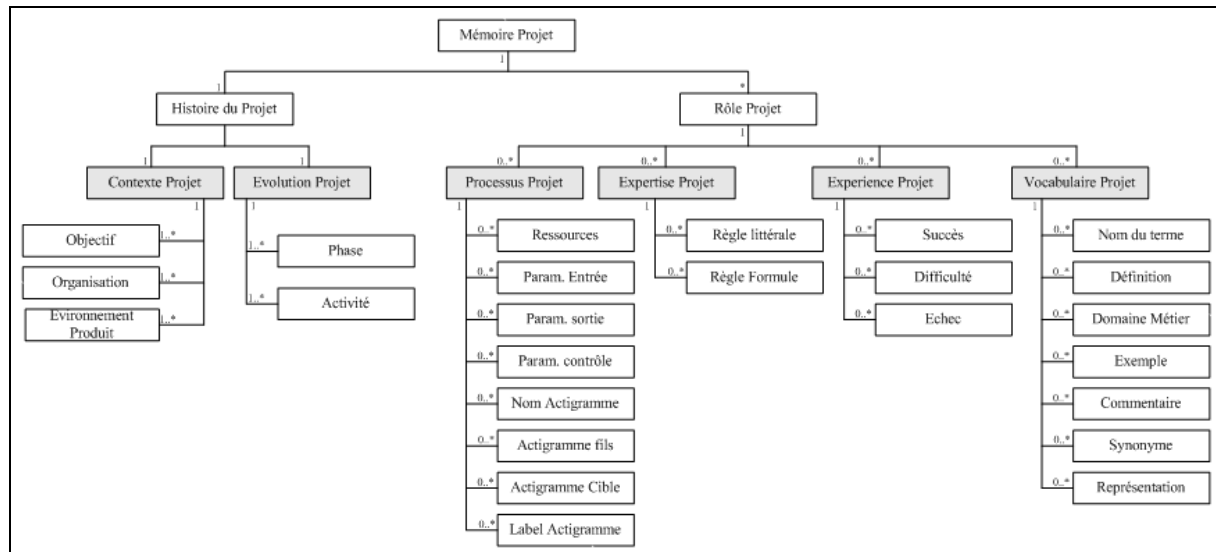


Fig. 4.2 : Les principales classes du modèle MemoDesign

3. Création de mémoires de projet à partir du modèle MemoDesign

Nous avons validé notre modèle MemoDesign en rédigeant plusieurs mémoires de projet. Les connaissances archivées ont été recueillies à partir des interviews des experts comme le préconisent certaines méthodes de gestion des connaissances (cf. chapitre 1, section 4). Les acteurs métier ayant participé aux projets ont validé ces connaissances et ont également affiné et approuvé la taxonomie de la mémoire de projet MemoDesign. Le résultat des interviews et le travail de classification à partir de la taxonomie ont permis de développer par exemple, des fiches au format « pdf » contenant les connaissances capitalisées lors des projets. À partir de ces fiches, nous avons construit des classeurs contenant la mémoire de projet. Ces classeurs sont composés d'un onglet pour l'histoire du projet contenant les connaissances de type *Contexte Projet* et *Évolution Projet* ainsi qu'un onglet par rôle tenu par les acteurs métier dans lequel figurent les connaissances de type *Processus Projet*, *Expertise Projet*, *Vocabulaire Projet* et *Expérience Projet* (cf. figure 4.3).



Fig. 4.3 : Structure de la fiche d'accueil d'un classeur d'une mémoire de projet MemoDesign

La suite de ce paragraphe détaille les six types de connaissances en expliquant leurs choix et en les illustrant par des exemples.

3.1 Connaissances de type Contexte Projet

Le Contexte Projet (figure 4.4) sert à présenter les connaissances permettant de comprendre l'origine du projet avec les caractéristiques du produit à développer, les objectifs à atteindre pour positionner le produit sur le marché et l'organisation du projet.

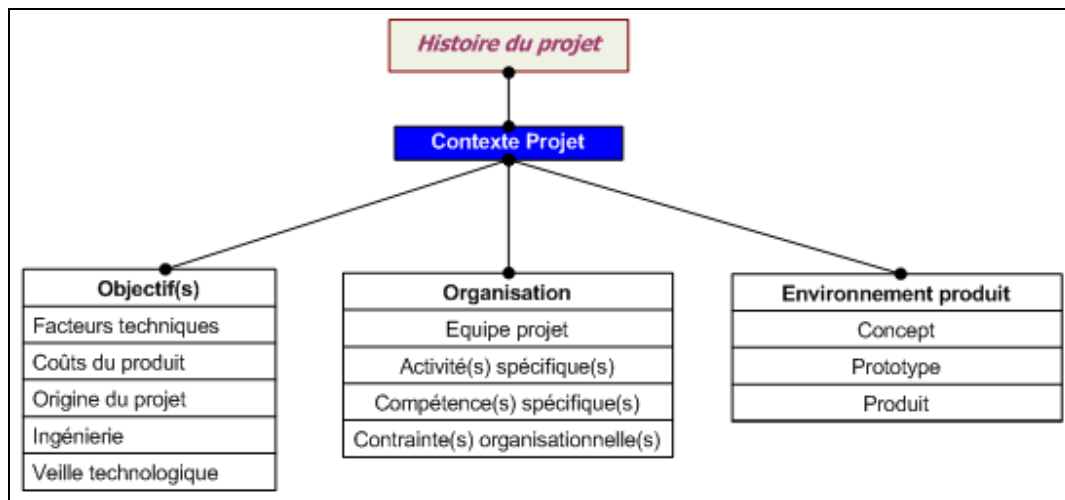


Fig. 4.4 : Extrait de la taxonomie MemoDesign ; connaissances de type Contexte Projet

Les **objectifs** du projet sont exprimés en termes de facteurs techniques. Ce sont les premières spécifications du produit réalisées par l'assistant technique commercial à la suite de rencontres avec le client. Les objectifs sont également exprimés en termes de coûts ciblés du produit. Ces coûts correspondent au prix souhaité par le client ou aux prix estimés pour que le produit reste compétitif sur le marché et rentable pour l'entreprise. Dans les objectifs du projet figure l'origine du projet. Dans le cas du développement d'un nouveau produit pour se placer sur un marché le projet sera spécifié comme 'Innovation interne'. Dans le cadre d'un nouveau produit commandité par le client, le projet sera spécifié comme 'innovation client'. Le dernier type de projet est un projet de 're-conception' où un produit ou une de ses parties est reconçue. Dans les objectifs, les méthodes et outils d'ingénierie utilisés sont également spécifiés ainsi que les résultats de la veille technologique. Dans cette dernière catégorie, on retrouvera les brevets existants et les normes en vigueur.

Le Contexte Projet décrit également l'**organisation** du projet avec les acteurs métier participants. On liste également dans cette partie les activités et les compétences métier spécifiques. Cette description permet de comprendre les sous-traitances, ou embauches requises pour le projet. Dans le même registre, l'archivage des contraintes organisationnelles (congé et maladies) permet de justifier les retards pris pour réaliser certaines activités. L'organisation présente aussi les méthodes d'ingénierie mises en place. On présentera les méthodes métier utilisées (méthodes de conception, méthode d'industrialisation ...) ainsi que les technologies et outils spécifiques utilisés (nouvelle machine, nouveau procédé de traitement de surface...).

La dernière partie du Contexte Projet présente l'**environnement du produit** en spécifiant pour chaque état du produit (concept, prototype, produit), les informations associées.

Lorsque nous avons rédigé des mémoires de projet à partir des interviews des experts selon le modèle MemoDesign, nous avons observé que le *Contexte Projet* regroupe, entre autres, des connaissances utiles aux services commerciaux et marketing. Les commerciaux se servent des résultats des analyses de la concurrence et du prix de revient des produits pour préparer leurs ventes. Les acteurs métier du service marketing se réfèrent aux mémoires de projet pour connaître les fonctions de leurs produits par rapport à ceux du marché. Les achats ont une vue dans MemoDesign des coûts d'investissement des machines et matières établis dans des projets précédents ce qui leur permet d'utiliser ces chiffres lors des nouvelles négociations avec les fournisseurs.

3.2 L'Évolution Projet

L'*Évolution Projet* (figure 4.5) présente la planification du projet en décrivant les phases et les activités réalisées selon leurs ressources, documents et dates. Le détail de la planification du projet permet de comprendre les retards, les avancements et les échéances du projet. Pour chaque retard constaté sur une activité les acteurs métier peuvent spécifier les causes et les conséquences engendrées sur le déroulement du projet. D'autre part, les phases décrites dans l'évolution projet représentent le cycle de développement utilisé pour ce projet.

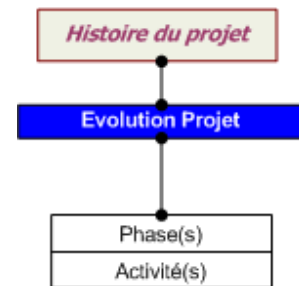


Fig. 4.5 : Évolution Projet

L'évolution projet est surtout consultée par les chefs de projet qui sont des acteurs métier du bureau d'études ou du bureau des méthodes. La planification d'un projet terminé leur permet de préparer une pré planification pour un nouveau projet et ainsi de pouvoir estimer les durées des nouvelles activités métier. L'évolution projet sert également aux responsables des services études et méthodes pour se remémorer les acteurs métier qui ont travaillé sur des tâches spécifiques.

3.3 L'Expertise Projet

L'Expertise Projet (figure 4.6) capture les règles métier utilisées pour chaque rôle. Par exemple le rôle 'Concepteur' crée des règles de conception pour développer la géométrie des composants du produit. Ces règles sont décrites sous forme littérale pour exprimer des affirmations telles que « la matière utilisée pour le coffre est du PA66 ». Certaines règles sont également décrites sous forme de formule où les acteurs métier déterminent des variables et des équations telles que :

« arbre_rotor.diametre=bague_interne_roulement2.diametre ».

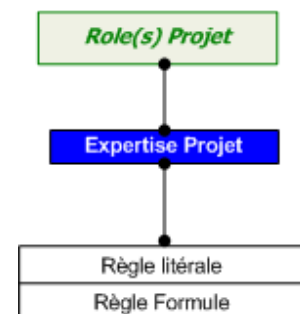


Fig. 4.6 : Expertise Projet

L'*Expertise Projet* est, à l'heure actuelle, consultée dans l'entreprise, uniquement dans les services d'ingénierie des bureaux d'études et des méthodes. L'expertise projet contient les connaissances caractérisant le produit et ses composants formalisés en variables, règles littérales

et règles formules (règles mathématiques). Les bureaux d'études et méthodes assurent respectivement la conception des produits et des moules ou outils pour fabriquer ces produits. Ces acteurs métier consultent l'Expertise Projet pour retrouver les paramètres (dimensionnement, épaisseurs, type d'engrenages...) qui vont être réutilisés pour leurs nouvelles conceptions. Cette réutilisation n'est effective que dans le cas de re-conception d'un produit ou de conception de produits similaires (conception dite 'routinière').

3.4 Le Processus Projet

Le Processus Projet (figure 4.7) permet pour chaque rôle de comprendre la logique d'enchaînement des activités. Il fournit toutes les connaissances nécessaires pour construire des actigrammes SADT permettant de formaliser les processus utilisés en ingénierie. Le formalisme SADT a été choisi puisqu'il est connu et utilisé par les acteurs métier de l'entreprise pour formaliser leurs processus industriels.

Les ressources du Processus Projet sont les rôles des acteurs métier. Un Processus Projet construit les actigrammes SADT auxquels a participé le rôle. Un métier utilise plusieurs rôles. Par exemple le métier « conception » utilise des rôles tels que celui de concepteur, ingénieur calcul, dessinateur CAO... Ainsi, le processus projet permet de déduire les processus mis en place pour chaque métier.

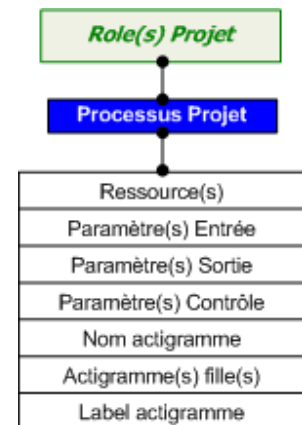


Fig. 4.7 : Processus Projet

Les connaissances relatives au *Processus Projet* sont utilisées dans les services techniques pour formaliser les processus industriels. À ce jour nous n'avons pas observé d'autres cas d'utilisation dans d'autres services. Le Processus Projet reste néanmoins important puisqu'il décrit chaque processus mis en place pour chaque corps de métiers durant le projet. La capitalisation de ces processus permet d'observer l'enchaînement des actigrammes et d'optimiser les processus en évitant de réaliser plusieurs fois les mêmes activités ou en leur associant les bonnes ressources.

3.5 L'Expérience Projet

L'Expérience projet (figure 4.8) présente les connaissances issues des succès, difficultés ou échecs rencontrés dans le projet. C'est le type de connaissances le plus difficile à obtenir puisqu'il demande un important travail de formalisation de la part des acteurs métier et une prise de recul par rapport aux événements survenus lors du projet. Chaque Expérience Projet (Succès, difficultés ou échecs) est détaillée.

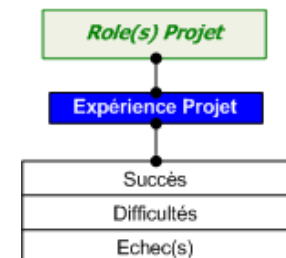


Fig. 4.8 : Expérience Projet

Nous présentons à la figure 4.9, l'exemple d'un échec sur l'assemblage d'un produit. Cette Expérience Projet est relatée avec une description, une identification des causes par des faits et hypothèses, par les actions menées pour contrôler le problème et les actions de résolution

définitive du problème. La description se poursuit avec les conséquences en termes de retard et coûts, ainsi que des recommandations pour éviter que le problème ne se reproduise.

Expérience Projet		Rôle : Technicien Méthode Assemblage	
Projet XXX	Entreprise : Zurflüh Feller	Projet XXX	Entreprise : Zurflüh Feller
Client : XXX	Date : 20/02/06	Client : XXX	Date : 20/02/06
Collecte des données : DM, SM, GO, CP		Collecte des données : DM, SM, GO, CP	

Echec : Déclippage du capuchon par traction manuelle sur la tringle (Retour qualité)

Description :

20% des manivelles **déclippent** sur chantier au niveau du capuchon de renvoi de ADZ. Le **déclippage** se fait sous une traction simple ou même sans traction (manivelle à terre). Le constat a été fait sur les manivelles gauches et à droites.

Cause :

Fait : Dégradation de la liaison (rouille rouge) due au conditionnement des pièces avant pose sur chantier.

Fait : Le capuchon se désolidarise du TOC, ne maintenant plus la TO

Hypothèse : Les tests de tenue de la manivelle effectués sur le chantier ne sont pas normalisés selon une traction verticale (différentement des essais internes). Une traction selon un angle pourrait engendrer une résistance différente.

Hypothèse : Chaîne de côte (Hauteur de douille et ressort Gauche et Droit) définie mais non-conforme au plan.

Hypothèse : Mauvaise série de composants (matière, injection) pour le capuchon.

Hypothèse : Mauvais assemblage de l'ensemble douille/toc/capuchon

Actions menées :

- Pièces mises sous contrôle en interne, les essais effectués en laboratoire n'ont rien révélés d'anormal.
- Tests réalisés sur les chantiers qui ont permis de constater un déclippage à 20 kilos alors que l'on teste à 60 kilos et la norme préconise 15 kilos.
- Des essais au laboratoire (Lien 1) ont permis de comparer la tenue de **clippage** suivant le colorant avec ou sans reprise d'humidité.

Résolution du problème :

Nouvelle étude de modification sur le renvoi de mouvement du ADZ pour renforcer la liaison manivelle-tringle :

- Ajout d'un **circulipse** sur l'axe supportant les efforts (> à 120 kilos),
- Ajout de côtes et spécification des contrôles atelier,
- Ajout de contrôles réguliers au laboratoire

Conséquence :

1500 pièces ont été remplacées sur un lot de 15000 livrées. Le coût direct produit est de 25511 Euros (sans compter la plus-value sur le produit).

Liens (rapports et documents) :

Lien 1 : Etude la tenue de **clippage** suivant le colorant avec ou sans reprise d'humidité. (Rapport placé sous la GED dans le projet XXX – NC2390)

Recommandations pour éviter ce type d'échec :

- Rédaction d'un plan qualité avec les fonctions produit et les contrôles à prévoir,
- Ajout d'un essai avec un angle pour les tractions dans le dossier de qualification de la sortie caisson,
- Développer une base d'informations sur 'comment sont utilisés nos produits dans le processus de montage de nos clients',
- Intégrer dans le Cahier des Charges les informations sur le stockage de nos produits sur chantier,
- Utiliser les résultats obtenus sur le ressort du **TechniClap**.

Fig. 4.9 : Exemple de fiche d'Expérience Projet réalisée au sein de l'entreprise

Les connaissances de type *Expérience Projet* sont utilisées principalement par le service qualité. Chaque retour client lié à un problème qualité fait l'objet d'un travail de recherche des causes des problèmes survenus. Ces causes peuvent provenir d'un problème de conception du produit (liaison entre deux composants fragiles, épaisseur faible des composants ...), de conception d'outil ou moule, de traitement de surface, de fabrication ou d'assemblage. Lorsque les causes sont identifiées, elles sont décrites et complétées dans l'Expérience Projet. Les ingénieurs qualité recherchent dans la mémoire les expériences acquises sur certains problèmes pour mieux identifier les causes. Lors de la réalisation des mémoires de projet par interviews d'experts nous avons réussi à formaliser plusieurs échecs et difficultés rencontrés lors du projet provenant de retour qualité. D'autre part, l'Expérience Projet est beaucoup utilisée par le laboratoire d'essais. Le laboratoire teste les prototypes et les produits en les mettant à l'épreuve d'exercices d'endurance (atteindre un nombre de cycle pour un treuil) et de conditions d'utilisation (mise en condition de certaines pièces en brouillard salin) pour que ces derniers puissent passer les qualifications et être reconnus conformes aux normes en vigueur. Ces tests sont classés et commentés dans la mémoire de projet en échecs ou réussites. Les techniciens du laboratoire se servent de la mémoire de projet pour garder une trace des essais réalisés. Les autres réussites que l'on rencontre dans l'Expérience Projet sont des succès concernant la mise en place d'un nouveau procédé d'industrialisation ou de l'installation d'un nouveau moyen de production.

Ces connaissances sont parfois réutilisées par le bureau des méthodes et les ateliers de production pour industrialiser un nouveau produit appartenant à une famille de produits déjà industrialisés. Dans ce cas, les connaissances de l'Expérience Projet fournissent les détails des procédés de fabrication que les acteurs métier réutilisent.

3.6 Le Vocabulaire Projet

Le Vocabulaire Projet (figure 4.10) est un glossaire des termes utilisés par les acteurs métier lorsqu'ils interprètent un rôle dans le projet. Ces termes peuvent être des noms de produits, des noms de méthodes métier ou encore des noms de procédés. Nous avons créé ce type de connaissances à la suite des problèmes de communication que nous avons rencontré dans l'entreprise. Nous nous sommes aperçus que les différents services (c'est-à-dire les différents corps de métiers) n'utilisaient pas les mêmes terminologies pour évoquer des concepts similaires. Ces situations sont à l'origine de malentendus et d'erreurs lors de l'exécution des activités métier. Pour éviter ces erreurs, le Vocabulaire Métier propose une définition de chaque terme en l'associant à un domaine métier et en présentant des exemples, une représentation et ses synonymes dans les autres domaines métier.

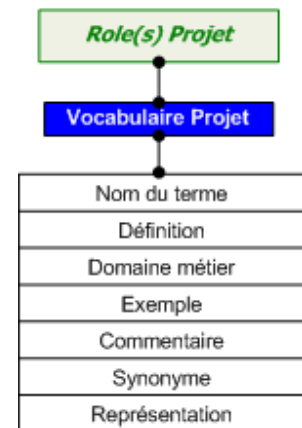


Fig. 4.10 : Vocabulaire Projet

Le *Vocabulaire Projet* est consulté par les nouveaux employés et stagiaires pour comprendre la culture métier de l'entreprise. Le glossaire est également utile au service commercial. En effet, les produits en vente sont classés par un numéro de référence et un nom commercial. Le glossaire métier fournit aussi aux commerciaux une description et une représentation des produits facile à retrouver à partir de la liste des synonymes métiers associés à chaque terme.

4. Comparaison des mémoires de projet existantes et MemoDesign

Comme nous l'avons expliqué dans la section 4 du chapitre 2, de nombreux travaux issus de l'ingénierie des connaissances présentent des systèmes et méthodes pour l'acquisition des connaissances dans les organisations. Ces systèmes permettent de construire des mémoires organisationnelles qui contiennent les informations et connaissances issues des activités collectives de l'entreprise. Une mémoire de projet est une mémoire organisationnelle limitée à l'organisation projet. Ce paragraphe présente les mémoires de projet utilisées dans le domaine de la conception et le positionnement de MemoDesign par rapport à ces dernières.

4.1 Les modèles intégrant le contexte du projet et la logique de conception

4.1.1 La mémoire de projet de Ribière et al. [Ribière 98]

La mémoire proposée est composée de trois éléments :

- La mémoire professionnelle contenant les connaissances théoriques relatives à la gestion des conflits tels que les méthodes qui peuvent guider les acteurs métier à résoudre un problème ;
- La mémoire définissant le projet contenant le contexte et les résultats des projets passés ainsi que leurs organisations ;
- La mémoire de logique de conception où sont exposées les propositions de conception, la définition des conflits (méthode de résolution des conflits, arguments...).

Cette mémoire est basée sur les graphes conceptuels pour représenter les connaissances. Les différents points de vue sur les artefacts conçus pendant un projet sont représentés par des graphes. Trois points de vue sont utilisés: la spécialité des concepteurs, les produits développés et les contraintes relatives au produit.

4.1.2 Le modèle de Matta et al. [Matta 00]

Le modèle de mémoire de projet proposé par Matta (cf. figure 4.11) expose les informations décrivant aussi bien les caractéristiques d'un projet que celles relatives à la résolution des problèmes rencontrés lors de la réalisation du projet. Le modèle de mémoire respecte la description d'un projet, tout en mettant à jour les connaissances et les informations dont les concepteurs ont besoin dans leurs activités. Le modèle est décomposé en deux parties:

- Mémoire de caractéristiques de projet ;
- Mémoire de logique de conception ("Design-rationale").

La mémoire de caractéristiques de projet permet d'indexer les informations qui décrivent le contexte d'un projet, son organisation et ses résultats. Le contexte du projet décrit les directives et méthodes de conception, les exigences et les règlements. L'organisation positionne les tâches (définition et distribution) ainsi que leurs participants. La dernière partie de cette mémoire expose les résultats du projet qui sont des maquettes, du matériel, des logiciels, des documents techniques ou des essais. Chaque élément de cette mémoire donne accès aux informations extraites à partir des différentes ressources de l'entreprise: bases de connaissances d'aide à la conception, bases de données, données extraites des outils de conception, données extraites des outils de gestion, prototypes, maquettes, etc.

La mémoire de logique de conception met en avant les connaissances investies dans la prise de décision, dans la réalisation d'un projet ainsi que dans la gestion des incidents, à savoir les problèmes rencontrés et leurs résolutions. Les problèmes rencontrés sont détaillés en précisant le sujet (propositions de conception, exigences, règlements), la nature ainsi que les éléments de problèmes. Un élément de problème peut avoir pour origine un objectif à atteindre, une difficulté dans le processus de conception ou dans l'organisation du projet. La seconde partie de cette mémoire est dédiée à la résolution de problèmes. Cette partie liste les participants, les personnes impliquées, les méthodes de résolution ainsi que les choix potentiels. La troisième partie de la mémoire de logique de conception est consacrée à l'évaluation des solutions à partir des

explications sur les solutions rejetées, les arguments de rejet, les avantages et les inconvénients de chaque solution. La dernière partie de la mémoire détaille les décisions prises par les acteurs métier avec les solutions retenues et les arguments mentionnés.

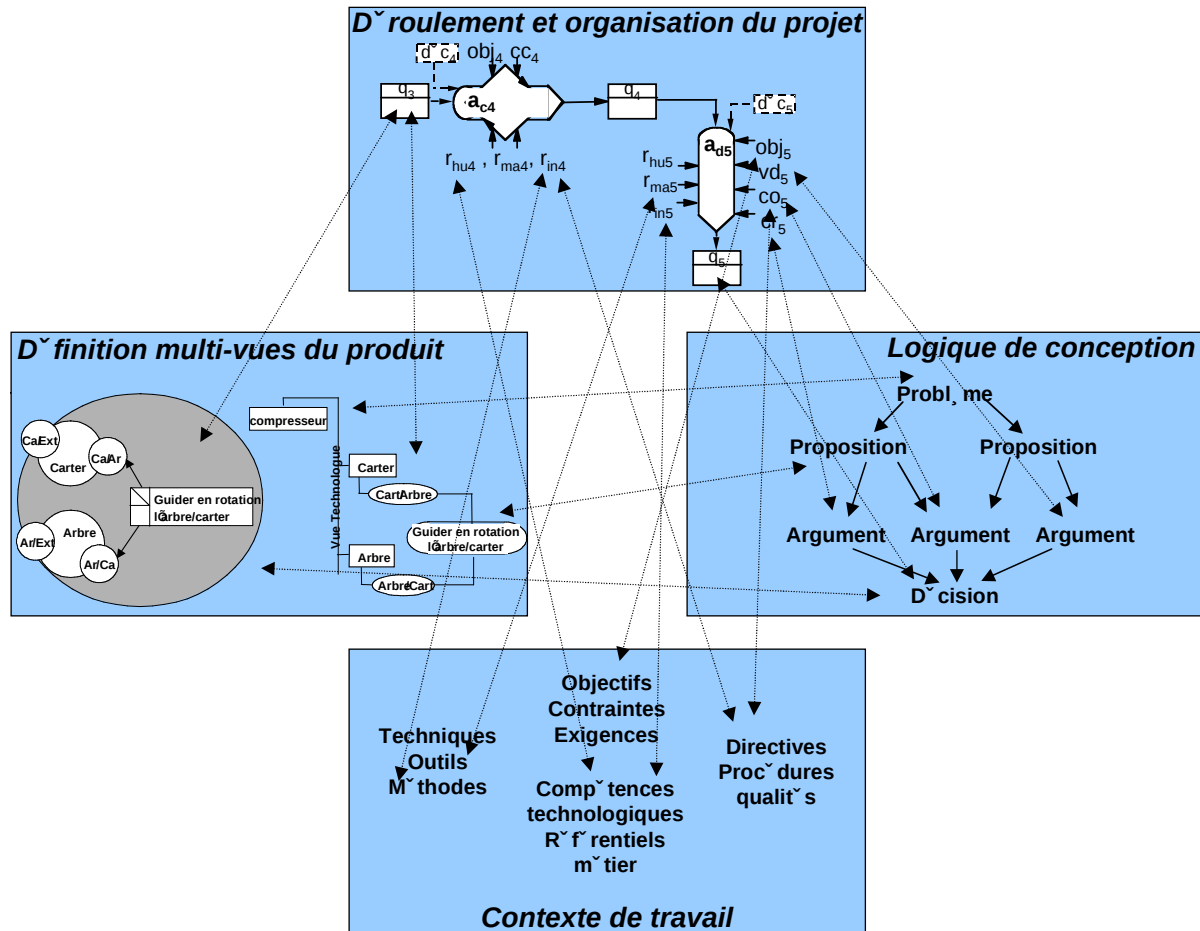


Fig. 4.11 : Structure de la mémoire de projet proposée par Matta et al. [Matta 00]

4.1.3 La mémoire de projet de Eynard et al. [Eynard 01]

Ce modèle est également constitué de trois axes de connaissances (figure 4.12) : celles relatives au contexte présentant l'organisation d'un projet, celles liées à l'environnement de travail et celles relatives à la logique de conception. Ces dernières décrivent essentiellement les problèmes rencontrés en les classifiant ainsi que les modes de résolution de problèmes structurés selon les propositions de solution, l'argumentation et les décisions. Ce modèle diffère des précédents puisqu'il inclut une description du processus utilisé dans le projet avec l'enchaînement des activités, les acteurs impliqués ainsi que leurs rôles dans le projet.

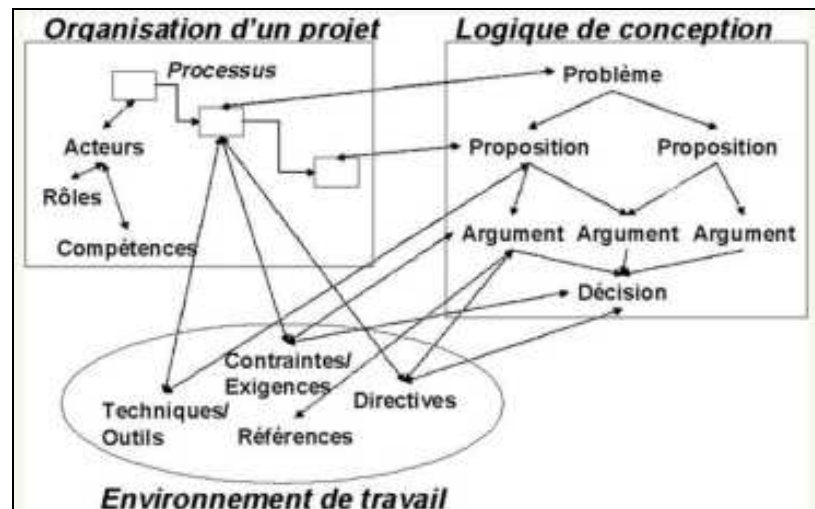


Fig. 4.12 : Structure de la mémoire de projet proposée par Eynard [Eynard 01]

4.2 La mémoire de projet orientée coopération

Golebiowska dans [Golebiowska 02] propose de capitaliser les traces de coopération entre les acteurs métier pour construire une mémoire de projet. L'auteur utilise le système industriel SAMOVAR (Système d'Analyse et de Modélisation des Validations des Automobiles Renault) pour capitaliser les connaissances relatives aux problèmes rencontrés lors d'un projet. La mémoire de projet est construite à partir d'un ensemble d'ontologies qui structure les connaissances et guide la recherche d'informations. Ces ontologies ont été construites en exploitant l'outil de traitement linguistique Nomino sur un corpus textuel et en définissant des règles heuristiques sur les termes candidats obtenus grâce à cet outil.

La mémoire de projet est construite à partir des quatre ontologies suivantes :

- L'ontologie *Pièce* basée sur le référentiel officiel d'entreprise et correspondant au découpage fonctionnel d'un véhicule en sous-composants ;
- L'ontologie *Problème* contient une typologie de problèmes reflétant les différents types de problèmes décrits dans le système de gestion des problèmes appelé SGPb ;
- L'ontologie *Prestations* correspond aux prestations recoupées avec le découpage organisationnel de l'entreprise. Elle reflète également un service rendu au client et correspondant à ses attentes;
- L'ontologie *Projet* présente la structure d'un projet et est construite avec des connaissances acquises sur le fonctionnement d'un projet-véhicule, suite à des interviews menées auprès des différents acteurs du projet. Elle contient, entre autres, les références aux différents acteurs.

4.3 La mémoire de projet orientée prise de décision

Meydiam (MEmorY of DecIision for Analysis and Management), est une mémoire de projet basée sur le modèle INDIGO [Longueville 03] capturant la prise de décision lors des projets selon plusieurs vues (figure 4.13) :

- Le *processus* ; c'est le cœur du modèle, il représente les diverses activités de décision et met en place les liens qui existent entre le processus de décision, la structure de la décision et la solution. Un processus de décision est composé d'activités et de flux d'informations entre ces activités. Les activités sont supportées par des processeurs de décision (acteurs) qui sont décrits dans le modèle d'organisation. Un processus de décision concerne un objet du monde réel, modélisé dans la vue solution. Les flux d'informations entre les différentes activités d'un processus de décision contiennent l'information décisionnelle. Ces flux indiquent au fur et à mesure du déroulement du processus les différents éléments de l'espace de décision concernant la solution. Par ailleurs, il existe des contraintes entre les différentes activités de différents processus. Ces contraintes sont exprimées sous la forme d'informations.

- La *solution* est l'objet du monde réel qui est décidé, l'objet manipulé par le processus de décision. Cette solution peut être de différents types et peut être un objet simple ou composé. Par exemple un processus de décision peut concerner une spécification en particulier ou un document regroupant un ensemble de spécifications. Trois types de solutions sont envisagés dans cette vue, le produit, l'organisation, et le processus.

- La *structure de la décision* : Cette partie du modèle apporte une représentation sous forme d'informations de l'évolution de l'espace de décisions concernant la solution, l'objet manipulé par le processus. La solution est le résultat du processus de décisions et représente le choix final, l'espace des alternatives représente les éléments de l'espace des solutions qui seront évaluées.

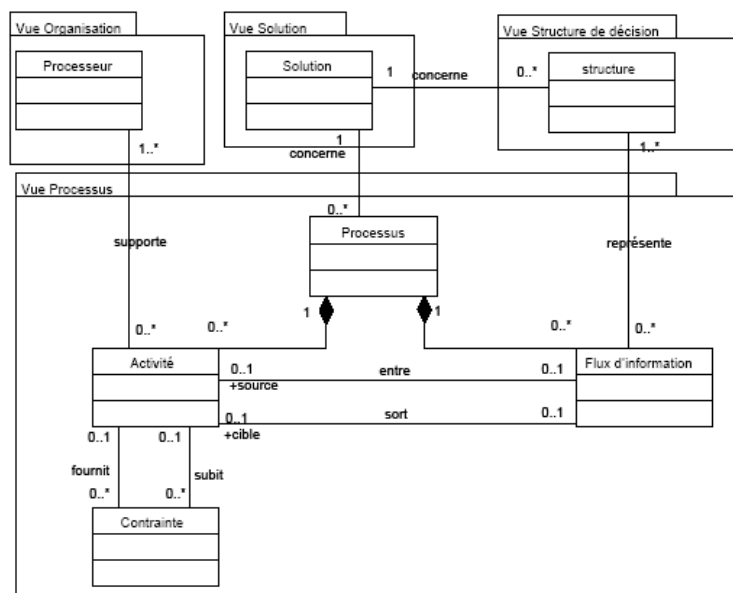


Fig. 4.13 : Modèle de la mémoire de projet en quatre vues

4.4 Un modèle de mémoire de projet orienté compétences

La mémoire de projet proposée par Belkadi et al. [Belkadi 07] repose sur la caractérisation des compétences lors des projets. Les auteurs expliquent qu'un acteur exécute une tâche en utilisant ses compétences pour réaliser une série d'actions. Ainsi, la notion de compétence est directement liée aux actions exécutées lors des activités appelées situation et aux connaissances techniques utilisées lors de ces actions. La mémoire de projet proposée est construite autour des concepts de compétences, d'actions, situation et connaissances techniques. La figure 4.14 présente le diagramme de classe présentant le modèle de mémoire de projet.

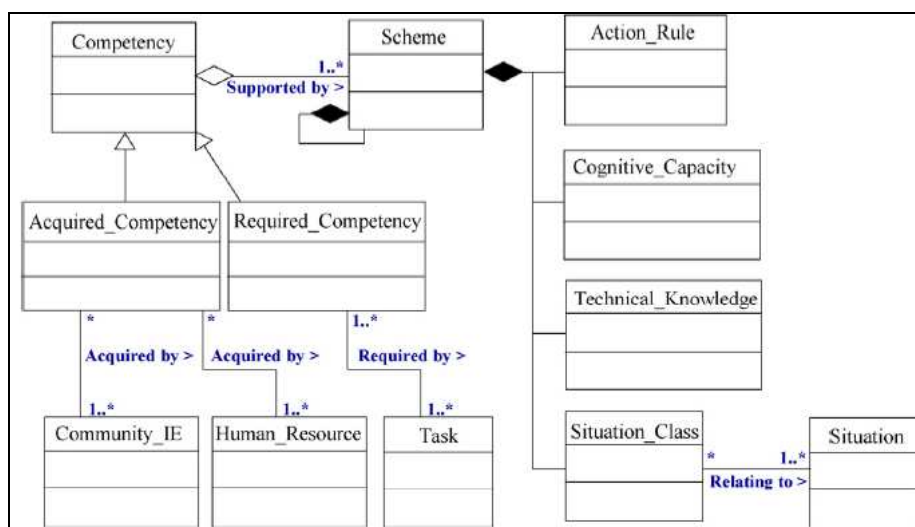


Fig. 4.14 : Une mémoire de projet basée sur le concept de compétences

4.5 Synthèse et comparatif des mémoires de projet

La majorité des modèles de mémoires de projet se focalise sur la présentation des problèmes rencontrés et la prise de décision. Dans tous les cas, les efforts sont portés sur la traçabilité des activités du projet et l'acquisition des connaissances utilisées et créées par les acteurs des projets en cherchant à les formaliser.

Les mémoires de projet orientées « prise de décision » modélisent le processus de résolution de problèmes. Ces modèles s'appuient sur les méthodes de traçabilité de la logique de conception (design rationnelle). Nous avons retenu trois modèles utilisés pour ces mémoires de projet : QOC [Buckingham 97], DRCS [Klein 93] et IBIS [Conklin 88]. D'autres méthodes plus récentes améliorent la représentation de l'évolution des prises de décision telles que DIPA [Lewkowicz 99] et DyPKM [Bekhti 03]. Elles mettent plus l'accent sur l'évolution des décisions dans le projet, alors que d'autres comme INDIGO [Longueville 2003] se positionnent sur le processus de décision. L'équipe de Matta et al. a développé un modèle de mémoire de projet en conception concourante par capitalisation des traces des projets passés [Matta 00]. Ce modèle fait la distinction entre deux types de connaissances de projet : la mémoire des caractéristiques de

projet, et la mémoire de la logique de conception. D'autres modèles ne sont pas uniquement orientés prise de décision et logique de conception, nous pouvons citer celui orienté coopération [Golebiowska 02] et celui orienté compétences. [Belkadi 07]

La mémoire de projet MemoDesign est construite sur deux axes : un axe permettant de contextualiser les informations et connaissances en exposant l'histoire du projet et un axe dédié à l'organisation des connaissances utilisées, partagées et créées par les acteurs métier et aux services de leurs compétences. En décrivant chaque processus mis en place par chaque rôle métier, ainsi que les règles métier utilisées et l'expérience acquise, MemoDesign présente le processus de résolution de problèmes. La prise de décision n'est pas formalisée à l'aide d'une description des arguments et des solutions, mais elle est rapidement déductible à partir des expériences projet qui sont structurées selon les descriptions, causes, conséquences, actions conduites et recommandations. Les connaissances liées à la vue projet sont décrites dans l'histoire projet avec le contexte du projet et son déroulement (évolution). MemoDesign présente également les caractéristiques du produit dans le glossaire projet, dans l'expertise projet et dans l'environnement produit. La représentation des procédés métier (fabrication, assemblage, ingénierie...) utilisés lors du projet sont également représentés pour chaque rôle métier dans le processus projet. Le tableau 5.3 positionne l'ensemble des mémoires de projets existantes par rapport aux critères que nous venons d'aborder.

Modèles		Matta et al. Ribiere et al. Eynard et al.	Golebiowska et al.	Meydiam : Longueville et al.	Belkadi et al.	MemoDesign : Monticolo et al.
Description						
Résolution de problèmes	Problèmes rencontrés	✗	✗	✗		✗
	Processus de résolution de problème	✗		✗		✗
Prise de décision	Processus de décision	✗		✗		
	Arguments pour la prise de décision	✗		✗		
	Solutions	✗	✗	✗		✗
Gestion du projet	Présentation du contexte	✗	✗	✗	✗	✗
	Activités métier	✗		✗	✗	✗
	Prestations aux clients		✗			
	Rôles des acteurs	✗	✗			✗
	Compétences des acteurs	✗			✗	✗
Gestion du produit	Caractéristiques du produit	✗	✗			✗
	Règles de conception	✗				✗
Gestion du processus	Procédés utilisés (fabrication, assemblage)	✗				✗

Tableau 5.3 : Comparatif des différentes mémoires de projet

5. Conclusion

Ce chapitre présente le modèle de mémoire de projet MemoDesign, construit à partir des connaissances qualifiées de ‘pertinentes’ identifiées par les acteurs métier. Ces connaissances doivent être capitalisées, indexées et organisées lors des projets de conception mécaniques. MemoDesign propose ainsi un modèle décrivant les différents types de projet, leur organisation en vue de leur réutilisation.

Ce modèle a été expérimenté dans l’entreprise et a permis de rédiger plusieurs mémoires à partir d’interviews d’experts et de séances de validation avec les équipes projet. Les connaissances recueillies ont été rédigées dans des classeurs contenant la mémoire des projets selon MemoDesign. Ces classeurs de connaissances couvrent ainsi l’ensemble des besoins en informations et connaissances demandé par les acteurs métier pour obtenir une aide lors de la réalisation de nouveaux projets.

L’entreprise utilise un processus de conception et des méthodes de travail similaires à ceux publiés dans la littérature, nous supposons ainsi que le modèle de mémoire de projet, est utilisable par d’autres entreprises pour faciliter la gestion des connaissances lors des projets de conception mécanique.

Cependant, le travail de gestion des connaissances à partir des interviews d’experts et de rédaction de livres des connaissances s’est révélé long et difficile. Il demande une implication importante de la part des acteurs métier pour formaliser leurs connaissances. De plus, les recherches de connaissances dans les classeurs sont longues et engendrent un découragement des acteurs métier pour la réutilisation des connaissances. Cette expérience montre qu’il est nécessaire d’envisager un système de gestion des connaissances qui puisse assister les acteurs métier lors de la capitalisation, construire de manière semi-automatique des mémoires de projet et proposer une aide à la réutilisation des connaissances.

Toutefois, il est nécessaire de définir un vocabulaire et une sémantique de ce domaine de connaissance afin qu’il soit perceptible et manipulable par un système de gestion des connaissances. Le prochain chapitre présente une solution à ce problème avec le développement de l’ontologie OntoDesign construite à partir des connaissances identifiées dans le modèle de mémoire de projet MemoDesign.

Chapitre 5

OntoDesign : Une ontologie du domaine des projets de conception

Ce chapitre présente l'ontologie du domaine des projets de conception OntoDesign. Elle est fondée sur la taxonomie des connaissances du modèle de mémoire de projet MemoDesign. Cette mémoire de projet permet de classifier et de structurer les connaissances lors d'un projet alors que l'ontologie OntoDesign propose un vocabulaire et une sémantique définissant les concepts correspondants aux connaissances à capitaliser.

Nous présentons dans ce chapitre notre démarche de conception de l'ontologie OntoDesign. Cette conception repose sur l'analyse du domaine (cf. chapitre 3), sur la taxonomie des connaissances du domaine (cf. chapitre 4) et sur l'analyse des ontologies existantes relatives aux domaines de l'entreprise. OntoDesign est développée à l'aide du Web Sémantique, favorisant ainsi la capitalisation et la réutilisation des connaissances à l'aide de langages Web standardisés (RDF et OWL).

Sommaire

1. Introduction	121
2. Analyse des ontologies existantes	122
2.1 L'ontologie Enterprise	122
2.2 L'ontologie TOVE	123
2.3 L'ontologie O'COMMA	124
3. Spécification des concepts, attributs et relation	125
4. Développement d'OntoDesign selon les standards du Web Sémantique	127
3.4 Utilisation d'un éditeur d'ontologie pour l'implémentation	127
3.5 Exploitation des informations à partir d'OntoDesign	129
5. Conclusion	132

1. Introduction

Notre démarche de gestion des connaissances s'appuie sur la cartographie des connaissances créées, utilisées et partagées lors du processus de conception mécanique. Cette cartographie a été déterminée à partir de l'analyse du domaine par la modélisation du processus de conception. Elle nous a permis de proposer une structure pour ces connaissances sous la forme d'une mémoire de projet (MemoDesign).

Nous proposons à présent de construire une ontologie de domaine afin de définir une terminologie et une sémantique pour représenter ces connaissances. L'ontologie représente un vocabulaire consensuel qui définit le sens des concepts et des relations entre ces concepts. Ce vocabulaire peut être associé à un modèle qui décrit le contenu d'une mémoire de projet, ses propriétés, la manière dont elle peut être utilisée ainsi que la syntaxe et les contraintes fournies par le langage de représentation. L'objectif est d'assurer la spécification explicite des connaissances du domaine à l'aide d'un langage offrant une sémantique adaptée. De nombreux travaux (présentés au chapitre 1) définissent des approches de conception d'ontologie. Nous décrivons, dans la suite de ce document, la démarche que nous avons suivie et nous expliquons quels sont les travaux qui nous ont guidés lors de ce travail.

Cette ontologie du domaine des projets de conception, que nous appelons OntoDesign, a été conçue en cinq étapes (figure 5.1) :

- Une modélisation organisationnelle du domaine en vue de l'identification des connaissances ;
- La validation des connaissances du domaine par les acteurs métier ;
- La création de la typologie et de la taxonomie des connaissances ;
- Une analyse des ontologies de domaines existantes en vue de leur réutilisation ;
- La spécification des concepts, de leurs attributs et relations.

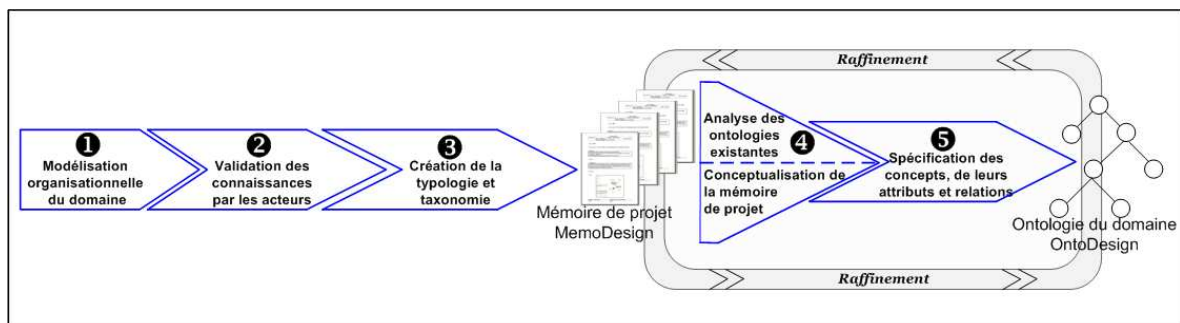


Fig. 5.1 : Processus de construction de l'ontologie

Les trois premières étapes d'étude et de modélisation des connaissances (cf. chapitre 3) ainsi que la création de la taxonomie (cf. chapitre 4) ont permis de construire le modèle de mémoire de

projet MemoDesign. L'étape quatre est dédiée à l'analyse des ontologies existantes dans l'objectif de réutiliser des concepts existants. L'étape suivante est la définition des concepts identifiés dans la taxonomie de la mémoire de projet et la description de leurs attributs et relations. En fait, les étapes quatre et cinq ont été accomplies plusieurs fois afin d'affiner la structure de l'ontologie *OntoDesign*.

Nous souhaitons développer une ontologie qui puisse être réutilisée lors d'autres projets de conception. Pour cela nous avons suivi les dernières recommandations du W3C et nous avons utilisé les langages RDF [Berners-Lee 99] et OWL [Deborah 04] du Web Sémantique pour assurer l'ouverture et l'interopérabilité, et permettre à d'autres systèmes de réutiliser *OntoDesign*.

Les trois premières étapes ont été présentées précédemment lors de la construction du modèle organisationnel et de la mémoire de projet MemoDesign. Nous présentons, à présent, les étapes quatre et cinq : la conception et le développement de l'ontologie *OntoDesign*.

2. Analyse des ontologies existantes

Après avoir identifié les connaissances à capitaliser lors des projets de conception, notre premier travail fut d'analyser et d'étudier des ontologies existantes que nous pourrions réutiliser. Nous présentons dans ce paragraphe les ontologies de domaine qui ont guidé notre conceptualisation.

2.1 L'ontologie 'Enterprise'

L'ontologie *Enterprise* [Uschold 98] est, comme son nom l'indique, construite autour des termes relatifs à l'industrie. Elle propose une série de concepts et leurs définitions permettant de décrire une entreprise. Conceptuellement, cette ontologie est divisée en sections décrivant des éléments de l'entreprise tels que les activités, les processus, l'organisation, le marketing, etc. *Enterprise* a été développée pour contribuer à la réutilisation de modèles liés à l'entreprise en vue du développement de logiciels. Elle sert de moyens de communication entre des utilisateurs et développeurs appartenant à des sociétés différentes, mais aussi entre des systèmes informatiques différents. Bien entendu l'origine de sa création est orientée sur l'acquisition, la représentation et la manipulation des connaissances de l'entreprise.

L'ontologie *Enterprise* a été développée en plusieurs étapes :

- Etape 1 : Développement de la partie informelle, c'est-à-dire basée sur les termes utilisés en langage naturel ;
- Etape 2 : Développement de la partie formelle à partir de l'outil *Ontolingua* [Gruber 92] en utilisant le langage KIF (Knowledge Interchange Format) pour définir des classes, des relations, des fonctions, des objets et des axiomes ;
- Etape 3 : Développement d'un outil pour la réutilisation de l'ontologie ;

Le langage KIF, non compatible avec les technologies du web sémantique, ne nous a pas permis de réutiliser l'ontologie 'Enterprise'. Notre intérêt pour cette ontologie s'est porté sur la

partie informelle, pour l'enrichissement par réutilisation de la définition de certains concepts. Les concepts d'«Enterprise» sont classés en cinq catégories : *Activity*, *Organisation*, *Strategy*, *Marketing* et *Time*. Le tableau 6.1 suivant présente les concepts de l'ontologie. Les concepts soulignés ont guidé notre conceptualisation. Parmi ces concepts, on retrouve ceux qui définissent les activités du processus (*Activity Specification*, *Sub-activity*, *Planning* etc.), l'organisation du projet et les moyens de production (*Person*, *Machine*, etc.), les objectifs du projet (*Purpose*, *Objective*, etc.) ainsi que certains termes utilisés dans un projet (*Customer*, *Product*, *Sale Price*, etc.). Ces concepts ont des significations qui correspondent à certaines connaissances présentées dans le modèle de mémoire de projet.

Domaine	Liste des concepts
<u>Activity</u>	<u>Activity Specification</u> , Execute, <u>Executed Activity Specification</u> , T-Begin, T-End, Pre-Conditions, Effect, Doer, <u>Sub-Activity</u> , Authority, Activity Owner, Event, Plan, Sub-Plan, <u>Planning</u> , <u>Process Specification</u> , <u>Capability</u> , <u>Skill</u> , <u>Resource</u> , Resource Allocation, Resource Substitute.
<u>Organisation</u>	<u>Person</u> , <u>Machine</u> , Corporation, Partnership, Partner, Legal Entity, Organisational Unit, Manage, Delegate, Management Link, Legal Ownership, Non-Legal Ownership, Ownership, Owner, Asset, Stakeholder, Employment Contract, Share, Share Holder.
<u>Strategy</u>	<u>Purpose</u> , Hold Purpose, Intended Purpose, <u>Strategic Purpose</u> , <u>Objective</u> , vision, Mission, Goal, Help Achieve, Strategy, Strategic Planning, Strategic Action, Decision, <u>Assumption</u> , Critical Assumption, Non-Critical Assumption, Influence Factor, Critical Influence Factor, Non-Critical Influence Factor, Critical Success Factor, Risk.
<u>Marketing</u>	Sale, Potential Sale, For Sale, Sale Offer, Vendor, Actual Customer, Potential Customer, <u>Customer</u> , Reseller, <u>Product</u> , Asking Price, <u>Sale Price</u> , Market, Segmentation Variable, Market Segment, Market Research, Brand Image, Feature, Need, Market Need, Promotion, Competitor.
Time	Time Line, Time Interval, Time Point.

Table. 6.1 : Identification des concepts de l'ontologie *Enterprise* pour l'enrichissement de l'ontologie *OntoDesign*

L'analyse de l'ontologie «Enterprise» nous a orienté sur la définition de certains concepts que nous avons réutilisés pour *OntoDesign*. Cependant, les définitions proposées en langage naturel ne permettent pas de définir une sémantique non ambiguë. Nous avons été amenés à définir et expliciter ces concepts.

2.2 L'ontologie «TOVE»

TOVE (Toronto Virtual Ontology) [Gruninger 94], [Fox 05] a été développée au sein du laboratoire EIL (Enterprise Integration Laboratory) de l'Université de Toronto. En 1994, date de sa création, TOVE était structurée selon deux axes: *Time* et *Activities and states*. Aujourd'hui l'ontologie a évolué et est organisée en plusieurs sous ontologies ; *Activity*, *Resource*, *Organization*, *Product and requirement*, *Quality* et *Activity-Based Costing*. Ces axes sont proches de ceux utilisés dans l'ontologie *Enterprise*.

Nous avons étudié particulièrement les concepts et les relations de *product and requirement* dont nous avons besoin pour la spécification des connaissances liées au produit à concevoir. Cette partie de TOVE présente un modèle produit constitué de plusieurs variétés de produit, de projet et de connaissances d'ingénierie. Le modèle produit est structuré en cinq sous ontologies :

- *Part Ontology* présente les composants (pièces) du produit. Le produit lui-même est considéré comme une 'Part' ;
- *Feature Ontology* décrit les caractéristiques géométriques d'une 'Part'. Ces caractéristiques peuvent être fonctionnelles en décrivant les fonctions techniques utiles à la conception du produit. Elles peuvent être également descriptives du cycle de vie du produit ;
- *Parameter Ontology* spécifie les attributs des composants du produit tels que la longueur, la largeur, la surface... ;
- *Constraint Ontology* énonce les contraintes sur un produit, cela peut être par exemple 'la matière du composant 'treuil' sera du PA66' ;
- *Requirements Ontology* liste les conditions imposées pour concevoir un produit. Une condition est une description d'une série de tests à appliquer au produit ou au process.

Nous avons créés des concepts proches de ceux utilisés par les cinq sous ontologies pour définir les concepts relatifs au produit tels que *Composant*, *Paramètre géométrique*, *contraintes*, etc.

2.3 L'ontologie 'O'COMMA'

L'ontologie O'Comma a été développée pour spécifier les concepts d'une mémoire d'entreprise. Elle a été développée pour le projet européen IST Comma (2000-2001). Elle est structurée en trois niveaux :

- Un niveau général présentant les concepts de haut niveau qui ressemble à celui des autres ontologies modélisant les entreprises ;
- Un niveau intermédiaire présentant les concepts du domaine de la mémoire d'entreprise (documents, organisation, personnel,...) et dédié aux applications du domaine (exemple des télécommunications : technologies wireless, réseaux...) ;
- Un niveau inférieur comprenant les concepts spécifiques issus de l'analyse de scénarios.

Cette ontologie est composée de 420 concepts. Elle est disponible et développée avec le langage RDF ce qui facilite sa réutilisation. Cependant, les concepts utilisés sont destinés à la mémoire d'entreprise. Ils sont difficiles à replacer dans une mémoire dédiée aux projets de conception de produits mécaniques. Seuls quelques concepts de haut niveau (document, tâche, groupe, acteur métier) ont permis de guider notre conceptualisation.

3. Spécification des concepts, attributs et relations

Cette étape cinq du processus de construction de l'ontologie OntoDesign réutilise la méthodologie proposée dans [Gandon 02] où sont rédigés trois tableaux pour présenter les concepts, attributs et relations :

- Le tableau des concepts possède quatre colonnes : le nom du concept (Terme), l'ID qui est le label informatique du concept (ConceptID), l'ID du concept parent auquel le concept est lié (Parent ID) et la définition du concept en langage naturel ;
- Le tableau des relations est composé de cinq colonnes : le nom de la relation (Relation), l'ID de la relation (RelationID), les concepts concernés par la relation (ConceptOrigine, ConceptCible) et la définition de la relation en langage naturel ;
- Le tableau des attributs est composé de cinq colonnes : le nom de l'attribut (Attribut), l'ID de l'attribut (AttributID), le concept auquel il est rattaché (ConceptAssocie), le type de données associé (AttributType) et la définition de l'attribut en langage naturel.

Les tableaux 6.2, 6.3 et 6.4 présentent un extrait de l'ontologie OntoDesign. L'ensemble de sa description est donné dans l'annexe A.

Terme	Concept ID	Parent ID	Définition au langage naturel
acteur métier	ActeurMetier		
action conduite difficulté	ActionConduiteDifficulte	Difficulte	Action menée qui a conduit à la réalisation difficile d'une activité
action conduite echec	ActionConduiteEchec	Echec	Action menée qui a conduit à un échec lors de la réalisation d'une activité
action conduite succès	ActionConduiteSuccès	Succes	Action menée pour accomplir une activité qui s'est révélée être un succès
actiité	Activite	EvolutionProjet	Ensemble d'action à réaliser lors d'un projet
activité spécifique	ActiviteSpecifique	Organisation	Ensemble d'actions spécifiques à réaliser lors dun projet
analyse fonctionnelle	AnalyseFonctionnelle	MethodeMetier	Méthode de description et de spécification des fonctions du produit
analyse de la valeur	AnalyseValeur	MethodeMetier	Méthode de spécification et d'estimation des coûts des fonctions du produit
brevet	Brevet	VeilleTechnologique	Document spécifiant l'exclusivité d'exploitation sur un méthode ou un produit industriel
causes difficulté	CauseDifficulté	Difficulte	Action conduisant à la réalisation difficile de l'activité
causes échec	CauseEchec	Echec	Action conduisant à la non-réalisation de l'activité
causes succès	CauseSucces	Succes	Action conduisant à la réalisation de l'activité avec des résultats remarquables
choix regle litterale	ChoixRegleLitterale	RegleLitterale	Règle de conception sous forme littérale proposée
compétence métier	CompetenceMetier	NomProjet	Savoir-faire développé par un acteur métier lors du projet
compétence métier spécifique	CompetenceMetierSpecifiq ue	Organissation	Nouveau savoir-faire à acquérir lors du projet
...	...		

Table. 6.2 : Les concepts de l'ontologie 'OntoDesign'

Relation	RelationID	ConceptOrigine	ConceptCible	Définition au langage naturel
a pour représentation	APourRepresentation	Element	MaquetteNumerique	L'élément est représenté par une maquette numérique
a pour nombre d'évaluations positives	APourEvaPositives	NbEvaConnaissance	NbEvaPositives	Nombre d'évaluations positives contenues dans le nombre d'évaluation total
a pour maturité	APourMaturité	EvaConnaissance	PourcentageEvaPositives	Donne la maturité d'une évaluation en indiquant un nombre d'étoile
A pour pourcentage d'évaluations positives	APourPourcentage	EvaConnaissance	NbEtoilesEva	Donne le pourcentage d'évaluation positives
compose équipe projet	ComposeEquipeProjet	ActeurMetier	EquipeProjet	Composition de l'équipe projet
compose le produit	ComposeProduit	Element	Produit	Un élément est un composant du produit
détaille Fonction Contrainte	DetailleFonctionContrainte	AnalyseFonctionnelle	FonctionContrainte	Spécification d'une fonction contrainte
détaille Fonction Principale	DetailleFonctionPrincipale	AnalyseFonctionnelle	FonctionPrincipale	Spécification d'une fonction principale
est conçu à partir de	EstConçuAPartir	Element	RegleConception	L'élément est conçu à partir d'une règle de conception
est une règle Litterale	EstUneRegleLitterale	RegleLitterale	RegleConception	Une règle littérale est une règle de conception
est une règle formule	EstUneRegleFormule	RegleFormule	RegleConception	Une règle formule est une règle de conception
estime coût fonction contrainte	EstimeCoutFonctionContrainte	AnalyseValeur	FonctionContrainte	Estimation du coût d'une fonction contrainte
....			...	

Table. 6.3 : Les relations de l'ontologie 'OntoDesign'

Attribut	AttributID	ConceptAssocie	AttributType	Définition
description facteur	DescriptionFacteur	FacteurTechnique	Littéral	Description des facteurs techniques
description Méthode	DescriptionMethode	MethodeMetier	Littéral	Description de la méthode métier utilisée
domaine métier de la méthode	DomaineMetierMethode	MethodeMetier	Littéral	Spécification du domaine métier auquel la méthode est associée
démarche pour appliquer la méthode	DemarcheMethode	MethodeMetier	Littéral	Démarche à suivre pour appliquer la méthode
activité utilise méthode	ActiviteUtiliseMethode	MethodeMetier	Littéral	Activité dans laquelle est utilisée la méthode
description technologie	DescriptionTechnologie	TechnologieSpecifique	Littéral	Description de la technologie
domaine métier de la technologie	DeomaineMetierTechnologie	TechnologieSpecifique	Littéral	Spécification du domaine métier dans lequel la technologie est utilisée
Description outil spécifique	DescriptionOutilSpecifique	OutilSpecifique	Littéral	Description de l'outil spécifique
domaine métier de l'outil	DeomaineMetierOutil	OutilSpecifique	Littéral	Spécification du domaine métier dans lequel l'outil est utilisé
référence du Brevet	ReferenceBrevet	Brevet	Littéral	Référence interne du brevet archivé
description du brevet	DescriptionBrevet	Brevet	Littéral	Description du brevet
résumé	RésuméBrevet	Brevet	Littéral	Résumé officiel du brevet
...	...	...	...	

Table. 6.4 : Table de spécifications des attributs de l'ontologie 'OntoDesign'

4. Développement d'OntoDesign à l'aide du Web Sémantique

Le Web Sémantique offre un ensemble de langages, notamment RDF et OWL [Berners-Lee 99], permettant d'exploiter les connaissances en apportant des fonctionnalités telles que la recherche, l'extraction, le maintien, le raisonnement et la représentation des informations. Il permet de rendre les pages web interprétables non seulement par l'homme, mais aussi par des programmes, pour une meilleure coopération homme-machine, suivant la vision de Tim Berners-Lee [Berners 01]. L'approche la plus fréquente repose sur l'explicitation d'annotations sémantiques relatives aux ressources documentaires utilisant les technologies du Web. Ces annotations sont représentées dans le langage RDF proposé par le W3C (Consortium pour promouvoir la compatibilité des technologies du web). Les ressources contenant les informations nécessaires à la construction de la mémoire de projet doivent être annotées par les systèmes de gestion des connaissances et doivent être consultables et exploitables par les acteurs métier.

Les technologies du Web Sémantique nous permettent :

- D'organiser les connaissances selon le modèle de mémoire de projet en prenant en compte leurs significations ;
- D'effectuer des recherches, non seulement sur un mot, mais également sur la formulation d'une requête complète et de fournir une réponse présentée de manière compréhensible ;
- D'inférer sur les instances de l'ontologie en fonction des relations définies entre les concepts.

Parmi les technologies du Web sémantique, nous utilisons les deux langages suivants :

- RDF est un modèle de données pour les objets (appelés 'ressources') et les relations entre eux. Il fournit une sémantique simple pour le modèle de données. Ce modèle peut être représenté à l'aide de la syntaxe XML ;
- OWL est un langage de description possédant un vocabulaire plus riche pour décrire des propriétés et des classes et faciliter les mécanismes de raisonnement. Les relations peuvent ainsi être spécifiées en mentionnant leurs cardinalités et leurs types.

4.1 Utilisation d'un éditeur d'ontologie pour implémenter OntoDesign

La taille de l'ontologie OntoDesign et la nécessité de faire évoluer le nombre de ses relations en fonction des besoins de consultation des connaissances des acteurs métier justifient l'emploi d'un éditeur d'ontologie. Une synthèse des caractéristiques souhaitables pour ces outils a été réalisée à partir des articles sur les éditeurs d'ontologie [Duineveld 00], [Gomez-Perez02], [Ribiere 01]. Nous avons retenu plusieurs critères indispensables pour l'implémentation de notre ontologie de domaine :

- Une structure ontologique facile à mettre en place (langage de représentation, contrôle de cohérence,...) ;
- Une prise en main rapide du logiciel (ergonomie, documentation...) ;
- Une simplicité de mise à jour de l'ontologie (modifications complexes, réversibles...) ;
- La génération de l'ontologie dans les langages du Web sémantique.

Après avoir testé plusieurs éditeurs (Protégé, OilEd, SWOOP...), notre choix s'est porté sur Protégé 2000 [Noy 00]. Les concepts y sont présentés sous une forme générique, permettant de leur attribuer des propriétés et de les mettre en relation les uns avec les autres. Le choix de Protégé en tant qu'éditeur d'ontologie a été en partie motivé par sa capacité à :

- Générer automatiquement l'ontologie sous le langage OWL (plus précisément OWL-DL) ;
- Respecter les recommandations du W3C et de l'API java Jena [McBride 01] facilitant la manipulation des ontologies au format du Web Sémantique ;
- Accueillir des 'plug-ins' qui étendent ses fonctionnalités pour permettre en particulier d'obtenir une vue graphique de l'ontologie.

La figure 5.2 présente les classes de l'ontologie *OntoDesign* définies dans Protégé 2000, ainsi que son implémentation en OWL-DL.

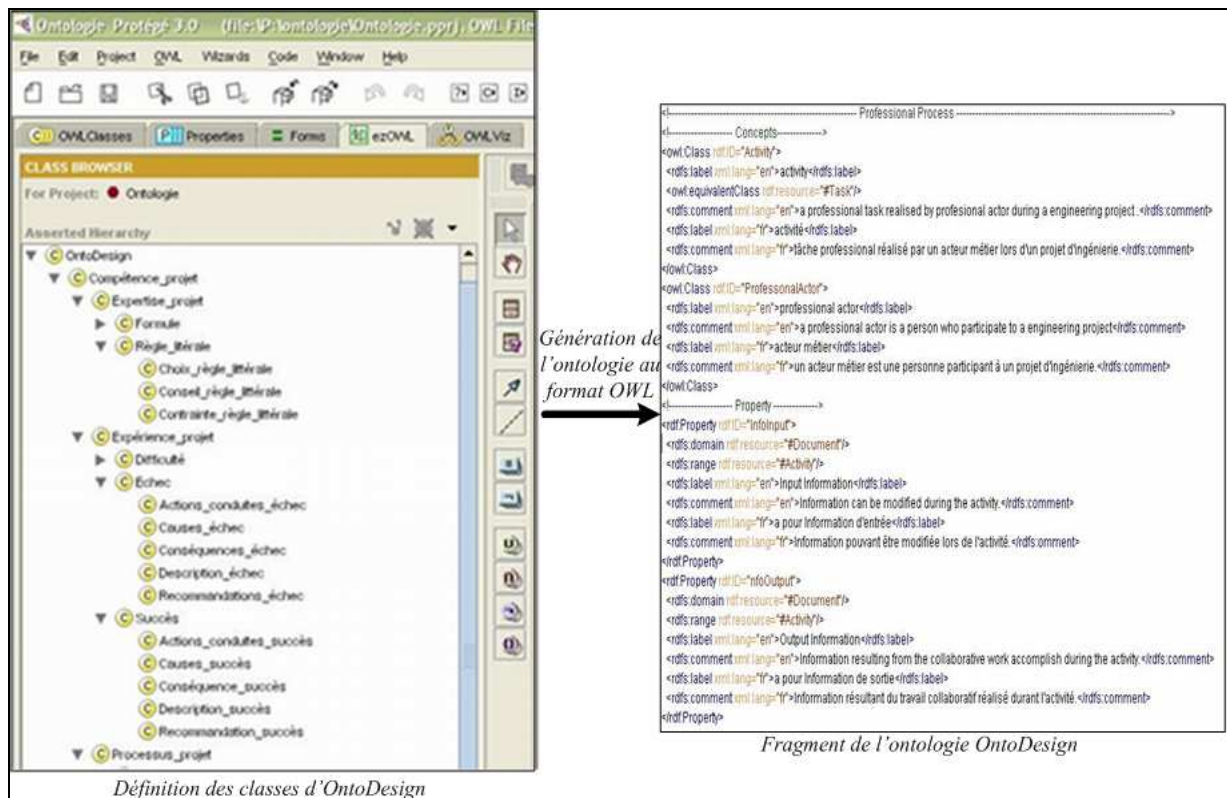


Fig. 5.2 : Implémentation en OWL d'OntoDesign à l'aide de Protégé 2000

OntoDesign est donc développée dans le langage OWL-DL selon les recommandations du W3C. OWL-DL est fondé sur la logique de description. Nous expliquerons dans le chapitre 7, comment nous utilisons le moteur d'inférence et le moteur de requête intégré à l'API Jena [McBride 01] pour manipuler les instances de l'ontologie.

4.2 Exploitation des informations à partir d'OntoDesign

1.1.1 Annotation des informations

Protégé 2000 nous a permis d'implémenter l'ontologie OntoDesign en langage OWL. Celui-ci est un enrichissement du langage RDF avec lequel il est compatible. La structure de l'ontologie permet d'annoter les informations et les connaissances à l'aide des langages du Web sémantique.

Nous illustrons le rôle de l'ontologie dans l'annotation des connaissances en utilisant un exemple simple. Considérons la connaissance décrivant que l'élément 'BeeTurbio', prototype du véhicule SIA (cf. chapitre 10), respecte la règle de conception :

"anti roulis raideur totale" = "anti roulis raideur barre"+"anti roulis raideur châssis"

L'ontologie *OntoDesign* contient des concepts tels que *ElementPrototype*, *Concept*, *Prototype*, *RegleFormule* et des relations telles que *RespecteLaRegle*, *EstUneRegleFormule*, *EstUneRegleLitterale*. La figure 5.3 présente le niveau conceptuel de l'ontologie et le niveau des connaissances (ressources) annotées. Sur ce schéma, les rectangles sont des relations, les ellipses 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 5.3 permet de comprendre les mécanismes d'annotations à partir des ressources identifiées et l'utilisation des relations et des concepts d'*ontoDesign*.

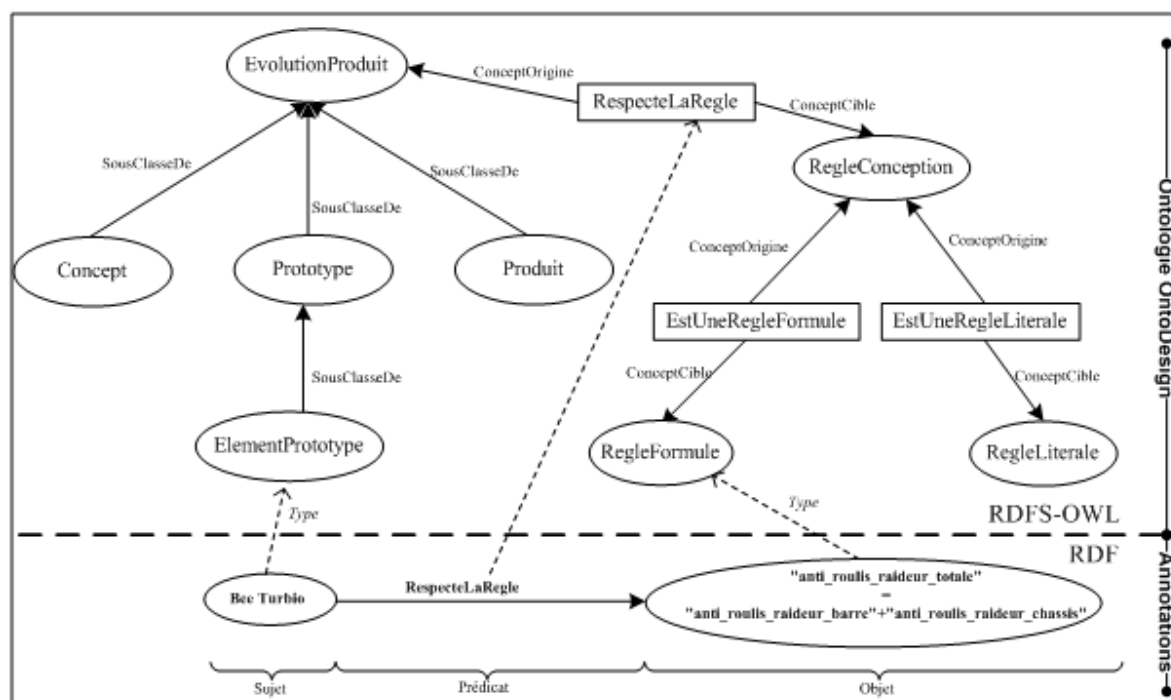


Fig. 5.3 : Annotations des connaissances à partir de l'ontologie implémentée en OWL

Les langages RDF et OWL fournissent des primitives pour modéliser les informations décrites dans l'exemple précédent. Les deux premiers vont spécifier les concepts ('Prototype', 'Produit',

'RegleLitterale',...) (cf. figure 5.4) ainsi que leurs relations ('SousClasseDe', 'EstUneRegleFormule', 'RespecteLaRegle',...) (cf. figure 5.5) :

```
<owl:Class rdf:ID="ElementPrototype">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Prototype" />
</owl:Class>
```

Fig. 5.4 : Définition de la classe '*ElementPrototype*'

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="EstUneRegleFormule">
  <rdfs:domain rdf:resource="#RegleConception" />
  <rdfs:range rdf:resource="#RegleFormule" />
</owl:ObjectProperty>
```

Fig. 5.5 : Définition de la relation '*EstUneRegleFormule*'

Le lien '*ConceptOrigine*' sur la figure 5.3 correspond au code '*rdfs:domain*' de la figure 5.5. Il spécifie le domaine de la propriété P, qui est la classe (concept) des ressources pouvant apparaître comme des sujets dans un triplet RDF contenant le prédicat P. Si le domaine n'est pas spécifié, les informations (ressources) peuvent être des sujets.

Le lien '*ConceptCible*' sur la figure 5.3 correspond au code '*rdfs:range*'. Il spécifie la portée de la propriété P, c'est-à-dire la classe (concept) des ressources pouvant apparaître comme des valeurs dans les annotations RDF contenant le prédicat P.

Le langage RDF va permettre d'annoter les instances en écrivant des triplets Sujet/Predicat/Objet tel que *ElementPrototype/SousClasseDe/Prototype* :

```
<rdf:description rdf:about="https://acsp.utbm.fr/Component51">
  <OntoDesign:ElementPrototype>Bee Turbio</OntoDesign:ElementPrototype/>
  <OntoDesign:RespecteLaRegle>
    <rdf:description rdf:about="https://acsp.utbm.fr/Regle181">
      <OntoDesign:RegleFormule>
        "anti_roulis_raideur_totale"="anti_roulis_raideur_barre"+"anti_roulis_raideur_chassis"
      </OntoDesign:RegleFormule/>
    </OntoDesign:RespecteLaRegle/>
  </rdf:description>
```

Fig. 5.6 : Annotation de la ressource '*Component51*'

La première balise RDF indique la ressource à annoter. Nous mentionnons le cas d'une ressource Web relative au e-Groupware ASCP contenant les informations relatives aux éléments de produit. La seconde balise présente l'instance et son type '*ElementPrototype*' hérité de

l'ontologie *OntoDesign*. La troisième balise '*<OntoDesign:RespecteLaRegle>*' décrit la relation entre les deux instances. Les balises suivantes spécifient la seconde instance de type *RegleFormule* qui est une ressource dont l'URI est « <https://acsp.utbm.fr/Regle181> ».

1.1.2 Recherche d'informations à partir de l'ontologie *OntoDesign*

Comme nous l'avons présenté précédemment, les annotations RDF contiennent une série de triplets. Chaque triplet représente une séquence de la forme Sujet/Predicat/Objet. Depuis plusieurs années, des langages ont été développés pour interroger des séquences RDF. Nous pouvons citer TRIPLE [Sintek 01], RQL [Karvounarakis 02], SeRQL [Broekstra 04], RDQL [Seaborne 04] et SPARQL [Seaborne 06]. Nous utilisons SPARQL, langage permettant d'appliquer des requêtes sur des triplets RDF, recommandé par le W3C.

Les requêtes SPARQL sont construites selon des structures proches du langage SQL en utilisant les clauses *SELECT* et *WHERE*. La clause *WHERE* utilise une syntaxe composée de trois éléments utilisant les points d'interrogations devant les variables. Par exemple la recherche du nom de l'élément du prototype (figure3), s'écrit de la manière suivante :

?x rdf:type OntoDesign:ElementPrototype

Une sortie SPARQL est un graphe décrit en RDF/XML. Nous illustrons un exemple d'utilisation en recherchant l'ensemble des règles de conception utilisé pour concevoir l'élément 'BeeTurbio'. Nous précisons que 'BeeTurbio' est un élément du prototype 'VehiculeSIA' et que nous souhaitons consulter uniquement les règles métier décrites sous la forme de formules.

La figure 5.7 présente la requête SPARQL correspondante. 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. SPARQL possède plusieurs clauses (*OPTIONAL*, *FILTER*, *ORDER BY*, *LIMIT*, *DESCRIBE*...) permettant d'enrichir et de manipuler les instances de l'ontologie. La requête présentée en figure 4 illustre la recherche de toutes les règles de conception de type formule, associées au prototype BeeTurbio.

```

PREFIX OntoDesign: <http://acsp.utbm.fr/OntoDesign.owl>
SELECT ?RegleFormule
WHERE {
  ?RegleFormule OntoDesign:EstUneRegleFormule ?RegleConception
  {
    ?RegleConception OntoDesign:RespecteLaRegle ?EvolutionProduit
    {
      ?EvolutionProduit OntoDesign:Prototype "Vehicule SIA"
    }
  }
  UNION
  {
    ?EvolutionProduit OntoDesign:Prototype ?Prototype
    {
      ?Prototype OntoDesign:ElementPrototype "BeeTurbio"
    }
  }
  ...
}

```

Fig. 5.7 : utilisation de SPARQL pour interroger les instances d'*OntoDesign*

5. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté le processus de construction de l'ontologie *OntoDesign*. Cette démarche débute par la définition du modèle organisationnel du processus de conception (cf. chapitre 3) afin d'identifier les connaissances à capitaliser. La seconde étape est la validation par les acteurs métier des connaissances nécessaires à archiver. L'étape suivante est l'élaboration de la typologie et la taxonomie des connaissances définissant le modèle de mémoire de projet *MemoDesign* (cf. chapitre 4). L'étape suivante, présentée en détail dans ce chapitre, concerne l'analyse des ontologies existantes pour la détection et la réutilisation de concepts similaires. Elle se poursuit par la conceptualisation et la spécification des attributs et des relations et des concepts relatifs aux connaissances métier. Les deux dernières étapes ont été accomplies plusieurs fois afin d'obtenir une ontologie permettant de spécifier un vocabulaire et une sémantique pour la représentation des connaissances du domaine des projets de conception mécanique.

L'ontologie *OntoDesign* est développée selon les standards du Web Sémantique qui offrent un cadre pour la manipulation et la représentation des connaissances. *OntoDesign* est actuellement composée de cent quatre concepts et quarante deux relations. Cette ontologie de domaine offre un modèle conceptuel pour la capitalisation et le partage des connaissances issues de sources d'informations hétérogènes. Ce modèle va ainsi pouvoir être perçu et manipulé par un système de gestion des connaissances afin de pouvoir identifier, annoter et organiser les informations et les connaissances créées et partagées lors des projets de conception mécanique. Afin d'assurer les activités relatives à la gestion des connaissances (capitaliser, archiver, mettre à jour, etc.), nous utilisons un système à base d'agents. Nous détaillons dans le prochain chapitre, la conception du système de gestion des connaissances fondé sur le paradigme agent.

Partie – III

KATRAS, un Système Multi Agents pour le management des connaissances

Chapitre 6

Conception du système multi-agents KATRAS

L'adéquation des systèmes multi-agents (SMA) pour traiter des problèmes complexes nous a conduit à concevoir un SMA pour répondre à la problématique de traçabilité, de capitalisation et de réutilisation des connaissances. Nous présentons dans cette section KATRAS (**K**nowledge **A**cquisition **T**raceability and **R**euse by **A**gents **S**ystem), une architecture de SMA pour faciliter la gestion des connaissances et la construction de mémoires de projet. KATRAS propose une capitalisation des connaissances à partir des rôles interprétés par les acteurs métier lors du processus de conception mécanique. Il organise ces connaissances selon le modèle de mémoire de projet MemoDesign afin de faciliter leurs réutilisations. KATRAS est intégré à une plate-forme de travail collaborative supportant les projets de conception de produits mécaniques.

Nous nous sommes servis de la modélisation organisationnelle du processus (chapitre 4), pour concevoir le Système Multi Agents. Les agents assistent les acteurs métier à travers leurs rôles, interactions, compétences et connaissances. Ils peuvent identifier, annoter, organiser les connaissances ainsi que proposer une assistance à leur réutilisation. Ce chapitre présente la conception du SMA ainsi que ses fonctionnalités et propriétés.

Sommaire

1. Introduction	137
2. Conception de SMA	138
2.1 Prise en compte les différentes catégories de connaissances	138
2.2 Interactions entre les rôles dédiés à la gestion des connaissances	142
3. Conception du système multi-agents KATRAS	145
3.1 L'agentification	145
3.2 Description des groupes d'agents	147
4. Architecture du système KATRAS	150
4.1 Distribution des rôles	151
4.2 Communication entre agents	152
5. Conclusion	155

1. Introduction

Le processus de conception détermine les activités métier utilisées dans un projet de développement de produit. Les acteurs métier réalisent ces activités en utilisant, créant et partageant leurs savoirs. Le projet de conception est un environnement hétérogène (diversité professionnelle des acteurs métier) et distribué (sources d'information d'origine différente, travail à distance des acteurs métier). D'autre part, nous avons proposé au chapitre 3 un modèle organisationnel du processus de conception qui représente les interactions entre les rôles des acteurs métier et les connaissances qu'ils utilisent pour atteindre leurs objectifs. Nous proposons, à présent, une gestion des connaissances, pilotée par des agents, à partir du suivi des rôles des acteurs métier.

Pour suivre le travail collaboratif réalisé par les acteurs métier, nous utilisons le collecticiel ACSP [Gomes 05] (présenté dans l'annexe B) utilisé par les équipes projet. Il s'agit d'une plateforme collaborative basée sur des technologies Web. Il supporte le processus de conception mécanique, il est fondé sur un modèle multi domaines (projet, produit, process) et multi vues (fonctionnelle, dynamique, structurelle). Cette plateforme permet le stockage des résultats des activités métier. Les acteurs métier déposent dans le collecticiel les données nécessaires à la réalisation des activités. Le SMA est intégré au collecticiel ACSP afin que les agents puissent suivre les actions des acteurs métier à travers la planification et l'enregistrement des documents résultats des activités. À travers la modélisation et le suivi des rôles de ces acteurs, nous apportons une approche de capitalisation et de réutilisation des connaissances prenant en compte les besoins de chaque rôle métier.

Nous proposons ainsi un système 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 (cf. chapitre 3) pour capitaliser et proposer une assistance à la réutilisation des connaissances. Les agents assurent donc une gestion des connaissances au fil de l'eau des projets d'ingénierie. D'autre part, lors de notre analyse du domaine, nous avons observé que les projets de conception suivent tous un processus prédéfini. Nous nous servons donc du modèle organisationnel du processus de conception pour fournir aux agents une représentation de ce dernier, bâtie sur les rôles, les interactions, les compétences et les connaissances. Cette représentation permet aux agents d'identifier et d'assister la réutilisation de connaissances lors des activités métier.

Le système multi-agents a pour objectif de créer des mémoires de projet. Il s'appuie sur le modèle MemoDesign (cf. chapitre 4) pour l'indexation et l'organisation des connaissances à capitaliser lors des projets. Les agents ont également besoin d'un vocabulaire et d'une sémantique pour percevoir les connaissances à identifier, annoter et organiser. Cette représentation est fournie par l'ontologie de domaine OntoDesign (cf. chapitre 5). Cette ontologie est utile aux agents puisqu'elle apporte une représentation conceptuelle des connaissances utilisées lors des projets de conception.

La figure 6.1 présente un schéma tripartite de notre solution de gestion des connaissances lors des projets de conception. Cette solution repose sur les actions des acteurs métier qui participent aux projets de conception et créent, partagent et utilisent des connaissances lorsqu'ils interprètent

des rôles précis durant les activités du processus de conception. Le second composant de la solution est l'ontologie de domaine qui décrit les concepts correspondants aux connaissances métier ainsi que leurs attributs et relations. Le dernier composant est le système multi-agents KATRAS qui est dédié à la gestion des connaissances en utilisant le modèle organisationnel du processus de conception. Les agents perçoivent ainsi les rôles des acteurs métier et utilisent l'ontologie de domaine pour obtenir la représentation conceptuelle des connaissances qu'ils manipulent.

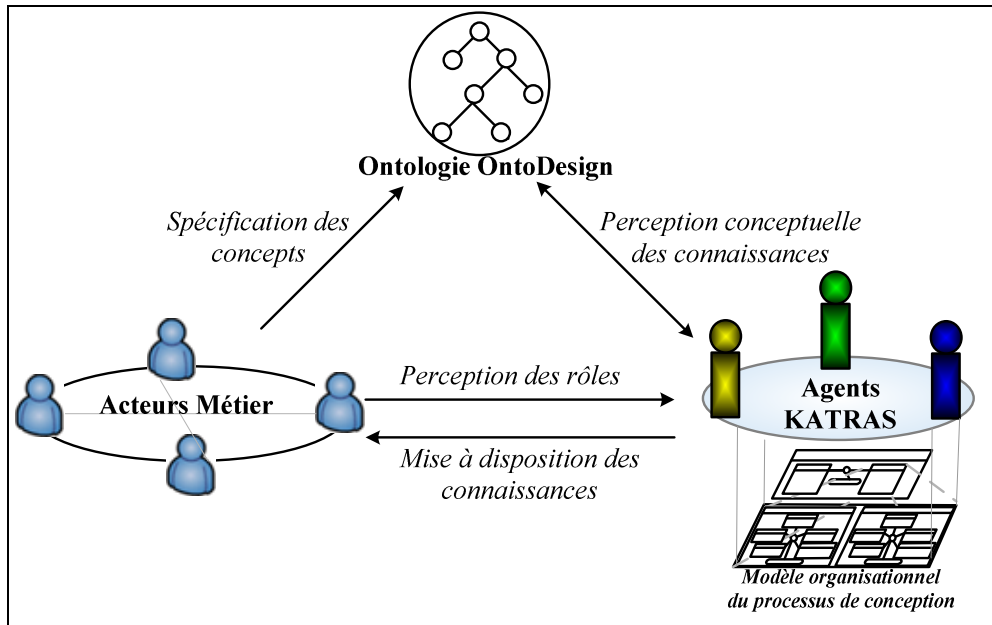


Fig. 6.1 : Schéma tripartite de la solution proposée

Ce chapitre décrit notre approche de conception du système multi agents KATRAS. Dans une première section, nous expliquons les différents types d'agents que nous avons créés. Dans une deuxième section, nous décrivons comment les agents gèrent les connaissances Projet créées, utilisées et partagées lors d'un projet. La section suivante est dédiée à la gestion des connaissances Métier (connaissances issues de tous les projets). La dernière section présente les interactions entre les différents groupes d'agents ainsi qu'une synthèse du SMA.

2. Conception du système multi-agents

2.1 Prise en compte des différentes catégories de connaissances

Notre démarche de conception du SMA KATRAS est basée sur une approche organisationnelle, c'est-à-dire une spécification des rôles et de leurs interactions à l'intérieur d'organisations. Nous nous appuyons sur la modélisation organisationnelle du processus de conception présentée dans le chapitre 4 qui fournit une représentation des interactions entre les rôles des acteurs métier.

Le SMA doit prendre en compte deux catégories de connaissances : celles qui sont créées et utilisées dans un projet et celles qui sont utilisées lors du projet mais qui proviennent d'autres projets. Nous définissons ces deux types de connaissances par :

Définition : Une connaissance Projet est une connaissance créée lors d'un projet et uniquement utilisée et partagée dans ce projet. Une connaissance Projet devient une connaissance Métier lorsque le projet est terminé.

Définition : Une connaissance Métier est une connaissance qui a été créée lors d'un projet actuellement terminé, et qui est utilisée et partagée dans de nouveaux projets en cours. Une connaissance Métier, contrairement à une connaissance Projet est mise à la disposition de tous les projets.

Nous distinguons ainsi la gestion des connaissances Projet et la gestion des connaissances Métier. L'ensemble des mémoires de projet constitue le capital de connaissances de l'entreprise, nous l'appelons référentiel métier.

Définition : Le référentiel métier est l'ensemble des mémoires de projet de l'entreprise.

D'autre part, le SMA doit prendre en compte les acteurs du projet (créateur de connaissances Projet) et les acteurs de l'ensemble des projets (assurant la fiabilité des connaissances Métier). Ces acteurs forment donc deux communautés : la communauté Projet et la communauté Métier. Nous apportons ainsi deux nouvelles définitions :

Définition : La Communauté Projet est l'ensemble des acteurs projets qui créent des connaissances projet. Il existe autant de communauté projet que de projets en cours.

Définition : La Communauté Métier est l'ensemble des acteurs ayant participé à au moins un projet et qui utilisent et évaluent les connaissances métier issues de tous les projets. Il existe une seule communauté métier.

Notons qu'un acteur de la communauté métier a obligatoirement été ou est membre d'une communauté Projet.

Dans la suite de cette section, nous complétons notre travail par une présentation des rôles utiles à la gestion des connaissances. Nous décrivons ainsi notre approche de conception du SMA à partir d'une modélisation organisationnelle du processus de conception.

2.1.1 Rôles dédiés à la gestion des connaissances Projet

Grundstein [Grundstein 00] (cf. chapitre 1) présente un processus de gestion des connaissances basé sur quatre étapes : repérer, actualiser, valoriser et préserver. Repérer les connaissances consiste à identifier et cartographier les connaissances lors des projets. À la suite de cette étape, il est nécessaire d'actualiser les connaissances c'est-à-dire de les enrichir, de les mettre à jour, mais également de les évaluer. L'étape suivante, *Valoriser*, comprend la diffusion,

le partage des connaissances, mais également leurs exploitations et leurs manipulations pour la réutilisation. La dernière étape *Préserver* permet de modéliser et de formaliser les connaissances dans l'objectif de les archiver pour les réutiliser. Nous nous basons, dans la suite de ce paragraphe, sur le cycle de Grundstein pour déterminer les rôles nécessaires à la gestion des connaissances.

Les connaissances Projet sont les connaissances créées, utilisées et partagées lors d'un projet. Pour assurer le processus de gestion des connaissances Projet, nous avons identifié cinq rôles (figure 6.2) : *détecteur de connaissances*, *médiateur*, *Créateur de la mémoire de projet*, *assistant cognitif* et *utilisateur de connaissances*. Ces rôles seront mis en œuvre par des agents qui assurent à leur tour l'identification, la capitalisation et la réutilisation des connaissances issues du projet.

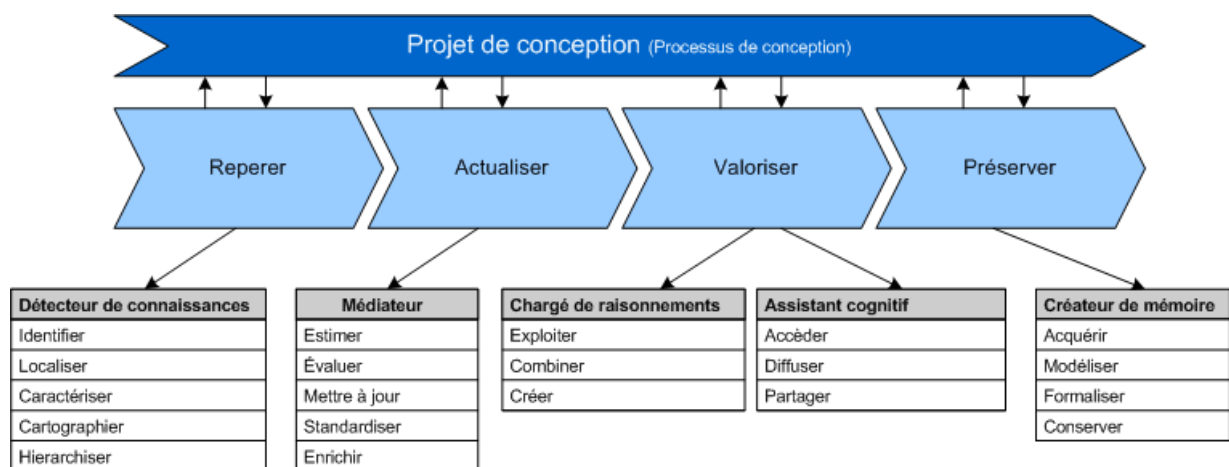


Fig. 6.2 : Les cinq rôles pour manager les connaissances projet

Le *détecteur de connaissances* identifie les informations dites ‘candidates’ c'est-à-dire les connaissances qui semblent être 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. La cartographie permet également la caractérisation des connaissances en vue de les annoter.

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

Le *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 *chargé de raisonnement* exploite les connaissances, il les manipule à l'aide de l'ontologie OntoDesign afin que ces connaissances puissent être réutilisées. Par exemple grâce à des relations telles que la déduction (cf. section 2.1.4 chapitre 4), ce rôle peut associer une règle de conception à une expérience réussie. Quelquefois, la combinaison et le raisonnement sur les connaissances permettent de créer de nouvelles connaissances utiles à l'assistance des acteurs.

L'*utilisateur de connaissances* assiste les acteurs métier à accéder à la mémoire de projet. Son objectif est de diffuser et partager les connaissances capitalisées lors du projet. Ce rôle transmet les requêtes formulées par les utilisateurs au rôle 'Chargé de raisonnement'. Il met également en forme les résultats de ces requêtes afin de les présenter aux utilisateurs. Ce rôle interagit avec les acteurs métier à travers les interfaces du module de gestion des connaissances présenté dans le chapitre 7.

2.1.2 Rôles dédiés à la gestion des Connaissances Métier

Les Connaissances métier sont les connaissances qui ont été créées lors de projets actuellement terminés. Ces connaissances sont issues de l'ensemble des mémoires de projet archivées. Elles constituent une base de connaissances métier que nous nommons '*Référentiel Métier*'. Ainsi, le Référentiel Métier contient le patrimoine des connaissances de l'entreprise construit à partir des expériences des projets réalisés.

La gestion des Connaissances Métier est réalisée par quatre rôles (figure 6.3) ; *Médiateur Métier*, *Utilisateur de Connaissances Métier*, *Chargé de Raisonnement Métier* et *Créateur du Référentiel Métier*.

Les connaissances métier sont managées par un cycle en trois étapes : actualiser, valoriser, préserver. La première étape du cycle de Grundstein 'Repérer' n'a plus lieu d'être puisque les Connaissances Métier sont des connaissances déjà identifiées et capitalisées lors de la gestion des Connaissances Projet.

Dans le même objectif que pour la gestion des *Connaissances Projet*, le rôle de *créateur du référentiel métier* intervient à ce niveau pour construire le référentiel métier avec les connaissances capitalisées dans l'ensemble des projets. Les rôles de *médiateur*, *assistant cognitif* et *chargé de raisonnement* ont des fonctions similaires aux rôles de même nom lors de la gestion des connaissances Projet. La différence réside dans le fait que ces rôles gèrent des connaissances Métier provenant de l'ensemble des projets.

La figure 6.3 décrit à la fois les rôles des connaissances Projet pour les projet A et B ainsi que les rôles pour la gestion des connaissances métier et la création du référentiel métier à partir des mémoires des projets A et B. Cette gestion des connaissances Métier prend en compte les connaissances du projet A lorsque celui-ci est terminé.

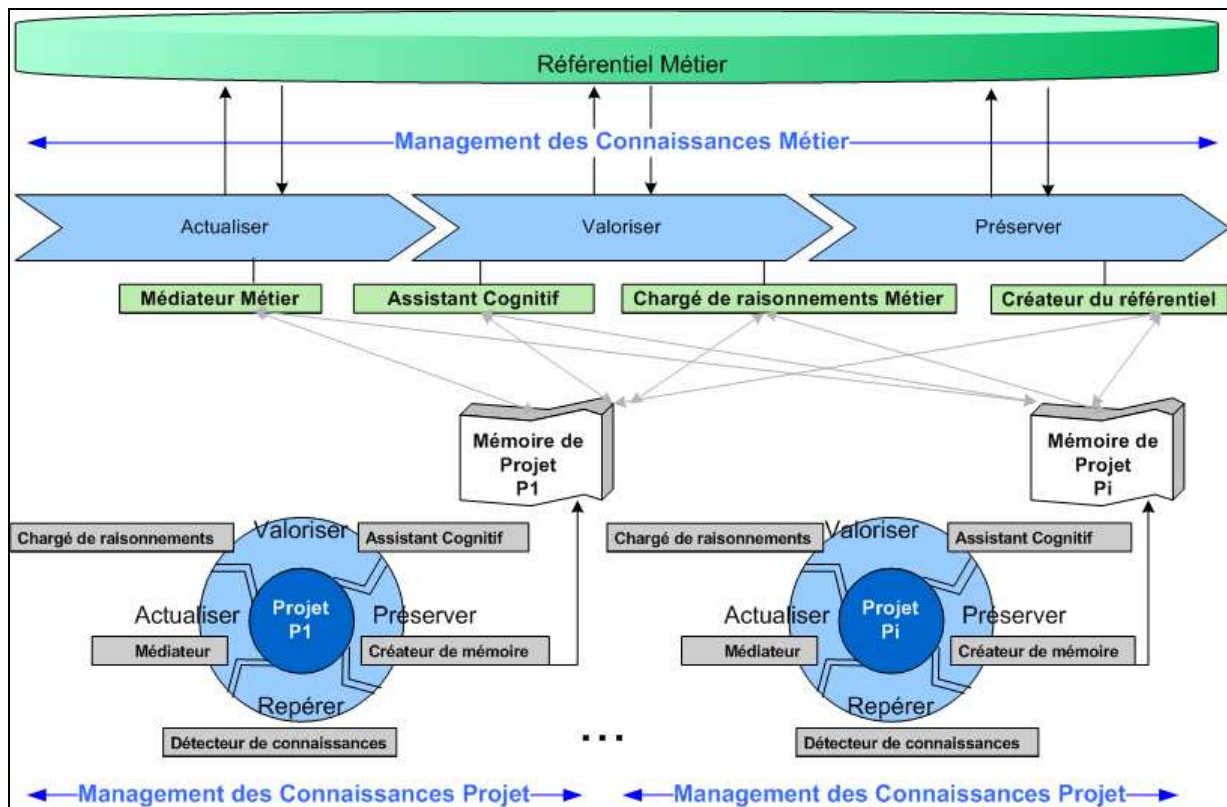


Fig. 6.3 : Les rôles pour la gestion des connaissances projet et métier

2.2 Interactions entre les rôles dédiés à la gestion des connaissances

Comme nous l'avons présenté précédemment, le processus de gestion des connaissances est assuré par cinq rôles pour les connaissances issues du projet (connaissances Projet) et par quatre rôles pour les connaissances provenant de l'ensemble des projets (Connaissances Métier). Les acteurs métier utilisent leurs savoirs et savoir-faire, en interprétant des rôles précis. Un rôle d'un acteur métier (appelé rôle métier dans la suite du document) est un comportement adopté par cet acteur lorsqu'il réalise une activité du processus de conception. Ainsi, le processus de gestion des connaissances est mis en place lors de l'application d'un rôle métier. Les agents jouent donc les rôles dédiés à la gestion des connaissances lorsque les acteurs métier interprètent leurs rôles lors des activités du processus de conception.

Nous présentons à présent le lien entre le modèle organisationnel du processus et le modèle organisationnel du processus de gestion des connaissances. Afin de comprendre le mécanisme de gestion des connaissances au niveau des rôles métier, nous modélisons ceux-ci en représentant deux organisations associées à une organisation O1 représentant une activité du processus de conception (cf. figure 6.4). Les deux organisations associées sont l'organisation 'Gestion des connaissances Projet' (OR2_A) et l'organisation 'Gestion des connaissances Métier' (OR2_B)

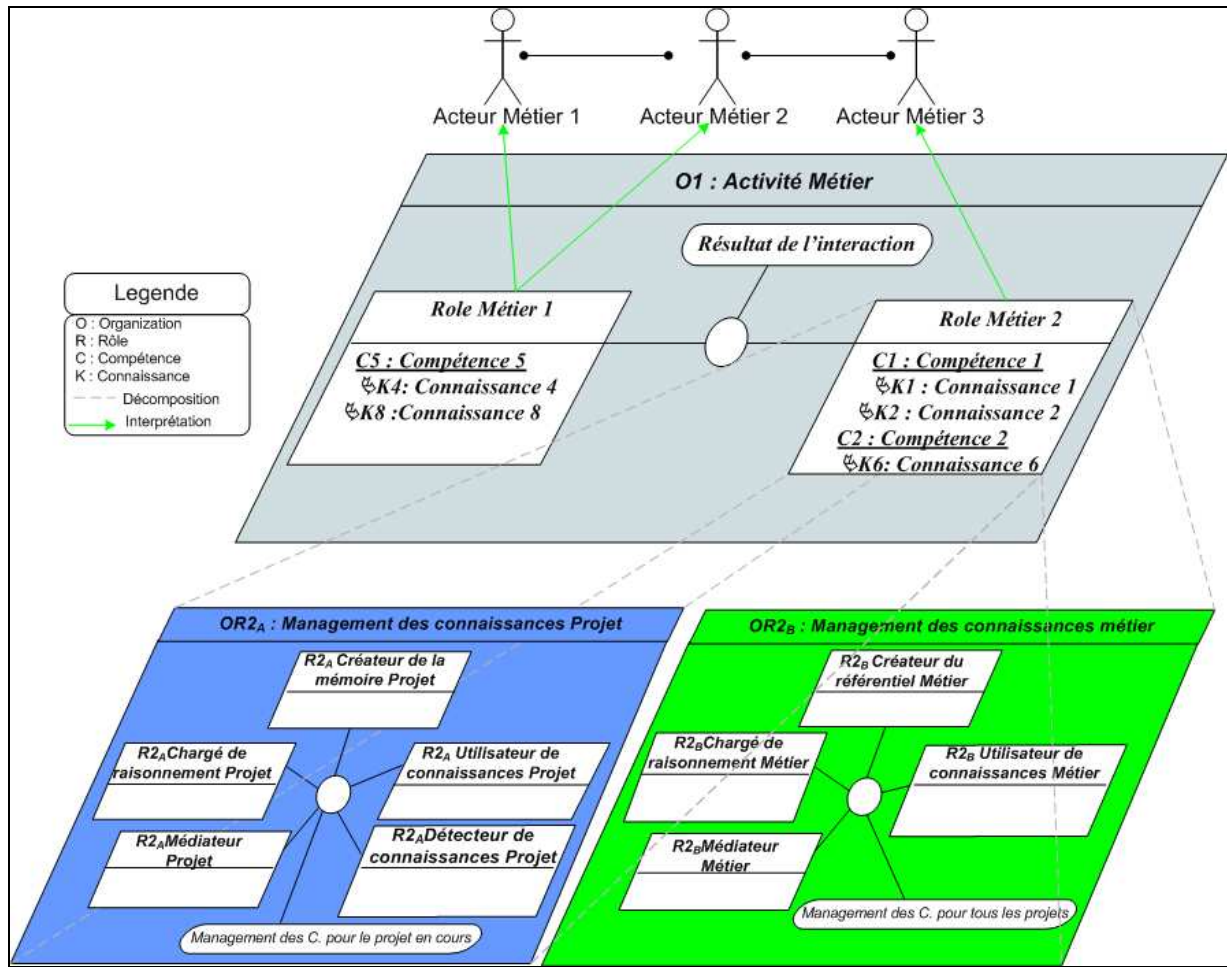


Fig. 6.4 : Processus de gestion des connaissances assuré par les rôles lors des activités métier

L'objectif de l'organisation OR2_A est de gérer les connaissances Projet issues de l'activité métier (O1). Pour ce faire, les rôles de cette organisation se réfèrent aux compétences des acteurs métier (C1, C2) et manipulent les connaissances associées (K1, K2, K6).

Afin d'illustrer les interactions entre les rôles, nous présentons la figure 6.5 avec les différentes séquences de communication entre les rôles dédiés à la gestion des connaissances Projet. Lors de la séquence❶, le rôle *Détecteur de connaissances Projet* identifie les connaissances (K1, K2 et K6) à partir du rôle métier 2. Il les transmet ensuite au *Médiateur Projet*. Celui-ci valide les connaissances et envoie celles validées par les acteurs métier au *Créateur de Mémoire Projet*. Ce dernier les organise et les archive.

Le rôle *Utilisateur de connaissances Projet* a pour objectif de percevoir un besoin en connaissance ou de rechercher une connaissance précise. Lors de la séquence❷, ce rôle identifie les connaissances K1, K2 et K6 utilisées par le rôle métier. Il construit alors une requête pour rechercher s'il existe des connaissances Projet K'1, K'2 et K'6 ayant le même contexte organisationnel que K1, K2 et K6. Le même contexte organisationnel signifie les mêmes rôles en interactions, avec les mêmes compétences. La requête formulée est adressée au *Chargé de*

raisonnement *Projet* qui consulte la base pour rechercher les connaissances répondant à la requête posée. C'est alors le rôle *Utilisateur de connaissances* *Projet* qui proposera au rôle métier les connaissances archivées dans le projet pour le même contexte organisationnel.

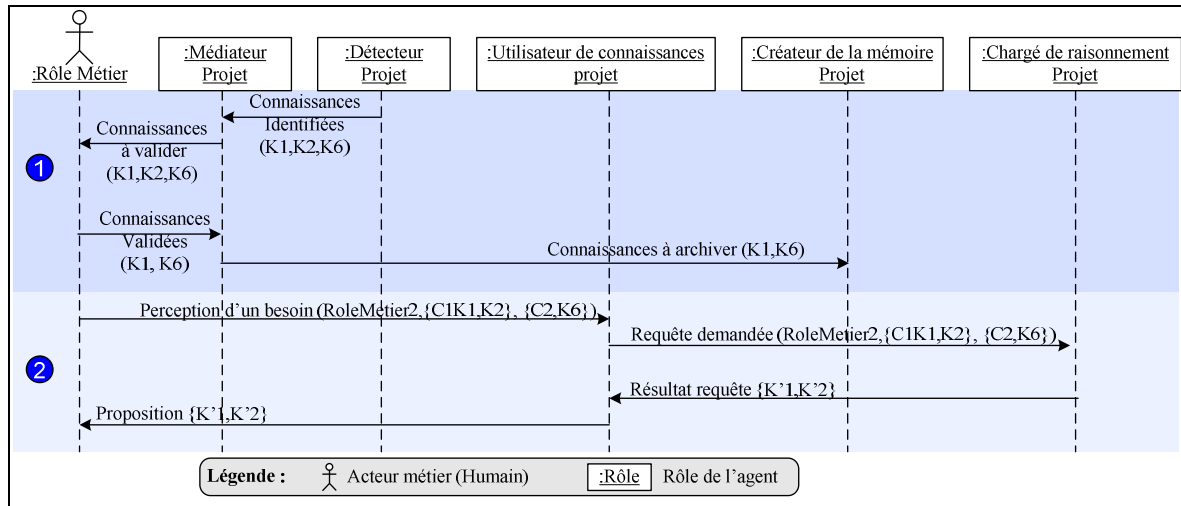


Fig. 6.5 : Diagramme de séquence des rôles pour la gestion des connaissances *Projet*

La figure 6.6 décrit les différentes séquences de communication entre les rôles dédiés à la gestion des connaissances *Métier*. Lors d'une activité, le rôle métier crée, utilise et partage des connaissances. Lorsque l'activité est terminée, ces connaissances sont archivées dans le référentiel *Métier* par l'agent ayant le rôle *Créateur du référentiel Métier*.

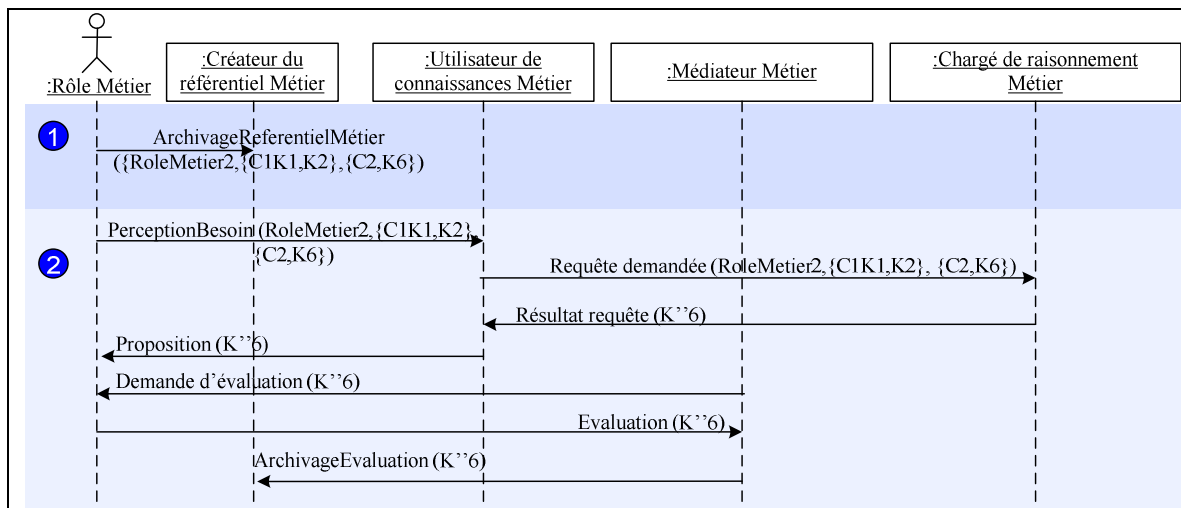


Fig. 6.6 : Diagramme de séquence des rôles pour la gestion des connaissances *Métier*

Pour assurer la gestion des connaissances *Métier*, le rôle *Utilisateur de connaissances Métier* perçoit le contexte organisationnel du rôle métier (séquence 2, figure 6.6). Il construit alors une requête pour connaître si des connaissances similaires ont déjà été archivées dans l'ensemble des projets pour le même contexte organisationnel. Cette requête est envoyée au rôle *Chargé de*

raisonnement Métier. Ce dernier recherche des résultats, dans l'ensemble des connaissances Métier issu de tous les projets (référentiel Métier). Si ce rôle trouve des connaissances Métier répondant à la requête, il les soumet à l'*Utilisateur de connaissances Métier*. Ce dernier est en charge d'apporter une assistance au rôle métier en lui proposant des connaissances Métier. Simultanément le *Médiateur Métier* fait une demande d'évaluation de la ou des connaissances Métier proposées. L'évaluation permet de détecter si une connaissance archivée ultérieurement est devenue obsolète ou reste d'actualité. L'évaluation faite par le rôle métier est retournée au médiateur puis au *Créateur du référentiel Métier* pour archivage. Une connaissance possède une évaluation qui lui procure un indice de fiabilité.

La description des rôles que nous proposons pour la gestion des connaissances Projet et Métier permet de spécifier les rôles des agents de notre SMA. La suite de ce chapitre décrit la conception du SMA KATRAS (**K**nowledge **A**cquisition **T**raceability and **R**euse by **A**gents **S**ystem) à partir des modélisations organisationnelles présentées auparavant.

3 Conception du système multi-agents KATRAS

3.1 L'agentification

La conception du SMA appelée '*agentification*' est basée sur une analyse descendante à partir du plus haut niveau d'abstraction (organisations modélisant les activités métiers) jusqu'au raffinement des rôles des agents instanciant les organisations dédiées à la gestion des connaissances.

Notre définition d'un agent s'inspire de celle adoptée par Ferber et Gutcknecht [Ferber 98] : un agent est une entité autonome et communicante mettant en œuvre un ou plusieurs rôles. Lorsqu'un agent instancie un rôle dans une organisation, il adopte le comportement défini par ce rôle. Il partage et diffuse les connaissances lorsqu'il interagit avec les autres agents selon les interactions spécifiées dans l'organisation. Un agent peut instancier un ou plusieurs rôles et un rôle peut être instancié par un ou plusieurs agents.

La figure 6.7 présente une organisation O1 correspondant à une activité de conception réalisée par les acteurs métier. Cette organisation définit les interactions entre les rôles des acteurs métier ainsi que leurs compétences et les connaissances associées. Elle correspond à une partie du modèle organisationnel du processus de conception. Dans ces organisations ce sont les acteurs qui instancient les rôles métier.

Nous associons à un rôle métier deux organisations dédiées à la gestion des connaissances (section 1.3). Les deux organisations que nous proposons sont établies à partir du modèle organisationnel du processus de gestion des connaissances présenté auparavant. Les rôles de ces organisations sont donc déduits des rôles proposés pour animer le cycle de gestion des connaissances. Dans ces deux organisations, ce sont les agents qui instancient les rôles dédiés à la gestion des connaissances (cf. figure 6.7).

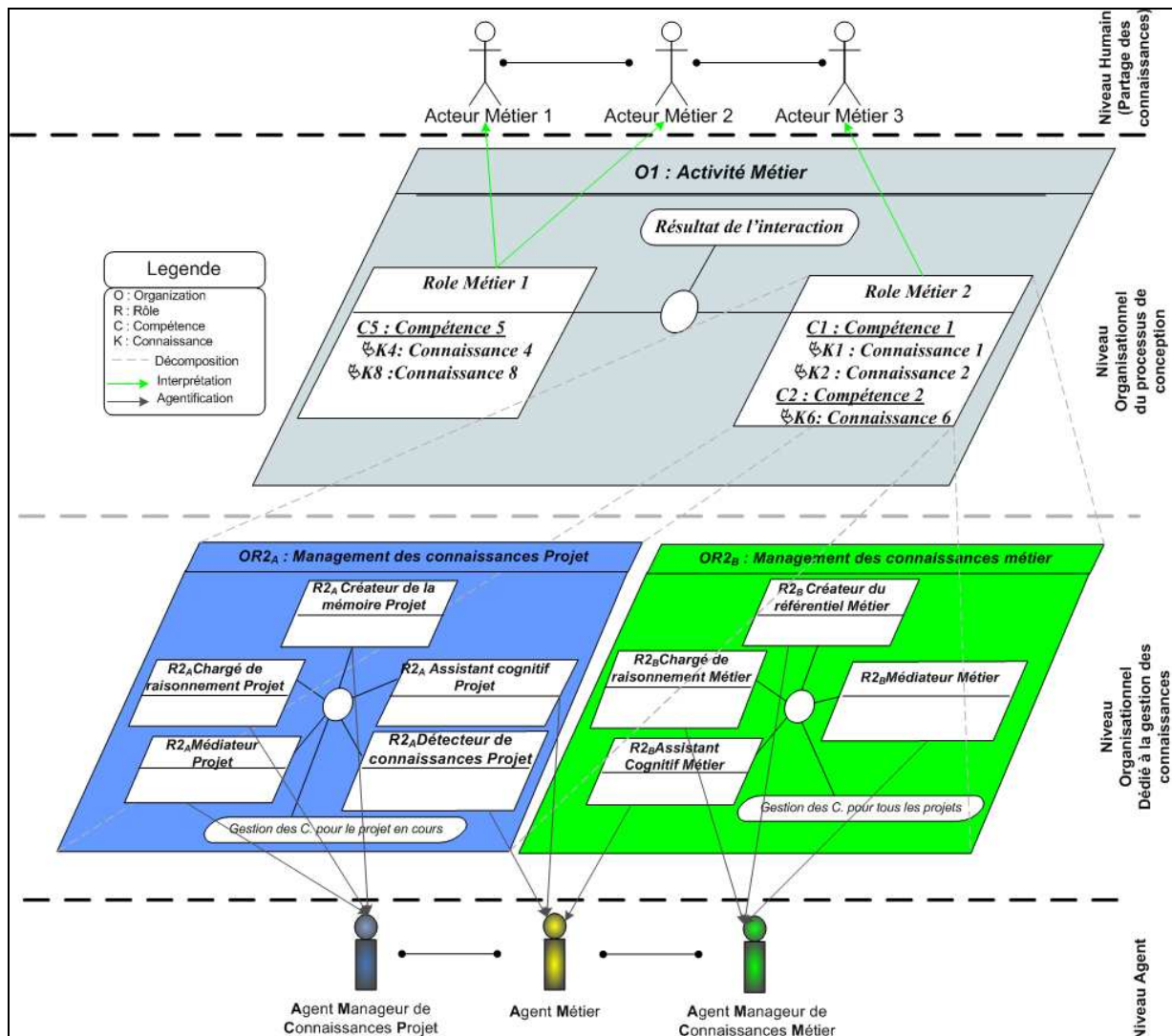


Fig. 6.7 : Agentification à partir de l'approche organisationnelle

La première organisation modélise la gestion des connaissances lors du projet en cours, elle est composée de cinq rôles : *Détecteur de connaissances Projet*, *Créateur de la mémoire Projet*, *Chargé de raisonnement Projet*, *Médiateur Projet* et *Assistant Cognitif Projet*. Ce dernier rôle correspond au rôle « Utilisateur de connaissances Projet » mentionné dans la figure 6.5.

La seconde organisation est dédiée à la gestion des connaissances Métier. Elle est composée de quatre rôles ; *Créateur de la mémoire Métier*, *Chargé de raisonnement Métier*, *Médiateur Métier* et *Assistant Cognitif Métier*.

Les deux organisations proposées constituent le niveau organisationnel du processus de gestion des connaissances mis en place par les agents. Ce sont les agents quiinstancient les rôles proposés. Leur objectif est de faciliter la gestion des connaissances lors des activités métier.

Les agentsinstancient donc les deux sous-organisations présentées dans la figure 6.7. Cette agentification permet de définir trois types d’agents ; les *Agents Métier (AM)*, les *Agents Managers de Connaissances Projet (AMCP)* et les *Agents Managers de Connaissances Métier (AMCM)*. Il existe également deux groupes d’agents : le groupe manager de connaissances Projet composé des types d’agents AMCP et AM et le groupe manager des connaissances métier composé des types AMCM et AM.

Les Agents Métier appartiennent aux deux groupes. Dans le premier, ils ont les rôles de *Détecteur de Connaissances Projet* et *Assistant Cognitif Projet*. Dans le second groupe, ils ont le rôle d’*Assistant Cognitif Métier*. Les AM interagissent avec les acteurs métier pour identifier, et apporter une assistance à la réutilisation des connaissances métier. Il existe un AM pour chaque acteur métier afin d’assurer la traçabilité des connaissances tout au long du projet.

Les AMCP interprètent les rôles de *Créateur de Mémoire de Projet*, *Médiateur de Connaissances Projet* et *Chargé de Raisonnement Projet*. Ces agents assurent la gestion des connaissances au niveau des projets à partir des connaissances utilisées lors de l’activité métier. Il existe un AMCP par type de connaissance Projet défini par l’ontologie OntoDesign (Vocabulaire Projet, Contexte Projet, Expérience Projet, Processus Projet, Expertise Projet et Évolution Projet).

Les AMCM jouent les rôles de *Créateur de Mémoire de Métier*, *Médiateur de Connaissances Métier* et *Chargé de Raisonnement Métier*. Ces agents assurent la gestion des connaissances au niveau de l’ensemble des projets à partir des connaissances utilisées lors de l’activité métier. Il existe un AMCM par type de connaissances Métier défini par l’ontologie OntoDesign. Les AMCM utilisent les connaissances capitalisées par les AMCP pour créer le référentiel Métier. Le référentiel est une base de connaissances contenant l’ensemble des mémoires de projet. Lorsqu’un agent AMCM interprète le rôle ‘*Chargé de Raisonnement Métier*’, il manipule les connaissances contenues dans le référentiel Métier pour apporter des propositions de résolution de problèmes aux acteurs métier.

3.2 Trois types d’agents pour la gestion des connaissances

Nous présentons à présent la description des trois types d’agents identifiés précédemment.

3.2.1 Les agents métier (AM)

Nous avons décrit précédemment notre processus d’agentification à partir des modèles organisationnels. Chaque agent interprète un ou plusieurs rôles à l’intérieur d’une organisation. Les rôles définissent ainsi le comportement de l’agent à l’intérieur de son groupe.

Afin de décrire les caractéristiques des agents, nous utilisons une classification (tableau 6.1) proche de celle de Kendall [Kendall 99] avec une description des rôles, des relations entre agents (interactions), des responsabilités qu’ils assurent (objectifs), des expertises (domaine de connaissances, ontologie...).

Groupe (s)	AMCP et AMCM
Rôle(s)	-Détecteur de connaissances (a), -Assistant Cognitif(b),
Interaction(s)	-AM pour la recherche et le partage des connaissances pour la même activité (a), -AMCP pour la traçabilité et l'archivage de connaissances Projet (a) -Acteurs Métier pour la réutilisation des connaissances Projet\Métier (b)
Responsabilités(s)	-Rechercher les 6 types de connaissances (a), -Annoter les Connaissances (a) -Proposer une assistance aux acteurs métier pour réutiliser les connaissances (c)
Expertise	-Du collecticiel pour rechercher les Connaissances (a), -De l'ontologie MemoDesign pour annoter les connaissances (a), -Des connaissances de type 'Organisation Projet' pour connaître les acteurs métier référents Projet (a), -De l'ontologie MemoDesign pour définir les besoins en connaissances des acteurs métier lors de l'activité dans l'objectif de soumettre des propositions (c)
Nombre d'agents	Un agent par acteur métier

Tableau 6.1 : Définition des Agents Métier

Les agents métier suivent les rôles des acteurs métier. Ils peuvent ainsi reconstruire l'organisation avec la description du rôle de leur acteur et sa position dans le processus de conception. Comme nous l'avons décrit précédemment, les rôles dans l'organisation partagent ses connaissances en fonction de ses compétences. Un agent métier recherche donc à partir du rôle et des compétences de son acteur métier, les connaissances qui ont été partagées. Lorsqu'il a trouvé une connaissance, il la partage à son tour avec les autres agents monitorant les autres rôles métier à l'intérieur de la même organisation.

Il existe un agent métier par acteur métier. L'agent suit les participations aux activités de son acteur métier tout au long du processus de conception. Il identifie, trace, annote, partage et communique les connaissances repérées pour chaque activité en fonction du rôle joué par son acteur métier. De plus, il propose une assistance en apportant des solutions à son acteur métier lorsque celui-ci participe à une nouvelle activité.

3.2.2 Les Agents Managers de Connaissances Projets (AMCP)

Les Agents Managers de Connaissances Projet ont pour objectif d'archiver les connaissances en utilisant la mémoire de projet MemoDesign. Ils doivent également faire valider ces connaissances auprès des acteurs métier afin d'assurer leur fiabilité. Le troisième objectif de ces agents est de manipuler ces connaissances pour proposer des solutions qui seront communiquées aux acteurs métier (Tableau 6.2).

Il existe un agent par type de connaissances et par projet. Pour un projet, nous retrouvons six AMCP : un AMCP-Evolution Projet, un AMCP-Contexte Projet, un AMCP-Processus Projet, un AMCP-Expérience Projet, un AMCP-Vocabulaire Projet et un AMCP-Expertise Projet.

Groupe	Agents Managers de Connaissances Projet
Rôle(s)	-Créateur de la mémoire Projet (a), -Médiateur (b), -Chargé de raisonnement Projet (c)
Interaction(s)	-Agents métier pour la réception des séquences RDF (a), -Acteurs Métier pour la validation des connaissances Projet (b) -Agents Métier pour proposer des solutions (c)
Responsabilités(s)	-Archiver les connaissances selon le modèle ontologique (mémoire Projet) (a), -Réaliser des raisonnements à l'aide des connaissances contenues dans la mémoire Projet
Expertise	-Ontologie MemoDesign pour connaître l'architecture de la mémoire de projet et archiver les connaissances (c), -Cycle de validation des connaissances (b) -Compétences et Connaissances repérées dans l'activité pour chaque rôle (a) -Règles d'inférence pour manipuler les connaissances projet (c), -Instances de l'ontologie c'est-à-dire la Mémoire de projet
Nombre d'agents	Un agent par type de connaissances

Tableau 6.2 : Définition des Agents Manageurs de Connaissances Projets

3.2.3 Les Agents Manageurs de Connaissances Métier (AMCM)

Les Agents Manageurs de Connaissances Métier ont pour objectif d'archiver les connaissances issues de tous les projets dans une base de connaissances appelée Référentiel Métier. Ils doivent également assurer leur fiabilité en permettant aux acteurs métier de les évaluer. Le troisième objectif est d'utiliser ces connaissances Métier pour proposer des solutions aux acteurs métier (cf. Tableau 6.3).

Groupe	Agents Manageurs de Connaissances Métier (AMCM)
Rôle(s)	-Créateur du référentiel Métier (a), -Médiateur (b), -Chargé de raisonnement Métier (c)
Interaction(s)	-AMCP pour la réception de connaissances Projet (a), -Acteurs Métier pour la validation des connaissances Métier (b) -Agents Métier pour proposer des solutions (c)
Responsabilités(s)	-Archiver les connaissances selon le modèle ontologique (référentiel Métier) (a), -Assurer la fiabilité des connaissances (b) -Réaliser des raisonnements à l'aide des connaissances contenues dans le référentiel Métier (c)
Expertise	-Ontologie MemoDesign pour connaître l'architecture de la mémoire de projet et archiver les connaissances (b), -Cycle de validation des connaissances (b) -Compétences et Connaissances capitalisées pour chaque rôle lors du projet (a) -Règles d'inférence pour manipuler les connaissances projet (c), -Instances de l'ontologie c'est-à-dire la Mémoire de projet ©
Nombre d'agents	Un agent par type de connaissances

Tableau 6.3 : Définition des Agents Manageurs de Connaissances Projets

Il existe un agent par type de connaissances et par projet. Pour un projet, nous concevons donc six AMCM ; un AMCM-Evolution Métier, un AMCM-Contexte Métier, un AMCM-

Processus Métier, un AMCM-Expérience Métier, un AMCM-Vocabulaire Métier et un AMCM-Expertise Métier.

4 Architecture du système KATRAS

En se basant sur le modèle organisationnel du processus de conception et du processus de gestion des connaissances (cf. figure 6.7), nous avons développé le système multi-agents KATRAS (**K**nowledge **A**cquisition **T**raceability and **R**euse by **A**gents **S**ystem).

L'architecture du système KATRAS (cf. figure 6.8) est basée sur deux groupes d'agents. Un groupe est un terme générique pour qualifier un groupe d'agents en relation (par interaction, par partage d'un environnement, par un but ou une ontologie commune, ...) [Ferber 00]. Le système multi-agents KATRAS est constitué de deux groupes d'agents. Le premier est dédié aux connaissances Projet, il est constitué d'agents de types AMCP et AM. Le second groupe est dédié aux connaissances Métier, il est composé d'agents de types AMCM et AM.

Les groupes AM et AMCP sont créés pour chaque projet. Les AM repèrent et annotent les connaissances à partir des rôles des acteurs métier. Il existe autant d'AM que d'acteurs métier participants au projet. Les AMCP archivent les connaissances et créent la mémoire de Projet. Ce groupe est composé de six agents. Chaque agent est dédié à un type de connaissances.

Le groupe AMCM est créé pour l'ensemble des projets. Il est également composé des six agents, un pour chaque type de connaissances. Ce groupe est dédié à la gestion des connaissances issues de tous les projets.

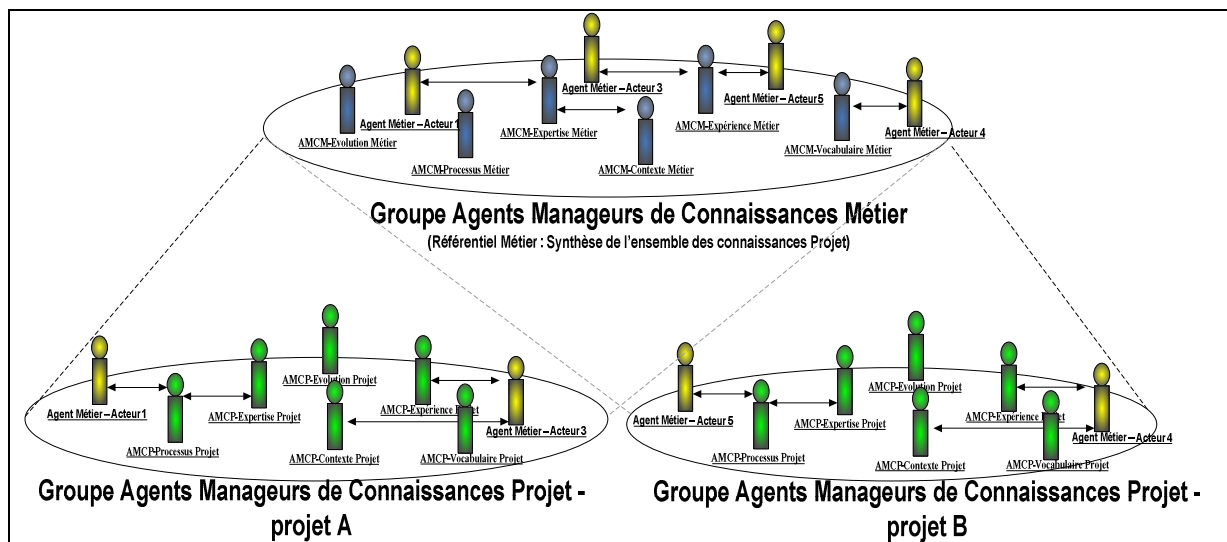


Fig. 6.8 : Architecture du modèle KATRAS

4.1 Distribution des rôles

Les AM possèdent trois rôles : *Détecteur de connaissances*, *Médiateur* et *Assistant technique*. Les AMCP en possèdent deux (*Créateur de la mémoire de projet*, *Chargé de raisonnement projet*), tout comme les AMCM (*Créateur du référentiel Métier*, *Chargé du raisonnement Métier*). Cette section présente l'attribution et la distribution des rôles dans les trois groupes d'agents.

4.1.1 Distribution des rôles pour les AM

Dans la groupe des Agents Métier, un agent 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. Lorsque l'acteur participe à une activité, son agent a le rôle d'*Assistant Cognitif*. À travers ce rôle, il propose une assistance à la réutilisation des connaissances capitalisées. Ce rôle est le rôle par défaut des AM.

Lorsqu'une activité est validée par le chef de projet c'est-à-dire à l'état 'terminée', les AM, dont les acteurs métier ont participé à l'activité validée prennent le rôle de '*Détecteur de Connaissances*'. Les agents vont ainsi procéder à l'identification des connaissances pour l'activité terminée. Ce rôle a pour second objectif d'annoter les connaissances identifiées.

4.1.2 Distribution des rôles pour les AMCP

Les AMCP ont par défaut le rôle de '*Chargé de Raisonnement Projet*'. Avec ce rôle ils sont à l'écoute des requêtes transmises par les AM auxquels ils doivent répondre en utilisant les connaissances capitalisées lors du projet.

Lorsqu'un acteur métier consulte et valide ou évalue une connaissance Projet dans le module d'ingénierie des connaissances (présenté au chapitre 8), les AMCP prennent le rôle de '*Médiateur*'. Ce rôle permet de recueillir la validation et l'évaluation des connaissances Projet par les acteurs métier.

Par contre lorsqu'ils reçoivent une demande d'archivage, les AMCP changent de rôle pour celui de '*Créateur de Mémoire de Projet*'. Les objectifs de ce rôle sont de réaliser l'archivage des connaissances annotées selon le modèle de mémoire de projet MemoDesign. Lorsque l'archivage est terminé, les AMCP reprennent leurs rôles initiaux.

4.1.3 Distribution des rôles pour les AMCM

Les AMCM fonctionnent sur le même principe que les AMCP. Ils ont par défaut le rôle de '*Chargé de Raisonnement Métier*' dans lequel ils répondent aux requêtes des AM en utilisant les connaissances issues, cette fois, de l'ensemble les projets.

Lorsqu'un acteur métier consulte et valide ou évalue une connaissance Métier dans le module d'ingénierie des connaissances, les AMCM prennent le rôle de '*Médiateur*'. Ce rôle permet de recueillir la validation et l'évaluation des connaissances Métier par les acteurs métier.

Par contre, lorsqu'un projet est terminé, les agents des groupes AM et AMCP sont supprimés. Avant cette suppression, les AMCP envoient les connaissances archivées du projet aux AMCM. Ces derniers prennent alors le rôle de '*Créateur du Référentiel Métier*' dont l'objectif est de construire le référentiel métier qui contient l'ensemble des mémoires de projet.

4.2 Communication entre les agents :

- *Communication AM – AMCP*

La première fonctionnalité des Agents Métier est d'identifier les connaissances issues de l'exécution du rôle de leur acteur métier lors d'une activité du processus de conception. La figure 6.9 présente trois acteurs métier participant à l'activité. Dans ce cas, nous aurons trois agents métier créés pour monitorer le rôle des acteurs métier. Ces agents métier identifient les connaissances utilisées dans l'activité (étape❶, figure 6.9) en interprétant le rôle de *Détecteur de connaissances Projet*.

Après avoir repéré les connaissances candidates parmi les six types présentés dans l'ontologie OntoDesign, les deux agents métier les annotent et se les partagent (étape❷, figure 6.9). Les annotations des connaissances sont ensuite communiquées aux AMCP. Les connaissances sont distribuées selon les spécialités de chaque AMCP (étape❸). Il existe un AMCP pour chaque type de connaissances. Les AMCP construisent la mémoire de projet au fil de l'eau du processus de conception en organisant les connaissances selon le modèle de mémoire de projet MemoDesign et à l'aide de l'ontologie OntoDesign. Lors de l'activité, les agents métier peuvent proposer une assistance à leurs acteurs métier en leur mettant à disposition des connaissances déjà capitalisées dans le projet. Dans ce cadre les AM consultent l'ontologie OntoDesign pour formuler des requêtes qu'ils communiquent aux AMCP (étape❹). Ceux-ci répondent aux requêtes en raisonnant sur les connaissances capitalisées lors du projet (étape❺).

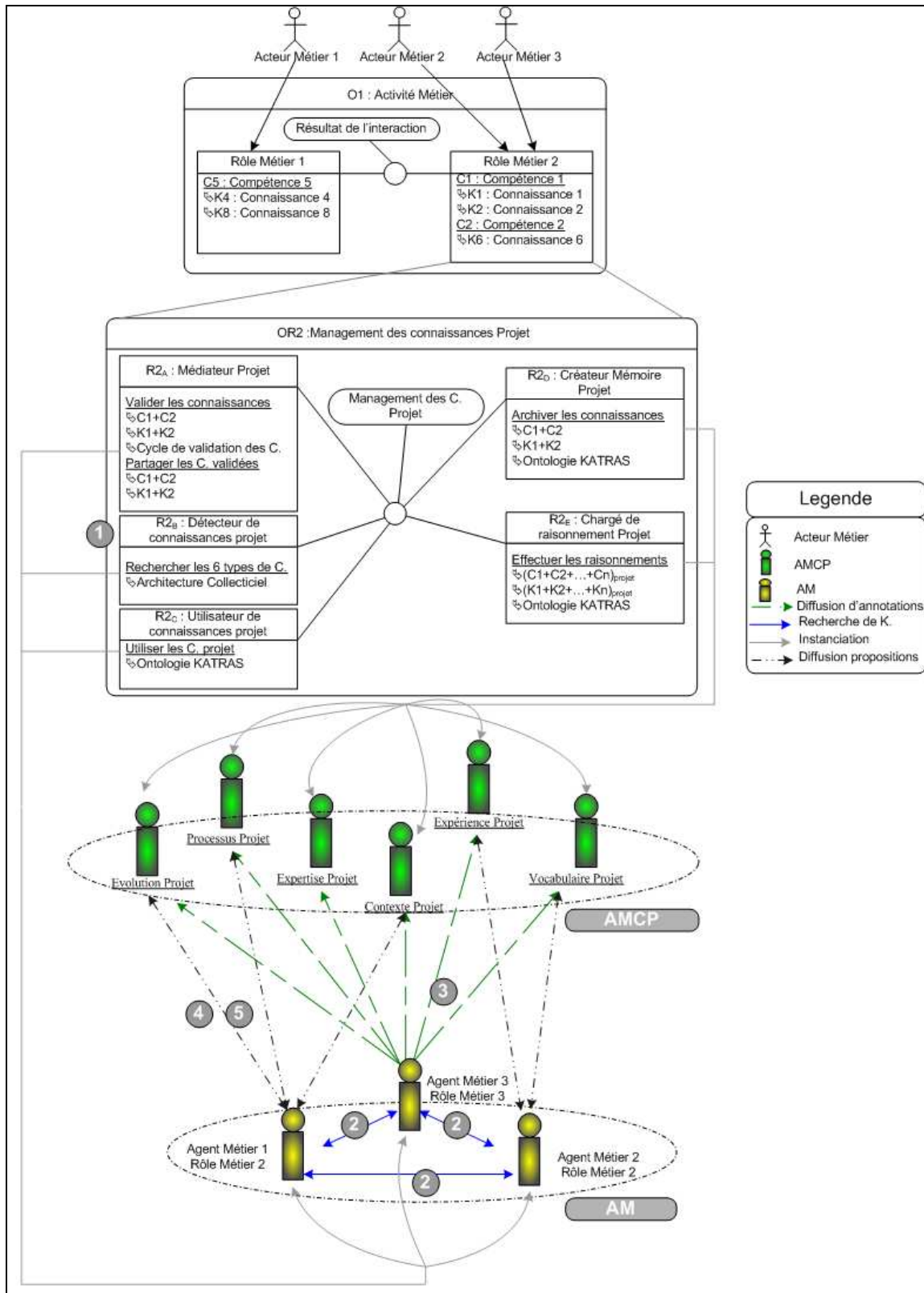


Fig. 6.9 : Communication AM-AMCP

- **Communication AMCP – AMCM**

Les Agents Managers de Connaissances Projet archivent les connaissances après leurs validations auprès des acteurs métier. Lorsque le projet est terminé, ils transmettent ces connaissances aux Agents Managers de Connaissances Métier (figure 6.10). Ceux-ci construisent le référentiel métier contenant les connaissances capitalisées lors de tous les projets. Le référentiel métier évolue au fur et à mesure que les connaissances sont capitalisées lors des projets.

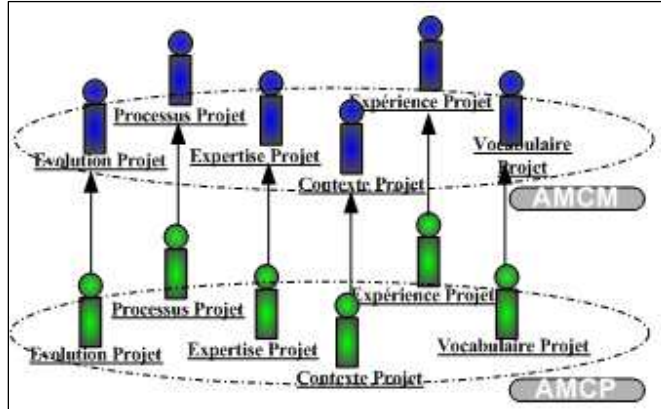


Fig. 6.10 : Communication AMCP-AMCM

- **Communication AM – AMCM**

Les agents métier communiquent avec les agents managers de connaissances Métier pour leur soumettre des requêtes, destinées au référentiel métier, dans l'objectif d'assister les acteurs métier. Les AM formulent les requêtes à partir de l'ontologie OntoDesign (nous présentons ce mécanisme dans le chapitre suivant). Connaissant les spécialités de chaque AMCM, ils peuvent ainsi adresser la bonne requête au bon Agent Métier (AM).

Les AMCM répondent aux requêtes en utilisant les connaissances contenues dans le Référentiel Métier (figure 6.11).

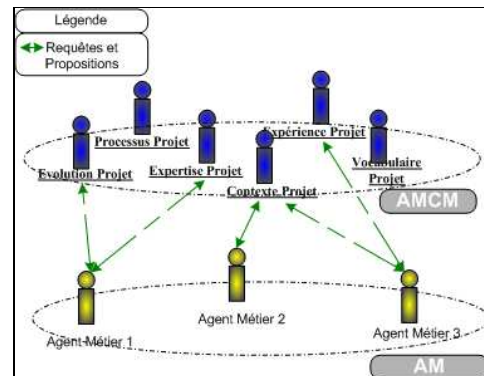


Fig. 6.11 : Communication AM-AMCM

5 Conclusion

Ce chapitre présente le système multi-agents KATRAS dédié à la gestion des connaissances lors des projets d'ingénierie de produit. Ce système multi-agents est conçu à partir d'une approche organisationnelle guidée par le modèle organisationnel du processus de conception et de la modélisation du processus de gestion des connaissances.

Nous associons à chaque rôle joué par les acteurs métier deux organisations. Ces deux organisations sont dédiées à la gestion des connaissances Projet et Métier. À partir des rôles dédiés à la gestion des connaissances, nous avons conçu trois types d'agents ; les agents métier interagissant avec les acteurs métier, les agents manageurs de connaissances projet gérant la mémoire d'un projet et les agents manageurs de connaissances métier gérant le référentiel métier. Ces trois types constituent deux groupes d'agents : un groupe dédié à la gestion des connaissances issues du projet et un groupe dédié à la gestion des connaissances de tous les projets terminés. Cette architecture permet d'identifier les connaissances lors du suivi des rôles des acteurs métier par les agents et de fournir une assistance à la réutilisation des connaissances à l'aide du modèle organisationnel du processus de conception.

Toutefois, les agents KATRAS ont besoin d'une représentation du domaine de connaissances pour réaliser leurs objectifs. Cette représentation est fournie par l'ontologie de domaine OntoDesign. Nous détaillons dans le chapitre suivant les mécanismes d'annotation, de structuration et de manipulation des connaissances pilotés par les agents à partir de l'ontologie OntoDesign.

Chapitre 7

Gestion des connaissances métier à l'aide de l'ontologie OntoDesign et des agents KATRAS

Ce chapitre présente le cycle de gestion des connaissances mis en œuvre par les agents KATRAS à l'aide de l'ontologie OntoDesign. Ce système est intégré à la plateforme de travail collaboratif ACSP supportant le processus de conception et utilisée par les équipes projet de l'entreprise.

Nous décrivons dans ce chapitre chaque étape du cycle de gestion des connaissances à savoir l'identification, l'acquisition et la diffusion. Les activités correspondant à ces étapes sont accomplies par les agents KATRAS. Ces derniers manipulent les connaissances grâce à l'ontologie OntoDesign.

Le cycle de gestion des connaissances présenté dans ce chapitre est illustré par les expérimentations réalisées sur plusieurs projets. Nous présentons tout d'abord, l'identification des connaissances lors des activités métier. Puis, dans une seconde partie, nous décrivons l'étape d'acquisition avec la validation et l'archivage des connaissances sous la forme de mémoires de projet. Nous terminons par la présentation des mécanismes permettant la réutilisation des connaissances sous la forme d'une assistance aux acteurs métier.

Sommaire

1. Introduction	159
2. Identification et annotation des informations	160
2.1 Approche organisationnelle pour l’identification	160
2.2 Traçabilité des informations assurée par les annotations	162
2.3 Identification des six types de connaissances par les agents métier	163
3. Acquisition des connaissances	168
3.1 Cycle de vie des connaissances	169
3.2 Coordination entre les groupes d’agents et l’ontologie OntoDesign	172
4. Diffusion des connaissances	173
4.1 Rechercher et consulter les connaissances	173
4.2 Assistance pro active aux acteurs métier	175
5. Conclusion	177

1. Introduction

Notre approche de gestion des connaissances est construite à l'aide du modèle organisationnel du processus de conception, du modèle de mémoire de projet MemoDesign, du système multi-agents KATRAS et de l'ontologie OntoDesign. Nous décrivons, à présent, les mécanismes mis en oeuvre par les agents utilisant OntoDesign, pour gérer les connaissances lors des projets de conception.

KATRAS est dédié à la gestion des informations et des connaissances de nature distribuée et hétérogène. Le SMA perçoit la structure sociale et coopérative des projets de conception à travers le modèle organisationnel du processus. L'objectif du SMA est de capitaliser les connaissances utilisées par les rôles des acteurs métier, de les organiser sous la forme du modèle de mémoire de projet MemoDesign et de proposer une assistance à leur réutilisation en fonction des rôles des acteurs et de leur implication lors du processus de conception.

Afin d'identifier et d'organiser les connaissances, les agents ont besoin de les manipuler. Pour cela, ils doivent utiliser un vocabulaire et une sémantique représentant les connaissances du domaine. L'ontologie OntoDesign fournit ces éléments à travers un ensemble de concepts et leurs relations. Le système de gestion des connaissances nécessite donc l'association du système multi-agents KATRAS et de l'ontologie de domaine OntoDesign.

Les connaissances utilisées lors du processus de conception proviennent d'informations hétérogènes et distribuées. Nous utilisons la plate forme de travail collaboratif ACSP (présentée en annexe B) à laquelle nous intégrons notre système de gestion des connaissances. Cette plate-forme supporte le processus de conception mécanique, elle a été développée à partir d'un modèle multi domaines (projet, produit, process) et multi vues (fonctionnelle, dynamique, struturelle). Elle permet le stockage des résultats des activités métier. Les acteurs métier déposent dans le collecticiel les données nécessaires à la réalisation des activités. Elle est utilisée par les équipes projet de l'entreprise Zurfluh-Feller pour planifier leurs activités, et mettre à disposition les documents relatifs au produit et aux procédés d'industrialisation. Grâce à la plate-forme ACSP, les agents ont accès aux sources d'information suivantes:

- La base de données contenant les données propres au domaine projet, produit et process ;
- Les documents électroniques tels que les rapports techniques, les comptes rendus, les documents relatifs aux livrables ;
- Les messages échangés entre les acteurs métier contenus dans le forum et le chat du collecticiel.

L'intégration du système de gestion des connaissances dans la plate-forme ACSP permet ainsi aux agents de suivre l'implication des rôles des acteurs métier et d'identifier les données et les informations utilisées lors de chaque activité en vue de les capitaliser. De plus, cette plate forme nous sert de support pour l'interaction entre les agents et les acteurs métier afin de faciliter la validation, l'évaluation et la consultation des connaissances. Les connaissances capitalisées par les agents doivent être soumises à une validation et une évaluation permanente assurées par les

équipes projet. Cette démarche garantit la fiabilité des mémoires de projet. Les équipes projet constituent des communautés d'acteur métier. C'est en utilisant le dynamisme des communautés d'acteurs que nous souhaitons évaluer et assurer la fiabilité des connaissances capitalisées par les agents.

Ce chapitre présente les mécanismes de gestion des connaissances mis en œuvre par les agents associés à l'ontologie OntoDesign. Une première section décrit l'étape d'identification des connaissances avec l'annotation des informations utilisées par les acteurs métier. Une seconde section présente l'étape d'acquisition des connaissances avec les mécanismes de validation et d'évaluation des informations collectées par les agents. La dernière partie expose l'approche de réutilisation des connaissances à travers l'assistance aux acteurs métier.

2. Identification et annotation des informations

La capitalisation des connaissances consiste, dans un premier temps, à identifier et annoter les informations utilisées par les acteurs métier lors des projets de conception. Ces informations ne sont pas qualifiées de connaissances tant qu'elles n'ont pas analysées et évaluées par les acteurs métier. Ainsi, une information n'est pas archivée dans la mémoire de projet tant qu'elle n'est pas validée par la communauté d'acteurs métier.

Le système multi-agents KATRAS est notamment composé du type d'Agents Métier (AM) possédant le rôle de '*Détecteur de connaissances*' dont l'objectif est d'accomplir la fonction d'identification. Il existe un AM par acteur métier. L'agent métier perçoit le rôle de son acteur métier lorsque ce dernier réalise une activité du processus de conception.

2.1 Identification des informations lors des activités métier

Les agents métier identifient les informations créées et paratgées par les acteurs métier, pour chaque activité réalisée, en recherchant :

- Les acteurs métier ayant participé à l'activité afin de connaître les agents métier avec qui ils vont collaborer (interagir) ;
- Les rôles des acteurs métier participants ;
- Les connaissances utilisées dans l'activité.

Les agents métier forment des organisations tout au long des activités du processus de conception à partir des actions des acteurs métier dans le collectif ACSP. Le processus de conception est réalisé au fur et à mesure que le projet avance. Le chef de projet le met en place lorsqu'il planifi les activités, avec la spécification de leurs dates ainsi que des acteurs métier associés. Lorsqu'une activité est terminée, seul le chef de projet peut la clôturer. À partir de l'instant où l'activité passe à l'état 'clôturé', les agents métier correspondants aux acteurs ayant participé à l'activité sont sollicités. Ils prennent le rôle de '*Détecteur de connaissances*'. Ils interagissent entre eux pour se partager l'identification des connaissances utilisées dans l'activité par leurs acteurs respectifs.

La figure 7.1 présente trois acteurs AcM2, AcM3 et AcM4 travaillant sur une activité A1. Les trois acteurs possèdent des rôles précis pour accomplir l'activité. Ils collaborent, créent, utilisent et partagent des connaissances. Leurs agents métier AM2, AM3 et AM4 suivent leurs collaborations et sont informés de leurs rôles grâce au collecticiel. À partir du suivi des actions des acteurs métier, les agents sont en mesure de reconstituer l'organisation correspondant à l'activité puisqu'ils connaissent le nom de l'activité, les acteurs métier participants ainsi que leurs rôles. Ils recherchent ensuite les informations utilisées par leurs acteurs. Le travail de recherche des connaissances est distribué entre les agents métier sollicités pour l'activité. Les informations identifiées sont ensuite partagées entre les agents. Chaque agent annote l'information en y associant le rôle de son acteur métier. Les annotations sont réalisées à partir du vocabulaire et de la sémantique spécifiée dans l'ontologie OntoDesign. Ces annotations permettent d'assurer la traçabilité des connaissances, et leur organisation en vue de leur réutilisation selon le modèle de mémoire de projet MemoDesign.

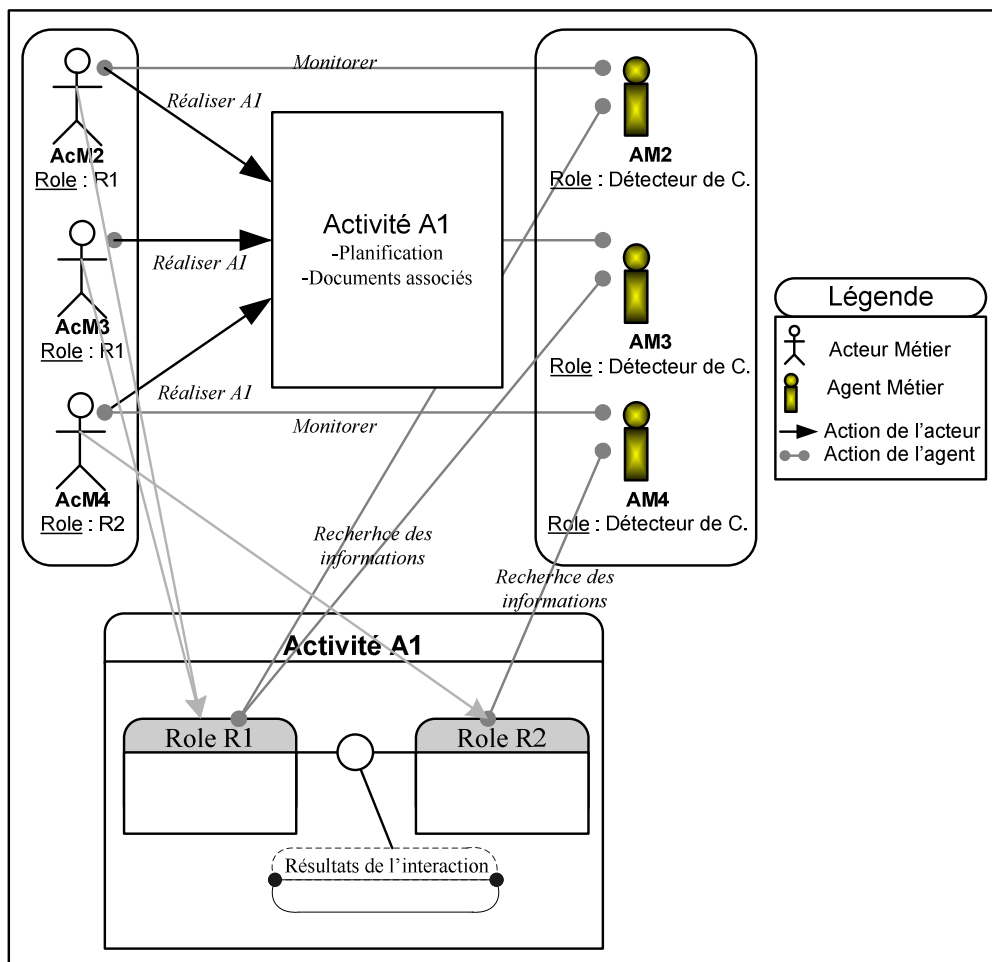


Fig. 7.1 : Identification des informations par les AM pour chaque activité

2.2 Traçabilité des informations et annotations

Le mécanisme d'annotation des informations nécessite la connaissance par les agents de l'ontologie OntoDesign avec ses concepts, attributs et relations. Les agents utilisent pour chaque annotation les concepts 'Projet', 'Activité' et 'Rôle' afin de spécifier pour chaque information le contexte organisationnel dans lequel elle a été identifiée. Ce contexte est ainsi défini par le triplet Projet-Activité-Rôle. La figure 7.2 présente un extrait de l'ontologie spécifiant les relations entre ces différents concepts.

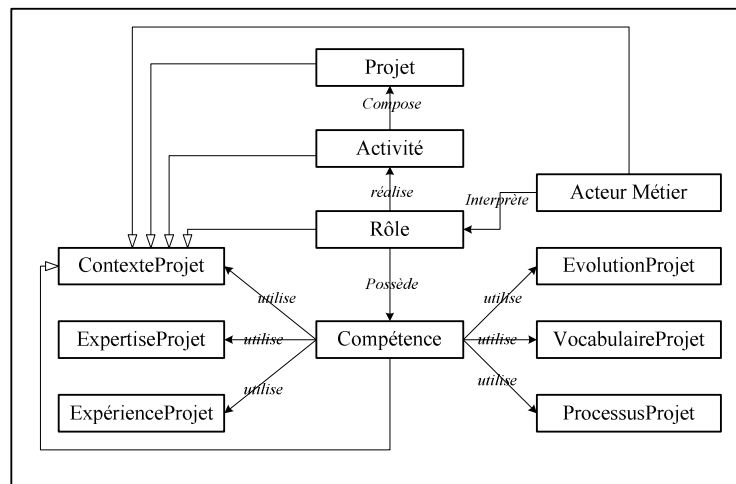


Fig. 7.2 : Exemple de concepts de l'ontologie utilisés par les agents pour l'annotation des connaissances

Les informations extraites de la plate forme ACSP ont pour origine le résultat de requêtes SQL adressées par les agents à la base de données de l'ACSP. Après avoir extrait ces résultats, les agents consultent l'ontologie OntoDesign pour associer les informations à des concepts et ainsi obtenir une structure concept\attribut\relation. Les agents métier possèdent six méthodes de recherches d'informations ; une par type de connaissances (EvolutionProjet, ProcessusProjet, ExpertiseProjet, ContexteProjet, VocabulaireProjet et ExpérienceProjet). Ils connaissent ainsi quel type de connaissances ils ont identifié et peuvent l'associer à un concept de l'ontologie.

Les agents construisent ensuite des annotations au format RDF (Ressource Description Framework), qui sont des instances de l'ontologie et qui permettent de décrire les informations identifiées. Chaque annotation est composée de deux parties. Une première partie décrit l'adresse de l'information sous la forme d'une URI suivi de sa description. Une seconde partie positionne l'information dans le contexte organisationnel défini par le nom du projet suivi du nom de l'activité et du rôle joué par l'acteur. La figure 7.3 présente l'annotation de la règle de conception '8' avec une première ligne décrivant l'URI (<http://acsp.utbm.fr/ProjetSIA/RegleConception8>) de la ressource suivie de sa description et de son contexte organisationnel.

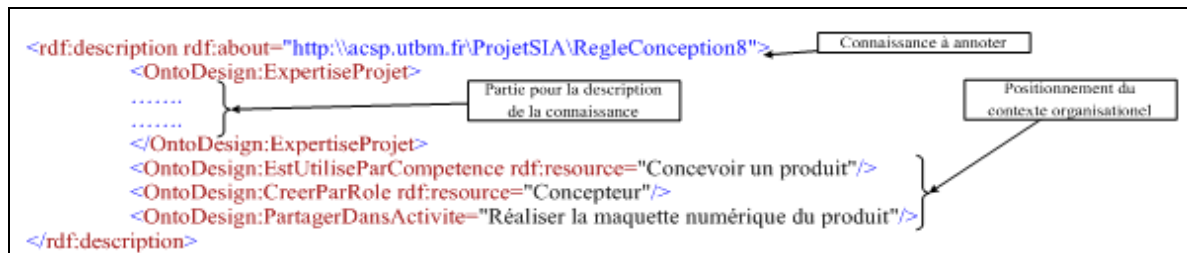


Fig. 7.3: Annotations des connaissances avec spécification du contexte organisationnel

2.3 Identification des six types de connaissances par les agents métier

Dans la section 2.1, nous avons expliqué que les agents métier identifient les informations utilisées par les rôles des acteurs. Pour accomplir cette fonctionnalité, les agents sont dotés de six méthodes de recherches d'informations correspondant aux six types de connaissances.

L'analyse conduite au chapitre 3 pour construire le modèle organisationnel, a permis de déterminer l'origine de chaque connaissance (documents techniques, procédés industriels...). Les méthodes d'identification des connaissances ont été développées en prenant en compte le type de connaissances à rechercher. Par exemple les connaissances relatives au type 'Evolution Projet' font l'objet d'une méthode d'identification qui recherche les connaissances relatives à la planification dans la base de données du collecticiel ACSP. La suite de ce paragraphe détaille les méthodes de recherche pour chaque type de connaissances.

2.3.1 Recherche des connaissances de type 'EvolutionProjet'

Comme nous venons de le préciser, le type de connaissances 'EvolutionProjet' est recherché par les agents métier dans la base de données contenant les détails de la planification du projet. À partir de requêtes SQL, les agents récupèrent le nom des phases, des activités ainsi que leurs dates. Ils identifient également les documents associés à une activité en spécifiant leurs auteurs, leurs dates de création et leurs historiques de modification. Ils consultent ensuite l'ontologie pour connaître la définition des concepts et leurs relations. À partir de ces éléments, ils annotent les connaissances qui seront archivées dans la mémoire de projet. La figure 7.4 présente la recherche et l'annotation de la connaissance correspondant à l'activité 'Réaliser le cahier des charges' avec ses dates, ses participants et ses documents associés.

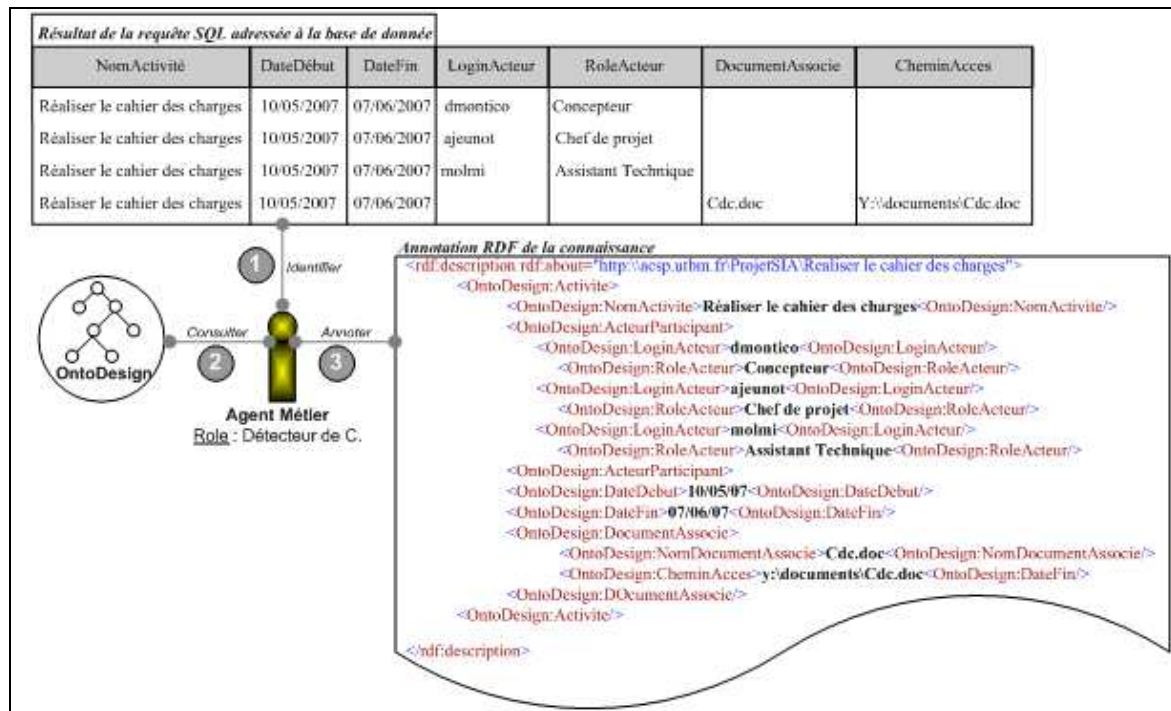


Fig. 7.4 : Identification & annotation des connaissances de type 'EvolutionProjet'

2.3.2 Recherche des connaissances de type 'ContexteProjet'

Le contexte projet regroupe des connaissances utilisées tout au long du projet. Les connaissances regroupées dans la catégorie '*objectifs*' du contexte projet sont identifiées par les agents métier en début de projet, à partir des informations contenues dans le cahier des charges (facteurs techniques, coût du produit, origine du projet), puis dans le rapport de production (ingénierie\outil(s) spécifique(s)), dans les brevets et normes (veille technologique) et enfin dans le descriptif des activités réalisées (coût du produit, ingénierie...). La partie *organisation* est identifiée parmi les informations relatives à la gestion du projet et des dossiers de déroulement des phases du projet. Les connaissances de la section *environnement produit* sont identifiées à partir des informations du domaine produit avec les fichiers CAO, les rapports d'essai du laboratoire et la spécification des règles métier utilisées. Le tableau 7.1 présente un extrait des sources d'informations consultées par les agents pour chaque connaissance de la partie *contexte projet*.

Connaissances	Source d'information	Type de Source
▼Contexte Projet		
▼Objectifs		
➢Facteur(s) Technique(s)	Cahier des charges fonctionnel	Document
▼Coût du produit		
➢Fourchette de prix souhaitée	Cahier des charges	Document
➢Coût de revient	Analyse de la valeur	Document
➢Coût commercial	Catalogue produit	Document
➢Coût investissement	Analyse de la valeur	Document
➢Origine du projet	Cahier des charges fonctionnel	Document

▼Ingénierie		
➤Méthode métier	Activité planifiée	Base de données
➤Technologie(s) spécifique(s)	AMDEC produit	Document
	AMDEC process	Document
	Dossier d'industrialisation	Document
➤outil(s) spécifique(s)	Dossier d'industrialisation	Document
▼Organisation		
➤Equipe projet	Ressources du projet	Base de données
➤Activité(s) spécifique(s)	Planification	Base de données
➤Compétence(s) métier spécifique(s)	Ressources du projet	Base de données
➤Contrainte(s) organisationnelle(s)	Planification	Base de données
▼Environnement produit		
➤Concept	Gestion du produit	Base de données
➤Prototype	Gestion du produit	Base de données
➤Produit	Gestion du produit	Base de données

Tableau 7.1 : Sources d'information pour l'identification des connaissances par les agents

2.3.3 Recherche des connaissances de type *ExpertiseProjet*

L'expertise projet regroupe les connaissances correspondantes aux règles métier utilisées lors du projet. La figure 7.5 rappelle la taxonomie de l'expertise projet. Les règles métier sont saisies par les acteurs dans l'ASCP sous la forme littérale (exemple : 'la pièce tulipe est en PA66') ou sous forme de formule ('tulipe.diametre=2*axeRoue.longueur'). Une règle métier peut décrire un paramètre de conception, mais peut également spécifier un processus industriel (exemple : 'le mode de fixation d'une genouillère est le clipage'). Les agents métier doivent ainsi rechercher ces connaissances dans les fichiers CAO et les dossiers techniques d'assemblage, de production, de traitement de surface, de logistique et du laboratoire d'essais, etc.

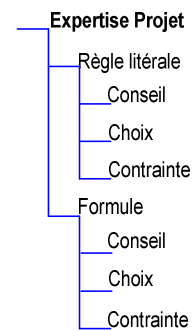


Fig. 7.5 : Taxonomie de l'expertise projet

2.3.4 Recherche des connaissances de type *ExpérienceProjet*

L'expérience projet structure les connaissances décrivant les échecs, les difficultés et les succès rencontrés lors de la réalisation des activités du processus de conception. Les acteurs métier utilisent des fiches (chapitre 4, section 2.5.5) pour formaliser les retours d'expérience qu'ils rencontrent lors de leurs projets. Nous avons intégré ces fiches sous la forme de formulaire dans le collecticiel ACSP. À partir de ces fiches d'expérience, les agents métier s'approprient les connaissances de type *ExpérienceProjet*. L'annotation correspondante positionne l'expérience par rapport à une activité précise du processus de conception. Elle permet ainsi de retrouver les expériences archivées à partir du nom de l'activité ou du nom projet. En effet, le concept 'activité' est une sous-classe de 'projet' dans l'ontologie.

2.3.5 Recherche des connaissances de type *VocabulaireProjet*

Les connaissances de type *VocabulaireProjet* classifient les termes utilisés lors du projet avec leur définition, représentation, synonymie... La construction des mémoires de projet à partir des

interviews des experts de l'entreprise a permis de spécifier que l'utilisation du glossaire métier se limitait à la consultation des termes techniques concernant les noms de produit et les noms des procédés industriels. Par conséquent, les agents métier recherchent ces connaissances sur le nom des concepts, prototypes, produits et de leurs composants ainsi que le nom des procédés industriels. Ces informations sont disponibles dans la base de données du collecticiel ACSP. Les agents interrogent donc la base de données pour identifier de nouveaux termes à partir des noms de produits et procédés. Ils vérifient ensuite si ces termes sont déjà connus, c'est-à-dire définis au préalable dans le glossaire métier. Ces termes sont ensuite diffusés aux acteurs métier pour être définis. Nous détaillons ce travail ainsi que les annotations réalisées par les agents dans les sections suivantes.

2.3.6 Recherche des connaissances de type 'ProcessusProjet'

Le *Processus Projet* regroupe les connaissances permettant de décrire un processus métier utilisé lors des projets. Ce processus peut être représenté par des actigrammes SADT [Ang 97]. Ce formalisme a été choisi puisqu'il est bien connu et régulièrement utilisé par les concepteurs. Pour définir le processus métier, les agents métier recherchent les informations dans la planification du projet. À partir du nom des tâches, de leurs dates, de leur durée, des acteurs métier participants et des documents associés, les agents reconstruisent le processus métier suivi par les acteurs. Le processus projet est le seul type de connaissances qui nécessite un traitement pour passer des informations obtenues à partir de la planification aux informations décrivant les processus utilisés dans le projet. En effet, grâce à des règles d'inférence, les agents peuvent reconstruire une approximation du processus métier qui devra être corrigée par les acteurs métier. De plus, au fur et à mesure des projets, les agents réutilisent les connaissances placées dans les instances de l'ontologie pour affiner leur approximation. Nous présentons dans cette section le mécanisme de construction du processus du projet à partir de sa planification, mis en place par les agents.

Les équipes projet utilisent la plate forme ACSP pour planifier leur projet. À partir de cette planification et à l'aide de la perception des concepts de l'ontologie *OntoDesign*, les agents construisent une approximation du processus métier utilisé par les acteurs en cinq étapes :

Etape 1 : Les agents collectent les informations nécessaires à partir de la planification du projet (nom des activités, dates, groupes d'activités etc.),

Etape 2 : Les agents utilisent des règles d'inférence simples pour déduire une approximation du processus à partir des informations collectées en étape 1 (nous reprenons les éléments du modèle SADT pour formaliser le processus généré). Les règles permettent par exemple de faire correspondre une activité métier à un actigramme du processus, d'identifier les paramètres d'entrée, sortie et contrôle en fonction des documents associés à une activité, d'identifier les ressources des actigrammes...

Etape 3 : Lors de l'étape 2, les agents construisent une approximation du processus à partir des règles d'inférence et des données qu'ils peuvent recueillir sur la planification du projet. Les paramètres de contrôles du diagramme SADT, représentant les méthodes utilisées pour accomplir l'activité, ne sont pas mentionnés. Les agents doivent consulter l'ontologie de domaine et ses

instances pour déduire l'association des méthodes lors de certaines activités. La figure 7.7 décrit l'exemple de l'activité «Recherche de solution ». A l'aide des règles d'inférence de l'étape 2, les agents déduisent que cette activité est un actigramme. Ils consultent ensuite l'ontologie OntoDesign et ses instances pour vérifier si, dans ce projet, il existe une méthode métier en relation avec l'actigramme 'Recherche de solution'. Dans l'exemple de la figure 7.7, la méthode 'Analyse Fonctionnelle' a été identifiée. Les agents peuvent ainsi déduire les paramètres de contrôles des actigrammes.

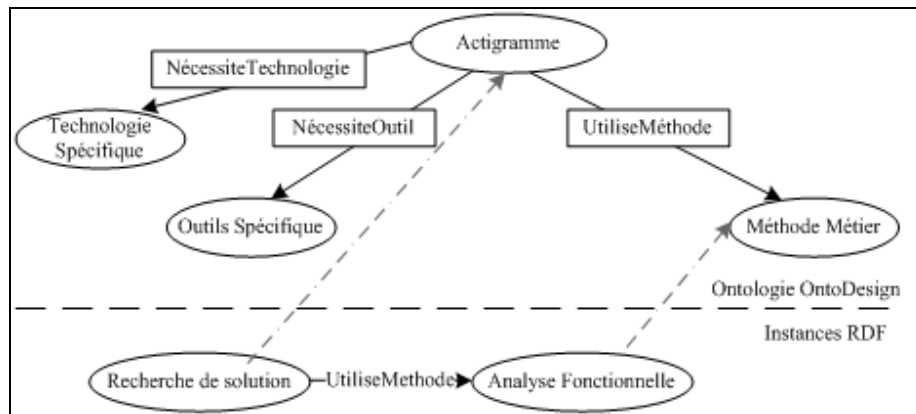


Fig. 7.6. Recherche des paramètres de contrôles à partir de l'ontologie OntoDesign

Etape 4 : Cette étape est destinée à l'ajustement du processus métier par les acteurs métier. Ces derniers peuvent modifier les cinq paramètres d'un actigramme (information en entrée, sortie, contrôle, ressource et actigramme cible). Nous présentons dans la partie concernant l'étape de validation des connaissances, l'interface de modification des paramètres par les acteurs métier. L'ajustement fait par les acteurs permet d'enrichir les instances de l'ontologie et d'améliorer les approximations faites par les agents. En effet, plus les agents ont à leur disposition des instances de l'ontologie concernant le processus projet, plus ils peuvent réaliser de correspondance entre les activités planifiées et les processus métier.

Etape 5 : Après avoir déterminé et validé l'ensemble des connaissances relatives à un processus, les agents terminent l'annotation de ces connaissances selon l'ontologie OntoDesign. Les annotations permettent de construire le processus métier final appliqué par les acteurs métier sous la forme d'un diagramme SADT (cf. figure 7.8).

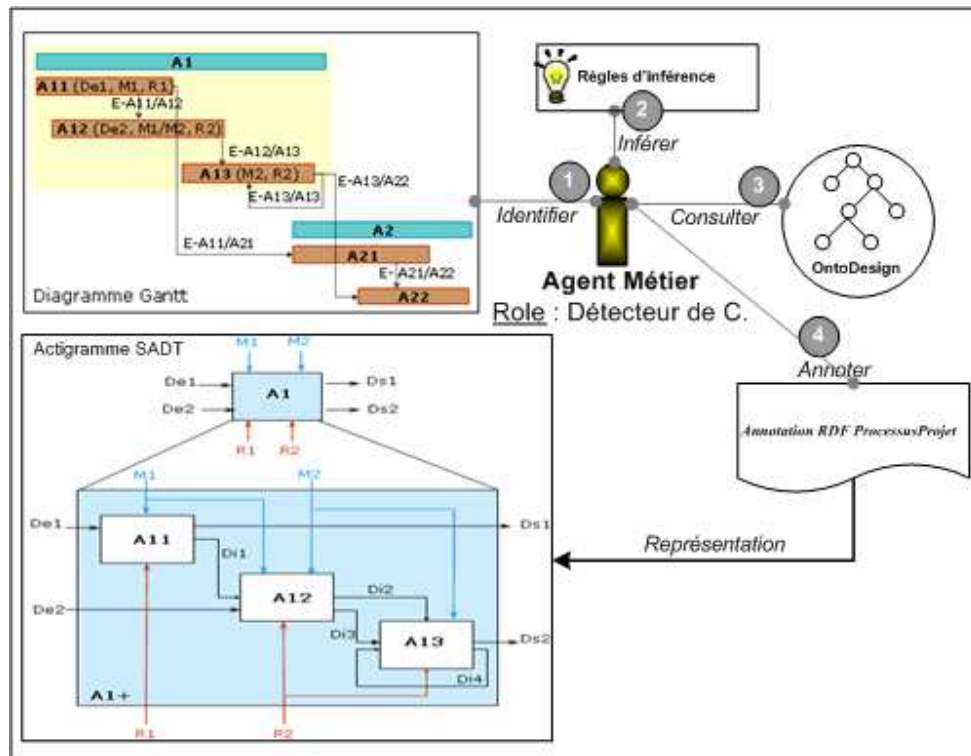


Fig. 7.7 : Estimation du processus métier utilisé à partir de la planification des projets

3. Acquisition des connaissances

L'acquisition des connaissances débute par leur création puis leur capitalisation. La création est effectuée par les acteurs métier à partir des informations identifiées par les agents métier. En effet, ces informations doivent être validées et évaluées par les acteurs avant d'être archivées dans la mémoire de projet. Par ce biais, nous respectons le passage des données à l'information (cf. chapitre 1, § 2.2) lorsque les résultats des recherches des agents sont annotés en précisant leurs contextes. Ces informations sont ensuite mises à disposition de la communauté d'acteurs métier pour que celle-ci puisse les interpréter à travers une validation et une évaluation. Nous obtenons ainsi des connaissances à partir des informations. Par conséquent, une information interprétée par les acteurs de l'équipe projet, c'est-à-dire la communauté projet devient une connaissance à archiver.

D'autre part, une connaissance archivée lors d'un projet passé doit être régulièrement soumise à la vérification par la communauté d'acteurs afin de s'assurer qu'elle n'est pas devenue obsolète.

Ce processus d'évaluation et de fiabilisation est efficace uniquement sur les connaissances créées par les acteurs, c'est-à-dire celles relatives aux rôles métier dans MemoDesign : *Vocabulaire Projet*, *Expérience Projet*, *Expertise Projet* et *Processus Projet*. Les connaissances relatives à l'histoire du projet (Contexte Projet et Evolution Projet) n'ont pas besoin d'être validées puisqu'elles reflètent les événements survenus et leurs historiques.

Dans la section suivante, nous présentons dans cette section le cycle de vie des connaissances utilisé par le système multi-agents. Nous détaillons ensuite le rôle des communautés d'acteurs lors de la validation et l'évaluation de ces connaissances. Nous terminons par la description du rôle du SMA et de l'ontologie lors de ce processus d'évaluation.

3.1 Cycle de vie des connaissances

Les informations annotées par les agents métier sont validées par les acteurs de la communauté Projet. La validation donne la possibilité aux acteurs de refuser, modifier ou approuver une information. Dans les deux derniers cas, l'information est ensuite considérée comme une connaissance projet c'est-à-dire une connaissance créée, partagée et utilisée par les acteurs lors du projet. Cette dernière est ensuite archivée pour constituer la mémoire du projet. Dans ce cas, il suffit d'une seule validation par un acteur métier pour qu'une information identifiée par les agents devienne une connaissance de la mémoire de projet.

Cependant, cette connaissance est évaluée en permanence par l'ensemble de la communauté. Lorsqu'un acteur consulte une connaissance de la mémoire de projet, il a la possibilité de l'évaluer. L'évaluation, tout comme la validation permet à n'importe quel acteur de la communauté projet de modifier, de refuser ou d'approuver une connaissance. Dans le cas d'une modification ou d'une acceptation, la connaissance projet se voit attribuer un point positif. Dans le cas du refus, la connaissance obtiendra un point négatif. Les agents peuvent ainsi calculer la maturité de la connaissance en lui associant un pourcentage de points positifs et un nombre d'étoiles (cf. figure 10). Ainsi une connaissance Projet qui vient d'être créée débute avec une évaluation à cent pourcent de points positifs. Au fur et à mesure de ses évaluations, ce pourcentage peut baisser si elle obtient des évaluations négatives. Nous avons décidé que lorsque son évaluation passe en dessous de vingt pourcent de points positifs, la connaissance est supprimée c'est-à-dire retirée de la mémoire de projet.

Le nombre d'évaluations est un facteur important pour que les acteurs métier puissent juger de la pertinence d'une connaissance. Afin de prendre en compte ce facteur, les agents KATRAS attribuent un niveau de maturité pour chaque connaissance. Nous avons fixé arbitrairement cinq niveaux de maturité. Le premier niveau de maturité est atteint lorsque la connaissance a été évaluée cinq fois. Le dernier niveau est atteint après vingt cinq évaluations. Les agents affichent ainsi pour chaque connaissance son pourcentage de points positifs ainsi que son niveau de maturité (représenté par des étoiles).

Une connaissance projet passe à l'état de connaissance métier lorsque le projet est terminé. Les connaissances continuent à être évaluées, mais cette fois par la communauté métier (ensemble des acteurs de tous les projets). Cette évaluation assure la fiabilité des connaissances métier.

La figure 7.9 illustre le cycle de vie des connaissances en décrivant le passage des données à l'information suivi de la création et de l'évaluation des connaissances projet et des connaissances métier par les deux communautés d'acteurs métier.

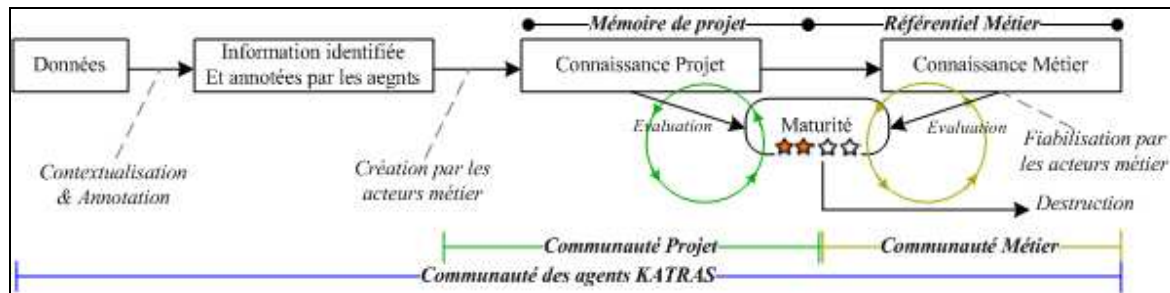


Fig. 7.8 : Cycle de vie des connaissances géré par les agents et les communautés d'acteurs

3.1.1 Le rôle des groupes d'agents et des communautés d'acteurs

Le système multi-agents KATRAS interagit avec la communauté projet pour valider les informations et permettre l'archivage des connaissances dans la mémoire de projet. Ce sont les agents métier qui identifient les connaissances lorsqu'ils ont le rôle de '*Détecteur de connaissances*'. Par la suite, ce sont les agents managers de connaissances projet qui archivent les connaissances (rôle '*Créateur de la mémoire de projet*') et qui les mettent à disposition des acteurs métier et complètent leurs annotations avec les évaluations obtenues (rôle '*Médiateur*').

Lorsque le projet est terminé, les agents, managers de connaissances projet, envoient les connaissances archivées lors du projet, aux agents managers de connaissances métier. Ces derniers archivent ces connaissances dans le référentiel métier. Ils ont alors le rôle de '*Créateur du référentiel métier*'. Les AMCM mettent également à disposition l'ensemble des connaissances métier, contenues dans le référentiel métier, afin que les acteurs puissent les consulter et les évaluer. Les agents ont alors le rôle de '*Médiateur*'.

Les acteurs de la communauté projet ont pour rôle de déterminer les connaissances à archiver à partir des informations identifiées par les agents. L'ensemble des acteurs participe à l'évaluation des connaissances tout au long du projet. La mémoire du projet est donc créée et évaluée par la communauté projet.

La communauté métier a pour rôle d'assurer la fiabilité des connaissances présentes dans l'ensemble des mémoires de projet (référentiel métier). Les acteurs de cette communauté évaluent régulièrement ces connaissances lorsqu'ils les consultent. Cette démarche permet d'assurer la fiabilité des connaissances du référentiel métier en supprimant les connaissances obsolètes.

La figure 7.10 illustre la dynamique des communautés à partir d'un schéma global présentant le rôle des groupes d'agents et celui des communautés d'acteurs métier.

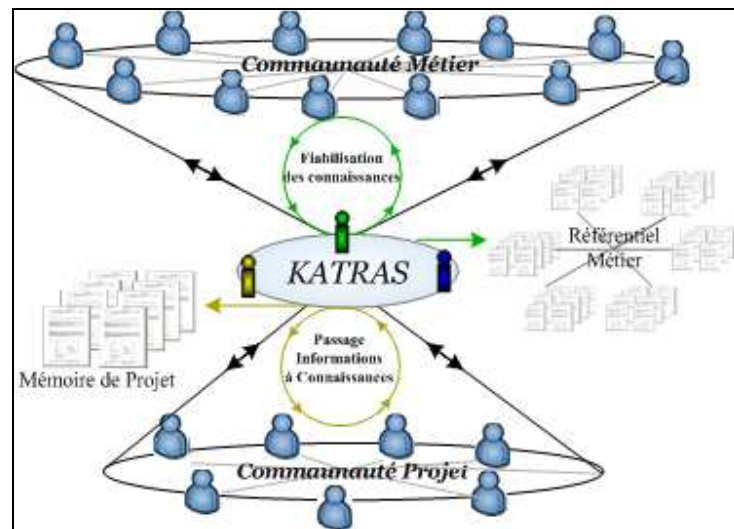


Fig. 7.9 : Rôle des communautés dans la validation et l'évaluation des connaissances

3.1.2 Implication des communautés d'acteurs grâce à l'outil wiki

La démarche de validation et d'évaluation des connaissances est mise en œuvre à partir du concept du wiki (cf. annexe B). Cunningham, l'inventeur du Wiki, précise que cet outil permet facilement à un groupe de personnes de publier et partager de manière collaborative des informations tout en apportant leur avis en devenant eux-mêmes des auteurs [Cunningham 01]. Le wiki est adapté à la création et aux partages des informations et connaissances dans une communauté.

Nous avons ainsi intégré dans la plate-forme ACSP, un wiki, afin que les acteurs métier puissent rechercher simplement à partir de mots clés des connaissances archivées dans la mémoire de projet et dans le référentiel métier. Lorsqu'un acteur consulte une connaissance capitalisée dans son projet, il fait partie de la communauté projet. Lorsqu'un acteur consulte une connaissance provenant d'un autre projet, il fait alors partie de la communauté métier.

Le principe du wiki permet aux deux communautés d'acteurs, d'interpréter les informations identifiées par les agents et de les transformer en connaissances. Ainsi, le Wiki, intégré aux interfaces de l'ACSP, propose aux utilisateurs des pages initialisées à partir des annotations des agents. Ces pages contenant les connaissances de la mémoire de projet ou du référentiel métier, donnent lieu, soit à une discussion par publication de nouveaux messages faisant ainsi évoluer la connaissance, soit à des évaluations positives ou négatives. Ce wiki utilise les métadonnées annotées en RDF par les agents selon l'ontologie OntoDesign. Il contribue à améliorer l'efficacité de la consultation des mémoires de projet, l'échange des connaissances ainsi que leur réutilisation.

L'annexe C présente les interfaces du wiki illustrant un exemple de validation et d'évaluation d'une connaissance de type 'Expérience Projet'.

3.2 Coordination entre les groupes d'agents et l'ontologie OntoDesign

La mise en œuvre de la validation des connaissances projet est réalisée par les agents KATRAS lorsqu'ils interagissent avec les acteurs métier de la communauté projet. Comme nous l'avons précisé précédemment, les acteurs valident des connaissances en interrogeant les agents sur une connaissance précise à partir d'un mot clé et du type de connaissance par l'intermédiaire des interfaces du wiki.

L'interaction entre la communauté projet et les agents KATRAS est réalisée entre les acteurs métier et les groupes AMCP et/ou AMCM lorsque les agents ont le rôle de médiateur. Le protocole de validation des connaissances est illustré pour la figure 11 et correspond à la description suivante :

1. À travers l'interface wiki intégrée à la plate forme collaborative ACSP, l'acteur métier interroge son agent métier à partir du mot-clé 'K1', et stipule le type de connaissance 'T1'. Il précise ensuite s'il oriente la recherche uniquement sur la mémoire du projet en cours ou sur l'ensemble des mémoires de projet. Dans le premier cas, seul un AMCP répondra à la requête, dans le second cas un AMCP et un AMCM répondront à la requête. Pour couvrir un l'ensemble des cas nous illustrons le protocole avec une recherche sur toutes les mémoires de projet. La première étape du protocole est illustrée dans la figure 11 par l'action❶.
2. Le type de connaissance indiqué dans la requête de l'étape 1, stipule à quel agent de chaque groupe s'adresse la demande. La requête est ainsi distribuée aux agents manageurs de connaissances concernés (étape❷) qui prennent le rôle de médiateur. Dans le cas présenté en figure 10, le type de connaissances 'T1' correspond au *Vocabulaire Projet* géré par l'agent AMCP-VocabulaireProjet et l'agent AMCM-VocabulaireMétier.
3. Lorsque les deux agents AMCP-VocabulaireProjet et AMCM-VocabulaireMétier prennent en charge une requête, ils consultent l'ontologie OntoDesign pour retrouver les connaissances ainsi que ses liens avec d'autres concepts tels que son évaluation. L'AMCP consultera l'instance de l'ontologie correspondant à la mémoire du projet et l'AMCM consultera l'instance de l'ontologie correspondant au référentiel métier (étape❸).
4. Les agents répondent ensuite à l'acteur métier via l'interface wiki en adressant la séquence RDF contenant la connaissance K1, ou pas de réponse s'ils n'ont trouvé aucune instance contenant K1 (étape❹).
5. L'acteur métier consulte, valide ou évalue la connaissance présentée dans l'article wiki. Si la connaissance consultée est celle de la mémoire du projet en cours, le résultat de la validation par l'acteur est récupéré par l'agent AMCP-VocabulaireProjet. Dans le cas de la consultation d'une connaissance issue du référentiel métier, c'est l'agent AMCM-VocabulaireMétier qui récupère le résultat de la validation (étape❺).

6. L'agent concerné (AMCP ou AMCM) par la validation de l'étape 5, prend ensuite le rôle de créateur (créateur de la mémoire de projet pour l'AMCP ou créateur du référentiel métier pour l'AMCM). À travers ce rôle, les agents mettent à jour les instances de l'ontologie en faisant évoluer les annotations de la connaissance avec la nouvelle évaluation recueillie (étape 6).

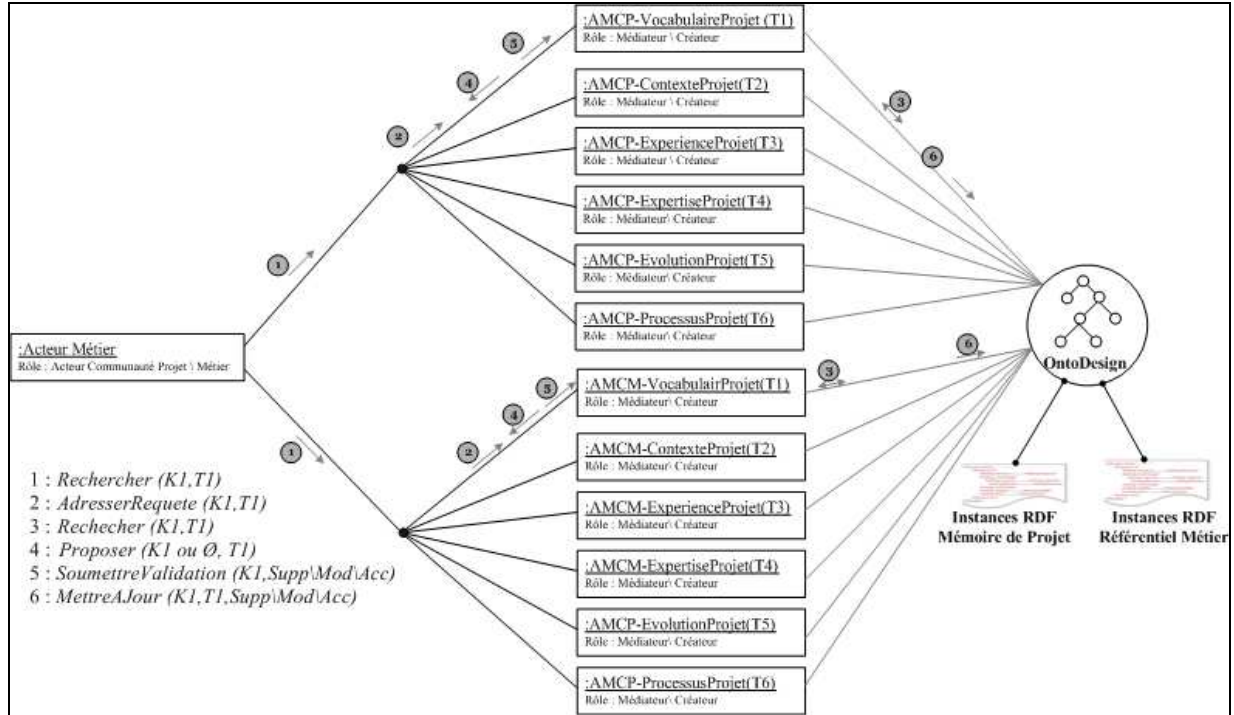


Fig. 7.10 : Protocole de validation et d'évaluation des connaissances Projet et Métier

La figure 7.12 présente l'annotation de l'évaluation à partir du résultat de la validation de l'acteur métier. Après consultation de l'ontologie, les agents annotent (dans le cas d'une première évaluation) ou complètent la séquence RDF décrivant la connaissance K1.

```
<rdf:description rdf:about="http://acsp.utbm.fr/ProjectSI/AVK1">
  <OntoDesign:T1>
    ↑
    Tags de description de la connaissance K1 de type T1
  </OntoDesign:T1>
  <OntoDesign:EvaConnaissance>
    <OntoDesign:NbEvaConnaissance>8</OntoDesign:NbEvaConnaissance>
    <OntoDesign:NbEvaPositives>6</OntoDesign:NbEvaPositives>
    <OntoDesign:PourcentageEvaPositives>75</OntoDesign:PourcentageEvaPositives>
    <OntoDesign:NbEtoilesEva>5</OntoDesign:NbEtoilesEva>
  </OntoDesign:T1>
</rdf:description>
```

Fig. 7.11 : Annotation de l'évaluation

4. Diffusion des connaissances

4.1 Rechercher et consulter les connaissances

Comme nous l'avons présenté précédemment, la recherche de connaissance se fait à travers les interfaces du wiki, l'acteur métier a la possibilité à partir d'un mot clé et du type de connaissance interrogé le SMA KATRAS. L'interface de recherche donne ainsi accès aux connaissances de la mémoire de projet et du référentiel métier. Cependant, en plus de cette recherche rapide, l'acteur métier peut effectuer une recherche avancée sur les connaissances. Nous présentons dans cette section le mécanisme de recherche avancée.

Le tableau 8.2 présente les critères de recherche actuellement possible pour la recherche avancée de connaissances selon les six différents types. Les agents appliquent ensuite le protocole de recherches des connaissances qui est composé des quatre premières étapes du protocole de validation des connaissances détaillées en section 3.2. Celui-ci permet de proposer une ou des réponses aux requêtes postées par les acteurs métier.

L'interface de recherche avancée du wiki oriente la recherche de l'acteur métier en proposant les concepts et attributs correspondant aux connaissances et spécifiés dans l'ontologie OntoDesign.

Type de connaissance	Critères pour la recherche de connaissances
Processus Projet	- Un mot du label de l'actigramme
Expertise Projet	- Nom du produit associé à la règle - Nom du procédé associé à la règle - Un mot dans la Règle littérale - Un mot dans la Règle formule - Ensemble des conseils - Ensemble des contraintes
Vocabulaire Projet	- Nom du terme - Domaine métier - Ensemble des représentations graphiques
Expérience Projet	- Nom de projet - Un mot dans le label du succès - Un mot dans le label de la difficulté - Un mot dans le label de l'échec - Un mot dans le label de la cause du projet - Un mot dans le label de la conséquence du projet
Contexte Projet	- Un mot dans le label du facteur technique - Une valeur pour le coût du produit - Un type d'origine pour le projet (innovation...) - Un mot dans le label des méthodes d'ingénierie - Un mot dans le label des brevets - Un mot dans le label des normes - La liste des concepts du projet - La liste des éléments du produit
Evolution Projet	- Un mot dans le label de l'activité

Tableau 7.2 : Critères de recherche disponible pour chaque type de connaissances

Pour chaque type de connaissances, l'interface de recherche présente les concepts correspondant aux connaissances recherchées décrits par les critères de recherche du tableau 2. Pour chaque concept l'acteur métier choisit un de ses attributs ou une de ses relations spécifiée par OntoDesign. Il peut ensuite positionner des valeurs pour chaque attribut du concept ou interroger un ou plusieurs concepts en spécifiant un point d'interrogation. Les relations des concepts sont également affichées avec le concept cible et ses attributs. Ce système permet d'effectuer des recherches détaillées sur un concept précis en spécifiant des informations relatives à un autre concept. Lorsque l'acteur soumet sa requête, il précise s'il souhaite interroger la mémoire du projet ou l'ensemble des mémoires de projet. La demande est ensuite adressée à l'agent correspondant (AMCP et/ou AMCM). L'agent formule la requête selon le langage

d'interrogation SPARQL du Web sémantique (cf. chapitre 5 § 4.2). Il peut ensuite interroger les instances de l'ontologie.

Nous illustrons ce mécanisme par l'exemple de la recherche d'une connaissance de type expérience projet. L'acteur métier souhaite retrouver l'expérience projet du 'Déclipage du capuchon par traction manuelle sur la tringle' présentée au chapitre 4, §3.5. La seule information dont l'acteur se souvienne est qu'une des causes du déclipage était due à la formation d'une rouille rouge sur la liaison de la tringle et du capuchon. L'acteur utilise donc le critère de recherche 'un mot dans le label de la cause du projet' (cf. tableau 7.2) pour renseigner ce dernier avec les mots 'rouille' et 'rouge'. L'agent après consultation de l'ontologie reconnaît le concept 'cause' comme un attribut du concept 'ExperienceProjet'. Il peut ainsi formuler une requête SPARQL en recherchant tous les attributs 'Cause' des concepts 'ExpérienceProjet' contenant dans leurs valeurs les mots 'rouille' et 'rouge'

La figure 7.13 illustre la formulation des requêtes SPARQL faite par les agents à partir des critères de recherches renseignés par les acteurs métier.

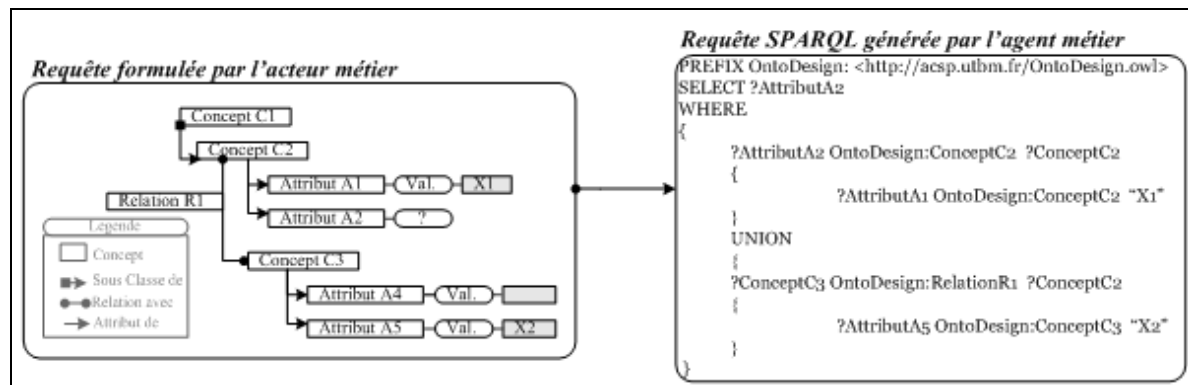


Fig. 7.12 : Génération des requêtes SPARQL par l'agent métier

4.2 Assistance pro active aux acteurs métier

La conception du système multi agents KATRAS a été réalisée à partir d'une approche organisationnelle du processus de conception. De ce fait, les agents métier assurent la capitalisation des connaissances en reconstituant des organisations à partir des activités du processus de conception. Ils connaissent ainsi le contexte organisationnel (Projet\Rôle\Activité) dans lequel évolue leur acteur métier. Ils peuvent donc assister leur acteur en proposant les connaissances qui ont été capitalisées dans un contexte organisationnel similaire lors d'un projet passé.

La figure 8.14 présente le protocole d'assistance assuré par les agents. La recherche des contextes organisationnels similaires est basée sur la consultation de l'ontologie OntoDesign. Lorsqu'un agent métier perçoit les actions de son acteur métier c'est-à-dire les activités sur lesquelles il travaille ainsi que le rôle qu'il interprète, il interroge les Agents Manageurs de Connaissances Métier pour déterminer s'il existe des connaissances archivées utilisées lors de la

même activité pour le même rôle. Dans le cas où l'AMCP trouve des connaissances archivées dans un contexte similaire, l'agent métier peut alors proposer des solutions à son acteur.

L'assistance proactive est réalisée selon le protocole suivant :

1. L'agent métier perçoit les actions de son acteur métier lors du processus de conception. Il connaît ainsi l'activité A1 dans lequel l'acteur métier participe, le rôle qu'il interprète R1 pour cette activité. Cette première étape ❶ est illustrée dans la figure 13.
2. L'agent métier adresse ensuite une demande de requête aux six AMCM, il prend alors le rôle d'*'Assistant Cognitif'*. Il transmet ainsi le contexte organisationnel (Activité\Rôle) aux six agents gérant les connaissances métier (étape❷). Les AMCM prennent alors le rôle de '*Chargé de raisonnement Métier*'.
3. Chaque AMCM construit la requête SPARQL correspondant à la demande de l'agent métier pour son type de connaissances. L'AMCM-VocabulaireMétier recherche d'éventuels termes capitalisés dans des contextes similaires lors de projets passés. L'AMCM-ExpertiseMétier recherche les règles métier (littérales et formules) capitalisées. L'AMCM-ExpérienceProjet recherche les échecs, réussites et difficultés formalisées pour les mêmes activités. L'AMCM-ProcessusProjet recherche le processus de conception contenant une activité similaire lors des projets archivés. L'AMCP-ContexteProjet recherche tous les éléments concernant l'origine et l'organisation du projet ainsi que l'évolution du produit capitalisées lors d'activités similaires pour le même rôle et les mêmes compétences. L'AMCM-EvolutionProjet recherche les projets ayant utilisés le même contexte organisationnel. Chaque AMCM envoie ensuite les connaissances trouvées aux agents métier (étape❸).
4. L'agent métier signale à l'acteur métier qu'il a des connaissances à lui proposer. Il lui présente ensuite un lien pour la consultation de ces connaissances qui le renvoi aux interfaces du wiki.

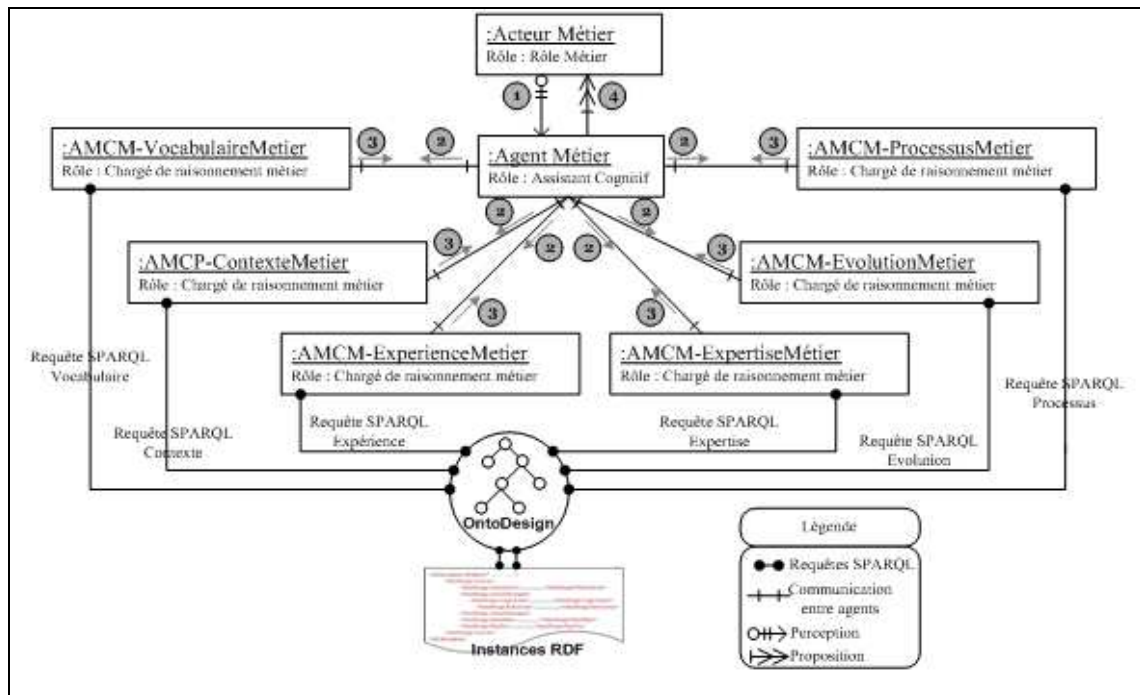


Fig. 7.13 : Protocole de recherche de connaissances pour l'assistance aux acteurs

5. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les trois phases (identification, acquisition et diffusion des connaissances) assurées par les agents KATRAS à l'aide de l'ontologie OntoDesign. L'identification est réalisée par les agents métier en reconstituant les contextes organisationnels dans lesquels les acteurs métier ont utilisé les connaissances. L'acquisition est assurée par les communautés d'acteurs lorsqu'ils valident et évaluent les connaissances présentées par les agents. La diffusion est pilotée par les agents, soit en répondant à la recherche des connaissances des acteurs métier, soit en assurant une assistance proactive fondée sur la recherche des connaissances capitalisées dans des contextes organisationnels similaires à celui où évolue l'acteur métier.

L'ensemble des protocoles et mécanismes mis en œuvre par les agents repose sur l'utilisation des langages du Web sémantique qui permettent d'annoter les connaissances à partir de l'ontologie OntoDesign et d'interroger les instances de l'ontologie.

L'implémentation du système de gestion des connaissances a été réalisée dans la plate forme de travail collaborative ACSP. Les acteurs peuvent ainsi travailler sur leur projet tout en interrogeant le système de gestion des connaissances. Les interfaces présentant l'affichage des connaissances et permettant leurs validation et évaluation ont été construites sous le principe du wiki, facilitant ainsi le partage des connaissances entre les acteurs de la communauté projet et ceux de la communauté métier.

Chapitre 8

Apport de la thèse, perspectives & conclusion

Sommaire

1. Conclusion générale	180
2. Perspectives de recherche	182
2.1 Des modèles organisationnels pour la gestion des connaissances	182
2.2 Vers un processus monitoré par les agents	182
2.3 SMA et ontologies pour faciliter la gestion des connaissances	183

1. Conclusion générale

Tout au long de ce travail nous nous sommes efforcés de mettre en place une approche de gestion des connaissances au fil de l'eau des projets de conception fondée sur :

- Un modèle organisationnel du processus de conception ;
- Une structuration et une représentation conceptuelle des connaissances utilisées par les rôles des acteurs du processus ;
- 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.

Nous présentons dans le chapitre 1, les modèles courants de processus de conception définissant les activités à réaliser pour concevoir un produit. Ces modèles rappellent l'avantage de la coopération entre les acteurs et du partage des connaissances. Ce chapitre se poursuit par une présentation des approches de gestion des connaissances utilisées en conception et introduit l'approche coopérative et sociale dont nous servons dans nos travaux. La suite du chapitre est une description de cette approche à travers la construction de mémoires d'entreprise dites organisationnelles. Nous avons ainsi présenté les principaux travaux sur la capitalisation des connaissances dans les organisations ainsi que les outils utiles à la représentation des connaissances.

Nous présentons dans le chapitre 3 la technologie agent pour manipuler ces connaissances hétérogènes et distribuées au fil de l'eau des projets. Lors de cette présentation, l'accent est porté sur l'approche organisationnelle utilisée dans les SMA pour modéliser les rôles des humains dans des environnements complexes. Cette approche prend en compte les aspects coopératifs et sociaux des organisations humaines pour la spécification des SMA.

Nous nous sommes ensuite consacrés, au chapitre 4, à la modélisation organisationnelle du processus de conception. Cette modélisation est fondée sur le méta-modèle RIO auquel nous avons proposé d'associer les notions de compétence et connaissance. Cette approche de modélisation identifie les rôles des acteurs métier et présente 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 et leur réutilisation puisqu'il identifie les connaissances utilisées par les rôles tout au long des activités de conception.

Les projets de conception sont des organisations dans lesquelles les acteurs métier travaillent de manière collaborative pour développer un nouveau produit. Prenant en compte cette caractéristique, nous avons décidé d'utiliser une approche de gestion des connaissances fondée sur une mémoire organisationnelle afin d'archiver et de représenter les connaissances utilisées par les équipes projet. Le chapitre 5 présente le modèle de mémoire de projet **MemoDesign**. Ce modèle est un guide pour l'organisation 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. MemoDesign est structurée selon deux groupes de connaissances :

- Les connaissances relatives aux événements du projet, c'est-à-dire à son histoire, en proposant deux premiers types de connaissance ; le '*Contexte Projet*' et l'*'Evolution Projet*' ;
- Les connaissances relatives aux rôles des acteurs métier avec quatre types caractérisant les connaissances utilisées par ces rôles : le '*Processus Projet*', le '*Vocabulaire Projet*', l'*'Expérience Projet*' et l'*'Expertise Projet*'.

La conception d'un système de gestion des connaissances nécessite de définir une sémantique et un vocabulaire caractérisant les connaissances du domaine afin de pouvoir les manipuler. Nous avons ainsi présenté dans le chapitre 6, notre démarche de développement de 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. Cette ontologie facilite la manipulation des connaissances utilisées en conception pour le système de gestion des connaissances.

Afin de manipuler les connaissances du domaine et d'assurer les activités de gestion des connaissances, nous avons conçu un système à base d'agents appelé **KATRAS**. Ce système multi-agents est détaillé dans le chapitre 7. Il 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.

Nous illustrons, dans le chapitre 7, notre approche en décrivant les trois grandes phases de la gestion des connaissances (identification, acquisition et diffusion) avec les mécanismes mis en

place par les agents et utilisant l'ontologie OntoDesign. Ces illustrations sont issues des expérimentations conduites en entreprises et de l'implémentation du système de gestion des connaissances dans une plate-forme de travail collaboratif (la description des interfaces du prototype implémenté est présentée en annexe D). Par ailleurs, ce prototype fait l'objet d'un transfert technologique par un éditeur de logiciel dans le cadre d'un projet du pôle de compétitivité 'Véhicule du futur'.

Cependant, l'approche de gestion des connaissances que nous cherchions à définir dans ce travail n'est pas encore complète : des approfondissements à plusieurs niveaux restent à faire. La section suivante détaille ces perspectives

2. Perspectives de recherche

Un travail de recherche n'est pas un travail qui couvre l'ensemble des domaines abordés mais qui fournit suffisamment de résultats pertinents pour envisager une continuation et de nouveaux efforts dans la direction indiquée. Nous espérons avoir accompli cet objectif.

Nous distinguons trois directions pour la suite de ce travail. Elles concernent l'utilisation : de modèles organisationnels pour la modélisation des connaissances d'un domaine et la conception d'un système de gestion des connaissances, du paradigme agent pour la gestion des connaissances utilisées par les rôles des acteurs métier, du couple agent-ontologie pour obtenir un système efficace de gestion des connaissances.

2.1 Des modèles organisationnels pour la gestion des connaissances

L'approche que nous avons appliquée lors de nos travaux, est de définir un modèle organisationnel du processus de conception mettant en évidence l'implication des rôles des acteurs métier en s'intéressant particulièrement aux connaissances qu'ils utilisent et aux interactions qu'ils ont entre eux. (cf. chapitre 5). Cette approche permet de définir un contexte organisationnel pour chaque connaissance utilisée lors du processus.

Dans n'importe quel domaine, des processus métier sont mis en place. Ils nécessitent la participation d'acteurs métier jouant des rôles précis et utilisant leurs compétences et connaissances lorsqu'ils collaborent pour atteindre leurs objectifs. La démarche de capitalisation à partir des rôles pourrait donc être appliquée à d'autres domaines ou d'autres processus, puisque la méthodologie basée sur l'approche organisationnelle reste la même.

2.2 Vers un processus monitoré par les agents

Lors de nos travaux nous avons conçu un SMA dédié à la gestion des connaissances utilisées par les rôles des acteurs métier. Ce travail s'inscrit dans une démarche globale, qui à partir de l'élaboration du modèle organisationnel du processus de conception envisage un système à base d'agents qui puisse supporter les activités des acteurs.

Le modèle organisationnel du processus de conception que nous avons défini semble être utilisable pour modéliser tous projets de conception. Il est fondé sur l'analyse d'un processus

classique existants et utilise des rôles, des compétences et des activités similaires à tous processus de conception.

Dans le cadre de cette thèse, notre travail s'est limité à utiliser le modèle organisationnel pour cartographier les connaissances partagées par les acteurs et concevoir un SMA dédié à la gestion des connaissances. Pour aller plus loin dans l'application de cette approche organisationnelle, il serait intéressant de développer un SMA prenant en compte le domaine entier du modèle organisationnel. Ainsi, le processus de conception serait supporté par un SMA où les rôles des agents seraient déduits des rôles des acteurs métier et où la gestion des connaissances ne serait qu'un des objectifs de ces rôles. L'objectif principal de ces rôles serait alors le développement d'un nouveau produit.

2.3 SMA et ontologies pour faciliter la gestion des connaissances

Lors de nos travaux de recherches, nous avons associé le SMA KATRAS à l'ontologie OntoDesign. L'ontologie fournit une sémantique et un vocabulaire pour décrire les objets du domaine aux agents et facilite l'annotation et la recherche de connaissances. Dans le cadre de la capitalisation des connaissances, l'ontologie est utilisée pour l'annotation des ressources. Les travaux actuels sur la recherche des informations à partir des ontologies avec des mécanismes, tels que le calcul des distances sémantiques, distances ontologiques, apportent de nouvelles perspectives qui pourraient améliorer l'efficacité du travail des agents dans un système de gestion des connaissances.

De plus, dans le cadre de la conception mécanique, nous avons développé une ontologie dédiée au domaine des projets de conception. Les connaissances décrites dans OntoDesign sont utilisées par plusieurs disciplines (mécanique, électronique, injection...). Il serait intéressant d'envisager la perception par un SMA dédié à la gestion des connaissances de plusieurs ontologies couvrant les domaines que l'on souhaite capitaliser. Les agents pourraient alors réaliser une gestion des connaissances portant sur plusieurs domaines de connaissances.

Références

- [Abecker 03] A. Abecker, A. Bernardi, and L. van Elst. *Agent technology for distributed organizational memories*. In Proceedings of the 5th International Conference On Enterprise Information Systems, Vol. 2, pages 3–10, 2003.
- [Abecker 98a] Abecker A., Bernardi A., Hinkelmann K., Kuhn O., and Sintek M., *Toward a technology for organizational memories*. IEEE Intelligent Systems, May/June 1998.
- [Abecker 98b] Abecker, A., Aitken, S., Schmalhofer, F., and Tschaitschain, B. *KARATEKIT: Tools for the Knowledge –Creating Company*. Proceedings of the 11th Banff Knowledge Acquisition for Knowledge Based Systems Workshop. Banff, Canada, 1998.
- [Ahmed 02] Ahmed S., Hansen C.T., *A decision-making model for engineering designers*, Shahin T.M.M. (ed.), Computer based design, EDC2002, 217-227, Cambridge, 2002.
- [Allee 00] Allee, V. (2000). *Knowledge Networks and Communities of Practice*. OD Practitioner: Journal of the Organization Development Network, 32.
- [Amiguet 00] Amiguet M., *MOCA: Un modèle componential dynamique pour les systemes multi-agents organisationnels*, these de doctorat, Université de Neuchatel, 2000
- [Andersen 92] Andersen, E. P. & Reenskaug, T. (1992). *System design by composing structures of interacting objects*. In O. L. Madsen (Ed.), ECOOP '92, European Conference on Object-Oriented Programming, Utrecht, The Netherlands, volume 615 of Lecture Notes in Computer Science (pp. 133–152). New York, N.Y.: Springer-Verlag.
- [Ang 97] Ang C. L., Gay R. K., Khoo L. P. & Luo, M. *A knowledge-based Approach to the Generation of IDEF0 Models*. International Journal of Production Research, 35, 1385-1412, 1997
- [Aoyama 90] M. Aoyama, *'Distributed concurrent development of software systems : An object-oriented process model*, IEEE 1990
- [Arana 04] Arana J., Hassas S., Prié Y., *MAZETTE: Multi agent MUSETTE for sharing and reusing ontologies* in proceedings of the OTM 2004 Workshop on Ontologies, Semantics and E-Learning (WOSE'2004), LNCS Volume 3292 / 2004, Springer Verlag, Larnaca, Cyprus, Greece, October 28th, 2004.
- [Aubertin 03] Gérard Aubertin, Imed Boughzala, Jean-Louis Ermine. *Cartographie de connaissances critiques*. Revue d'Intelligence Artificielle, vol. 17, no 1-3, pp. 495-502, 2003.
- [Aussenac-Gilles 00] Aussenac-Gilles N., Biebow B, Szulman S (2000). *Revisiting Ontology Design: a Method Based on Corpus Analysis*, In Proc. EKAW'2000, Juan-les-Pins, p172-188.
- [Axelrod 97] Axelrod, R.: *The Complexity of Cooperation – Agent-Based Models of Competition and Collaboration*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1997.
- [Ballay 99] Ballay J.-F. *Capitaliser et transmettre les savoir-faire de l'entreprise*, Editions Eyrolles (1999).
- [Barthès 02] Barthès J.P., Tacla C., *Agent-supported portals and knowledge management in complex R&D projects*, Computer in Industry, 2002.

-
- [Becht 99] Becht M., Gurzki T., Klarmann J., Muscholl M., “*ROPE: Role Oriented Programming Environment for Multiagent Systems*” the 4th Conference on Cooperative Information Systems (CoopIS’99), Edinburgh, Scotland, sept. 1999
- [Bekhti 03] Bekhti S., Matta N., *Project memory: An approach of modelling and reusing the context and the de design rationale*, Proceedings of IJCAI’03 (International joint of conferences of Artificial Intelligence) Workshop on knowledge management and organisational memory, Accapulco, 2003.
- [Belkadi 07] F. Belkadi, E. Bonjour, M. Dulmet, ‘*Competency characterisation by means of work situation modelling*’, Computers in industry 58 164-178, 2007
- [Bender 00] Bender, S. et Fish, A. (2000), “*The transfer of knowledge and the retention of expertise: the continuing need for global assignments*”, Journal of Knowledge Management, Vol. 4, N°. 2, pp. 125-137.
- [Berners-Lee 01] Berners-Lee T., Hendler James and Lasilla Ora, *The Semantic Web*, Scientific American, May 2001.
- [Berners-Lee 99] Berners-Lee T., *W3C Issues Recommendation for Resource Description Framework (RDF), Introduces model for defining and organizing information*, <http://www.w3.org/Press/1999/RDF-REC>
- [Bersini 02] Bersini H, Wellesz I., “*L’orienté objet*”, édition Eyrolles, ISBN : 2-212-11108-8, 2002
- [Boissier 96] O. Boissier and Y. Demazeau. ASIC: ‘*An architecture for social and individual control and its application to computer vision*’. . In J. Perram, and J. P. Müller, editors, *Applications of Multi-Agent Systems – Proceedings of MAAMAW 1994*, LNAI series, vol. 1069, pg. 135-149. Springer-Verlag, Heidelberg, 1996.
- [Bonifacio 02] M. Bonifacio, P. Bouquet, and P. Traverso. *Enabling distributed knowledge management*. Managerial and technological implications. Novatica and Informatik/Informatique, 3(1):23– 29, 2002.
- [Brazier 01] Brazier F., Moshkina L., Wijngaards N., “*Knowledge level model of an individual designer as an agent in collaborative distributed design*”, Artificial Intelligence in Engineering, vol. 15, p137-152, 2001
- [Bresciani 01] Bresciani, P., Perini, A., Giorgini, P., Giunchiglia, F., and Mylopoulos, J., *A Knowledge Level Software Engineering Methodology for Agent Oriented Programming*. In: Proceedings of the 5th International Conference on Autonomous Agents. ACM Press, Montreal (Canada), pp. 648-655, 2001
- [Brice 00] Brice A., *Design Rationale Management (DRAMA)*, <http://www.quantisci.co.uk/drama>.
- [Broekstra 04] Jeen Broekstra and Arjohn Kampman. *SeRQL: An RDF Query and Transformation Language*. Submitted to the International Semantic Web Conference, ISWC 2004, 2004.
- [Brooks 86] Brooks, R. et Connell J. (1986). *Asynchronous distributed control system for a mobile robot*. In Proceedings of SPIE’s Cambridge Symposium on Optical and Optoelectronic Engineering.
- [Buckingham 97] Buckingham Shum S., MacLean A., Bellotti V. M.E., et V. Hammond N. *Graphical argumentation and design cognition*. Rapport Technique KMI-TR-25, The open university, Rank Xerox Reasearch Centre, Apple
-

-
- Reasearch Laboratories, University of York, UK, 1997.
- [Budzik 01] Budzik J., Hammond K., and Birnbaum L. *Information access in context*. Knowledge based systems, 14(1-2):37–53, 2001.
- [Cabri 03] Cabri G., Leonardi L., Zambonelli F., ‘*BRAIN : a Framework for flexible Role-Based Interactions in Multi-Agent Systems*’, The 2003 Conference on Cooperative Information Systems (CoopIS), Catania, Italy, November 2003
- [Castelfranchi 00] Cristiano Castelfranchi. *Engineering Social Order*. In Engineering Societies in the Agents’ World, Lecture Notes in Artificial Intelligence. Springer Verlag, 2000.300p
- [Caussanel 99] Caussanel, J., Chouraqui, E. *Model and Methodology of Knowledge Capitalization for Small and Medium Enterprises*. Proceedings of Knowledge Acquisition Workshop’99, 1999.
- [Chaib-Draa 96] Chaib-Draa B., ‘*Interaction between agents in routine, familiar and unfamiliar situations*’ in International Journal of Intelligent and Cooperative Information Systems, Vol. 1 (5), pp. 7-20
- [Champin 03] Champin P.A., Prié Y., Mille A., *MUSETTE: Modelling USEs and Tasks for Tracing Experience*, Proc. From structured cases to unstructured problem solving episodes - WS 5 of ICCBR’03, Trondheim (NO) , NTNU, Trondheim (NO) , pp279-286, June 2003
- [Charlet 03] Charlet J., *L’ingénierie des connaissances, développements, résultats et perspectives pour la gestion des connaissances médicales*, Mémoire d’Habilitation à Diriger des Recherches, Université Pierre et Marie Curie, 2003
- [Chella 04] 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)
- [Chen 03] Chen, J. Q., Lee, T. E., Zhang, R., and Zhang, Y. J. (2003). *Systems Requirements for Organizational Learning*. *Communications of the ACM*, 46(12):73–78.
- [Cohen 95] Cohen P.R., Levesque H. J., ‘*Communicative actions for artificial agents*’, in First International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS) San Francisco, 1995.
- [Conklin 88] Conklin J. et Begeman M. *gIBIS : A Hypertext Tool for Exploratory Policy Discussion*. ACM Transaction on O-ce Information Systems, 6(4) :303331, Septembre 1988.
- [Corcho 03] Corcho O., Fernadez-Lopez M., Gomez-Perez A., *Méthodologie, tools and languages for building ontologies. Where is their meeting point*, Data & Knowledge Engineering, p41-64, 2003.
- [Corkill 98] Daniel D. Corkill and Susan E. Lander. *Diversity in Agent Organizations*. Object Magazine, 8(4):41–47, May 1998.
- [Cosmin 06] Cosmin Carabelea, Olivier Boissier: *Coordinating Agents in Organizations Using Social Commitments*. Electr. Notes Theor. Comput. Sci. 150(3): 73-91 (2006)
- [Cossentino 05] Cossentino M., "From Requirements to Code with the PASSI Methodology" in Agent-Oriented Methodologies. B Henderson- Sellers and P Giorgini editors. Idea Group Inc., Hershey, PAS, USA. 2005.
-

- [Cunningham 01] Cunningham, W, Leuf Bo.: *"The Wiki Way: Collaboration and Sharing on the Internet"*. Addison-Wesley Professional (2001)
- [Currie 03] Currie W.L. *A knowledge-based risk assessment framework for evaluation web-enabled application outsourcing project*. International conference of project management, 2003
- [Cutosky 93] Cutkosky, M. R., Engelmores, R. S., and et al., PACT: *An experiment in integrating concurrent engineering systems*, IEEE Computer, 1993, Vol. 26(1), pp. 28–37.
- [Darses 05] Darses F., *'Contribution de l'ergonomie cognitive à la construction d'un modèle d'expertise des activités de conception de produits'*, dans Ingénierie des connaissances, Teulier R., Charlet J., Tchounikine P., (ed) L'Harmattan, 2005
- [Davenport 98] T. Davenport, L. Prusak, *'Working Knowledge : How organizations manage what they know'*, Harvard Business School Press, 1998
- [Deborah 04] Deborah L. McGuinness et Frank van Harmelen, *OWL Language*, W3C, 10 february 2004, <http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-features-20040210/>
- [Demazeau 01] Demazeau, Yves. 2001 (avril). *VOYELLES*. Habilitation `a Diriger des Recherches, Institut National Polytechnique de Grenoble INPG, Grenoble.
- [Dieng-Kuntz 01] 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
- [Dietz 05] Dietz J. L.G., *System Ontology and its role in Software Development*, Proceedings of the Open Interop Workshop on Enterprise Modelling and Ontologies for Interoperability, Co-located with CAiSE'05 Conference Porto (Portugal), 13th-14th June 2005
- [Dignum 04a] V. Dignum. *A Model for Organizational Interaction: based on Agents*, founded in Logic. SIKS Dissertation Series 2004-1. SIKS, 2004. PhD Thesis.
- [Dignum 05] V. Dignum, F. Dignum, J.J. Meyer: *An Agent-Mediated Approach to the Support of Knowledge Sharing in Organizations*. Knowledge Engineering Review, Cambridge university Press, 19(2), pp. 147-174, 2005
- [Dileo 02] Dileo J., Jacobs T., Deloach S., *'Integrating Ontologies onto Multiagent Systems Engineering'*, in Agent Oriented Information Systems, workshop in AAMAS, Italy, 2002
- [Djiaz 2006a] C. Djaiz, D. Monticolo, N. Matta, *'Project memory decision making'*, International Conference of Knowledge, Information and Creativity Support Systems (KICSS), Aethya-Thailand, august 2006, 8p
- [Djiaz 2006b] C. Djaiz, D. Monticolo, N. Matta, *'Capitalization of knowledge from projects'*, International Conference of Concurrent engineering (CE), Antibes-France September 2006, p317-324
- [Dorville 96] Dorville G., Lecompte G., Serrafiero P., Bourne C., *"Flange : assistant métier pour la conception optimale de liaisons à brides"*, Conférence Internationale IDMME'96 sur la Conception et la Fabrication Intégrées en Mécanique, Edition ECN, Nantes, 1996, p. 335-343.
- [Duffy 95] Duffy A. H. B., *Ensuring Competitive Advantage with Design*
-

-
- Coordination, 2nd International Conference Design to Manufacture in Modern Industry, Bled, Slovenia, 29 - 30 May 1995
- [Duneveld 00] Duneveld A., Stoter R., Weiden M., Kenepa B., Benjamins V. "Wondertools? A Comparative Study of Ontological Engineering Tools", International Journal of Human-Computer Studies, vol 52., n°6, 2000, p. 1111-33
- [Durand 97] T. Durand, S. Guerra-Vierra, "Competence-Based Strategies When Facing Innovation. But What is Competence?", in edited by H. Thomas and D. O'Neal, John Wiley & Sons Ltd, 1997.
- [Durfee 91] Durfee, E. H. et Lesser, V. R. (1991). *Partial global planning: a coordination framework for distributed problem hypothesis formation*. IEEE Transactions on Man, Systems and Cybernetics.
- [Duribreux-Cocquebert 00] Duribreux-Cocquebert M. and B. Houriez. *Application industrielle d'une approche mixte de modélisation des connaissances*. In J. Charlet, M. Zacklad, G.Kassel & D. Bourigault (Eds), Ingénierie de connaissances. Paris, France : Editions Eyrolles, 2000, p.25.
- [Ermine 00] Ermine JL, 'La gestion des connaissances, un levier stratégique pour les entreprises', IC'00, Toulouse, 2000.
- [Etzioni 95] Etzioni, O., & Weld, D. S. 1995. *Intelligent agents on the Internet: Fact, fiction, and forecast*. IEEE Expert, 10(4), 44-49.
- [Euzenat, 1996] Euzenat, J. (1996). *Corporate memory through cooperative creation of knowledge bases and hyper-documents*. In B. Gaines, M. Musen eds, Proc of KAW'96, Banff, Canada, November, pp. 36-1 36-18.
- [Evbuomwan 97] Evbuomwan, N. F. O., 1997, "Concurrent Design Knowledge Capture in Design Function Deployment, Proceedings of the International Conference on engineering Design ICED 1997, Vol. 2, Tampere, pp. 19-222.
- [Eynard 01] Eynard B., Lemerrier M., Matta N., *Building a memory of project in mechanical engineering using web technologies*, Colloque Coopération, Innovation et Technologies, Troyes , France, 2001
- [Ferber 00a] Ferber, J. and Gutknecht, O., *Operational Semantics of a Role-Based Agent Architecture*. In Agent Theories, Architectures and Languages, (Orlando, 2000), Springer-Verlag.
- [Ferber 00b] Ferber, J., Gutknecht, O., Jonker, C., Muller, J.-P., et Treur, J. (2000). *Organization models and behavioural requirements specification for multi-agent systems*. In Proceedings of the ECAI 2000 Workshop on Modelling artificial societies and hybrid organizations.
- [Ferber 03] Ferber J., Gutknecht O., Michel F., "Agent/Group/Roles: simulating with organization", in Jean-Pierre Muller and Martina-M. Sidel editors, 4th workshop on agent based simulation, p 34-39, 2003
- [Ferber 99] Ferber J, "Multi-Agent System: An Introduction to Distributed Artificial Intelligence", Harlow: Addison Wesley Longman, ISBN: 0-201-36048-9, 1999.
- [Fernandez 97] Fernandez M., Gomez-Perez A., Juristo N., 'METHONTOLOGY : From Ontological Arts Towards Ontological Engineering. In proceedings of the AAAI97 Spring Symposium Series on Ontological Engineering, Standford, USA, March 97, p33-40
- [Fichett 99] J. Fichett, "Managing your organization's key asset: knowledge." In Health
-

-
- forum Journal. A. A. Meeting. Atlanta 1999
- [FIPA] Foundation for Intelligent Physical Agents, FIPA Specifications
<http://www.fipa.org/>
- [Foisel 98] Foisel R., '*Modèle de réorganisation de système multi-agents : une approche descriptive et opérationnelle*. Thèse soutenue à l'Université Henry Poincaré, Nancy, 1998
- [Fox 05] Fox, M.S., and Huang, J., (2005), "*Knowledge Provenance in Enterprise Information*", International Journal of Production Research, Vol. 43, No. 20, pp. 4471-4492.
- [Franklin 96] Franklin, S., and Graesser, A. 1996. *Is It an Agent or Just a Program? A Taxonomy for Autonomous Agents*. In Proceedings of the Third International Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages. New York: Springer-Verlag.
- [Fukuda 95] Fukuda Y., '*Variations of Knowledge in Information Society*', In Proceedings ISMICK 95, p3-8
- [Galbraith 77] Galbraith J., '*Organization Design*'. Addison-Wesley, Reading, MA, 1977.
- [Gandon 02a] Gandon F., *Ontology Engineering : A Survey and a Return on Experience*, INRIA Report n°4396, 2002
- [Gandon 02b] Gandon F., Berthelot L., Dieng-Kuntz R., "*A Multi-Agent Platform for a Corporate Semantic Web*", AAMAS 2002, 6th International Conference on Autonomous Agents, 5th International Conference on Multi-Agents Systems, 9th International Workshop on Agent Theories Architectures and Languages Eds Castelfranchi C., Johnson W.L., p. 1025-1032, July 15-19, 2002, Bologna, Italy
- [Gandon 02c] 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
- [Gandon 05] F. Gandon et R. Dieng-Kuntz, *Ontologie pour un système multi-agents dédié à une mémoire d'entreprise*, Ingénierie des Connaissances, pp 141-163, R. Teulier, J. Charlet, P. Tchounikine, L'Harmattan, ISBN : 2-7475-8240-X, Juin 2005
- [Gasser 01] Gasser L. *Perspectives on organizations in multi-agent systems*. In Multi-agents systems and applications, pages 1–16. Springer-Verlag New York, Inc., 2001.
- [Gateau 07] Gateau B., Boissier O., Khadraoui J., and Dubois E., "*Controlling an Interactive Game with a Multi-agent Based Normative Organisational Model*", in P. Noriega et al. (Eds.): COIN 2006 Workshops, LNAI 4386, pp. 82–96, 2007.
- [Girod 00] Girod M., Elliot A.C., Wright I.C. and Burns N.D., *Activities in collaborative concept selection processes for engineering design*, Proceedings of ASME DETC- DTM-14548, Baltimore, 2000.
- [Giunchiglia 02] Giunchiglia, F., Mylopoulos, J. and Perini A., '*The Tropos Software Development Methodology: Processes, Models and Diagrams*'. Proceedings of Agent-Oriented Software Engineering (AOSE-2002), July 2002, Bologna (Italy), pp 63-74, 2002
- [Golebiowska 02] J. Golebiowska , R. Dieng-Kuntz , O. Corby , D. Mousseau. *Samovar : Using Ontologies and Text-Mining for Building an Automobile Project Memory*, in: Knowledge Management and Organizational Memories,
-

- [Gomes 02] Kluwer Academic Publishers, July 2002, p. 89-102
S. Gomes, J.C. Sagot. *A concurrent engineering experience based on a cooperative and object oriented design methodology*. In Best Paper Book, 3rd International Conference on Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering, pp.11-18. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Pays Bas, 2002.
- [Gomes 05] S. Gomes, P. Serrafro, D. Monticolo, B. Eynard, '*Extracting engineering knowledge from PLM systems: an experimental approach*', International Conference on Product Lifecycle Management, Lyon-France, September 2005, 10p
- [Gomes 07a] S. Gomes, D. Monticolo, V. Hilaire, B. Eynard, '*Content Management based on Multi Agent Systems for Collaborative Design*', International Journal of Product Development, accepted in June 2007, 9p.
- [Gomes 07b] S. Gomes, D. Monticolo, V. Hilaire, M. Mahdjoub, "*A multi-agent System embedded to a PLM to synthesize and re-use industrial knowledge*", in International Journal of Product Lifecycle Management, accepted in September 2007
- [Gomes 99] Gomes S. *Contribution de l'analyse de l'activité au processus de conception de produits innovants*, thèse soutenue en janvier 1999
- [Gomez-Perez 02] Gomez-Perez A. *Ontology building tools, A survey on ontology tools*, OntoWeb Consortium, 2002: 13-14
- [Gómez-Pérez 96] Gómez-Pérez, A.; Fernandez, M.; De Vicente, A. *Towards a Method to Conceptualize Domain Ontologies* Workshop on Ontological Engineering. ECAI'96. 1996. Pages 41- 51
- [Grecu 96] Grecu DL, Brown DC, *Learning by single function agents during spring design*. In Gero JS, Sudweeks F editors. Artificial Intelligence in design 96 '(AID 96). Dordrecht:Kluwer Academic Publishers 1996. P409-28
- [Gruber 92] Gruber T.R. (1992), *Ontolingua: a mechanism to support portable ontologies*. Technical Report KSL-91-66, Stanford University, Knowledge Systems Laboratory.
- [Gruber 93] 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 00] Grundstein M., *From capitalizing on Company Knowledge to Knowledge Management*, chapter 12, pp. 261-287, in Knowledge Management, Classic and Contemporary Works, Morey D., Maybury M., Thuraisingham B. (Eds), The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 2000.
- [Grundstein 03] Grundstein, M., Rosenthal-Sabroux C., and Pachulski A. (2003). '*Reinforcing Decision Aid by Capitalizing on Company's Knowledge*', European Journal of Operational Research 145, 256-272, 2003.
- [Grundstein 94] Grundstein M., '*Développer un système à base de connaissances : un effort de coopération pour construire en commun un objet inconnu*'. Actes de la journée "Innovation pour le travail en groupe", Cercle pour les Projets Innovants en Informatique (CP2I), novembre 1994.
- [Grundstein 95] Grundstein M., '*La capitalisation des connaissances de l'entreprise, système de production de connaissances*', L'entreprise apprenant et les sciences de

- la complexité, Aix en Provence les 22, 23 et 24 mai 1995
- [Gruninger 94] Gruninger, M., and Fox, M.S. , (1994), "*An Activity Ontology for Enterprise Modelling*", Submitted to: Workshop on Enabling Technologies - Infrastructures for Collaborative Enterprises , West Virginia University.
- [Gruninger 95] Gruninger M., Fox M.S., "*Methodology for the Design and Evaluation of Ontologies*". Ontological Issues in Knowledge Sharing, IJCAI-95 Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing, Montreal 1995.
- [Guelfi 06] Guelfi N., Pruski C, *On the use of ontologies for an optimal representation and exploration of the web*. Journal of Digital Information Management (JDIM), 4(3), 2006
- [Guizzardi 04] Guizzardi, R., Aroyo, L, Wagner G. "*Agent-oriented Knowledge Management in Learning Environments: A Peer-to-Peer Helpdesk Case Study*". In (eds) van Elst, L., Dignum, V., Abecker, A. "Agent-Mediated Knowledge Management" Heidelberg: Springer-Verlag. 2004
- [Guizzardi 05] Guizzardi, Renata, Perini A. *Analyzing Requirements of Knowledge Management Systems with the Support of Agent Organizations*. In Journal of the Brazilian Computer Society (JCBS). Special Issue on Agents Organizations, vol. 11, n. 1, July 2005, page. 51-62.
- [Guizzardi 06] Guizzardi R., "*Agent-Oriented Constructivist Knowledge Management*", University of Twente, the Netherlands, phd thesis, February 2006
- [Gutknecht 01] Gutknecht O. '*Proposition d'un modèle organisationnel générique de système multi-agent et examen de ses conséquences formelles, implémentatoires et méthodologiques*', Thèse de doctorat, Université Montpellier II, 2001
- [Hannoun 02] Mahdi Hannoun. *MOISE : un modèle organisationnel pour les systèmes multi-agents*. Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure Mines de Saint-Etienne & Université Jean Monnet Saint-Etienne, 2002.
- [Hatchuel 02] Hatchuel Armand, Wail Benoit, '*La théorie C-K : Fondements et usages d'une théorie unifiée de la conception*' Colloque - sciences de la conception - Lyon 15-16 mars 2002 24 Pages.
- [Helmy 02] Helmy T., Amamiya S., Mine T., and Amamiya M., '*An Agent-Oriented Personalized Web Searching System*, AOIS '02 International Bi-Conference Workshop on Agent-Oriented Information System (AOIS-2002 at AAMAS*02), Italy, 2002
- [Hilaire 00] 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.
- [Horling 05] Horling B. and Lesser V., "*A Survey of Multi-Agent Organizational Paradigms*". Knowledge Engineering Review, 2005.
- [Hubner 02] J. Hubner, J.S. Sichman, and O. Boissier. *Moise + : Towards a structural, functional, and deontic model for the mas organization*. In C. Castelfranchi and W.L. Johnson, editors, 1st International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (AAMAS 02), pages 501–502. ACM Press, 2002.

- [Iglesias 99] Iglesias, C. A., Garijo, M., and Gonzalez, J. C. (1999). *A Survey of Agent-Oriented Methodologies*. In Muller, J., Singh, M., and Rao, A., editors, *Intelligent Agents V: Agents Theories, Architectures and Languages*, volume 1555 of LNCS, pages 317–330. Springer-Verlag, London, UK.
- [Jamison 99] Jamison W., Lea D., “*TRUCE: Agent coordination through concurrent interpretation of role-based protocols*”, *Coordination 99*, Amsterdam, The Netherlands, April 1999.
- [Jasper 99] Jaspers R., Uschold M., Kitzmiller T. - *Integrated Framework for Knowledge Management*. In Debenham, Decker, Dieng, Macintosh, Matta, Reimer eds, *Electronic Proceedings of IJCAI'99 Workshop on Knowledge Management and Organizational Memories*, Stockholm, Sweden, 31 juillet 1999,
- [Jennings 98] Jennings, N. R.; Wooldridge, M. J.: “*Agent Technology: Foundation, Applications, and Markets*”. Springer, New York, 1998.
- [Karvounarakis 02] G. Karvounarakis, S. Alexaki, V. Christophides, D. Plexousakis, and M. Schol. *RQL: A Declarative Query Language for RDF*. In *Proceedings of the Eleventh International World Wide Web Conference (WWW'02)*, Honolulu, Hawaii, USA, May7-11 2002.
- [Kassel 00a] The project is presented in “*Construction et exploitation d'une ontologie pour la gestion des connaissances d'une équipe de recherche*” Kassel G., Abel M.-H., Barry C., Boulitreau P., Irastorza C., Perpette S.; proceedings of IC'2000, Toulouse, 10-12 Mai 2000
- [Kassel 00b] Kassel G., Gréboval-Barry C., Abel M.-H., ‘*Programmer au niveau connaissances en DEF-**’, dans Charlet J., Zaclad M., Kassel G. & Bourrigault (éd), *ingénierie des connaissances. Evolutions récentes et nouveaux défis*, Eyrolles, Paris, p145-160
- [Kassel 02] Kassel G., “*Ontospec : une méthode de spécification semi-informelle d'ontologies*”, IC2002 proceedings, Rouen, 28 – 30 mai 2002
- [Kendall 99] E. Kendall, *Role modeling for Agent System Analysis, Design and Implementation*. In first International Symposium on Agent Systems and Applications ASA'99, Third international Symposium on Mobile Agents MA'99, Palm Spring, October 1999
- [Kirm 06] Kirm S., Herzog O., Lockmann P., Spaniol O., “*Multiagent engineering : theory and applications in enterprises*”, Berlin ; New York : Springer, ISBN: 3540314067, 2006
- [Klein 93] Klein M. - *Capturing Design Rationale in Concurrent Engineering Teams*, IEEE, Computer Support for Concurrent Engineering, January 1993.
- [Klein 97] Klein M. *Capturing Geometry Rationale for Collaborative Design*. In *Proceedings of the Sixth IEEE Workshop on Enabling Technologies : Infrastructure for Collaborative Enterprises (WET ICE'97)*, MIT, Juin 1997. IEEE Computer Press.
- [Klusck, 1999] Klusck, M. (Ed.): *Intelligent Information Agents: Agent-based Information Discovery and Management in the Internet*, Springer, 1999.
- [Le Bortef 02] Le Bortef G., *L'ingénierie des compétences*, éditions d'organisation, octobre 2002
- [Le Moine 95] Le Moine J.L., (1995). *Les épistémologies constructivistes*. PUF.
- [Lees 01] Lees, B., Branki, C. & Aird, I. (2001). *A framework for distributed agent-*

- based engineering design support*. Automation in Construction, 10(5), 631-637.
- [Lehner 98] Lehner, F., Maier, R., and Klosa, O. (1998). *Organisational Memory Systems: Application of Advanced Database & Network Technologies in Organisations*. In Proceedings of the 2nd International Conference on Practical Aspects of Knowledge Management (PAKM'98), pages 14/1–14/12, Basel, Switzerland. CEUR-Ws.org.
- [Lewkowicz 01] Lewkowicz M., Zaclad M., 'Une nouvelle forme de gestion des connaissances basée sur la structuration des interactions collectives', in M. Zacklad et M. Grundstein (eds), Ingénierie et capitalisation des connaissances, Hermes Science Publications, Paris, ISBN 2-7462-0234-4, chapitre 2, p. 49-64, 2001.
- [Lewkowicz 99] Lewkowicz, M., Zacklad, M., (1999). *MEMO-net, un collecticiel utilisant la méthode de résolution de problème DIPA pour la capitalisation et la gestion des connaissances dans les projets de conception*, in Actes de IC'99 : conférence Ingénierie des Connaissances, 14-16 juin 1999, Palaiseau, p. 119-128
- [Lieberman 99] Lieberman H., Van Dyke N., and Vivacqua A. *Let's browse: A collaborative web browsing agent*. In Mark Maybury, editor, Proceedings of the 1999 International Conference on Intelligent User Interfaces (IUI-99), pages 65–70, N.Y., January 5–8 1999. ACM Press. H. Lieberman, N. Van Dyke, and A. Vivacqua. *Let's browse: A collaborative web browsing agent*. In Mark Maybury, editor, Proceedings of the 1999 International Conference on Intelligent User Interfaces (IUI-99), pages 65–70, N.Y., January 5–8 1999. ACM Press.
- [Liebermann 95] H. Lieberman. *Letizia: An agent that assists web browsing*. In Chris S. Mellish, editor, Proceedings of the Fourteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI- 95), pages 924–929, Montreal, Quebec, Canada, August 1995. Morgan Kaufmann publishers Inc.: San Mateo, CA, USA.
- [Longueville 03] Longueville B., Stal Le Cardinal J., et Bocquet J.-C. *Meydiam, a project memory for innovative product design*. In IAMOT03, the 12th international conference on management of technology, Nancy France.
- [Matta 00] Matta N., Ribiere M., Corby O., Lewkowicz M., Zaclad M., "Project Memory in Design", Industrial Knowledge Management - A Micro Level Approach, Rajkumar Roy (Eds), Springer-Verlag, 2000
- [McAlinden 98] McAlinden LP, Florida-James BO, Chao K-M, Norman PW, Hills W., Smith P. *Information and knowledge sharing for distributed design agents*. In Gero JS, Sudweeks F. editors, Artificial intelligence in design 98 (AID98). Dordrecht:Kluwer Academic Publishers 1998. P537-56
- [McBride 01] McBride B. "Jena: Implementing the RDF Model and Syntax Specification" SemWeb, 2001
- [Monticolo 06] D. Monticolo, V. Hilaire, A. Koukam, S. Meunier, 'An approach for building Project Memories to facilitate design process in a concurrent engineering context', International Conference of Concurrent engineering (CE), Antibes-France, September 2006, p279-287
- [Monticolo 06] Monticolo D., Hilaire V., Koukam A., Meunier S., "An approach for

- building Project Memories to facilitate design process in a concurrent engineering context*", International Conference of Concurrent Engineering, Antibes 2006
- [Monticolo 06] D. Monticolo, V. Hilaire, A. Koukam, S. Meunier, 'An approach for building Project Memories to facilitate design process in a concurrent engineering context', International Conference of Concurrent engineering (CE), Antibes-France, September 2006, p279-287
- [Monticolo 07] D. Monticolo, S. Gomes, V. Hilaire, P. Serrafiero, 'Knowledge capitalization process linked to the design process', International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI). Workshop on Knowledge Management and Organisational Memories, Hyderabad-India, January 2007, p13
- [Monticolo 07a] D. Monticolo, V. Hilaire, S. Gomes and A. Koukam, "An ontological approach to manage project memories in organizations" chapter book in "Semantic Knowledge Management: An Ontology-Based Framework" edited by P. Ceravolo, E. Damiani, A. Corallo, G. Elia, A. Zilli, Dep. of Information Technology, University of Milan, Italy. Accepted to be published in October 2007
- [Monticolo 07b] D. Monticolo, V. Hilaire, S. Gomes and A. Koukam, "A Multi Agents Systems for Building Project Memories to Facilitate Design Process", International Journal in Integrated Computer Aided Engineering, accepted in July 2007.
- [Monticolo 07d] D. Monticolo, V. Hilaire, A. Koukam and S. Gomes "A Multi Agents model to support the Knowledge Management Process inside Professional Activities", First International Workshop on Agent supported Cooperative Work (ACW 2007) In the Second IEEE International Conference on Digital Information Management (ICDIM 2007), Lyon, France, October 2007
- [Monticolo 07e] D. Monticolo, V. Hilaire, A. Koukam, S. Gomes, "OntoDesign; A domain ontology for building and exploiting project memories in product design projects", International Conference in Knowledge Management in Organizations, Lecce Italia, September 2007, 6p.
- [Monticolo 07e] D. Monticolo, S. Gomes, V. Hilaire, P. Serrafiero, 'Knowledge capitalization process linked to the design process', International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI). Workshop on Knowledge Management and Organisational Memories, Hyderabad-India, January 2007, p13
- [Monticolo 07f] D. Monticolo, V. Hilaire, A. Koukam, S. Gomes, 'An e-Groupware based on Multi Agents Systems for Knowledge Management', IEEE International Conference on Digital Ecosystems and Technologies (DEST), Cairns-Australia, February 2007, 6p
- [Nejdl 02] W. Nejdl, B. Wolf, C. Qu, S. Decker, M. Sintek, A. Naeve, M. Nilsson, M. Palmer, and T. Risch. *Edutella: A P2P networking infrastructure based on RDF*. In Proceedings of WWW-2002. ACM Press, 2002.
- [Nonaka 95] Nonaka I. and Takeuchi, H. (1995): "The Knowledge-Creating Company", Oxford University Press, Oxford, 1995.
- [Noy 00] Noy N., Ferguson R., Musen M., "The Knowledge Model of Protege-2000: Combining Interoperability and Flexibility", 2nd International Conference

-
- on Knowledge Engineering and Knowledge Management (EKAW 2000), Juans les Pins, France, 2000
- [Noy 01] Noy N., McGuinness D., “*Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology*”, Stanford Knowledge System laboratory, Technical Report KSK-01-05, 2001
- [Odell 03] Odell, J. and Parunak, H.V.D., *The Role of Roles in Designing Effective Agent Organizations*. in Software Engineering for Large-Scale Multi-Agent Systems, (2003), Springer.
- [OMG 06] Object Management Group, Business Process Modeling Notation Specification 2006, <http://www.omg.org/issues/>
- [Osterweil 97] L. Osterweil, “*Software processes are software too*”, 9th International Conference on software Engineering, 1997, Boston
- [Pachulski 00] Pachulski, A., Grundstein, M., Rosenthal-Sabroux, C. (2000), “*GAMETH: a methodology aimed to locate the company's crucial knowledge*”, paper presented at ECKM 2000, Bled, 26-27 October, .
- [Pahl 99] Pahl G. and Beitz W., *Engineering Design: A Systematic Approach*, Springer Verlag, 1999 (2nde éd.).
- [Paraiso 06] Paraiso E.C. and Barthès J.P., ‘*An intelligent speech interface for personal assistants in R&D projects*’ Expert Systems with Applications, Volume 31, Issue 4, November 2006, Pages 673-683
- [Parsaei 93] Parsaei H.R. et Sullivan W.G., *Principles of concurrent engineering, Concurrent engineering contemporary issues and modern design tools*, Chapman & Hall, 1993.
- [Perrin 99] Perrin J., *Pilotage et évaluation des processus de conception*, Editions l'Harmattan, Paris, France, ISBN 2-7384-7579-5, 1999
- [Plaza 01] E. Plaza and J.-L. Arcos. *Context-aware personal information agents*. In M. Klusch and F. Zambonelli, editors, Cooperative Information Agents V, Proceedings of the 5th International Workshop CIA 2001, number 2182 in Lecture Notes in Artificial Intelligence, pages 44–55. Springer-Verlag: Heidelberg, Germany, September 2001.
- [Pomian 96] Pomian J., *Mémoire d'entreprise techniques et outils de la gestion du savoir*, Ed. Sapiaientia, 1996, ISBN 2911761006
- [Pouquet 03] Pouquet P., *C-owl: Contextualizing ontologies*. In Proceedings of the 2nd International Semantic Web Conference (ISWC2003), 20-23 October 2003, Sundial Resort, Sanibel Island, Florida, USA., Oct 2003
- [Prassad 96] Prassad 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.
- [Preece 00] Preece A. D., Hui K., Gray W. A., Marti P., Bench-Capon T. J. M., Jones D. M., and Cui Z.. *The KRAFT architecture for knowledge fusion and transformation*. Knowledge Based Systems, 13(2-3):113–120, 2000.
- [Prudhomme 99] Prudhomme G., *Le processus de conception de systèmes mécaniques et son enseignement – La transposition didactique comme outil d’une analyse épistémologique*, thèse de doctorat de l’Université Joseph Fourier, 1999.
- [Purcell 94] Purcell T., Gero J., Edwards H. and Matka E., *Design fixation and intelligent design aids*, Gero J.S. and Sudweeks F. (ed.), Artificial
-

-
- Intelligence in Design, Kluwer, 1994.
- [Quillian 68] Quillian M.R., *Semantic memory in semantic information processing*, M.I.T. Press, 1968.
- [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
- [Rao 95] Rao, A., Georgeff, M. (1995). *An abstract architecture for rational agents*. In Proceedings of the 3rd International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning, pages 439–449.
- [Renou 06] Renou Y., 'L'espace de coordination : une nouvelle modalité d'intégration des activités au sein de l'entreprise réseau. Semaine de la Connaissances, CITE 2006, Nantes
- [Reynaud 00] Chantal Reynaud and Françoise Tort, *Diriger la réutilisation de composants à l'aide d'ontologies* J. Charlet, M. Zacklad, D. Bourigault, Eds, Ingénierie des connaissances, évolutions récentes et nouveaux défis, Eyrolles. 2000.
- [Reynaud 02] Reynaud C, Safar B, *Representation of Ontologies for Information Integration*, EKAW'02 International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management, 1-4 October 2002, Siguenza, Spain.
- [Rhodes 00] B. J. Rhodes and P. Maes. *Just-in-time information retrieval agents*. IBM Systems Journal, 39(3/4):685–704, 2000.
- [Ribiere 01] Ribiere M., Charlton P., *Ontology overview*. Motorola labs, 2001
- [Rivière 98] Rivière M., Matta N., et Cointe C. *A proposition for managing project memory in concurrent engineering*. In proceedings International Conference on Computational Intelligence and Multimedia Applications (ICCIMA'98), Churchill, Australia, Février 1998.
- [Rodriguez 06] Rodriguez S., Gaud N., Hilaire V., Galland S., and Koukam A. "An analysis and design concept for self-organization in Holonic Multi-Agent Systems" In Lecture Notes in Artificial Intelligence, Engineering Self-Organizing Applications, number 4335, pp.15-27. Eds. Brueckner, Sven and Hassas, Salima and Jelasity, Mark and Yamins, Daniel.
- [Roozenburg 95] Roozenburg N.F., Eeckels J., *Product Design : Fundamentals and Methods*, John Wiley & Sons, 1995
- [Roschelle 95] Roschelle, J. & Teasley, S.D. (1995). *The Construction of Shared Knowledge in Collaborative Problem Solving*. In C. O'Malley (Ed.) Computer Supported Collaborative Learning, pp. 69-100. Berlin: Springer-Verlag.
- [Roseman 07] Rosenman M.A., Smith G., Maher M.L., Ding L., Marchant D., 'Multidisciplinary collaborative design in virtual environments', International Journal in Automation in Construction, vol. 16, p37-44, 2007
- [Russel 95] Russell S., Norvig P., "Artificial Intelligence: A Modern Approach" Published by Prentice Hall, ISBN 0-13-103805-2, 1995.
- [Saad 2003] Saad, I., Grundstein, M., Rosenthal-Sabroux, C. (2003), "Locating the company's crucial knowledge to specify corporate memory: a case study in an automotive company", paper presented at Workshop Knowledge
-

- Management and Organizational Memory, IJCAI'2003, International Joint Conference on Artificial Intelligence, Acapulco, 9-16 August, .
- [Seaborne 04] Andy Seaborne. *Rdql - a query language for rdf*, w3c member submission 9 january 2004, 2004. <http://www.w3.org/Submission/2004/SUBM-RDQL-20040109/>.
- [Seaborne 06] A. Seaborne and E. Prud'hommeaux. *SPARQL Query Language for RDF*. Technical Report <http://www.w3.org/TR/2006/CR-rdf-sparql-query-20060406/>, W3C, April 2006.
- [Serrafero 02a] P. Serrafero, "Cycle de vie, maturité et dynamique de la connaissance : des informations aux cognitions de l'Entreprise Apprenante", revue Ensam 2002
- [Serrafero 02b] Serrafero P., (2002) 'Vers la mesure de la quantité de connaissance et de compétence industrielle : le modèle Knova', conférence invitée, 1er Séminaire International en Gestion des Connaissances et Compétences, Nantes, www.iknova.com.
- [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.
- [Shumin 06] Shumin Wu, Hamada Ghenniwa, Yue Zhang and Weiming Shen, "Personal assistant agents for collaborative design environments", in Computers in Industry, Volume 57, Issues 8-9, December 2006, Pages 732-739
- [Sichman 05] Sichman, J. S., Dignum, V., and Castelfranchi, C. (2005). *Agents' Organizations: A Concise Overview*. Journal of the Brazilian Computer Society (JBCS) - Special Issue on Agents Organizations, 11(1):3-8.
- [Singh 92] Singh, B. (1992). Interconnected Roles (IR): A Coordination Model. Technical Report CT-084-92, MCC.
- [Sintek 01] M. Sintek and S. Decker. *TRIPLE - an RDF query, inference and transformation language*. In Deductive Databases and Knowledge Management (DDL), 2001.
- [Speel 99] Speel, P., Shadbolt, N., De Vries, W., Van Dam, P. (1999), "Knowledge map making for industrial purpose", paper presented at Conférence KAW99, Banff, October,
- [Staab 01] Staab S., Schnurr H.P., Studer R., Sure Y., "Knowledge Processes and Ontologies", IEEE Intelligent Systems, January 01, vol 16, n°1 Special Issue on Knowledge Management, pp 26-34
- [Steels 93] Steels L., *Corporate Knowledge Management*. In Barthès Proc. ISMICK'93
- [Suyeon 2003] Suyeon K. Euiho S. and Hyunseok H., "Building the knowledge map; an industrial case study", Journal of Knowledge Management, vol7 n°2, pp 34-45, 2003
- [Tacla 03] Tacla C., *De l'utilité des systèmes multi-agents pour l'acquisition des connaissances au fil de l'eau*, thèse soutenue en 2003.
- [Teulier 05] Teulier R., Charlet J., Tchounikine P., 'Ingénierie des connaissances', édition L'Harmattan, ISBN : 2-6475-8240-X, 2005
- [Ubayashi 00] Ubayashi N., Tamai T., "RoleEP: role based evolutionary programming for cooperative mobile agent applications", the International Symposium on Principles of Software Evolution, Kanazawa, Japan, November 2000
- [Uschold 96] Uschold M., "Building ontologies: towards an Unified Methodology. In

-
- proceedings of the 16th conference of the British Computer Society Specialist Group and Expert Systems, Cambridge UK, 1996
- [Uschold 98] Mike Uschold, Martin King, Stuart Moralee and Yannis Zorgios (1998) “*The Enterprise Ontology*”, The Knowledge Engineering Review, Vol. 13, Special Issue on Putting Ontologies to Use (eds. Mike Uschold and Austin Tate). Also available from AIAI as AIAI-TR-195 <http://www.aiai.ed.ac.uk/project/enterprise/>
- [Van Aken 05] Van Aken, J. E., 2005, “*Valid Knowledge for the Professional Design of Large and Complex Design Processes*,” Des. Stud., 26, pp. 379–404.
- [Van Elst 04] Van Elst L., Dignum V., Abecker A.: “*Towards Agent-Mediated Knowledge Management*” in L. Van Elst, V. Dignum, A. Abecker (Eds): *Agent-Mediated Knowledge Management: Selected Papers*, LNAI 2926, Springer 2004.
- [Van Heijst 96] Van Heijst G, Van der Spek R. et Kruizinga E. - *Organizing Corporate Memories*. In B. Gaines, M. Musen eds, *Proceedings of the 10th Banff Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems Workshop (KAW'96)*, Banff, Canada, novembre 1996, pp. 42-1 42-17
- [Vargas 96] Vargas C., “*Modélisation du Processus de Conception en Ingénierie des Systèmes Mécaniques*”, Thèse de Doctorat, ENS de Cachan, 1996, p. 38-39.
- [Veale 06] Veale T, Hao Y., ‘*Corpus-Driven Contextualized Categorization*’, *Proceedings of the 2nd International Workshop on Contexts and Ontologies: Theory, Practice and Applications (C&O-2006)* Collocated with the 17th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI-2006) Riva del Garda, Italy, August 28, 2006.
- [Von Krogh 95] Von Krogh G., Roos J., “*Conversation Management*”, *European Management Journal*, vol.13
- [Wang 05] Wang J. X., Tang M. X., “*Development of an agent-based collaborative product design environment*”, *Computer-aided Conceptual Design (CAID & CD 2005)*, Delft, The Netherlands, 2005
- [Weggeman 96] 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
- [Wenger 98] Wenger, E. (1998). *Communities of Practice: Learning, Meaning and Identity*. Cambridge University Press, New York, USA.
- [Wooldridge 00] Wooldridge, M., Jennings, N. R., and Kinny, D. (2000). *The Gaia Methodology for Agent-Oriented Analysis and Design*. *Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 3(3):285–312.
- [Wooldridge 02] Wooldridge, M. J.: *An Introduction to Multiagent Systems*. John Wiley & Sons, New York, 2002
- [Wooldridge 99] Wooldridge, M.: *Intelligent Agents*. In: Weiss, G. (Ed.): *Multiagent Systems – A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1999, pp. 27-78.
- [Yu 03] B. Yu, M. Venkatraman, and M.P. Singh. *An adaptive social network for information access: Theoretical and experimental results*. *Journal of the*
-

- Applied Artificial Intelligence, 17(1):21–38, 2003.
- [Yu 95] Yu, E., 1995. *Modelling Strategic Relationships for Process Reengineering*. PhD thesis, University of Toronto, Department of Computer Science
- [Yu 99] Yu L., Schmid B.F., “A conceptual framework for agent oriented and role-based workflow modeling”, the 1st International Workshop on Agent-Oriented Information Systems, Heidelberg, D, June 1999.
- [Zaclad 01] Zaclad M., Grundstein M., ‘*Ingénierie et capitalisation des connaissances*’ Hermes Science Publications, Paris, ISBN 2-7462-0234-4, chapitre 1, p. 15-22, 2001
- [Zambonelli 01] Zambonelli, F., Jennings, N. R. and Wooldridge, M. “Organisational Rules as an Abstraction for the Analysis and Design of Multi-Agent Systems”. International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering 11(3) pp. 303-328, 2001.
- [Zambonelli 03] Zambonelli F., Jennings N., and Wooldridge M., “Developing multiagent systems: The Gaia methodology,” ACM Trans. Software Eng. Meth., vol. 12, no. 3, pp.417 -- 470, 2003.
- [Zhu 03] Zhu H., “A Role Agent Model for Collaborative Systems”, The 2003 International Conference on Information and Knowledge Engineering (IKE’03), Las Vegas, Nevada, USA, June 2003.

Annexe A : Tableaux de spécification de l'ontologie OntoDesign

Les tableaux de spécification de l'ontologie OntoDesign :

Terme	Concept ID	Parent ID	Définition au langage naturel
acteur métier	ActeurMetier		
action conduite difficulté	ActionConsuiteDifficulte	Difficulte	Action menée qui a conduit à la réalisation difficile d'une activité
action conduite echec	ActionConsuiteEchec	Echec	Action menée qui a conduit à un échec lors de la réalisation d'une activité
action conduite succès	ActionConsuiteSuccès	Succes	Action menée pour accomplir une activité qui s'est révélée être un succès
actiité	Activite	EvolutionProjet	Ensemble d'action à réaliser lors d'un projet
activité spécifique	ActiviteSpecifique	Organisation	Ensemble d'actions spécifiques à réaliser lors dun projet
analyse fonctionnelle	AnalyseFonctionnelle	MethodeMetier	Méthode de description et de spécification des fonctions du produit
analyse de la valeur	AnalyseValeur	MethodeMetier	Méthode de spécification et d'estimaton des coûts des fonctions du produit
brevet	Brevet	VeilleTechnologique	Document spécifiant l'exclusivité d'exploitation sur un méthode ou un produit industriel
causes difficulté	CauseDifficulté	Difficulte	Action conduisant à la réalisation difficile de l'activité
causes échec	CauseEchec	Echec	Action conduisant à la non-réalisation de l'activité
causes succès	CauseSucces	Succes	Action conduisant à la réalisation de l'activité avec des résultats remarquables
choix regle literale	ChoixRegleLitterale	RegleLitterale	Règle de conception sous forme littérale proposée
choix regle formule	ChoixRegleFormule	RegleFormule	Règle de conception sous forme d'une formule proposée
commentaire terme	CommentaireTerme	VocabulaireProjet	Précision apportée à un terme utilisé dans le projet
compétence métier	CompetenceMetier	NomProjet	Savoir-faire développé par un acteur métier lors du projet
compétence métier spécifique	CompetenceMetierSpecifique	Organissation	Nouveau savoir-faire à acquérir lors du projet
concept	Concept	EnvolutionProduit	Représentation d'une solution
congé	Conge	ContrainteOrganisationnelle	Vacances accordées aux acteurs métier
conseil regle littérale	ConseilRegleLitterale	RegleLitterale	Règle de conception sous forme littérale conseillée
conseil regle formule	ConseilRegleFormule	RegleFormule	Règle de conception sous forme d'une formule conseillée
conséquence difficulté	ConsequenceDifficulte	Difficulte	Résultante d'une activité réalisée avec difficulté
conséquence echec	ConsequenceEchec	Echec	Résultante d'une activité n'ayant pu être réalisée
conséquence succès	ConsequenceSucces	Succes	Résultante d'une activité réalisée avec succès
contexte du projet	ContexteProjet	HistoireProjet	Élément d'information présentant les ciconstances de réalition du projet
contrainte règle littérale	ContrainteRegleLitterale	RegleLitterale	Règle de conception sous forme littérale imposée
contrainte règle formule	ContrainteRegleFormule	RegleFormule	Règle de conception sous forme d'une formule imposée
contrainte organisationnelle	ContrainteOrganisationnelle	Organisation	Obligation à prendre en compte lors de la planification du projet
cotation fonctionnelle	Cotation Fonctionnelle	ElementProduit	Fixation des côtes des éléments du produit
coût commercial	CoutCommercial	PrixProduit	Prix de vente du produit
coût de revient	CoutRevient	PrixProduit	Prix de revient du produit après conception et développement
coût investissement	CoutInvestissement	PrixProduit	Prix globale des achats de matière et de machines pour développer un produit
date de début activité	DateDebutActivite	Activite	Date spécifiant le début de l'activité
dateFinActivite	DateFinActivite	Activite	Date spécifiant la fin de l'activité
définition du terme	DefinitionTerme	VocabulaireProjet	Explication qui donne la signification d'un terme utilisé dans le projet
description de la difficulté	DescriptionDifficulté	Difficulte	Explication présentant une activité réalisée avec difficulté

description de l'échec	DescriptionEchec	Echec	Explication présentant une activité n'ayant pu être réalisée
description du succès	DescriptionSucces	Succes	Explication présentant une activité réalisée avec succès
difficulté	Difficulte	ExperienceProjet	Action réalisée spécifiée comme difficile
document associé activité	DocumentAssocieActivite	Activite	Entité apportant des renseignements sur une action, méthode ou produit
domaine métier	DomaineMetier	VocabulaireMetier	Spécialité relative à un métier
echec	Echec	ExperienceProjet	Action qui a conduit à la non réalisation d'une activité
élément du produit	ElementProduit	Produit	Composant d'un produit
équipe projet	EquipeProjet	Organisation	Ensemble d'acteurs métier participants au projet
évaluation de la connaissance	EvaluationConnaissance	OntoDesign	Evaluation attribuée à une connaissance à partir de l'interprétation des acteurs métier
évolution du produit	EvolutionProduit	ContexteProjet	Etats du produit illustrant son cycle de vie
évolution projet	EvolutionProjet	HistoireProjet	Déroulement chronologique et organisationnel du projet
exemple pour le terme	ExempleTerme	VocabulaireProjet	Illustration textuelle d'un terme
expérience projet	ExperienceProjet	CompetenceProjet	Savoir et savoir-faire acquis lors des projets
expertise projet	ExpertiseProjet	CompetenceProjet	Résultat de l'utilisation des savoirs et savoir-faire
facteur technique	FacteurTechnique	Objectif	Élément technique orientant la conception d'un produit
fonction	Fonction	Concept	Expression fonctionnelle d'un produit
fonction contrainte	FonctionContrainte	Fonction	Expression fonctionnelle d'une contrainte posée sur la conception du produit
fonction principale	FonctionPrincipale	Fonction	Expression fonctionnelle imposée lors de la conception du produit
formation	Formation	ContrainteOrganisationnelle	Activité d'acquisition de savoir et savoir-faire par les acteurs métier
fourchette de prix souhaitée	FourchettePrixSouhaitee	PrixProduit	Intervalle de prix dans lequel le coût de vente du produit doit appartenir
histoire du projet	HistoireProjet	NomRprojet	Suite des événements du projet
Ingénierie de produit	IngenierieProduit	Objectifs	Méthodes, techniques et outils utilisés lors du projet
innovation client	InnovationClient	OrigineProjet	Développement d'un produit nouveau et original pour un client
innovation Interne	InnovationInterne	OrigineProjet	Développement d'un produit nouveau et original pour l'entreprise
label de l'actigramme	LabelActigramme	ProcessusProjet	Nom fonctionnel de l'actigramme
maladie	Maladie	ContrainteOrganisationnelle	Durée de repos dû à un problème de santé pour un acteur métier
maquette numérique	MaquetteNumerique	Prototype	Représentation du produit ou d'un de ses éléments à l'aide d'outil de CAO
méthode Métier	MethodeMetier	Ingenierie	Démarche utilisée pour réaliser une activité
nom de l'actigramme	NomActigramme	ProcessusProjet	Nom de l'actigramme représentant un processus
nom du terme	NomTerme	VocabulaireProjet	Nom d'un terme utilisé lors du projet.
nom du projet	NomProjet	OntoDesign	Nom du projet
nombre d'évaluation	NbEvaConnaissance	EvaluationConnaissance	Nombre d'évaluations reçues pour une connaissance
nombre d'évaluations positives	NbEvaPositives	NbEvaConnaissance	Nombre d'évaluations positives reçu pour une connaissance
nombre d'étoiles d'évaluation	NbEtoilesEva	EvaluationConnaissance	Nombre d'étoile (de 1 à 5) présentant la maturité d'une connaissance
nomenclature	Nomenclature	Produit	Référence du produit ou d'un de ses éléments
norme	Norme	VeilleTechnologique	Règle fonctionnelle relative au produit définie par le CSTB
objectifs	Objectifs	ContexteProjet	Buts à atteindre lors du projet
ontologie ontoDesign	OntoDesign		Ontologie du domaine
organisation	Organisation	ContexteProjet	Institution relative au projet
origine du projet	OrigineProjet	Objectifs	Fondements du projet
outil Spécifique	OutilSpecifique	Ingenierie	Moyens de production spécial à acheter et mettre en place
paramètre de contrôle	ParametreControle	ProcessusProjet	Élément invariant de l'actigramme
paramètre de sortie	ParametreSortie	ProcessusProjet	Élément résultat de l'actigramme
paramètre d'entrée	ParametreEntree	ProcessusProjet	Élément utilisé et transformé dans l'actigramme
phase	Phase	EvolutionProjet	Ensemble d'activités lors d'un projet
plan de l'élément	PlanElement	Element	Document numérique présentant le produit
pourcentage évaluation positive	PourcentageEvaPositives	EvaluationConnaissance	Pourcentage d'évaluations positives pour une connaissance

prix du produit	PrixProduit	Objectifs	Valeur du produit
processus Projet	ProcessusProjet	CompetenceProjet	Suite d'actions réalisées lors du projet et relatives à un métier
produit	Produit	EvolutionProduit	Etat final du résultat du projet
prototype	Prototype	EvolutionProduit	Etat intermédiaire du produit
recommandation pour une difficulté	RecommandationDifficulte	Difficulte	Présentation des actions à mener pour éviter une difficulté
recherche de solutions	RechercheSolution	MethodeMetier	Méthode permettant à partir des spécifications des fonctions du produit de créer des concepts solutions
recommandation pour un échec	RecommandationEchec	Echec	Présentation des actions à mener pour éviter une échec
recommandation pour un succès	RecommandationSucces	Succes	Présentation des actions à mener pour aboutir à un succès
reconception	Reconception	OrigineProjet	Réalisation de certaines activités du projet pour l'amélioration du produit
règle de conception	RegleConception	Prototype	Direction ou principe pour concevoir le produit
règle littérale	RegleLitterale	ExpertiseProjet	Principe énoncé sous la forme d'un texte
règle formule	RegleFormule	ExpertiseProjet	Principe énoncé sous la forme d'une formule mathématique
représentation graphique Terme	RepresentationGraphiqueTerme	VocabulaireProjet	Illustration du terme
représentation numérique	RepresentationNumerique	Concept	Illustration du concept issues de la XAO
ressource humaine	RessourceHumaine	ProcessusProjet	Acteur métier actif lors des activités du projet
sous-actigramme	SousActigramme	ProcessusProjet	Actigramme issu de la décomposition d'un autre actigramme
succès	Succes	ExperienceProjet	Réussite lors de l'accomplissement d'une activité métier
synonyme	Synonyme	VocabulaireProjet	Terme ayant la même signification qu'un autre
technologie spécifique	TechnologieSpecifique	IngenierieProduit	Technique industrielle spéciale appliquée lors du projet
Tests du prototype	TestsPrototype	Prototype	Tests laboratoire réalisés sur le prototype
Tests du produit	TestsProduit	Produit	Tests laboratoire réalisés sur le produit
veille technologique	VeilleTechnologique	Objectifs	Surveillance de l'évolution des connaissances, du savoir-faire, de la faisabilité et des inventions dans un domaine et ses environnements de développement
vocabulaire Projet	VocabulaireProjet	CompetenceProjet	Ensemble de terme métier accompagnés de leurs explications

Table. A1 : Table de spécification des concepts de l'ontologie 'OntoDesign'

Relation	RelationID	ConceptOrigine	ConceptCible	Définition au langage naturel
a pour représentation	APourRepresentation	Element	MaquetteNumerique	L'élément est représenté par une maquette numérique
a pour nombre d'évaluations positives	APourEvaPositives	NbEvaConnaissance	NbEvaPositives	Nombre d'évaluations positives contenues dans le nombre d'évaluation total
a pour maturité	APourMaturité	EvaConnaissance	PourcentageEvaPositives	Donne la maturité d'une évaluation en indiquant un nombre d'étoile
A pour pourcentage d'évaluations positives	APourPourcentage	EvaConnaissance	NbEtoilesEva	Donne le pourcentage d'évaluations positives
compose équipe projet	ComposeEquipeProjet	ActeurMetier	EquipeProjet	Composition de l'équipe projet
compose le produit	ComposeProduit	Element	Produit	Un élément est un composant du produit
détaille Fonction Contrainte	DetailleFonctionContrainte	AnalyseFonctionnelle	FonctionContrainte	Spécification d'une fonction contrainte
détaille Fonction Principale	DetailleFonctionPrincipale	AnalyseFonctionnelle	FonctionPrincipale	Spécification d'une fonction principale
est conçu à partir de	EstConçuAPartir	Element	RegleConception	L'élément est conçu à partir d'une règle de conception
est une règle Littérale	EstUneRegleLitterale	RegleLitterale	RegleConception	Une règle littérale est une règle de conception
est une règle formule	EstUneRegleFormule	RegleFormule	RegleConception	Une règle formule est une règle de conception
estime coût fonction contrainte	EstimeCoutFonctionContrainte	AnalyseValeur	FonctionContrainte	Estimation du coût d'une fonction contrainte
estime coût fonction principale	EstimeCoutFonctionPrincipale	AnalyseValeur	FonctionPrincipale	Estimation du coût d'une fonction principale
porte le nom de l'actigramme	NomActigramme	Activite	NomActigramme	Le nom de l'activité est le nom de l'actigramme

prise en compte des brevets	PriseCompteBrevets	Brevet	RechercheSolution	Prise en compte des brevets existants
prise en compte des normes sur le produit	PriseCompteNormesProduit	Norme	TestsLaboratoire	Prise en compte des normes lors des tests sur le produit
prise en compte des normes sur le prototype	PriseCompteNormesPrototype	Norme	TestsPrototype	Prise en compte des normes lors des tests sur le prototype
quantifier évaluation	QuantifierEvaluation	EvaluationConnaissance	NbEvaConnaissance	Quantification de l'évaluation par un nombre d'évaluations
règle formule associée	RegleFormuleAssociee	RegleFormule	RegleConception	Règle formule utilisée pour la conception du prototype
règle littérale associée	RegleLitteraleAssociee	RegleLitterale	RegleConception	Règle littérale utilisée pour la conception du prototype
spécifie Coût de revient	SpecifieCoutRevient	AnalyseValeur	CoutRevient	Spécification du coût de revient du produit
spécifie Coût Investissement	SpecifieCoutInvestissement	AnalyseValeur	CoutInvestissement	Spécification du coût d'investissement globale

Table.A2 : Table de spécifications des relations de l'ontologie 'OntoDesign'

Annexe B : La plate-forme de travail collaborative ACSP

1. Présentation du collecticiel ACSP

L'ACSP (Atelier Collaboratif de Suivi de Projet) a été développé en 1998 par le laboratoire Système et Transport de l'Université de Belfort-Montbéliard. Ce collecticiel offre un environnement de conception partagé. L'ACSP a été défini en vue de supporter un processus de conception. Cette démarche cherche à intégrer tous les métiers de la conception dans une dynamique de coopération. Afin de supporter le processus de conception, l'outil est capable de structurer les aspects multi-métiers liés à la gestion de projet. Cet outil permet de supporter les échanges de données, en tant qu'objets intermédiaires de conception, entre les différents acteurs du processus de conception. Il intègre ainsi un système collaboratif reposant sur un Système de Gestion de Données Techniques (SGDT).

L'objectif de l'ACSP est double :

- Il doit permettre de « partager la vision commune des données traitées et de mieux faire communiquer les différents acteurs du projet » à travers des versions constamment mises à jour du futur produit par l'intermédiaire d'un *espace de travail partagé* ;
- Il doit gérer les apports des différents métiers participant au projet de conception (ingénierie, marketing, design, ergonomie, etc.) en structurant les données issues de l'application des différentes connaissances, méthodes et outils propres à chacun des métiers par l'intermédiaire d'un système de *workflow* et de GED.

L'ACSP constitue donc un défi dans la démarche de conception de produits, car il a pour ambition d'associer les outils souvent utilisés individuellement (outils de planning, outils de gestion des tâches, outils de communication, etc.), de mettre à la disposition de tous les acteurs les données d'un projet (données relatives à la gestion du projet, mais aussi documents, artefacts, etc.), de concilier la diversité des approches multi-métiers et de structurer le projet selon un modèle de coopération en conception de produits, à l'image du cycle de développement de produit proposé par Gomes [Gomes 99].

2. Capture des données résultat des activités collaboratives

- **Un collecticiel supportant du processus de conception**

L'ACSP se veut être un espace de travail partagé. Comme tout collecticiel, il possède des outils favorisant le travail coopératif et collaboratifs tel qu'un forum, un chat, la possibilité d'envoyer des messages électroniques... Même si cette plate-forme Web permet le travail à distance, l'outil chat n'est pas utilisé entre les concepteurs. En revanche, l'outil forum leur permet de poster des messages lorsqu'ils rencontrent des problèmes ou ont trouvé des solutions et qu'ils souhaitent les soumettre au groupe projet. La messagerie électronique permet ainsi d'informer le groupe que des messages ont été postés.

L'outil offre une gestion de projet qui permet à chaque chef de projet de planifier les tâches, de leur affecter des ressources et de réaliser l'étude financière du projet.

L'ACSP intègre des méthodes de conception reconnues en génie mécanique. Ces outils s'articulent autour des aspects fonctionnel, structurel et dynamique du produit. L'aspect fonctionnel du produit permet de gérer les données relatives aux « services rendus » par le produit, c'est-à-dire ce pour quoi il est destiné. Cet aspect regroupe les données sur :

- Les fonctions génériques du produit qui sont les fonctions de service et les contraintes ;
- Les fonctions techniques du produit définies selon la méthode FAST (cf. chapitre 1) ;
- Les liens avec les environnements et les utilisateurs-type du produit ;
- Les critères de valeur à respecter ;
- Les principes de solutions qui sont retenus au cours du processus de conception, etc ;

À travers l'aspect fonctionnel, il s'agit de traduire le besoin (identifié au début du processus de conception comme nous l'avons présenté dans le chapitre 5) en fonctions (ou comment le produit peut-il répondre concrètement à ce besoin).

L'aspect structurel du produit permet de gérer les données relatives aux éléments constitutifs du produit : composants (sous-ensembles, pièces, etc.), liaisons cinématiques entre les composants (pivots, glissières, etc.), documents du produit et de ses composants (modèles CAO, notes de calcul, etc.). Il s'agit ici de décomposer le produit en sous-ensembles et en pièces puis de spécifier les liaisons cinématiques qui les relient. Ensuite, il convient d'y associer les documents propres à chaque pièce et sous-ensembles (modèles CAO, images 2D, notes de calcul, etc.).

L'aspect dynamique du produit permet de gérer les données relatives à l'évolution du produit, dans le temps et dans son cycle de vie. Cet aspect prendra en compte :

- Le cycle de vie du produit à travers les produits existants, ses concurrents, le système, les préconcepts, les concepts, le prototype, la présérie et la série ;
- Les états du produit (en cours de définition, validé, etc.) ;
- Les situations de vie du produit comme celles qui touchent à son utilisation, sa fabrication, sa maintenance, etc.

La gestion des documents qu'elle soit associée à une tâche, un produit ou un process est assurée par un cycle de vie du document. Chaque acteur peut poster un document dans l'ACSP. Ce dernier peut-être emprunté, c'est-à-dire non utilisable par les autres acteurs durant la durée de l'emprunt. Par contre, un acteur peut rapatrier une copie du document sur son poste de travail. Seul le chef de projet a l'autorisation de valider un document.

- **Une architecture multi domaines et multi vues**

L'ACSP est architecturé selon plusieurs domaines (Fig. 8.1.1) qui assurent les différents niveaux transversaux aux métiers utilisés dans le processus de conception. Ces domaines permettent ainsi de sauvegarder les données issues du travail collaboratif des acteurs métier pour chaque activité.

Les différents domaines sont :

- **Le projet**: Il concerne l'organisation des différentes phases du projet, mais aussi selon les tâches liées à ces phases (durée d'une tâche, personnes impliquées, ressources mobilisées, coût, etc.) ;
- **Le produit**: On trouve ici les objectifs du projet en terme de produit (produit visé, produits concurrents, etc.), les aspects structurels, fonctionnels et dynamiques du produit, la possibilité d'y associer des plans, des maquettes virtuelles, etc. ;
- **Le process**: Ce domaine concerne l'agencement, la maintenance ou le recyclage des différents moyens de production qui interviendront au cours de la phase d'industrialisation du produit ;
- **L'usage** : La figure fait référence à la fonction d'usage où l'homme est considéré très tôt dans le processus de conception. La dimension de l'usage est notamment intégrée dans l'ACSP par des liens vers des outils tels qu'un mannequin numérique et une plate-forme de réalité virtuelle.

Chacun de ces quatre domaines est structuré selon une approche multi vues :

- **Une vue structurelle** qui définit les éléments et l'architecture du domaine de conception étudié. Par exemple, dans le domaine de conception du produit, on étudiera les différents composants (pièces, sous-ensembles, etc.) qui le constituent ;
- **Une vue fonctionnelle** qui décrit les buts et les objectifs principaux, en terme de besoins auxquels doit répondre le système ;
- **Une vue dynamique** qui correspond à l'évolution du comportement du système dans le temps.

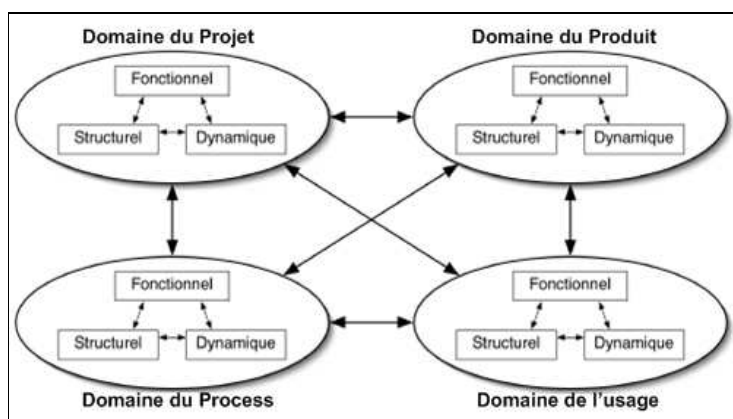


Fig. B.1 : Architecture multi-domaines et multi-vues de l'ACSP

L'ACSP est la plate-forme de travail collaboratif que nous avons déployée dans l'entreprise. Elle supporte le processus de conception à travers son architecture multi domaines, multi vues en intégrant des fonctions transversales aux métiers de la conception. Elle permet ainsi de capturer dans sa base de données les résultats (documents ou données) des activités collaboratives de la conception. Nous proposons donc d'ajouter à l'architecture de l'ACSP (figure 5) le domaine des connaissances, qui est un domaine au dessus des autres puisqu'il va gérer les connaissances des quatre autres domaines. Pour ce faire, nous présentons dans la suite de ce chapitre l'implémentation de notre système de gestion des connaissances, c'est-à-dire du système multi-agents KATRAS, de l'ontologie OntoDesign et des interfaces du module d'ingénierie des connaissances intégré au collecticiel.

Annexe C : Utilisation du Wiki pour créer, évaluer et consulter des connaissances : exemple de l'expérience projet

Le concept utilisé pour consulter, valider et évaluer les connaissances de type 'Expérience Projet' est le wiki. L'acteur métier recherche une connaissance à partir de l'interface wiki intégrée à la plate forme collaborative ACSP. La recherche de connaissances se fait par insertion de mots clés en spécifiant le type de connaissances, par exemple l' 'Expérience projet'. Les résultats sont affichés en reprenant les items de l'expérience de la mémoire de projet. Pour chaque fiche d'expérience, l'acteur peut approuver, modifier ou rejeter l'expérience, ce qui permet de définir le cycle de vie de la connaissance. Ainsi, chaque connaissance est annotée dans la mémoire de projet avec une évaluation, c'est-à-dire un pourcentage de points positifs ainsi qu'un indice de maturité en fonction du nombre d'évaluation qu'elle a reçue. Par conséquent, lors de la consultation, les acteurs peuvent juger la fiabilité et la pertinence de la connaissance en fonction de son évaluation.

La figure C.1 présente l'interface de recherche d'une connaissance. L'acteur métier recherche une expérience Projet ou Métier à partir d'un terme. Les agents KATRAS appliquent alors le protocole présenté dans le chapitre 8, section 3.1, pour la recherche d'informations. Ils affichent ensuite une liste d'expériences Projet (capitalisées dans le projet courant) et Métier (archivées dans le référentiel métier). Chaque expérience mentionnée est présentée avec son descriptif (libellé, type, auteur, activité pour laquelle elle a été formalisée, le projet dans lequel elle a été créée et son évaluation). Le libellé de l'expérience est un lien vers la fiche de l'expérience complète. Cette fiche est appelée 'article' afin de rappeler les concepts du wiki.

La figure C.2 présente une expérience Projet présentée sous la forme d'un article wiki. L'acteur a la possibilité d'approuver, modifier ou rejeter l'article. L'approbation apporte un point positif à l'article, la modification le fait évoluer et donne un point positif supplémentaire à la nouvelle version. Le rejet attribue un point négatif à l'article. L'évaluation est donc calculée en fonction des interprétations des acteurs métier. De plus, une connaissance se voit attribuer des étoiles de maturité à partir de l'instant où elle a été évaluée plus de cinq fois. D'autre part, les acteurs métier peuvent consulter l'ensemble des articles postés pour une expérience de son état original, lors de l'identification par les agents, à son évolution à travers les différents articles ajoutés par les communautés d'acteurs. Les expériences Projet sont consultables uniquement par la communauté Projet (acteurs participant au projet courant). Lorsque le projet est terminé, une expérience Projet (différents articles et leurs évaluations) devient une expérience Métier et continue à être évaluée par la communauté Métier (ensemble des acteurs de tous les projets).

Les interfaces du wiki sont gérées par les agents AMCP ou les AMCM. Si la recherche porte sur des connaissances archivées dans le projet, c'est les AMCP qui prennent en charge l'interface. Dans le cas des connaissances métier, se sont les AMCM qui interviennent. Bien entendu les acteurs peuvent consulter les connaissances à la fois dans la mémoire du projet en cours et à la fois dans le référentiel métier. Dans ce cas, les deux groupes d'agents sont sollicités.

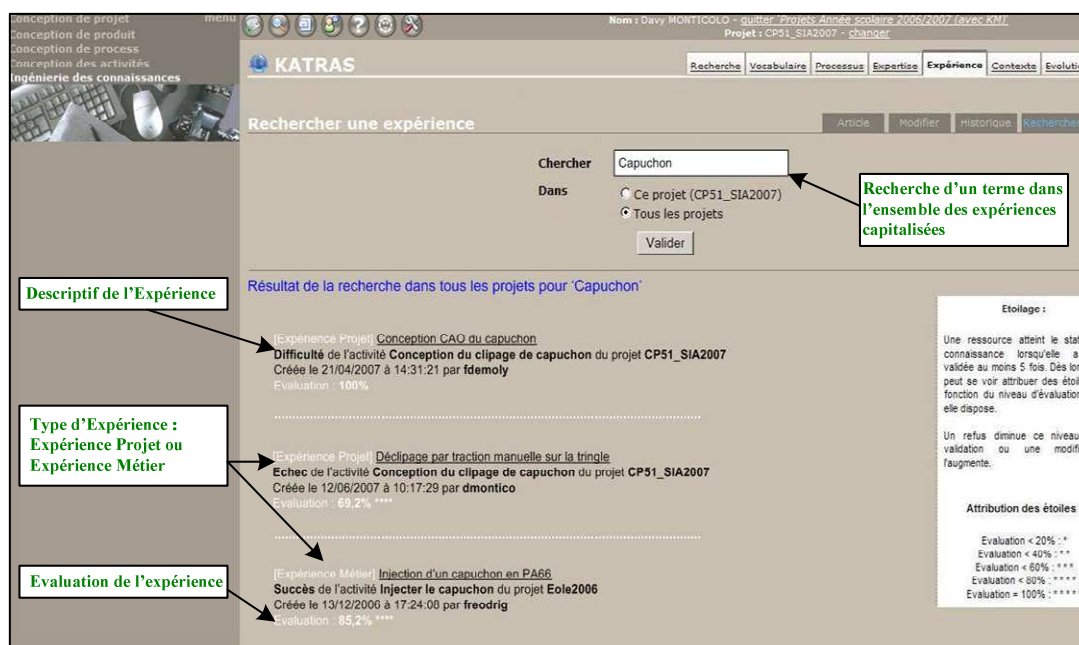


Fig. C.1: Recherche d'une expérience à partir d'un terme

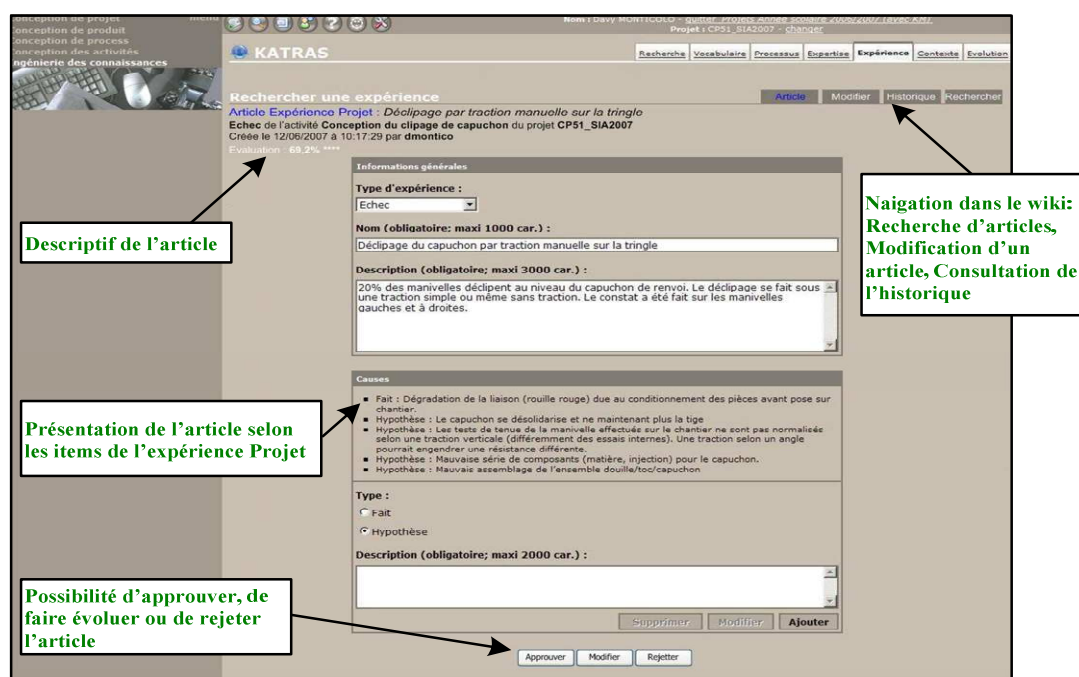


Fig. C.2: Consultation d'une Expérience sous la forme d'un article Wiki

Annexe D : Implémentation du système de gestion des connaissances

1. Développement du Système Multi-Agents KATRAS

1.1 Utilisation de la plate-forme Agents Madkit

Le système multi-agents KATRAS a été implémenté à l'aide de la plate-forme agent Madkit [Gutknecht 00]. Cette dernière est implémentée selon le modèle Aalaadin [Ferber 97] et reprend ainsi les trois concepts fondamentaux de ce modèle ; à savoir les concepts d'Agent, de Groupe et de Rôle. Un agent Madkit est un membre de plusieurs groupes. L'agent remplit des rôles, il peut appartenir à plusieurs groupes et peut remplir plusieurs rôles. Un Groupe est un ensemble d'agents qui parlent le même langage. Un agent ne peut ainsi communiquer qu'avec des agents appartenant au même groupe que lui (la plate-forme utilise le langage de communication agent de la FIPA). Enfin, le concept de Rôle de Madkit est la fonction que remplit un agent au sein d'un groupe. Un rôle réclame des compétences et fournit des capacités (dans le sens potentialité d'action).

L'environnement Madkit est adapté à l'implémentation du modèle KATRAS et à son approche organisationnelle. Les deux communautés d'agents Agents Métier et Agents Manageurs de Connaissances Projet existent pour un projet, ils appartiennent au groupe ayant le nom du projet pour lequel ils évoluent.

La communauté des Agents Manageurs de Connaissances Métier appartient au groupe « multi-projets », leur durée de vie est illimitée puisqu'ils doivent répondre aux requêtes utilisateurs même lorsque l'ensemble des projets est terminé.

Un agent KATRAS est implémenté selon son groupe (projet ou multi-projets), selon son rôle et selon le type d'agents. Nous avons vu dans la présentation du modèle KATRAS (cf. chapitre 7) que les AM sont tous identiques et qu'ils possèdent trois rôles, il y a un agent par acteur métier dans le projet. Par ailleurs, il existe six agents AMCP par projet, un par type de connaissances. De même, il existe six agents AMCM pour l'ensemble des projets. Les communautés AM et AMCP sont donc dupliquées par le nombre de projets gérés par le système de gestion des connaissances. Le tableau D.1 présente la distribution des rôles des agents KATRAS selon la disposition Agents-Groupes-Rôles pour leur implémentation dans Madkit.

Les agents ont la possibilité d'envoyer des messages à partir des classes Madkit en les adressant à une communauté, un groupe et à un rôle. Les agents KATRAS peuvent ainsi communiquer entre eux en fonction de leur communauté, groupes et rôles.

	<i>Agents</i>	<i>Groupes</i>	<i>Rôles</i>
Agents Métier	AM	Nom du projet pour lequel il est créé	- Détecteur de connaissances - Assistant cognitif
Agents Manageurs de Connaissances Projet	AMCP-EvolutionProjet	Nom du projet pour lequel il est créé	- Créateur de la mémoire de projet - Médiateur - Chargé de raisonnement Projet
	AMCP-ContexteProjet	Nom du projet pour lequel il est créé	- Créateur de la mémoire de projet - Médiateur - Chargé de raisonnement Projet
	AMCP-ProcessusProjet	Nom du projet pour lequel il est créé	- Créateur de la mémoire de projet - Médiateur - Chargé de raisonnement Projet
	AMCP-ExpertiseProjet	Nom du projet pour lequel il est créé	- Créateur de la mémoire de projet - Médiateur - Chargé de raisonnement Projet
	AMCP-VocabulaireProjet	Nom du projet pour lequel il est créé	- Créateur de la mémoire de projet - Médiateur - Chargé de raisonnement Projet
	AMCP-ExperienceProjet	Nom du projet pour lequel il est créé	- Créateur de la mémoire de projet - Médiateur - Chargé de raisonnement Projet
Agents Manageurs de Connaissances Métier	AMCM-EvolutionMetier	Multi-Projets	- Créateur du référentiel Métier - Médiateur - Chargé de raisonnement Métier
	AMCM-ContexteMetier	Multi-Projets	- Créateur du référentiel Métier - Médiateur - Chargé de raisonnement Métier
	AMCM-ExpertiseMetier	Multi-Projets	- Créateur du référentiel Métier - Médiateur - Chargé de raisonnement Métier
	AMCM-ExperienceMetier	Multi-Projets	- Créateur du référentiel Métier - Médiateur - Chargé de raisonnement Métier
	AMCM-VocabulaireMetier	Multi-Projets	- Créateur du référentiel Métier - Médiateur - Chargé de raisonnement Métier
	AMCM-ProcessusMetier	Multi-Projets	- Créateur du référentiel Métier - Médiateur - Chargé de raisonnement Métier

Tableau. D.1 : Distribution des rôles des agents pour leurs implémentations dans Madkit

2. Architecture logicielle du système de gestion des connaissances

Le système de gestion des connaissances est composé de trois entités, la communication avec le collecticiel ACSF, le système multi-agents KATRAS et l'ontologie OntoDesign. La figure D.1 présente l'architecture du système globale avec les entités citées. Une entité représente un package du système. Elle peut être décomposée en sous-entités ce qui correspond à une classe ou à une méthode du programme.

Le suivi des rôles des acteurs métier par les agents est réalisé par consultation de la base de données. Les agents suivent les activités de leurs acteurs métier. La recherche des six types de connaissances par les agents (chapitre 8, section 1.1.3) se fait par appel de procédures stockées sur la base de données ACSP. La communication avec le collecticiel (entité environnement ACSP) est réalisée par les Agents Métier ayant le rôle « détecteur de connaissances ». L'environnement ACSP contient également les interfaces du module d'ingénierie des connaissances. Ces dernières sont pilotées par les Agents Métier ayant le rôle d'« assistant cognitif ».

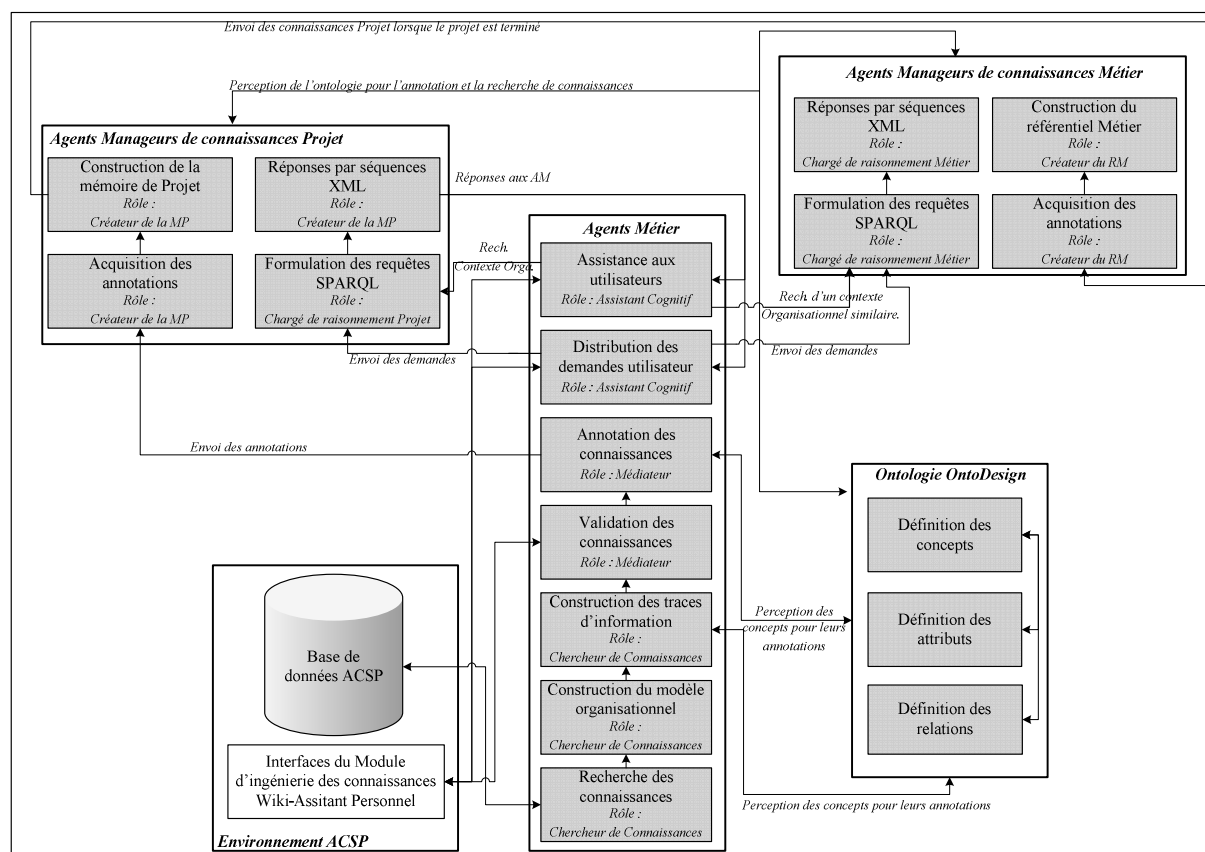


Fig. D.1 : Architecture logicielle du système de gestion des connaissances

Le système multi-agents est composé de trois entités, une par type d'agents. L'entité Agents Métier est centrale au système, elle communique avec toutes les autres entités. Elle est composée de sept sous-entités, 'Recherche des connaissances', 'Construction du modèle organisationnel', 'Construction des traces d'information', 'Validation des connaissances', 'Annotation des connaissances', 'Distribution des demandes utilisateurs' et 'Assistance aux utilisateurs'.

Les AM communiquent avec l'ontologie OntoDesign pour annoter les informations trouvées et ensuite les connaissances lorsque ces dernières sont validées dans les interfaces du module d'ingénierie des connaissances.

L'entité AM communique avec l'entité « Agents Manageurs de Connaissances Projet » pour envoyer les annotations des connaissances pour la construction de la mémoire de projet. Elle permet également l'envoi des demandes utilisateurs formulées dans le module d'ingénierie des connaissances afin d'obtenir des propositions à partir des connaissances capitalisées dans la mémoire du projet. Sa sous-entité 'Assistance aux utilisateurs' envoie également des messages pour rechercher l'existence d'un contexte organisationnel similaire aux AMCP (chapitre 9, section 3.2).

De même, l'entité AM communique avec l'entité « Agents Manageurs de Connaissances Métier » pour envoyer les demandes faites par les utilisateurs et pour rechercher des contextes organisationnels similaires et obtenir des propositions à partir des connaissances du référentiel Métier.

L'entité « Agents Manageurs de Connaissances Projet » communique avec l'entité « Ontologie OntoDesign » pour annoter les connaissances selon le modèle de mémoire de projet décrit dans l'ontologie du domaine. Elle communique également avec l'entité « Agents Manageurs de Connaissances Métier » pour envoyer les annotations de la mémoire de projet lorsque le projet est terminé. C'est à cet instant que les connaissances Projet deviennent des connaissances Métier. La mémoire du projet est alors fusionnée avec l'ensemble des mémoires des projets terminés pour former le référentiel métier.

2.1 Communication avec l'ontologie OntoDesign

L'ontologie OntoDesign est implémentée au format OWL (chapitre 6, section 4.1), langage du Web Sémantique. Nous utilisons l'API Java 'Jena' [Wilkinson 03], [Caroll 04] fournissant un ensemble de bibliothèques pour construire des applications utilisant les langages du Web Sémantique (RDF, RDFS, OWL). Cette API offre la possibilité de manipuler facilement des graphes RDF. Les graphes RDF peuvent être chargés en mémoire ou dans une base de données. La dernière version de Jena fournit des fonctionnalités supplémentaires pour gérer les syntaxes RDFS et OWL.

Les deux principaux atouts de l'API sont :

- Fournir plusieurs représentations des graphes RDF dans les applications. Ceci facilite les accès et les manipulations de données ainsi que la navigation dans les graphes ;
- Fournir une API pour gérer les ontologies, c'est-à-dire pouvoir créer des modèles d'ontologie, de les importer, de manipuler les concepts, attributs et relations. Jena intègre également un moteur d'inférence pour raisonner sur l'ontologie et ses instances ;
- Intégrer le langage SPARQL créé par le W3C (RDF Data Access Working Group). Ce langage présenté au chapitre 9, permet de formuler des requêtes et de procurer un protocole d'accès aux graphes RDF, c'est-à-dire aux instances de l'ontologie.

L'utilisation de Jena nous permet ainsi d'importer directement le modèle ontologique OntoDesign grâce à l'API dédiée. Comme nous l'avons vu dans la section précédente, l'entité (ou

package) « Ontologie OntoDesign » charge l'ontologie avec ses concepts, attributs et relations. Les agents peuvent ainsi consulter ce modèle pour annoter les connaissances et formuler des requêtes SPARQL pour inférer sur le modèle et ses instances.

2.2 Interface pour la gestion des connaissances intégrées au collecticiel ACSP

L'intégration du système de gestion des connaissances dans le collecticiel ACSP se matérialise par l'ajout dans ce dernier d'un nouveau domaine. L'ACSP possède à présent quatre domaines : la gestion de projet, la gestion du produit, la gestion du process et la gestion des connaissances. Nous avons ainsi intégré un « module d'ingénierie des connaissances » dédié à la gestion des connaissances dans le collecticiel. Ce module permet aux utilisateurs de rechercher, consulter et se voir proposer des solutions à partir des connaissances capitalisées par le système de gestion des connaissances. Le module est ainsi composé d'interfaces dédiées à la consultation, validation et évaluation des connaissances et d'une interface de type assistant personnel par laquelle chaque acteur se voit proposer des solutions à base de connaissances capitalisées lors de ses activités.

Les interfaces du module d'ingénierie des connaissances permettent 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. Elles permettent aussi le passage de l'information à la connaissance avec l'apport des informations identifiées par les agents, suivi de la validation de ces informations et de leurs évaluations (chapitre 8, section 2). Elles proposent également un assistant pour l'aide à la conception par réutilisation des connaissances capitalisées. La suite de cette section présente ces interfaces.

2.2.1 Présentation globale des interfaces du module d'ingénierie des connaissances

À ce jour, est implémentée la gestion des connaissances de types 'Vocabulaire Projet', 'Expertise Projet', 'Expérience Projet', 'Processus Projet' et 'Évolution Projet', c'est-à-dire cinq types de connaissances sur les six que compte le modèle de mémoire de projet MemoDesign. Les interfaces du module d'ingénierie des connaissances basées sur le principe du Wiki sont dédiées aux connaissances de types 'Vocabulaire Projet' et 'Expérience Projet'. Les trois autres types ont des interfaces dédiées à leurs spécificités. Les interfaces qui permettent de consulter les connaissances de type 'processus Projet' utilisent le formalisme SADT qui donne une représentation graphique d'un processus sous forme d'actigrammes [Ang 97]. Les règles métier, connaissances relatives à l'Expertise Projet sont présentées à l'aide d'un éditeur de règles, ce qui permet de les évaluer et de les faire évoluer. Les connaissances capitalisées et typées 'Évolution Projet' sont consultables sous la forme d'un planning représenté à l'aide d'un diagramme de Gantt.

La figure D.2 illustre la structure du module d'ingénierie des connaissances avec les interfaces dédiées à chaque type de connaissances.

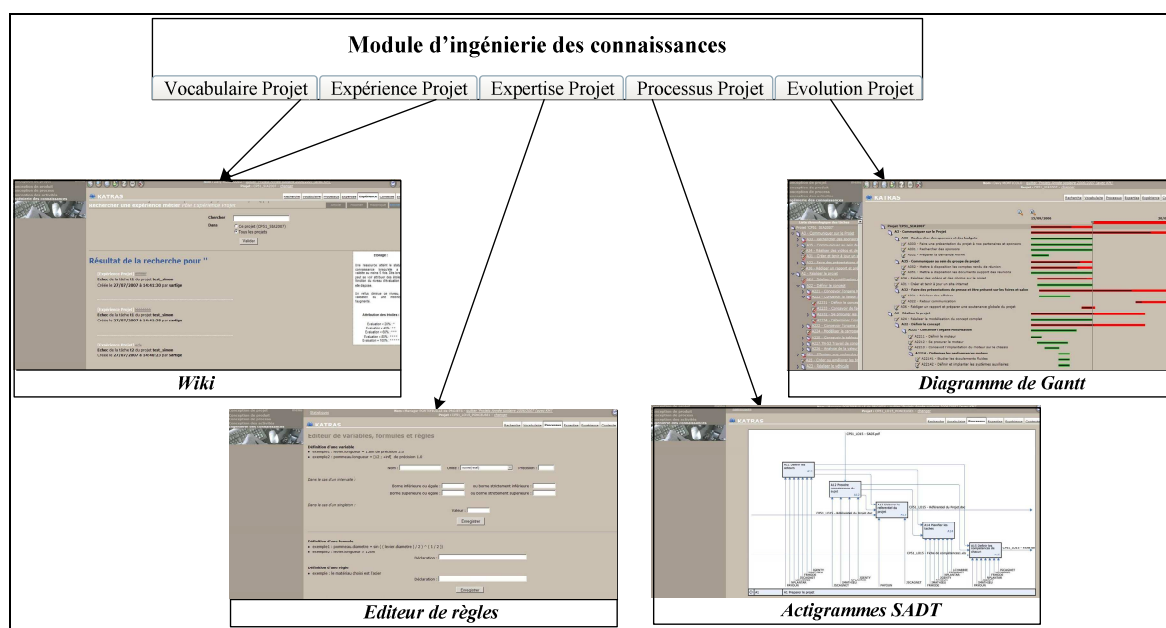


Fig. D.2 : Interfaces du module d'ingénierie des connaissances intégré à l'ACSP

2.2.2 Un assistant personnel pour la réutilisation interactive des connaissances

Le concept d'assistant personnel est une solution qui a déjà prouvé son efficacité pour l'interaction avec les utilisateurs et la réutilisation des connaissances. Nous utilisons cette approche pour fournir de manière interactive une assistance à la réutilisation des connaissances.

Comme nous l'avons présenté à la section suivante, le module d'ingénierie des connaissances est composé d'interfaces dédiées à la consultation et à la validation des connaissances, tel que le Wiki. Ce type d'interface suppose que l'acteur métier sait quel type de connaissances il recherche. Ces interfaces permettent de répondre aux questions posées. Elles doivent être complétées par un assistant personnel qui accompagne l'acteur métier et lui apporte des propositions, lorsque ce dernier participe à ces activités métier. Les agents KATRAS ont été conçus pour pouvoir proposer de manière proactive des connaissances à partir du contexte organisationnel dans lequel se trouve leur acteur métier (chapitre 9, section 3.2). Lorsque les agents identifient des connaissances capitalisées lors d'activités similaires où leur acteur métier a interprété le même rôle, ils envoient ces propositions sur l'interface de l'assistant personnel de l'acteur. Celui-ci peut activer ou refuser l'aide de son assistant personnel.

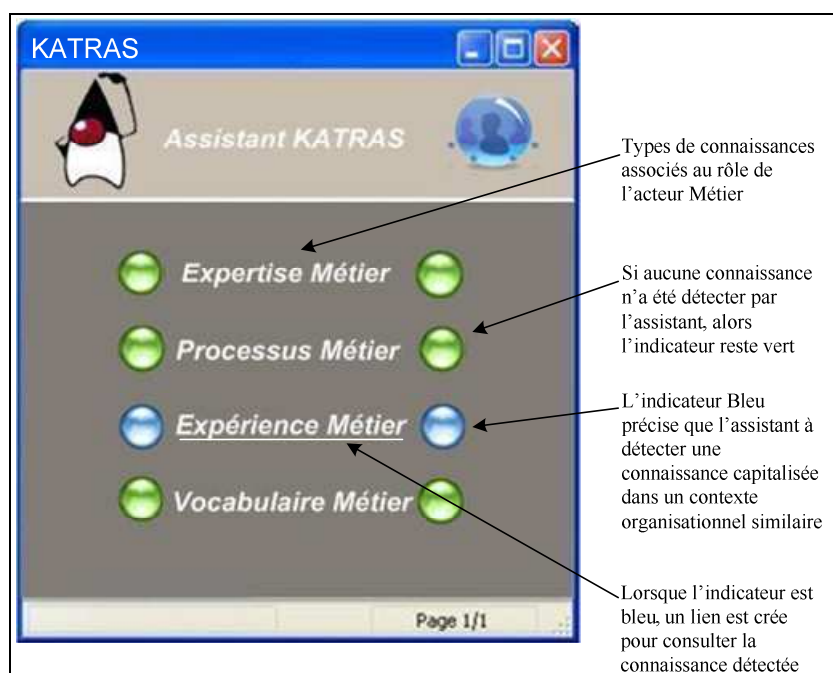


Fig. D.3 : Assistant KATRAS

La figure D.3 présente l'interface de l'assistant KATRAS. Cette interface est simple d'utilisation. Elle présente les quatre types de connaissances associés au rôle de l'acteur métier définis par le modèle de mémoire de projet MemoDesign. Ces connaissances sont capitalisées en fonction du rôle d'un acteur métier à la différence de l'«Évolution Métier» et du «Contexte Métier» qui sont capitalisées par rapport au déroulement du projet. Les agents métier suivent les activités de leurs acteurs métier et recherches, en collaboration avec les AMCM et les connaissances capitalisées pour des contextes organisationnels similaires (même activité, même rôle métier et mêmes interactions). Ces recherches s'effectuent au niveau de l'ensemble des projets, c'est-à-dire au niveau du référentiel métier. Lorsqu'une connaissance Métier a été identifiée par les agents KATRAS, l'indicateur du type correspondant dans l'interface passe à l'état bleu (il était à l'état vert à l'initial). Un lien s'affiche sur le type de connaissances. L'utilisateur peut ainsi cliquer sur le lien et être dirigé vers le module d'ingénierie des connaissances et consulter la connaissance proposée par l'agent.

L'interface de l'assistant est un applet JAVA. Il est géré par les agents métier qui envoient simplement les messages pour le changement d'état d'indicateur et créent le lien vers les connaissances détectées. Dans le cas où plusieurs connaissances ont été identifiées, c'est-à-dire plusieurs contextes organisationnels similaires dans différents projets, le nombre de liens s'affiche dans les cercles des indicateurs.

Nos publications

Chapitre de livre

D. Monticolo, V. Hilaire, S. Gomes and A. Koukam , "*An ontological approach to manage project memories in organizations*" chapter book in "Semantic Knowledge Management: An Ontology-Based Framework" edited by P. Ceravolo, E. Damiani, A. Corallo, G. Elia, A. Zilli, Dep. of Information Technology, University of Milan, Italy. Accepted to be published in October 2007

Journaux internationaux avec comité de lecture

D. Monticolo, V. Hilaire, S. Gomes and A. Koukam, "*A Multi Agents Systems for Building Project Memories to Facilitate Design Process*", International Journal in Integrated Computer Aided Engineering, accepted in july 2007.

S. Gomes, D. Monticolo, V. Hilaire, B. Eynard, '*Content Management based on Multi Agent Systems for Collaborative Design*', International Journal of Product Development, accepted in june 2007, 9p.

S. Gomes, D. Monticolo, V. Hilaire, M. Mahdjoub, "*A multi-agent System embedded to a PLM to synthesize and re-use industrial knowledge*", in International Journal of Product Lifecycle Management, accepted in September 2007

Revue nationale avec comité de lecture

P. Serrafero, S. Gomes et D. Monticolo, "*Ingénierie innovante, collaborative et apprenante en développement automobile : Vers une CAO en 5D au service de la mobilité congruente*", Revue Française de Gestion Industrielle, accepté en juillet 2007

Conférences internationales avec actes

D. Monticolo, V. Hilaire, A. Koukam and S. Gomes "*A Multi Agents model to support the Knowledge Management Process inside Professional Activities*", First International Workshop on Agent supported Cooperative Work (ACW 2007) In the Second IEEE International Conference on Digital Information Management (ICDIM 2007), Lyon, France, october 2007

D. Monticolo, V. Hilaire, A. Koukam, S. Gomes, "*OntoDesign; A domain ontology for building and exploiting project memories in product design projects*", International Conference in Knowledge Management in Organizations, Lecce Italia, september 2007, 6p.

D. Monticolo, V. Hilaire, S. Gomes, A. Koukam, '*An approach to manage Knowledge based on multi-agents System using a Ontology*', 19th International Conference on System Research, Informatics & Cybernetics (InterSymp 2007), Symposium on Representation of Context in Software, Baden-Baden, july 2007, 11p

D. Monticolo, V. Hilaire, A. Koukam, S. Gomes, '*An e-Groupware based on Multi Agents Systems for Knowledge Management*', IEEE International Conference on Digital Ecosystems and Technologies (DEST), Cairns-Australia, February 2007, 6p

D. Monticolo, S. Gomes, V. Hilaire, P. Serrafiero, '*Knowledge capitalization process linked to the design process*', International Join Conference on Artificial Intelligence (IJCAI). Workshop on Knowledge Management and Organisational Memories, Hyderabad-India, January 2007, p13

D. Monticolo, S. Gomes, V. Hilaire, P. Serrafiero, '*A multi-agent architecture to synthesize industrial knowledge from a PLM system*' International Conference of Product Life cycle and Engineering Design Management, (PLEDM) Cancun-Mexico November 2006, 10p

C. Djaiz, D. Monticolo, N. Matta, '*Capitalization of knowledge from projects*', International Conference of Concurrent engineering (CE), Antibes-France September 2006, p317-324

D. Monticolo, V. Hilaire, A. Koukam, S. Meunier, '*An approach for building Project Memories to facilitate design process in a concurrent engineering context*', International Conference of Concurrent engineering (CE), Antibes-France, September 2006, p279-287

C. Djaiz, D. Monticolo, N. Matta, '*Project memory decision making*', International Conference of Knowledge, Information and Creativity Support Systems (KICSS), Aeuthya-Thailand, august 2006, 8p

S. Gomes, P. Serrafiero, D. Monticolo, B. Eynard, '*Extracting engineering knowledge from PLM systems: an experimental approach*', International Conference on Product Lifecycle Management, Lyon-France, 10p