AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4
Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10
http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php
http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm

THESE DE DOCTORAT
Université de Lorraine
École Doctorale Ressources Procédés Produits Environnement (RP2E)

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR

DE

L'UNIVERSITE DE LORRAINE

Spécialité : GENIE DES SYSTEMES INDUSTRIELS

Proposition d'une approche d'amélioration des performances des organisations par le management opérationnel de leurs connaissances et compétences

par

Julien GIRODON

Equipe de Recherche sur les Processus Innovatifs (ERPI)
Ingénieur diplômé de l'Ecole Nationale Supérieure en Génie des Systèmes Industriels (ENSGSI)

Soutenue le 26 Août 2015, à NANCY

Président du Jury	Mr Patrick CHARPENTIER	Professeur des Universités, CRAN, Université de Lorraine
Rapporteurs	Mr Laurent GENESTE	Professeur des Universités, LGP, E.N.I. de Tarbes
	Mr Laurent VERCOUTER	Professeur des Universités, LITIS, INSA de Rouen
Examinateur	Mr François VERNADAT	HDR, Chef d'Unité IT à la Cour des Comptes Européenne, Luxembourg
Directeur de Thèse	Mr Eric BONJOUR	Professeur des Universités, ERPI, Université de Lorraine
Co-Directeur de Thèse	Mr Davy MONTICOLO	Maitre de Conférences, ERPI, Université de Lorraine
Examinateur Invité	Mme Maggy PERRIER	Responsable du Service Performance Interne et Innovation à l'Ingénierie Essilor

A ceux qui par leur amour, leurs valeurs, et leur exemple ont fait de moi l'homme que je suis aujourd'hui :

À mes Parents,
À Chelsea,
À ma famille

Remerciements

Je voudrais tout d'abord remercier l'entreprise Essilor de m'avoir accueilli pendant ces années et de m'avoir donné l'opportunité d'expérimenter et de mettre en œuvre les éléments proposés à travers ce travail de recherche. Je remercie tout particulièrement Maggy Perrier pour m'avoir guidé, encadré et pour m'avoir accordé son soutien et sa confiance durant toutes ces années. Je remercie également Patrick Poncin, sans qui, ce projet n'aurait pas vu le jour au sein d'Essilor.

Ces travaux ont été réalisés en collaboration avec le laboratoire ERPI de l'Université de Lorraine à Nancy. A ce titre, je remercie spécialement Eric Bonjour, mon directeur de thèse et Davy Monticolo, mon co-directeur de thèse, pour m'avoir fait découvrir le monde de la recherche, m'avoir encadré, soutenu et conseillé tout au long de ce travail, tâche qui ne fut pas de tout repos. Je remercie également tous mes collègues du laboratoire pour les moments passés, notamment les doctorants pour avoir partagés mes préoccupations et incertitudes propres à la réalisation d'une thèse.

Ces travaux de recherche ont été principalement effectués dans les locaux d'Essilor, et plus précisément au sein du département Ingénierie. Je profite de ces lignes pour remercier chaleureusement l'ensemble des équipes avec qui j'ai pu être amené à travailler, en France, comme à l'étranger. Je remercie notamment les équipes Rx Surfaçage et Finition, pour m'avoir fourni de nombreux cas d'expérimentation, m'avoir fait confiance et avoir toujours su voir les bénéfices des approches que j'ai proposées, même si elles étaient parfois conceptuelles. Je remercie de plus les membres de l'équipe CPI puis IPI pour m'avoir accueilli, encouragé et conseillé tout au long de ces travaux.

Je remercie également :

…..Laurent Geneste et Laurent Vercourter de m'avoir fait l'honneur d'être les rapporteurs de ce travail,

…..Patrick Charpentier et François Vernadat, qui ont accepté de faire également partie du jury et de porter un regard critique sur mon travail,

…..Corinne & Corinne, Stéphanie, Robert, Gerhard, Pierre, Pascale, Michel et David pour s'être régulièrement enquis de mes avancées, m'avoir conseillé et aidé, mais surtout pour avoir toujours su créer une ambiance de travail agréable, même dans mes heures de rédaction les plus intensives,

…..Edwige, pour son soutien et ses conseils avisés,

…..Marine, Benjamin, Séverin, Bertrand, Laetitia pour les expériences « de jeunes » partagées chez Essilor ainsi qu'en dehors,

…..Guillaume, Alexandre, Pierre, Paul, Manu, Clément, Antoine pour avoir toujours avoir été présent et m'avoir permis de me changer l'esprit, malgré mon indisponibilité grandissante,

…..Joëlle et Daniel pour leur écoute et leur soutien permanent,

et Chelsea, pour ta joie de vivre, ton soutien et ton regard sur le monde qui me rappelle chaque jour que je suis un homme chanceux.

Table des matières du mémoire

INTRODUCTION **13**

I. CONTEXTE **15**
I.1 CONTEXTE GENERAL ET POSITIONNEMENT RECHERCHE 15
I.2 CONTEXTE INDUSTRIEL 15
II. OBJECTIFS ET PREOCCUPATIONS DE CE TRAVAIL **16**
II.1 IDENTIFIER LES BESOINS OPERATIONNELS DE MOBILISATION ET D'EVOLUTION DES CONNAISSANCES ET DES COMPETENCES DANS UNE ORGANISATION 17
II.2 PROPOSER UN CADRE D'EVOLUTION D'UNE ORGANISATION SUR LA BASE DU MANAGEMENT DE SES CONNAISSANCES ET COMPETENCES 18
II.3 PROPOSER UNE APPROCHE ORGANISATIONNELLE DE CONCEPTION DE SMA ORIENTEE GESTION DES CONNAISSANCES 18
II.4 VERIFIER L'INTERET DU CADRE D'EVOLUTION D'UNE ORGANISATION PROPOSE PAR L'EVALUATION DE L'EVOLUTION DE SES COMPETENCES 19
III. PLAN DU DOCUMENT **20**

LA MODELISATION D'ENTREPRISE ET LA GESTION DES CONNAISSANCES ET COMPETENCES AU SERVICE DE L'EVOLUTION D'UNE ORGANISATION DE CONCEPTION **23**

I. PARTICULARITES DES ORGANISATIONS DE CONCEPTION ET LEVIERS D'AMELIORATION DES PERFORMANCES **25**
I.1 LES DIFFERENTS TYPES ET ORGANISATIONS DE CONCEPTION 25
I.2 LES LEVIERS D'AMELIORATION DES PERFORMANCES DES ORGANISATIONS DE CONCEPTION. 27
II. LA MODELISATION D'ENTREPRISE POUR GUIDER L'EVOLUTION ORGANISATIONNELLE **30**
II.1 OBJECTIFS ET CONCEPTS GENERAUX DE LA MODELISATION D'ENTREPRISE 30
II.2 LES METHODES DE MODELISATION D'ENTREPRISE 32
II.3 LES CADRES D'ARCHITECTURE D'ENTREPRISE 36
II.4 LA NECESSITE DE PRISE EN COMPTE DES CONNAISSANCES ET COMPETENCES 39
III. CONNAISSANCE ET COMPETENCE : CONCEPTS ET CARACTERISTIQUES **40**
III.1 CONNAISSANCE ET GESTION DES CONNAISSANCES : CARACTERISTIQUES 40
III.2 COMPETENCE ET GESTION DES COMPETENCES : CARACTERISTIQUES 41
III.3 SYNTHESE 43
IV. LES APPROCHES DE GESTION DES CONNAISSANCES ET DE GESTION DES COMPETENCES **43**
IV.1 LES APPROCHES DE GESTION DES CONNAISSANCES 44
IV.2 LES APPROCHES DE GESTION DES COMPETENCES 45
V. CONCLUSION **49**

APPORTS DES SYSTEMES MULTI-AGENTS POUR LA GESTION DES CONNAISSANCES **55**

I. CADRE THEORIQUE, APPORTS ET OBJECTIFS DES SYSTEMES A BASE DE CONNAISSANCES (SBC) **57**
II. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN SYSTEME MULTI-AGENTS (SMA) ET APPORTS POUR L'INGENIERIE DES CONNAISSANCES **58**
II.1 LE PARADIGME AGENT 58

II.2 INTERET DES SMA POUR LA GESTION DES CONNAISSANCES ET EXEMPLES 61
III. METHODOLOGIES DE CONCEPTION DE SYSTEMES MULTI-AGENTS 63
III.1 LES METHODOLOGIES ORIENTEES AGENTS 64
III.2 LES METHODOLOGIES ORGANISATIONNELLES 65
IV. CONCLUSION 67

MODELISATION D'ENTREPRISE ORIENTEE CONNAISSANCES ET COMPETENCES: LE MODELE KROM 71

I. APPROCHE D'EVOLUTION DES ORGANISATIONS ORIENTEE CONNAISSANCES ET COMPETENCES 73
II. PROPOSITION D'UN MODELE CONCEPTUEL: KROM 75
II.1 OBJECTIFS DE KROM 75
II.2 LES PRINCIPAUX ELEMENTS DE MODELISATION DE KROM 75
II.3 REPARTITION DES CONCEPTS PAR RAPPORT AUX TROIS DOMAINES DE GESTION 79
III. METHODE DE MODELISATION D'ENTREPRISE ORIENTEE CONNAISSANCES ET COMPETENCES. 80
III.1 OBJECTIFS 80
III.2 DESCRIPTION GENERALE DE LA METHODE DE MODELISATION 81
III.3 LE DOMAINE DE LA GESTION DE L'ORGANISATION 82
III.4 LE DOMAINE DE LA GESTION DES CONNAISSANCES 84
III.5 LE DOMAINE DE GESTION DES COMPETENCES 86
IV. APPORTS DE LA METHODE DE MODELISATION D'ENTREPRISE ISSUE DE KROM 88
V. CONCLUSION 92

PROPOSITION D'UN CADRE D'EVOLUTION D'UNE ORGANISATION SUR LA BASE DU MANAGEMENT DE SES CONNAISSANCES ET COMPETENCES. 97

I. GESTION DES CONNAISSANCES ET DES COMPETENCES, COMPETITIVITE ET MATURITE DES ORGANISATIONS 99
I.1 APPORTS ET ENJEUX POUR LES ORGANISATIONS 99
I.2 EVALUATION DE LA MATURITE DES ORGANISATIONS : L'AUDIT IMMCI 100
II. PROPOSITION DE SCENARIOS D'EVOLUTION D'UNE ORGANISATION : LA METHODE ACKME 106
II.1 PRESENTATION DE LA METHODE GLOBALE 106
II.2 CARACTERISATION DE LA COMPLEXITE DE MISE EN ŒUVRE ET CHOIX DE SCENARIOS EN FONCTION DE LA MATURITE DE L'ORGANISATION 112
II.3 SYNTHESE 119
III. ILLUSTRATION : UTILISATION DE LA METHODE POUR RENFORCER LA PRISE DE DECISION EN ENVIRONNEMENT PROJET 121
III.1 IDENTIFIER L'ETAT ACTUEL DE LA STRUCTURE ORGANISATIONNELLE, DES COMPETENCES ET DES CONNAISSANCES DE L'ORGANISATION ETUDIEE 122
III.2 CHALLENGES DE L'ORGANISATION AU REGARD DES ENJEUX D'AMELIORATION DES PERFORMANCES FIXES ET CARACTERISATION DE LA COMPLEXITE DE MISE EN ŒUVRE 124
III.3 DEFINIR L'ORGANISATION CIBLE PAR RAPPORT AUX ENJEUX D'AMELIORATION DES PERFORMANCES 126
IV. LIMITES ET ENJEUX FUTURS DE LA METHODE 136
IV.1 LIMITES HUMAINES ET ENJEUX ORGANISATIONNELS 137
IV.2 LIMITES ET ENJEUX TECHNOLOGIQUES 138
V. CONCLUSION 139

DOCK : UNE APPROCHE ORGANISATIONNELLE DE CONCEPTION DE SYSTEMES INTELLIGENTS A BASE DE CONNAISSANCES 143

I. ENJEUX DE L'INGENIERIE DES CONNAISSANCES ET APPORTS DES APPROCHES SMA 145
II. DOCK, UNE APPROCHE ORGANISATIONNELLE DE CONCEPTION DE SYSTEMES MULTI-AGENTS POUR L'INGENIERIE DES CONNAISSANCES 146
II.1 PRESENTATION GLOBALE DE L'APPROCHE 146
II.2 DETAIL DES DIFFERENTES ETAPES DE L'APPROCHE DOCK 147
II.3 SYNTHESE DE L'APPROCHE 151
III. CONCEPTION DU SYSTEME MULTI-AGENT SNOTRA A L'AIDE DE DOCK 152
III.1 OBJECTIFS ET ENJEUX DU SMA SNOTRA 152
III.2 APPLICATION DE L'APPROCHE DOCK A LA CONCEPTION DE SNOTRA 152
IV. ANALYSE DE L'APPROCHE DE CONCEPTION DOCK ET DISCUSSION 169
IV.1 ANALYSE DES PROPRIETES DES AGENTS DE SNOTRA 169
IV.2 ANALYSE COMPARATIVE DE DOCK AVEC D'AUTRES APPROCHES DE CONCEPTION DE SMA 171
V. CONCLUSION 174

EVALUATION DE L'EFFICACITE DU CADRE D'EVOLUTION PROPOSE 179

I. PROBLEMATIQUE DE L'EVALUATION DE L'EFFICACITE DES ACTIONS MISES EN ŒUVRE 181
II. PILOTAGE DE L'EVOLUTION D'UNE ORGANISATION A TRAVERS L'EVOLUTION DES COMPETENCES DE SES ACTEURS 182
II.1 DESCRIPTION GENERALE DE L'APPROCHE 182
II.2 DESCRIPTION DES DIFFERENTES ETAPES DE L'APPROCHE 184
II.3 COMMENT INTERFACER CETTE APPROCHE AVEC UN PROCESSUS DE GESTION DES RESSOURCES HUMAINES EXISTANT ? 187
III. MISE EN ŒUVRE : PREMIERS RETOURS CONSOLIDES DE LA MISE EN ŒUVRE POUR L'INGENIERIE ESSILOR 190
III.1 EVALUATION DE L'EFFICACITE D'UNE ACTION [SCENARIO 1 / PERIMETRE 1] SELON ACKME 190
III.2 EVALUATION DE L'EFFICACITE D'UNE ACTION [SCENARIO 2 / PERIMETRE 2] SELON ACKME 192
III.3 EVALUATION DE L'EFFICACITE D'UNE ACTION [SCENARIO 3 / PERIMETRE 3] SELON ACKME 193
III.4 SYNTHESE 195
IV. CONCLUSION 195

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES 199

I. CONCLUSION GENERALE 201
I.1 DETAILS DES DIFFERENTES CONTRIBUTIONS DE CES TRAVAUX DE RECHERCHE 201
I.2 SYNTHESE DES CONTRIBUTIONS 203
II. PERSPECTIVES DE RECHERCHE 204
II.1 MODELISATION D'ENTREPRISE ORIENTEE CONNAISSANCES ET COMPETENCES 204
II.2 INTEGRATION ET DEPLOIEMENT D'ACKME PAR SUPPORT INFORMATIQUE 205
II.3 VERS UNE INGENIERIE DES CONNAISSANCES A L'AIDE DU PARADIGME AGENT ET DU RECOURS AUX ONTOLOGIES 205
II.4 SMA ET MANAGEMENT OPERATIONNEL DES COMPETENCES INDIVIDUELLES 206

GLOSSAIRE 208

RÉFÉRENCES 213

ANNEXES 235

AUDIT IMMCI 236
PROCESSUS DE PRISE DE DECISION PROPOSE 243
PROCESSUS DE MANAGEMENT DES CONNAISSANCES DEFINI POUR LE SMA SNOTRA 245
PROCESSUS DE MANAGEMENT DES COMPETENCES 249

NOS PUBLICATIONS 251

Liste des figures et des tableaux

Figures

Introduction

Figure 1 : Plan du mémoire 21

Chapitre 1

Figure 2 : Les trois axes majeurs d'amélioration des performances d'une organisation 28
Figure 3 : Cadre de référence de Zachman (version simplifiée) 38

Chapitre 2

Figure 4 : Eléments et interactions au sein d'un Système Multi-agents [Wooldridge 2002] 61
Figure 5 : Classification des différentes méthodologies de conception de SMA [Cristina et al. 2007] 64

Chapitre 3

Figure 6: Approche d'évolution des organisations orientée connaissance et compétence de ce travail de thèse 74
Figure 7 : Le modèle Conceptuel KROM 77
Figure 8 : Méthodologie de modélisation d'organisation humaine sur la base de KROM 82
Figure 9: Le modèle de la structure organisationnelle 84
Figure 10 : Le modèle de Processus 84
Figure 11: Le modèle d'activité 86
Figure 12: Le modèle de rôle 87
Figure 13 : Modèle conceptuel UEML [Vernadat 2002b] 88
Figure 14 : Modèle conceptuel UECML [Pépiot et al. 2007] 89
Figure 15 : Modèle conceptuel CRAI [Harzallah and Vernadat 2002] 89

Chapitre 4

Figure 16: Echelles de maturité CMMI et TRL 101
Figure 17: Modèle de maturité de l'organisation vis-à-vis de la gestion des connaissances et des compétences 103
Figure 18: Exemple de profil d'une organisation et de son IMMCI 106
Figure 19: Vue globale de la méthode ACKME 107
Figure 20: Carte d'identité d'un enjeu prioritaire d'amélioration des performances d'une entité 109
Figure 21: Matrice de complexité de mise en œuvre des différents scénarios 113
Figure 22 : Mise en œuvre des scénarios en fonction de la maturité de l'organisation 115
Figure 23: Enchaînement des différents constituants et phases mis en œuvre avec la méthode ACKME 120
Figure 24 : Modèle de la structure organisationnelle du département des Projets Industriels 122
Figure 25: Modèle d'une activité du processus d'industrialisation des nouveaux produits 124
Figure 26: Carte d'identité d'un enjeu prioritaire relevé par le département des projets industriels .. 125
Figure 27: Les étapes de la prise de décision durant les projets de conception 127
Figure 28: Représentation du processus de prise de décision sur trois niveaux fonctionnels 129
Figure 29: Modèle de Rôle du Chef de Projet 133
Figure 30: Modèle de Rôle de L'ingénieur Architecture de Concepts 134
Figure 31 : Extraction du modèle d'activité du processus de prise de décision de l'organisation 135

Figure 32: Exemple de la fiche de synthèse de l'outil proposé pour supporter l'analyse de concepts 136

Chapitre 5

Figure 33: Présentation générale de l'approche DOCK 146
Figure 34: Architecture générale d'un SMA conçu avec DOCK 150
Figure 35: Modèle d'un diagramme de séquence dans DOCK 151
Figure 36: Modèle de la structure organisationnelle des agents cognitifs 153
Figure 37 : Modèle de processus de prise de décision de l'organisation humaine "agentisé" 154
Figure 38 : Modèle de la structure organisationnelle des agents réactifs 155
Figure 39 : Extraction du modèle de processus du processus de Management des connaissances 156
Figure 40 : Modèle d'activité de l'activité "Identifier les informations / Connaissances" 157
Figure 41 : Exemple du modèle de rôle pour le rôle "Assistant Chef de Projet " 159
Figure 42 : Exemple du modèle de rôle pour le rôle "détecteur de connaissances" 160
Figure 43 : Les différents types d'agents cognitifs et leurs rôles 162
Figure 44 : Les différents types d'agents réactifs et leurs rôles en fonction du processus de management des connaissances 163
Figure 45: Architecture générale du SMA SNOTRA 164
Figure 46: Exemple d'un diagramme de séquence (Utilisateur Final / Agents réactifs) 166
Figure 47: Moteur de recherche de SNOTRA 167
Figure 48: Tableau de bord KM du projet NBP 168

Chapitre 6

Figure 49: Cadre de pilotage de l'évolution d'une organisation 183
Figure 50 : Démarche d'identification des compétences au travers des matrices de compétence 185
Figure 51 : Extraction du processus de gestion des compétences proposé. 189
Figure 52 : Extraction de la matrice de compétences du département de taillage 191
Figure 53 : Résumé des différentes contributions opérationnelles menées chez Essilor 195

Tableaux

Chapitre 1

Tableau 1: Typologie des axes de pilotage des compétences [Boucher et al. 2007] 47

Chapitre 3

Tableau 2: Symboles graphiques utilisés dans KROM 76
Tableau 3: Symboles graphiques utilisés par le modèle de structure organisationnelle 83
Tableau 4: Symboles graphiques utilisés par le modèle d'activité 85
Tableau 5 : Equivalence des concepts et domaines présents dans KROM avec ceux d'UEML, d'UECML et de CRAI 90
Tableau 6 : Estimation du nombre de modèles requis pour modéliser une organisation 91

Chapitre 4

Tableau 7: Correspondances de l'IMMCI 105
Tableau 8: Statut du résultat de la préconisation 117
Tableau 9 : Exemples d'actions mises en œuvre pour le scénario 1 118
Tableau 10: Exemples d'actions mises en œuvre pour le scénario 2 118
Tableau 11: Exemples d'actions mises en œuvre pour le scénario 3 119

Tableau 12: Exemple des constituants des différentes activités du processus de prise de décision pour les éléments du « Processus de préparation »..... 131

Chapitre 5

Tableau 13: Propriétés des agents de SNOTRA..... 171
Tableau 14 : Comparaison de DOCK avec d'autres approches de conception de SMA 173

Introduction

Table des matières du Chapitre

I. CONTEXTE **15**
I.1 CONTEXTE GENERAL ET POSITIONNEMENT RECHERCHE 15
I.2 CONTEXTE INDUSTRIEL 15
II. OBJECTIFS ET PREOCCUPATIONS DE CE TRAVAIL **16**
II.1 IDENTIFIER LES BESOINS OPERATIONNELS DE MOBILISATION ET D'EVOLUTION DES CONNAISSANCES ET DES COMPETENCES DANS UNE ORGANISATION 17
II.2 PROPOSER UN CADRE D'EVOLUTION D'UNE ORGANISATION SUR LA BASE DU MANAGEMENT DE SES CONNAISSANCES ET COMPETENCES 18
II.3 PROPOSER UNE APPROCHE ORGANISATIONNELLE DE CONCEPTION DE SMA ORIENTEE GESTION DES CONNAISSANCES 18
II.4 VERIFIER L'INTERET DU CADRE D'EVOLUTION D'UNE ORGANISATION PROPOSE PAR L'EVALUATION DE L'EVOLUTION DE SES COMPETENCES 19
III. PLAN DU DOCUMENT **20**

« La matière première de l'innovation est la connaissance fine et subtile de la vérité des usages »

Dominique DESJEUX

I. Contexte

I.1 Contexte général et positionnement recherche

Le contexte économique mondial actuel impose aux entreprises un renouvellement rapide de leurs produits et services ainsi qu'une segmentation et une adaptation de leurs offres pour répondre aux différentes exigences des marchés. Les industriels développent des produits de plus en plus performants avec des délais de plus en plus courts tout en cherchant à s'imposer sur des marchés émergents avec des exigences multiples. Ceci impose aux organisations de devenir de plus en plus flexibles, réactives et adaptatives. Aujourd'hui, une entreprise reste compétitive si elle maîtrise, tout particulièrement, la performance de ses produits et procédés industriels, la performance de ses processus supports ainsi que le développement de ses compétences et de sa capacité d'apprentissage. Ce dernier point se traduit par la capacité des organisations à générer, utiliser et partager des connaissances et à mobiliser des compétences pour réaliser leurs activités. En effet, développer ses connaissances et compétences est devenu pour l'entreprise un atout stratégique dans la course à la compétitivité. Il ne s'agit donc plus aujourd'hui, de simplement progresser pour atteindre un objectif fixé, mais bien de développer une culture apprenante permettant à l'entreprise de créer de la valeur au travers de son capital intellectuel et d'anticiper ses évolutions. Ainsi chaque collaborateur, chaque équipe, et à terme, toute l'entreprise, pourront optimiser leurs potentiels.

Dans les départements de Recherche et Développement (R&D) ou d'Ingénierie, les ingénieurs doivent acquérir des connaissances et des compétences dans des domaines d'expertise de plus en plus spécialisés et interconnectés afin de résoudre des problèmes complexes et permettre la conception de systèmes de plus en plus ouverts et intégrés. A cet effet, la gestion des connaissances (ou Knowledge Management) et la gestion des compétences (ou Competence Management) apportent des perspectives et des solutions pour identifier, développer et évaluer le capital intellectuel de l'entreprise.

Cependant, aujourd'hui, ces deux axes sont la plupart du temps considérés de façon indépendante, tant au sein des entreprises qu'au niveau des axes de recherche.

Nous proposons ici un éclairage de ces deux domaines de recherche sous l'angle du Génie Industriel pour montrer l'interdépendance entre gestion des connaissances et gestion des compétences. Cela se traduit, dans le cadre de ce travail, par la proposition d'une approche d'amélioration des performances d'une organisation au travers d'une démarche intégrée de management des connaissances et des compétences.

I.2 Contexte Industriel

Nos travaux de recherche ont été effectués dans le cadre d'une convention CIFRE impliquant le laboratoire ERPI et l'entreprise ESSILOR. Le groupe ESSILOR, leader mondial de l'optique ophtalmique, fabrique et commercialise une large gamme de verres et équipements pour améliorer et protéger la vision mais également des équipements pour les laboratoires de prescription ainsi que des instruments et des services destinés aux professionnels de l'optique.

Le groupe s'appuie sur une stratégie de croissance par l'innovation. Chaque année il appuie sa croissance sur des innovations portant sur les produits, les technologies et les services. Ainsi quarante pour cent du chiffre d'affaire de l'entreprise provient de produits de moins de trois ans. Cette dynamique est rendue possible notamment par le travail des équipes de R&D et d'Ingénierie qui conçoivent les nouveaux produits et technologies. Ce travail s'inscrit au niveau du département

Ingénierie d'Essilor. Ce département représente à lui seul plus de 300 personnes à travers le monde. L'objectif principal des équipes de l'Ingénierie est d'industrialiser les produits et technologies afin de les déployer dans les entités de production d'Essilor et de ses partenaires. Cependant, les produits, des verres de lunettes, étant liés aux paramètres physiologiques des personnes, sont hautement personnalisés, ce qui requiert d'un point de vue industriel une différenciation au plus tard et une capacité d'adaptation des procédés de fabrication. Ces aspects imposent donc au département Ingénierie d'être structuré tout en étant flexible et constamment à la recherche d'éléments nouveaux pour s'adapter aux besoins de ses différents clients. En effet, innover c'est créer des produits nouveaux, mais aussi, changer son organisation ou ses pratiques managériales pour accroître ses performances, optimiser son système de fabrication, et adopter les dernières technologies issues de la recherche fondamentale ou de son département de Recherche et Développement.

Partant des besoins opérationnels du département Ingénierie d'Essilor, ce contexte industriel s'est traduit, dans le cadre de ce travail de recherche, en trois problématiques scientifiques et en un axe de pilotage et d'intégration des contributions proposées :

- La première problématique rencontrée par l'organisation est de définir comment identifier les besoins opérationnels de mobilisation et d'évolution de son capital intellectuel (connaissances et compétences).
- La seconde problématique est d'identifier et de structurer des démarches, méthodes et outils permettant à une organisation de s'adapter aux évolutions de son environnement et d'améliorer ses performances, en fonction de sa maturité.
- La troisième problématique consiste à proposer des moyens structurés permettant de supporter les flux de connaissances, notamment pour réutiliser les connaissances générées entre les différents projets de conception.
- Pour finir, ce travail de recherche doit aussi amener des éléments de vérification et d'intégration des contributions adressant ces problématiques dans l'optique de proposer une démarche intégrée de pilotage pour l'organisation.

II. Objectifs et préoccupations de ce travail

Les travaux réalisés contribuent à renforcer la perception des bénéfices des ressources compétence et connaissance pour l'efficacité opérationnelle d'une organisation. Ils constituent autant de moyens pour l'entreprise de maintenir l'adéquation entre son organisation (ressources humaines, techniques…) et ses ambitions stratégiques.

La contribution majeure de la thèse peut être résumée ainsi :

> Proposer des modèles, méthodes et outils d'amélioration des performances des organisations basés sur le management opérationnel de leurs connaissances et compétences.

Cette contribution se décline en quatre objectifs opérationnels guidant l'avancement de la thèse :

1) Définir un modèle conceptuel d'une organisation et une méthode de modélisation d'entreprise, qui permettent d'identifier les besoins opérationnels de mobilisation et d'évolution du capital intellectuel de l'organisation (connaissances et compétences).
2) Proposer un cadre d'évolution d'une organisation, pour améliorer ses performances, basée sur l'évaluation de sa maturité, ainsi que sur l'anticipation et la proposition de scénarios d'évolution orientés connaissances, compétences et structure de l'organisation.

3) Proposer une approche organisationnelle de conception de Systèmes Multi-agents (SMA) qui soit adaptée aux enjeux rencontrés par les approches d'ingénierie à base de connaissances (ou Knowledge-Based Engineering/KBE), et proposer un système qui assiste les acteurs métiers dans la formalisation et la consolidation des informations nécessaires à la prise de décision dans les projets de conception.
4) Vérifier l'intérêt du cadre d'évolution d'une organisation proposé, d'une part, en montrant qu'il peut s'intégrer dans une approche globale de pilotage du changement de l'organisation et s'interfacer avec des processus de gestion des ressources humaines et d'autre part, en évaluant son efficacité lors de différentes expérimentations au sein de l'Ingénierie d'Essilor.

Nous détaillons ces quatre points dans les sous sections suivantes afin de donner au lecteur un aperçu plus précis des apports et contributions proposés dans ce mémoire.

II.1 Identifier les besoins opérationnels de mobilisation et d'évolution des connaissances et des compétences dans une organisation

Afin d'identifier les besoins opérationnels de mobilisation des connaissances et des compétences de l'organisation, nous adoptons une approche de modélisation organisationnelle. Nous citons la définition d'une organisation selon Galbraith [Galbraith 1977]: « *une organisation est composée d'entités, travaillant ensemble pour accomplir un but partagé, en se répartissant les tâches et en mettant en place des processus de décision continuellement au fil du temps* ». Une organisation est donc construite autour de comportements et d'interactions qui sont relativement stables et qui évoluent lentement à travers le temps. Cependant, pour faire face à des enjeux externes ou d'amélioration de ses performances, une organisation se doit d'avoir la capacité d'évoluer.

Cette évolution implique de pouvoir identifier l'état actuel de l'organisation et d'être capable de se projeter dans l'état futur pour ainsi définir ses besoins d'évolution. Pour réaliser ce travail, le recours à une modélisation d'entreprise permet d'avoir une méthode structurée pour identifier et caractériser les différents constituants de l'organisation et leurs interactions.

Dans une étude plus récente, Galbraith identifie cinq phases à travers lesquelles une organisation évolue [Galbraith 2012]. La dernière phase, qu'il caractérise par l'intégration du « Big Data » dans les organisations, peut être considérée, plus largement, comme un enjeu organisationnel d'absorption et de dynamique de gestion des connaissances et des compétences à grande échelle. En effet, la génération et le partage de nouvelles connaissances s'accélèrent, dans et en dehors de l'organisation. Cette dernière doit donc apprendre à les capter, les acquérir et les intégrer pour développer et mettre en œuvre rapidement de nouvelles compétences et ainsi rester compétitive. Or les méthodes actuelles de modélisation d'entreprise ne considèrent pas encore les connaissances et les compétences comme des éléments à part entière de la dynamique d'une organisation mais plutôt comme des éléments déduits.

Cette définition et ce contexte d'évolution d'une organisation nous ont conduits à la construction d'un modèle conceptuel d'une organisation (appelé KROM) et d'une méthode de modélisation associée. Ces éléments mettent en évidence les interactions entre les ressources connaissance et compétence afin de mieux les prendre en compte dans la dynamique d'évolution d'une organisation. L'objectif du modèle est ainsi de proposer un formalisme qui permette de replacer l'acteur au centre de l'organisation avec ses connaissances et ses compétences et d'expliciter les dynamiques structurelles qui en découlent.

II.2 Proposer un cadre d'évolution d'une organisation sur la base du management de ses connaissances et compétences

Aujourd'hui, connaissances et compétences sont la plupart du temps considérées comme des éléments que l'on peut traiter indépendamment. Ainsi on retrouve beaucoup de travaux sur la gestion des compétences dans les sciences de gestion et/ou les sciences humaines et sociales [Zarifian 2001; Defélix 2003; Beirendonck 2006; LeBoterf 2002; Paradeise & Lichtenberger 2001; Prahalad et al. 1990]. Pour la gestion des connaissances, du fait de l'évolution des technologies, de nombreux travaux ont été publiés dans les sciences de l'information, notamment dans le courant de recherche du « Knowledge-Based Engineering, (KBE) » [Curran et al. 2010; Bermell-Garcia et al. 2012; Verhagen et al. 2012; Stokes 2001; Schreiber et al. 2000; Prat et al. 2012]. Seuls quelques travaux considèrent les deux axes de manière commune tels que ceux de Boucher et al. [Boucher et al. 2007], de Belkadi et al. [Belkadi et al. 2007; Belkadi et al. 2012] ou Harzallah et al. [Harzallah et al. 2006].

De ce fait, on constate un manque de modèles, de méthodes et d'outils qui permettent à une organisation de faire évoluer sa structure en optimisant l'utilisation de ses connaissances et compétences. En se basant sur la modélisation organisationnelle précédemment établie avec KROM, nous nous intéressons à la formalisation d'un cadre d'évolution d'une organisation comprenant des modèles d'une organisation basés sur KROM, un indice de maturité d'une organisation (IMMCI) pour conduire son évolution, et une démarche de proposition de scénario d'évolution (ACKME). Ce cadre se focalise sur le management des connaissances et des compétences de l'organisation en s'appuyant sur les liens organisationnels, précédemment identifiés, entre ces deux concepts.

Notre objectif est de permettre à l'entreprise de maintenir l'adéquation entre les performances de son organisation (ressources humaines, techniques…) et ses ambitions stratégiques. Cette approche doit permettre à une organisation d'évaluer sa maturité vis-à-vis de ces aspects, d'identifier et de mettre en œuvre les chantiers d'évolutions requis, tout en étant en phase avec les enjeux d'amélioration de performance identifiés.

II.3 Proposer une approche organisationnelle de conception de SMA orientée gestion des connaissances

Le contexte organisationnel des connaissances et compétences mis en exergue par notre modélisation organisationnelle est un élément clé à prendre en compte dans la mise en œuvre des actions d'évolution de l'organisation. Cependant, aujourd'hui, comme présenté dans la section précédente, beaucoup d'approches considèrent seulement les connaissances et compétences comme des ressources intangibles de l'organisation que l'on pourrait dé-corréler de ce contexte. On retrouve notamment les courants de recherche autour du « Resource-Based View » [Grant 1996; Barney 1991; Rauffet et al. 2014; Michaelis et al. 2015] ou du KBE. La plupart des approches issues de ces deux courants, et plus particulièrement celles orientées KBE proposent des systèmes efficaces mais qui sont adaptés à une structure organisationnelle précise. Afin de mieux prendre en compte la dimension organisationnelle des connaissances et des compétences dans la mise en œuvre de systèmes intelligents d'aide à la capitalisation et réutilisation des connaissances, nous proposons une approche organisationnelle de conception d'un SMA chargé de gérer les connaissances générées lors de projets de conception. Cette approche organisationnelle est identique à celle permettant de modéliser l'organisation humaine. Cela permet donc de concevoir l'organisation fonctionnelle du SMA en miroir de l'organisation humaine.

Cette démarche de conception s'appuie sur le paradigme agent afin de prendre en compte au mieux les dynamiques structurelles des connaissances et compétences élicitées par notre modèle

organisationnel. En effet, 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 & Lander 1998]. Un SMA peut ainsi être considéré comme le miroir virtuel d'une organisation humaine. Les agents assument des rôles avec une autonomie similaire aux humains ce qui leur permet de résoudre des problèmes complexes en les décomposant et en les partageant entre l'ensemble des agents, et de fournir une assistance proactive aux acteurs métier pour le partage et la réutilisation de connaissances.

En ce sens, pour illustrer notre approche de conception de SMA orientés connaissance, nous proposons un système assistant les acteurs métiers dans la capitalisation et la réutilisation des connaissances liées à la prise de décision dans les projets de conception.

II.4 Vérifier l'intérêt du cadre d'évolution d'une organisation proposé par l'évaluation de l'évolution de ses compétences

Evaluer l'efficacité d'une action d'amélioration d'une organisation est une activité toujours délicate car de multiples autres facteurs, endogènes et exogènes, peuvent influencer les performances obtenues et car un délai important peut exister entre le moment où l'action est réalisée et le moment où des résultats sont obtenus. De plus, l'action peut avoir des effets systémiques hors du périmètre concerné avec des conséquences favorables ou non désirées. Ainsi, il n'est pas évident de mesurer la part d'amélioration qui est effectivement due à l'action d'amélioration menée. Notons que dans les travaux de thèse concernant l'évolution des connaissances et/ou des compétences d'une organisation, cette activité est souvent menée très partiellement, voire est inexistante.

Pour apporter des éléments de réponse à cette problématique d'évaluation, nous avons décidé de nous appuyer sur les caractéristiques de la compétence. La compétence est un des éléments essentiels du capital immatériel d'une organisation. En ce sens, elle a fait l'objet de nombreux travaux. Ainsi Paradeise et Lichtenberger [Paradeise & Lichtenberger 2001] constatent que la compétence se définit selon la visée opératoire de l'auteur qui l'emploie. Chacun la définit dans le sens qui lui est propre, du cadre opérationnel au responsable de ressources humaines, en passant par le formateur. Or ces différentes portées opératoires ont rendu le concept même de la compétence sujet à diverses interprétations et appropriations. Outre ces différences, l'élément qui nous intéresse plus particulièrement au niveau de la compétence est qu'elle s'exprime dans une situation donnée en s'appuyant sur les ressources de l'environnement de travail. De ce fait, la reconnaissance d'une compétence traduit la mise en œuvre réussie d'un ensemble d'éléments touchant à la structure de l'organisation, aux connaissances détenues et l'activité réalisée. Ce rôle «d'intégrateur» d'une compétence permet donc de traduire une performance reconnue.

Nous prenons comme hypothèse de vérification de l'intérêt du cadre d'évolution proposé, qu'évaluer l'évolution des compétences fournit une bonne évaluation de l'évolution globale des performances de l'organisation concernée. Cette vérification s'exprime grâce au lien entre connaissance, compétence et activité. En effet, ce lien permet de reboucler avec le contexte organisationnel identifié lors de la modélisation de l'organisation et ainsi de valider son évolution. L'évaluation et la mise à jour de la montée en compétences des équipes et de leurs membres, permettent d'obtenir ainsi un retour sur les actions mises en œuvre et sur les performances de l'organisation (tout en connaissant les limites de cette évaluation).

En ce sens, après avoir proposé un cadre d'évolution permettant à une organisation de mettre en œuvre des actions ciblées lui permettant d'améliorer ses performances sous l'angle

connaissance/compétence, nous proposons d'évaluer l'efficacité de ce cadre d'évolution, d'une part, en montrant qu'il peut s'intégrer dans une approche globale de pilotage du changement de l'organisation et s'interfacer avec des processus de gestion des ressources humaines et d'autre part, en évaluant son efficacité lors de différentes expérimentations au sein de l'Ingénierie d'Essilor.

III. Plan du document

Le corps de ce mémoire est structuré en 6 chapitres qui permettent, tout d'abord, d'appréhender le contexte scientifique dans lequel ce travail s'inscrit, puis de considérer les différentes contributions répondant aux trois problématiques énoncées plus haut, et enfin de proposer une approche de vérification des apports de ces contributions pour l'organisation Ingénierie d'Essilor.

Ce mémoire débute par une synthèse des thèmes abordés lors de nos travaux de recherche. Cet état de l'art concerne les processus de conception, la modélisation d'entreprise, la gestion des connaissances et des compétences ainsi que sur l'ingénierie des connaissances et les systèmes multi-agents.

- **Chapitre 1 : La modélisation d'entreprise et de la gestion des connaissances et compétences au service de l'évolution d'une organisation de conception.** Dans ce chapitre, nous présentons le domaine des organisations de conception et la contribution des approches de modélisation d'entreprise, de gestion des compétences et de gestion des connaissances en environnement de conception.

- **Chapitre 2 : Apports des systèmes multi-agents pour la gestion des connaissances.** Nous présentons en premier lieu dans ce chapitre les apports et enjeux des approches d'ingénierie des connaissances. Ensuite nous introduisons le paradigme agent suivi de la présentation des différentes approches de conception des systèmes multi-agents. Nous terminons par une discussion sur l'intérêt des SMA pour l'ingénierie des connaissances.

La suite de ce mémoire présente les trois contributions de ce travail de recherche. Leur fil directeur repose sur l'analyse et la modélisation des interactions entre les axes connaissance, compétence et organisation.

- **Chapitre 3 : Modélisation d'entreprise orientée connaissances et compétences : Le modèle KROM.** Dans ce chapitre, nous proposons un modèle conceptuel d'une organisation, ainsi que la méthode de modélisation d'entreprise qui en découle, pour mettre en exergue les concepts de connaissance et de compétence ainsi que leurs synergies et articulations autour de l'acteur.

- **Chapitre 4 : Proposition d'un cadre d'évolution d'une organisation sur la base du management de ses connaissances et compétences.** Dans ce chapitre, nous proposons un cadre de réorganisation sur la base des connaissances et des compétences. Dans un premier temps nous proposons un modèle de maturité permettant de situer l'organisation vis-à-vis de ces aspects. De par ce positionnement et les enjeux de performance identifiés par l'organisation, nous proposons ensuite une méthode de recommandation de plans d'actions appelée ACKME. Nous terminons par une discussion sur les enjeux et limites du cadre proposé.

- **Chapitre 5 : DOCK : Une approche organisationnelle de conception de systèmes intelligents à base de connaissances.** Dans ce chapitre, nous proposons une approche organisationnelle de conception de systèmes multi-agents orientés ingénierie des

connaissances. Cette approche est ensuite illustrée avec la conception du système SNOTRA pour supporter la gestion des connaissances générées lors du processus de prise de décision des projets de conception.

Finalement ce mémoire se termine par la proposition d'une approche de vérification du cadre d'évolution proposé, sur la base de l'évaluation des compétences des acteurs de l'organisation.

- **Chapitre 6 : Evaluation de l'efficacité du cadre d'évolution proposé.** Dans ce chapitre, nous présentons une approche de vérification du cadre d'évolution proposé sur la base de l'évaluation des compétences. Une discussion est proposée pour vérifier son intégration avec les processus de gestion des ressources humaines afin d'avoir une approche globale de pilotage du changement de l'organisation.

En synthèse à ce travail de recherche, nous présentons une conclusion générale ainsi que des perspectives de recherche.

- **Conclusion générale et perspectives.** Ce chapitre rappelle nos contributions autour de la problématique de l'évolution des organisations de conception par la gestion des connaissances et des compétences. Il propose de plus des perspectives de recherche pouvant donner suite à ce travail de thèse.

Nous présentons ci-dessous le plan de lecture de cette thèse (Cf. Figure 1). Ce travail propose des informations récentes dans les domaines de la gestion des connaissances, de la gestion des compétences, de la modélisation d'entreprise et des systèmes multi-agents.

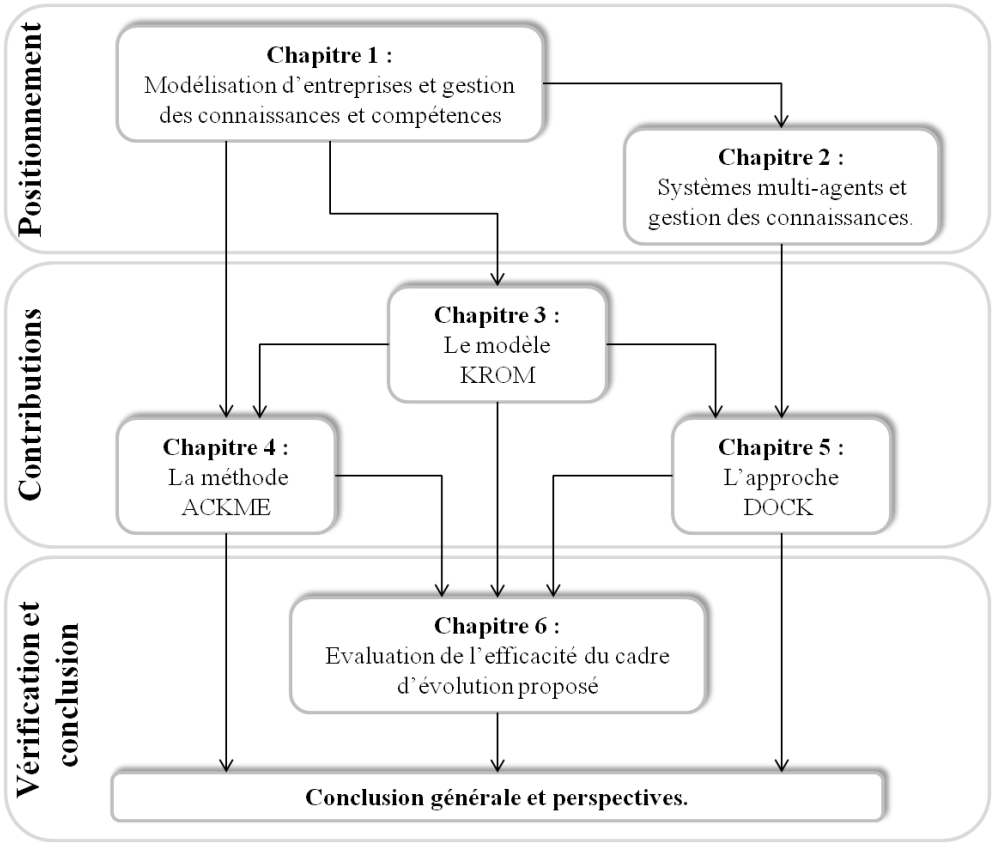


Figure 1 : Plan du mémoire

Chapitre 1

La modélisation d'entreprise et la gestion des connaissances et compétences au service de l'évolution d'une organisation de conception

Les organisations de conception produisent une partie importante de la valeur ajoutée d'une entreprise. En effet, les choix de conception ont des impacts majeurs sur le produit final. Plus de 80% du coût final du produit est défini dans les premières phases de conception. La bonne maîtrise de ces phases est donc importante pour la performance de l'entreprise. Pour ce faire, les organisations de conception ont à leur disposition différents modèles, méthodes et outils qui vont leur permettre de structurer et de faire évoluer leurs activités afin d'en améliorer les performances.

Cette valeur ajoutée produite est le fruit de la mobilisation des connaissances et des compétences des acteurs des départements et équipes de conception. Ces organisations mobilisent leur capital intellectuel et doivent être capables d'améliorer le potentiel de ce capital. Cependant, les moyens et approches les plus couramment déployés pour structurer et faire évoluer les pratiques de conception ne considèrent que peu les notions de connaissance et de compétence de manière concomitante aux concepts plus courants de processus, activités et missions qui se retrouvent au cœur des modèles d'entreprise. Cependant, ces éléments doivent être considérés simultanément pour proposer des actions d'évolutions cohérentes et efficientes pour l'organisation.

Ce chapitre présente un état de l'art des domaines de recherche dans lesquels notre travail s'inscrit. Il introduit dans un premier temps les particularités des organisations de conception, et leur levier d'amélioration. La seconde partie de ce chapitre se focalise sur la modélisation d'entreprise qui est un moyen pour structurer et faire évoluer une organisation. Ensuite, la troisième partie propose de revenir sur les concepts de connaissances et de compétences pour en identifier les caractéristiques. Pour finir, la quatrième partie de ce chapitre s'intéresse aux différentes approches de gestion des connaissances et de gestion des compétences pour en identifier les apports et les principaux axes investigués au niveau de la recherche.

Table des matières du Chapitre

I. PARTICULARITES DES ORGANISATIONS DE CONCEPTION ET LEVIERS D'AMELIORATION DES PERFORMANCES 25
I.1 LES DIFFERENTS TYPES ET ORGANISATIONS DE CONCEPTION 25
I.2 LES LEVIERS D'AMELIORATION DES PERFORMANCES DES ORGANISATIONS DE CONCEPTION. 27
I.2.1 Améliorer les performances des produits et des processus opérationnels de conception 28
I.2.2 Faire évoluer les organisations de conception 28
I.2.3 Améliorer les performances des acteurs des organisations de conception 29
I.2.4 Synthèse 30
II. LA MODELISATION D'ENTREPRISE POUR GUIDER L'EVOLUTION ORGANISATIONNELLE 30
II.1 OBJECTIFS ET CONCEPTS GENERAUX DE LA MODELISATION D'ENTREPRISE 30
II.2 LES METHODES DE MODELISATION D'ENTREPRISE 32
II.2.1 Les méthodes fonctionnelles et dynamiques 33
II.2.2 Les méthodes systémiques 33
II.2.3 Les méthodes orientées objet 35
II.2.4 Les méthodes kénétiques 35
II.3 LES CADRES D'ARCHITECTURE D'ENTREPRISE 36
II.3.1 Qu'est-ce qu'une architecture d'entreprise ? 36
II.3.2 Différents cadres d'architecture d'entreprise 37
II.4 LA NECESSITE DE PRISE EN COMPTE DES CONNAISSANCES ET COMPETENCES 39
III. CONNAISSANCE ET COMPETENCE : CONCEPTS ET CARACTERISTIQUES 40
III.1 CONNAISSANCE ET GESTION DES CONNAISSANCES : CARACTERISTIQUES 40
III.2 COMPETENCE ET GESTION DES COMPETENCES : CARACTERISTIQUES 41
III.3 SYNTHESE 43
IV. LES APPROCHES DE GESTION DES CONNAISSANCES ET DE GESTION DES COMPETENCES 43
IV.1 LES APPROCHES DE GESTION DES CONNAISSANCES 44
IV.2 LES APPROCHES DE GESTION DES COMPETENCES 45
V. CONCLUSION 49

« La meilleur façon de prédire l'avenir, c'est de le créer »

Peter Drucker

I. Particularités des organisations de conception et leviers d'amélioration des performances

Cette section présente un état de l'art des différents types de conception et leur impact sur les organisations de conception et les connaissances manipulées par ces dernières. Dans un second temps, différents leviers d'amélioration des performances pour ces organisations sont identifiés et caractérisés. Là encore, la dynamique des connaissances ainsi que la dynamique des compétences sont prises en compte.

I.1 Les différents types et organisations de conception

La conception est une activité cognitive qui consiste à transformer un besoin identifié en un produit, en incluant la définition de ses procédés de fabrication. Les projets de conception, appelés aussi projets d'Ingénierie suivent un cycle de développement produit/procédé composé de plusieurs activités qui sont structurées selon un processus de conception. L'objectif de ce processus est de définir les fonctions permettant de satisfaire un besoin et de les spécifier en termes de choix technologiques, de forme, de matériaux et de procédés de fabrication, de façon à obtenir un produit industrialisable et commercialisable sur le marché.

Sur ce dernier point, la mondialisation a placé les grandes entreprises manufacturières dans un contexte concurrentiel exacerbé où leur réactivité, leur capacité d'innovation, leur choix de positionnement sur les marchés et les facteurs clés de succès sur ces marchés (prix, qualité, délai de livraison, fiabilité, design, service après vente, image, etc.) sont des critères de survie déterminants [ACGPS 1993]. Ainsi, la maîtrise des coûts, tout au long du cycle de vie du produit, doit rester au cœur des préoccupations des entreprises. On peut décomposer le cycle de vie du produit en trois grandes phases [Jun et al. 2007] :

- Le début de vie du produit qui inclut sa conception et sa production.
- Le milieu de vie du produit qui inclut la logistique, l'utilisation, le service et la maintenance.
- La fin de vie du produit qui inclut la collecte des produits, la reconstruction, la réutilisation, le recyclage, et la destruction.

Si on se focalise sur la phase de début de vie du produit, la conception engendre à elle seule environ 80% des coûts futurs du produit [Berliner & Brimson 1988; Liebers & Kals 1997]. La maîtrise de la conception produit/procédé est cruciale pour proposer aux clients des produits adaptés dans des contraintes de coût assurant la rentabilité de l'entreprise. On trouve ainsi de nombreuses approches visant à donner un cadre à cette phase de conception. Tomiyama et al. proposent une revue de ces approches [Tomiyama et al. 2009]. Cependant, cette étude met aussi en valeur que beaucoup de ces méthodes de conception rencontrent des applications industrielles limitées car elles sont peu adaptées aux contraintes opérationnelles rencontrées par les industries, notamment sur le fait de mener et de mélanger plusieurs types de conception pour un même produit. Les méthodes qui sont orientées vers des objectifs précis rencontrent quant à elles plus de succès. L'une des plus connues est l'approche processus proposée notamment par l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO) avec sa famille de normes ISO 9000 (ISO 9000, ISO 9001, ISO 9004, ISO 190011) qui a pour but d'instaurer des systèmes de management de la qualité dans les organisations.

En regardant de plus près le processus de conception, on peut identifier quatre grands types de conception selon l'objectif, la disponibilité des connaissances au début du projet, la structuration du

plan d'action, et le degré d'autonomie et de créativité du concepteur [Perrin 1999]. Ces quatre types sont regroupés en deux classes [Serrafero et al. 2006].

Ces deux classes sont la conception initiale et la re-conception. La conception initiale consiste à concevoir, inventer un produit ou un procédé pour la première fois sans référence, connaissance ou expérience passée. Cette catégorie est composée des deux types suivants :

- La conception créative qui est la plus risquée car rien n'est connu au départ.
- La conception innovante qui, à partir de la connaissance d'un ou de plusieurs principes de fonctionnement connus propose une solution innovante pour l'architecture du produit.

La re-conception, quant à elle, consiste à reconcevoir un objet ou procédé existant. La re-conception est motivée par une logique d'optimisation des coûts, du poids, des performances, du volume etc. Elle se divise elle aussi en deux types :

- La conception routinière qui utilise des concepts, architectures, procédés et savoir-faire connus pour concevoir et réaliser un nouveau produit.
- La conception paramétrique qui 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. La conception paramétrique peut s'appuyer sur une modélisation et une configuration numérique permettant de transformer le besoin fonctionnel en solutions géométriques 3D.

Les entreprises ont ainsi restructuré leurs processus de développement avec une séparation entre les activités innovantes et les activités routinières. Cependant, il faut bien noter que ces typologies ne sont pas exclusives. Pour un projet de conception donné, certains éléments seront peut-être de l'ordre de la conception créative et d'autres de la conception paramétrique ou routinière. Le rôle du management est alors d'assurer la synchronisation entre ces différents modes de fonctionnement [Midler 1993] et de maîtriser les risques liés à des alternatives innovantes.

En parallèle, différentes typologies d'organisations de conception peuvent être appliquées. Les quatre modèles les plus souvent utilisés dans la littérature sont [Maher & De Silva Garza 1997; Breuker & Van de Velde 1994] :

- La conception par décomposition,
- La conception par transformation
- La conception à base de cas,
- La conception à base de modèles.

Par ailleurs, Wheelwright et Clark [Wheelwright & Clark 1992] ont présenté une typologie d'organisation de projet avec un continuum entre une organisation classique par départements fonctionnels et une organisation par projet autonome : "*functional*", "*lightweight*", "*heavyweight*", "*autonomous*". Ils recommandent ensuite le choix d'un type d'organisation en fonction du type de connaissances requises par la conception du produit ou le type d'architecture du produit. Si les connaissances sont hautement spécialisées ou l'architecture très modulaire, alors les organisations de type "*functional*" ou "*lightweight*" sont préférables. Ceci permet de développer des expertises relatives à un domaine technologique ou relatives à une fonction et aux composants associés. Dans le cas où l'architecture du produit est plus complexe, les organisations de type "*heavyweight*" et "*autonomous*" sont recommandées.

Cependant, ces différentes typologies d'organisation conduisent à la spécialisation des acteurs en augmentant leurs connaissances/compétences dans des domaines ciblés. Ainsi, afin d'assurer la

synchronisation entre ces différents modes de fonctionnement, il est nécessaire de constituer des équipes projets pluridisciplinaires, constituées d'acteurs de métiers et de départements différents et travaillant de manière collaborative dès les premières activités de conception. Ce fonctionnement transversal induit des besoins d'échange accrus mais génère aussi un partage des connaissances à travers l'ensemble de l'organisation. Les situations de partage de connaissances métiers sont donc multipliées [Zaclad & Grundstein 2001]. Cela implique de devoir coordonner les activités de conception pour leur donner un cadre organisationnel permettant ce travail collaboratif et ces échanges de connaissances.

Les différents types de conception et les différentes typologies d'organisation de conception, qui peuvent être concomitantes, mettent en évidence le fait que la complexité de la conception d'un produit/procédé, et donc la valeur ajoutée et la prise de risque associée, est tributaire des connaissances et compétences des concepteurs. Afin d'augmenter la valeur ajoutée et de maîtriser cette prise de risque, il faut donc pouvoir identifier les différents leviers d'amélioration des performances des organisations de conception.

I.2 Les leviers d'amélioration des performances des organisations de conception.

Les projets de conception font la plupart du temps intervenir de nombreux acteurs de départements différents avec des processus de conception variés. Pour améliorer leurs performances concernant le triptyque qualité, coût, délai, les entreprises ont souvent décidé d'optimiser leurs activités de conception.

Les leviers d'amélioration des performances d'une organisation se trouvent à tous les niveaux de l'entreprise et peuvent être considérés sous différents axes selon les objectifs de ceux qui les mettent en œuvre. Dans ces travaux, nous avons choisi de les considérer selon trois axes majeurs adaptés ici des travaux de Stal-Le-Cardinal et, de Boucher et Burlat [Stal-Le Cardinal 2009; Boucher & Burlat 2003]. Ces trois axes sont présentés ci-dessous et leurs interactions sur la Figure 2:

- Le premier axe consiste à **améliorer les performances des produits et des processus opérationnels de conception** de l'entreprise. Cet axe a été largement investigué et pratiqué dans les organisations. Il s'appuie sur des méthodologies, des méthodes et des outils issus de divers domaines. On retrouve, par exemple, les méthodologies d'analyse fonctionnelle, de sûreté de fonctionnement, les méthodes de contrôle de procédé, ainsi que des outils de simulation et de modélisation.
- Le second axe consiste, quant à lui, à **faire évoluer les organisations de conception** de l'entreprise. Cet axe, plus récemment considéré dans les entreprises, fournit des marges d'amélioration importantes car il s'attaque plus profondément aux organisations humaines ainsi qu'à l'amélioration du travail collaboratif. Il s'appuie là aussi sur des méthodologies, méthodes et outils issus de divers domaines. Par exemple, on retrouve les méthodologies de gestion de projet, d'ingénierie système ou de management de la qualité.
- Le troisième axe consiste à **améliorer les performances des acteurs des organisations**. Cet axe regroupe toutes les méthodologies, méthodes et outils permettant de mieux gérer et de valoriser les connaissances et les compétences des acteurs d'une organisation. Cet axe est aujourd'hui principalement investigué par les départements de ressources humaines, mais des actions plus proches des processus opérationnels sont aussi requises.

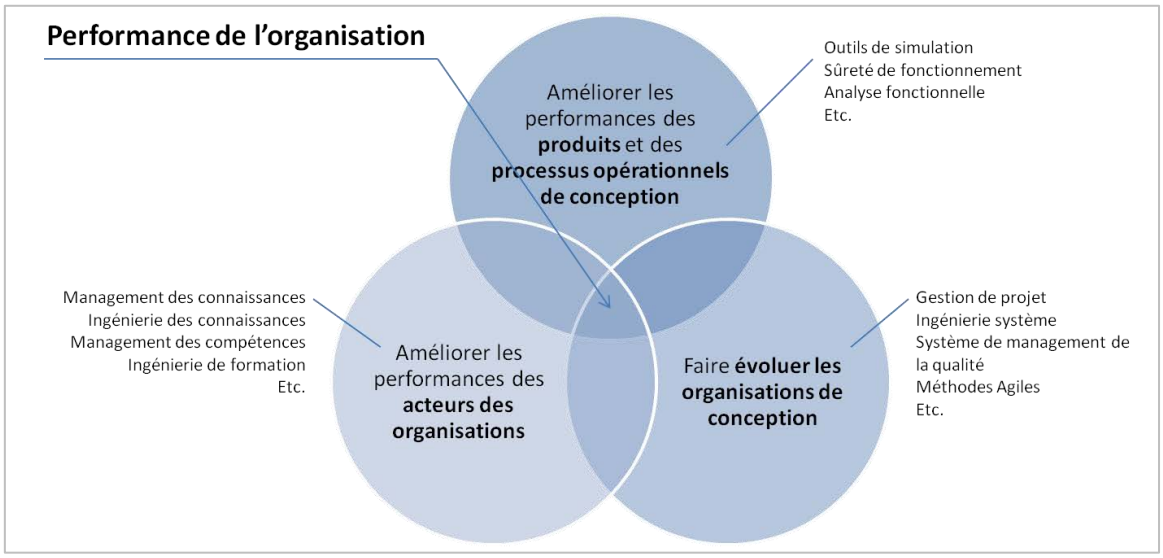


Figure 2 : Les trois axes majeurs d'amélioration des performances d'une organisation

En effet, ces trois axes sont comme trois facettes d'un même et unique prisme de la performance. Une amélioration significative de la performance d'une organisation peut être atteinte lors de la mise en œuvre d'actions impactant ces trois axes.

I.2.1 Améliorer les performances des produits et des processus opérationnels de conception

En se concentrant sur leurs processus de conception, les organisations adoptent assez naturellement un découpage organisationnel lié à la structure des produits qu'elles conçoivent ou des technologies qu'elles maîtrisent [MacCormack et al. 2012; Sosa et al. 2004; Bonjour & Micaëlli 2010]. Cette spécialisation permet de mettre plus facilement en œuvre les approches et actions visant à améliorer la performance des produits et des processus opérationnels de conception. En segmentant leurs activités de conception, les organisations peuvent mettre en place ou avoir recours à des méthodologies, des méthodes et des outils répondant à un objectif bien précis. De par la spécialisation dont elles font l'objet, l'impact de ces actions est visible et relativement quantifiable.

Par exemple, des actions de modélisation produits peuvent permettre de simuler les comportements de ces derniers lors de modifications de leurs paramètres et ainsi éviter à l'organisation de devoir lancer une batterie de tests physiques engageant des coûts et des délais supplémentaires pour le processus de conception [Otter & Elmqvist 2000; Hause 2006]. Par ailleurs, la sûreté de fonctionnement [Villemeur 1997] permet d'augmenter la performance d'utilisation d'un produit en ce qui concerne la fiabilité, la disponibilité, la maintenabilité et la sécurité de ses utilisateurs, alors que l'analyse fonctionnelle [AFNOR 1995; AFNOR 2011] offre une méthode structurée pour considérer les différentes fonctions du produit tout au long de son cycle de vie.

Toutes ces méthodologies, méthodes et outils sont donc bien connus et utilisés comme des pratiques contribuant à la performance du produit final et des processus opérationnels de conception. Or cette maturité n'est pas encore atteinte par les organisations sur les deux autres axes identifiés.

I.2.2 Faire évoluer les organisations de conception

De nombreuses approches visent à faire évoluer les organisations de conception en leur permettant d'encadrer et de coordonner leurs activités. Cependant ces approches touchent des aspects proches de l'exécution de tâches concrètes mais aussi des aspects liés à la conduite de ces tâches dans

un cadre donné et vers un but précis. De manière générale, nous distinguons dans ces approches deux grandes familles.

Tout d'abord, les **approches de management**. Elles visent la conduite d'une entreprise, d'une organisation, d'un projet dans une direction établie. C'est dans ces approches que l'on rencontre les orientations stratégiques, l'allocation des ressources et la prise de décision. Elles abordent souvent un grand nombre de problématiques à un niveau informel pour donner une compréhension globale, une vision aux individus. Pour citer quelques exemples, on peut ainsi considérer le management de projets [Midler 1993; Project Management Institute 2008], l'évolution des métiers de la conception [Sardas & Lefebvre 2004], etc.

Viennent ensuite les **approches d'ingénierie**. Elles se distinguent des précédentes par des objectifs beaucoup plus proches de l'exécution des activités/tâches concrètes. Elles s'appuient ainsi sur des modèles à caractères techniques construits sur la base de langages formels de nature à amener vers le développement de systèmes automatisés. Elles permettent aussi de définir des outils et méthodes, qui seront exploités selon les principes et orientations définis par le management. Finalement, elles permettent de définir, effectuer et contrôler les différentes activités techniques composant le processus de conception à réaliser [ISO/IEC 15288 2008; INCOSE 2012].

La coordination de ces deux types d'approches permet de faciliter une collaboration inter-métiers ce qui est essentiel pour la performance et la compétitivité de la phase de conception. Ainsi, selon Duffy [Duffy 1995] : *« 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»*. De plus, cela permet de favoriser le travail collaboratif et permet de générer plus rapidement des solutions adéquates aux besoins exprimés tout en respectant les exigences en termes de qualité, coût et délai. Pour finir cet environnement de travail collaboratif est un excellent émulateur de l'innovation. Or selon Hatchuel et Weil [Hatchuel & Weil 2002], pour faciliter l'innovation, le processus de conception doit être coopératif et nécessite un management différent : celui de la production des connaissances.

Ceci nous amène donc à considérer le dernier axe identifié : celui de l'impact du management des connaissances et des compétences sur la performance des activités de conception.

I.2.3 Améliorer les performances des acteurs des organisations de conception

Organiser et coordonner les activités de conception permet de proposer un cadre et des outils supports au processus de conception. Cela permet d'avoir des équipes dédiées qui travaillent de manière collaborative à la réalisation d'un objectif commun qu'est la réalisation du produit ou procédé. De façon générale, un projet de conception nécessite plusieurs processus, parfois concourants, imbriqués et interconnectés, pouvant faire chacun référence à un modèle particulier. Ces modèles mettent l'accent sur la notion de collaboration et de partage des informations en tant que partie intégrante du processus de conception. En 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 et al. 2006].

En effet, les équipes impliquées utilisent leurs connaissances et mettent en œuvre leurs compétences afin de réaliser les différentes activités du processus de conception auxquels elles contribuent. Bien souvent, indépendamment des processus supports ou des méthodes et outils de conception utilisés, c'est ce capital immatériel ainsi que l'engagement des équipes qui va permettre le

succès de la conception. Mieux maîtriser son capital intellectuel prend donc tout son sens et son intérêt pour une entreprise dans un tel contexte de conception [Boucher et al. 2007; Bonjour & Micaëlli 2010]. L'enjeu d'une approche de gestion des connaissances et des compétences est donc de comprendre comment les informations, connaissances sont échangées entre les différents acteurs, et comment ceux-ci mettent en œuvre leurs compétences dans le projet afin de faciliter ces mécanismes [Mesmer-Magnus & Dechurch 2009]. Cette problématique se voit renforcée dès que l'on s'intéresse à des entreprises internationales qui ont des entités de conception dans différents pays et des équipes de cultures différentes. L'intérêt est donc d'identifier comment créer des synergies entre entités pour enrichir le processus de conception et le rendre plus performant en apportant des méthodologies, des méthodes et des outils adaptés sur les trois composantes de la performance d'une organisation (Cf. Figure 2).

Une entreprise qui manage son capital de connaissances et de compétences en phase de conception de produit/procédé est donc une entreprise qui diminue la prise de risque en conception et donc ses coûts, en favorisant le passage des activités de conception initiale en activités de conception routinière pour l'ensemble de son organisation. De plus, en favorisant le partage de connaissances de façon transverse sur une organisation multi-compétences, on permet à l'organisation de lancer plus facilement des projets de conception innovante par fertilisation croisée.

I.2.4 Synthèse

Aujourd'hui, peu d'entreprise sont encore très matures sur les trois leviers énoncés précédemment. La plupart maîtrisent bien les éléments liés à la performance intrinsèque de leurs produits et processus de conception car cet axe est le plus fourni en termes de méthodes et d'outils opérationnels. A l'opposé, la plupart des organisations sont encore peu outillées pour mettre en œuvre des chantiers d'amélioration prenant en compte la dimension humaine comme élément à part entière, autrement que sous l'angle formation.

Pour permettre à une organisation de mettre en place des actions d'amélioration qui vont avoir un impact sur sa performance de manière globale, il faut pouvoir identifier les différents mécanismes qui régissent le fonctionnement de l'organisation. Ces mécanismes peuvent être mis en valeur par la mise en œuvre d'approches de modélisation d'entreprise comme un élément de diagnostic et de structuration du fonctionnement de l'organisation.

II. La modélisation d'entreprise pour guider l'évolution organisationnelle

Cette section décrit un état de l'art succinct des objectifs, concepts et méthodes de modélisation d'entreprise. L'objectif ici est de faire ressortir les différents éléments qui vont nous permettre de positionner notre contribution dans la suite de ce mémoire. De ce fait, la première partie de cette section décrit les objectifs et concepts généraux de la modélisation d'entreprise ; une seconde partie aborde ensuite les différentes méthodes de modélisation d'entreprise. La troisième partie s'intéresse aux apports des cadres d'architecture d'entreprise et finalement la dernière partie introduit les besoins de prise en compte des connaissances et compétences dans ces méthodes de modélisation sous un angle nouveau.

II.1 Objectifs et concepts généraux de la modélisation d'entreprise

La modélisation d'entreprise a pour objet la construction du modèle de tout ou partie de l'entreprise afin de permettre une meilleure compréhension des mécanismes participants au

fonctionnement de ses constituants et organisations. L'entreprise est alors vue comme un système et sa modélisation doit en expliquer la structure, l'organisation et le fonctionnement [Gourc 2006]. La modélisation d'entreprise est également perçue comme un moyen d'expliciter le savoir et savoir-faire de l'entreprise [Touzi et al. 2009; Vernadat 2002a], ce qui permet de la considérer comme un pré requis à la mise en œuvre de démarches de valorisation des connaissances utilisées et partagées au sein des organisations [Fathallah 2011].

A cette diversité applicative, s'ajoute une diversité conceptuelle de par les concepts manipulés. En effet, ceux-ci peuvent provenir de différents domaines comme la gestion de production, les ressources humaines, l'ingénierie système, l'économie, le droit, etc. Cependant, certains concepts tels que l'unité organisationnelle, l'activité ou le processus se retrouvent de façon communément partagée dans les différentes méthodologies de modélisations d'entreprises. En effet, ces concepts sont à la base de la plupart des formalismes et des langages utilisés. De ce fait, ils ont fait l'objet de nombreux travaux de recherche. Pour ce travail, nous retenons ici une définition majeure pour chacun de ces concepts :

Pour l'unité organisationnelle :

Définition : L'unité organisationnelle est une construction qui représente une entité de la structure organisationnelle d'une entreprise, qui est décrite par des attributs de l'organisation et fait référence à des entités organisationnelles de haut et bas niveau. Par exemple, des départements ou des divisions peuvent être considérée comme des unités organisationnelles [ISO 19440:2007 2007].

Pour l'activité :

Définition : L'activité est la transformation, au cours du temps et dans un contexte donné d'intrants (concrets ou abstraits) en extrants répondant à un objectif défini, tout en respectant des contraintes extérieures et en mobilisant différentes ressources. Elle est une étape élémentaire d'un processus et elle se décompose en un ensemble de tâches élémentaires réalisées par un individu ou un groupe d'individus [Vernadat 2002b; Lorino 2003].

Pour le processus :

Définition : Le processus est un ensemble d'activités reliées entre elles par des flux d'information ou de matière significatifs qui se combinent pour fournir un produit matériel ou immatériel important et bien défini [Lorino 2003]. Un processus d'entreprise doit permettre de répondre à une mission générique que la stratégie d'entreprise a formulée [AFIS 2009].

La relation entre ces deux concepts se retrouve donc au cœur de toute modélisation d'entreprise car elle permet, quels que soient les concepts utilisés et la visée opératoire, de décrire une organisation ou un système selon trois dimensions principales [Pépiot 2005]:

- Statique : Cette dimension décrit les données du système, les associations statiques entre les données, les contraintes et les opérations associées.
- Dynamique : Cette dimension décrit les évènements qui peuvent survenir dans le système ainsi que les changements d'états.
- Fonctionnelle : Cette dimension décrit les flux d'informations entre les différents constituants du système, les processus qui les transforment et les ressources mobilisées.

La modélisation d'entreprise permet ainsi de modéliser la structure des organisations, leurs processus, les évènements, leurs entités, ainsi que les interactions qui se produisent en leur sein. Les modèles et outils issus de la modélisation permettent donc notamment de :

- diagnostiquer des dysfonctionnements, que ce soit au niveau des flux, des ressources, des informations, de la prise de décisions etc. ;
- de faciliter les réorganisations (processus de « re-engineering ») ;
- de faciliter les étapes de conception et d'intégration (exemple de l'ingénierie système) ;
- de permettre les évolutions de la structure organisationnelle de l'entreprise pour faire face à de nouveaux enjeux. (Par exemple, passage d'une structure matricielle à une structure projet pour augmenter la performance) ;
- de mieux comprendre le fonctionnement d'une organisation ;
- d'identifier les connaissances et compétences mise en œuvre dans les processus de l'organisation ;
- etc.

Pour résumer, indépendamment des méthodes, outils et objectifs visés, une modélisation d'entreprise permet de créer une vision commune et partageable de l'ensemble des activités et processus qui composent une entreprise. Ces modèles peuvent être utilisés dans le domaine de la simulation, de l'aide à la décision ou comme outil support au travail quotidien. Ils sont notamment le point de départ à la mise en œuvre d'actions d'amélioration des performances. Ainsi, les méthodes de modélisation diffèrent selon le point de vue qu'elles ciblent (opérant/information/décision) ou selon leurs objectifs (audit/ analyse/ conception).

II.2 Les méthodes de modélisation d'entreprise

Une Méthode de Modélisation d'Entreprise **(**MME) doit pouvoir décrire les aspects statiques, dynamiques et fonctionnels, ainsi que la formalisation des savoirs et savoir-faire d'une organisation, considérée comme un système. Plusieurs définitions d'une MME existent. Nous garderons ici celle proposée par Vernadat [Vernadat 1996]:

Définition : Une MME fournit la description de l'organisation des processus d'un système soit dans le but de les simuler pour comparer divers scénarios, soit dans le but de les analyser et de les restructurer pour améliorer la performance du système.

La diversité des domaines d'application et des concepts que les méthodes de modélisation d'entreprise peuvent absorber a fortement contribué au développement accéléré d'une multitude de méthodes de modélisation, pour arriver à la création, selon Vernadat [Vernadat 2002b], d'une véritable *« tour de Babel »* autour de ces notions. Afin d'apporter plus de visibilité, ces méthodes peuvent être classées en fonction des concepts qui sont à leurs origines. On peut distinguer ainsi au moins quatre grands courants [Ulmer 2011; Pépiot 2005] :

- Les méthodes fonctionnelles et dynamiques,
- Les méthodes systémiques ou organisationnelles,
- Les méthodes orientées objet,
- Les méthodes kénétiques.

II.2.1 Les méthodes fonctionnelles et dynamiques

Les méthodes fonctionnelles sont basées sur le principe de décomposition descendante de l'organisation étudiée. Elles incluent notamment toutes les approches d'analyse fonctionnelle. Ainsi chaque fonction est décomposée de façon hiérarchique jusqu'à obtenir un niveau de décomposition suffisant pour être facilement appréhendée.

Parmi ces méthodes, on peut citer la suite de méthodes IDEF (Integrated computer aided manufacturing DEFinition language) [Vernadat 1996] qui se composent de quinze méthodes (IDEF0 à IDEF14). Elles permettent de décrire les processus et plus généralement l'architecture des systèmes étudiés. La méthode la plus connue est l'IDEF0 qui est basée sur la méthode SADT (Structured Analysis and Design Technique) [Lissandre 1991]. L'objectif de ces deux méthodes est similaire et consiste à décrire les activités réalisées par un système selon une décomposition hiérarchique et séquentielle des activités et de leurs relations. C'est un langage cohérent et simple qui associe formalismes graphiques et textes normés. Il peut s'appliquer à de nombreux domaines, de la description de processus support à la description d'un système informatique en passant par la spécification d'un automate.

On trouve aussi des méthodes qui s'intéressent à la dimension dynamique de la description d'un système comme par exemple les réseaux de Pétri [Brams 1984]. Ce sont des outils graphiques et mathématiques permettant de modéliser et de vérifier le comportement dynamique des systèmes à événements discrets. Là aussi, le champ d'application est vaste car tout système est, par nature, dynamique et peut être donc modélisé partiellement par l'intermédiaire de ces méthodes.

Les méthodes fonctionnelles sont simples à utiliser car elles procèdent selon une démarche de résolution de problème et mettent en œuvre des formalismes simples. Leur principal inconvénient est qu'elles considèrent les systèmes qu'elles analysent sous un aspect fonctionnel et séquentiel, sans tenir compte des autres aspects tels que la modularité, la concomitance ou la structure de contrôle (exception faite sur ce dernier point pour les réseaux de Pétri). Cela conduit généralement à un manque de cohérence et de flexibilité de ces méthodes.

Pour traiter ces aspects, une deuxième génération de MME a donc vu le jour sous l'impulsion de la théorie systémique.

II.2.2 Les méthodes systémiques

Les méthodes systémiques sont dans la lignée de la théorie systémique de Le Moigne [Le Moigne 1999]. Dans ces méthodes, un système est décrit d'un point de vue global, en prenant en compte les différentes interactions entre ses constituants. Ces liens permettent de prendre en compte la dynamique interne et externe du système, ce qui donne une vue d'ensemble de la structure et du comportement global de ce dernier.

Donnadieu et al. [Donnadieu et al. 2003] ont résumé l'approche systémique comme une boite à outils intellectuels, mieux adaptés que les concepts de la logique cartésienne pour penser la complexité organisée telle qu'on la rencontre dans les grands systèmes biologiques, économiques, technologiques et sociaux. Les méthodes systémiques sont donc bien adaptées à des besoins de modélisation d'entreprise.

Parmi ces méthodes, on peut citer CIMOSA (CIM Open System Architecture) [AMICE 1995; Berio & Vernadat 1999], qui est une architecture normative destinées à favoriser l'évolution des entreprises manufacturières vers une production intégralement informatisée. Son cadre de

modélisation se traduit par le « Cube CIMOSA » qui permet de décrire une organisation selon trois axes : l'axe des vues, l'axe des modèles et l'axe de généricité. L'axe des vues définit quatre vues essentielles de modélisation (Fonctions/ Informations / Ressources / Organisation) qui permettent d'accéder au modèle en privilégiant un aspect par rapport aux autres. Cela permet notamment de gérer la complexité du modèle. L'axe des modèles permet de modéliser l'objet d'étude selon trois niveaux de modélisation : un niveau de définition des besoins, débouchant sur le cahier des charges de l'utilisateur, un niveau des spécifications de conception, permettant de spécifier et d'analyser les solutions pouvant répondre aux besoin, et un niveau de description de l'implantation décrivant précisément la solution retenue. Finalement, l'axe de généricité permet, au travers de trois niveaux (générique, partiel et particulier) de passer d'un niveau de modélisation générique et normé à un niveau adapté aux besoins spécifiques de modélisation à chaque organisation.

On trouve ensuite la méthode GRAI (Graphe de Résultats et Activités Inter-reliées) [Doumeingts et al. 1992] qui est une méthode de modélisation et d'analyse des systèmes de décision des entreprises. Cette méthode emprunte aux méthodes fonctionnelles le principe de décomposition descendante tout en gardant une vue systémique de l'organisation. La méthode sépare les activités d'information, les activités de décision et les activités physiques. Elle est ainsi particulièrement adaptée pour l'étude des systèmes décisionnels, qu'elle détaille selon un principe de décomposition, mais elle est peu orientée vers l'analyse de flux physiques.

De son coté, PERA (Purdue Enterprise Reference Architecture) [Williams 1994] est une méthode d'ingénierie des environnements industriels basée sur une architecture en cinq phases :

- une phase de conceptualisation qui permet d'identifier le périmètre de l'étude ainsi que la description des missions, de la vision et des valeurs de l'entreprise.
- une phase de définition qui permet de spécifier les besoin, les macros fonctions, les tâches, nécessaires ainsi que leurs interrelations.
- une phase de conception, qui se décompose en une conception fonctionnelle pour définir l'architecture générale du système puis en une conception détaillée afin de décrire dans le détail les éléments identifiés dans la conception fonctionnelle.
- une phase d'installation et de construction qui consiste à mettre en œuvre les éléments conçus dans les phases amont et à les tester.
- une phase opérationnelle qui consiste à suivre et à maintenir le système opérationnel dans son environnement final.

Contrairement à GRAI, cette méthode est donc beaucoup plus orientée vers l'analyse et la mise en œuvre d'actions au niveau des flux physiques.

Pour finir avec les méthodes systémiques, les approches de conception de systèmes d'information ont donné naissance à de nombreux concepts et méthodes qui s'appliquent à la modélisation d'entreprise. Ainsi, MERISE (Méthode d'Etude et de Réalisation Informatique pour les Systèmes d'Entreprise) [Tardieu et al. 1985] est une méthode qui s'inspire de méthodes de conception de bases de données, de programmation, d'analyse modulaire des systèmes et de gestion de projet pour fournir une méthode, des outils et des normes pour concevoir des systèmes d'informations. L'avantage de la méthode est qu'elle fournit une description d'un système en utilisant un formalisme simple et rigoureux : le modèle entité-relation. De plus elle propose un découpage du cycle de développement en quatre étapes : études préliminaire, étude détaillée, réalisation et mise en œuvre. Ce cycle est repris et normalisé par l'AFNOR (NFZ65-130).

Les méthodes systémiques sont donc des méthodes bien adaptées à la modélisation d'entreprise car elles permettent d'appréhender la complexité liée à ces systèmes. Cependant, ces méthodes trouvent parfois leurs limites dans la cohérence entre les différents modèles et/ou phases, notamment lorsque l'on arrive sur des systèmes de systèmes. Afin de répondre à ces enjeux de cohérence, une troisième génération de MME orientées objet a vu le jour dans les années 90.

II.2.3 Les méthodes orientées objet

Les méthodes orientées objet sont issus d'une évolution des méthodes systémiques, et s'appuient sur des concepts issus de la programmation orientée objet [Budd 1991]. Leur apport en termes de modélisation est de permettre une plus grande modularité des composants d'un système en décrivant, aux travers des objets, une grande partie de la dynamique du système. A travers le concept d'objet, le lien entre un modèle et son éventuel système informatique est de plus favorisé. Cela ouvre le champ des possibles en termes de mise en œuvre d'actions opérationnelles suite à la modélisation.

Parmi ces méthodes, la plus connue est, et reste surement, la méthode UML (Unified Modeling Language) [Rumbaugh et al. 1999] qui résulte de la fusion de précédentes méthodes de modélisation objet (OMT [Rumbaugh et al. 1991], OOD [Booch 1991]). UML est un langage de modélisation principalement dédié aux systèmes d'information mais largement applicable. Cependant, UML peut parfois être considérée comme étant trop large et trop orienté vers des applications informatiques pour fournir une modélisation efficace d'une entreprise. Pour répondre à cela, et aussi pour fournir un cadre d'échange général entre les MME existantes, notamment les méthodes systémiques, François Vernadat a proposé la méthode UEML (Unified Enterprise Modelling Language) [Vernadat 2002b]. UEML est un langage spécialisé, dédié à la modélisation d'entreprise en tant que telle, et dont la construction est basée sur des concepts qui sont familiers pour des acteurs industriels (processus, activités, ressources, événement, etc.). De par leur proximité, UML peut être utilisée pour spécifier les différents constituants d'UEML.

Finalement, pour terminer avec les approches objet, nous citons ici la méthode UECML proposée par Pépiot et al. [Pépiot et al. 2007] comme une adaptation de la méthode UEML qui prend en compte la notion de compétence au sein des organisations. L'objectif de cette méthode est donc de remettre la compétence au cœur de son contexte organisationnel et de pouvoir modéliser les interactions de la compétence avec les autres éléments constituants une organisation.

Issues des méthodes systémiques, les méthodes orientées objet sont donc bien adaptées elles aussi à la modélisation d'entreprise. De par les liens avec le domaine de la programmation objet, ces méthodes fournissent des modèles qui peuvent être plus facilement instanciés dans des applications informatiques et qui assurent une bonne cohérence entre les différents modèles nécessaires pour modéliser complètement une organisation. Cependant, cette perception du monde réel en termes d'objets défini aussi leur limite car elles peuvent ainsi paraitre un peu artificielles et éloignées des préoccupations opérationnelles pour les utilisateurs finaux. De plus, l'aspect fonctionnel que l'on retrouve dans les processus opérationnel est peu décrit avec ces méthodes, tout du moins pas de façon facilement interprétable par un utilisateur final. Cette notion d'utilisateur nous amène à considérer une dernière catégorie de MME qui vise à proposer des méthodes plus proches des processus opérationnels des organisations.

II.2.4 Les méthodes kénétiques

Les approches kénétiques [Wooldridge 1999; Ferber 1995] issues de l'Intelligence Artificielle ont pour objectif de permettre de modéliser les entreprises en vue de concevoir de nouveaux types de systèmes informatiques qui reposent sur des applications autonomes et distribuées. Cela permet

d'apporter une souplesse et une capacité d'adaptation à ces systèmes en fonction des évolutions organisationnelles de l'entreprise. Les enjeux sont multiples, mais on peut citer deux grands axes d'intérêt :

- le premier étant de pouvoir identifier, formaliser et ensuite simuler le comportement des organisations, afin de pouvoir anticiper les impacts organisationnels d'actions à mettre en œuvre.
- le second est de pouvoir fournir des systèmes intelligents capables de supporter les acteurs de l'organisation dans leurs tâches quotidiennes tout en s'adaptant aux évolutions organisationnelles.

Tout comme les méthodes orientées objets, les méthodes kénétiques empruntent beaucoup aux méthodes systémiques. En effet, elles reposent sur des agents autonomes qui possèdent une connaissance, ou tout du moins une compréhension, de l'environnement dans lequel ils évoluent. Cela demande de pouvoir décrire cet environnement d'un point de vue global, en prenant en compte les différentes interactions entre ses constituants.

Les méthodes kénétiques sont ainsi bien adaptées au traitement de problématiques de gestion d'éléments dynamiques et distribués dans les organisations, tout en étant orientées vers la mise en œuvre d'outils informatiques. Par rapport aux méthodes orientées objet, elles apparaissent plus proches du monde réel qu'elles modélisent, car elles permettent de décrire une véritable transposition virtuelle des organisations auxquelles elles sont reliées. Cette représentation est d'une part plus facile à appréhender par les utilisateurs finaux, et d'autre part, orientée action (un agent agit). On retrouve plusieurs méthodes avec des objectifs variés dans le champ des méthodes kénétiques, mais leurs structures générales les rendent dans tous les cas bien adaptées pour traiter des problématiques de gestion des connaissances et des compétences.

La multiplicité des MME, couplée à des besoins industriels forts, ont amené les différents acteurs de ce domaine à se poser la question de la rationalisation et du caractère opératoire de ces méthodes. Cela a débouché sur la proposition de langages de modélisation unifiés comme UEML [Vernadat 2002b] mais a aussi conduit à l'émergence de cadres d'architecture d'entreprise.

II.3 Les cadres d'architecture d'entreprise

La complexité grandissante des environnements de conception ainsi que des produits et systèmes proposés par les entreprises a fait émerger des besoins de cadres communs de collaboration permettant de faire le lien entre les activités opérationnelles de l'entreprise et sa finalité (ses missions et objectifs stratégiques). Cette section aborde donc la notion d'architecture d'entreprise et propose une description des principaux cadres d'architecture.

II.3.1 Qu'est-ce qu'une architecture d'entreprise ?

L'architecture d'une entreprise correspond à l'organisation des différentes entités de cette entreprise lui permettant de répondre à sa finalité. Ce terme est normé et répond à la définition suivante :

Définition : L'architecture est *« l'organisation fondamentale d'un système, incorporée dans ses composants, leurs rapports entre eux et l'environnement, et les principes régissant sa conception et son évolution»* [ANSI/IEEE Std-1471- 2000].

Cette première définition de l'architecture conduit à la définition suivante de l'architecture d'entreprise :

Définition : L'architecture d'entreprise est « *la logique structurante pour les processus métiers et l'infrastructure informatique, reflétant les exigences d'intégration et de standardisation du modèle opératoire de l'entreprise. Elle fournit une vision à long terme des processus, des systèmes et des technologies de l'entreprise, afin que les projets individuels puissent construire des capacités et non pas simplement répondre à des besoins immédiats* » [Ross, J. W., Weill, P., & Robertson 2006].

Ainsi l'architecture d'entreprise offre une représentation des connaissances d'une entreprise et la manière dont elles sont supportées [Zachman 1987]. Cette représentation doit prendre en compte :

- La gouvernance,
- L'organisation,
- Les processus métiers,
- La production technique,
- L'exploitation informatique.

Cependant, la prise en compte n'implique pas la responsabilité. Il ne s'agit pas de savoir si l'architecture d'entreprise participe ou non à la définition de la stratégie de l'entreprise. Il s'agit de faire en sorte qu'elle puisse prendre en compte des éléments issus de la stratégie de l'entreprise dans son cadre d'action [CIGREF 2008].

II.3.2 Différents cadres d'architecture d'entreprise

Il n'existe pas de démarche d'architecture d'entreprise sans cadre d'architecture. Un cadre d'architecture d'entreprise, aussi appelé « framework », est une trame, un espace de langage commun, de coordination et de collaboration pour les acteurs, à partir duquel chaque entreprise bâtit sa démarche de façon itérative.

Un bon cadre constitue le guide d'une démarche d'architecture d'entreprise. Ce n'est pas lui qui décide de la destination ni de comment l'atteindre, mais il constitue une aide précieuse pour établir un itinéraire et rester dans la bonne direction. Il permet notamment de présenter les différents points de vue de l'entreprise (point de vue métier, point de vue organisationnel, point de vue des systèmes, point de vue technique, etc.) et ainsi d'évaluer les impacts des différents axes stratégiques définis par l'entreprise [Simonin 2009]. Cependant, les cadres d'architecture d'entreprise sont, très, voire trop, nombreux [Schekkerman 2003]. En effet, tout comme pour les MME, en fonction de l'objectif de modélisation, et notamment des points de vue abordés, plusieurs cadres d'architecture peuvent être considérés. Plusieurs cadres d'architecture d'entreprise sont directement inspirés du cadre de référence de Zachman [Zachman 1987]. Pour les besoins de ces travaux de recherche, ne sont présentés ici que les plus importants d'entre eux, à savoir le cadre Zachman [Zachman 1987], le Togaf [Haren 2011] et le DoDaf [Departement of Defense 2007], dont les définitions seront données par la suite.

Le cadre de Zachman vise à développer une vision « holistique » de l'entreprise, de son organisation et de son système d'informations en organisant sa description sous 36 facettes identifiées dans une matrice 6 x 6. La Figure 3 présente une version simplifiée de ce cadre.

	DATA *What*	FUNCTION *How*	NETWORK *Where*	PEOPLE *Who*	TIME *When*	MOTIVATION *Why*
Objective/Scope (contextual) *Role: Planner*	List of things important in the business	List of Business Processes	List of Business Locations	List of important Organizations	List of Events	List of Business Goal & Strategies
Enterprise Model (conceptual) *Role: Owner*	Conceptual Data/ Object Model	Business Process Model	Business Logistics System	Work Flow Model	Master Schedule	Business Plan
System Model (logical) *Role:Designer*	Logical Data Model	System Architecture Model	Distributed Systems Architecture	Human Interface Architecture	Processing Structure	Business Rule Model
Technology Model (physical) *Role:Builder*	Physical Data/Class Model	Technology Design Model	Technology Architecture	Presentation Architecture	Control Structure	Rule Design
Detailed Reprentation (out of context) *Role: Programmer*	Data Definition	Program	Network Architecture	Security Architecture	Timing Definition	Rule Speculation
Functioning Enterprise *Role: User*	Usable Data	Working Function	Usable Network	Functioning Organization	Implemented Schedule	Working Strategy

Figure 3 : Cadre de référence de Zachman (version simplifiée)

Un certain nombre de règles régissent les liens entre les différentes facettes. Le résultat est une documentation conceptuelle extensive et modulaire. Depuis sa première version proposée en 1987, ce cadre a été appliqué sur des environnements différents qui ont contribué à son évolution et qui permettent aujourd'hui de montrer sa pertinence opérationnelle. Il permet notamment d'aider à gérer le changement, de réduire le « time to market », d'améliorer la disponibilité de la documentation de l'entreprise et de diminuer les délais et coûts de développement en maximisant la réutilisation de modèles métiers [Tamm et al. 2011]. Cependant, les retours d'expérience associés aux différentes mises en œuvre du cadre ont en particulier montré le manque d'intégration des différentes vues, le manque de processus méthodologiques pour guider la démarche, ainsi que l'absence de définition formelle et le manque de dynamique [Khoury & Simoff 2004; Lankhorst 2004; Salinesi & Thevenet 2008].

Le TOGAF (The Open Group Architecture Framework), dont la dernière version date de 2011 [Haren 2011], a été proposé par l'Open Group en 1995 pour permettre aux utilisateurs d'implémenter des solutions ouvertes, à coûts réduits, ainsi que de simplifier les processus associés à la conception, à la planification, à l'acquisition et à l'intégration des systèmes ouverts. Ce cadre doit aussi aider les directions des systèmes d'informations à mieux communiquer leurs buts et stratégies aux décideurs. Il propose ainsi une méthode de conception d'architecture d'entreprise comprenant un ensemble d'outils de conception ainsi qu'un environnement d'architecture. La méthode est fondée sur la gestion des exigences au niveau de l'entreprise. Ces exigences sont déduites des objectifs et des orientations métier de l'entreprise. L'architecture de chaque point de vue, conçue à partir de ces exigences, se focalise sur le métier de l'entreprise et le système d'informations. Le TOGAF englobe de plus la définition des technologies qui répondent le mieux aux exigences de l'entreprise. Ces technologies composent alors l'infrastructure du système d'informations Le TOGAF n'impose pas de langage de modélisation spécifique. Cependant, il insiste sur la nécessité de gérer l'alignement entre les divers modèles développés. La gestion par les exigences, l'ensemble des outils de conception

proposés, et le fait qu'il n'y ait pas de langage de modélisation obligatoire, confèrent tout son intérêt et son adaptabilité à ce cadre d'architecture. Cependant là aussi, différents retours d'expérience ont soulevé des difficultés concernant le manque d'intégration (comme pour le cadre Zachman), ainsi que de supports pour guider l'alignement avec la stratégie de l'entreprise.

Le dernier cadre présenté ici est le DoDAF (Department of Defense Architecture Framework) [Departement of Defense 2007]. C'est un cadre d'architecture d'entreprise proposé par le département de la défense des Etats-Unis. Il est centré autour de la préconisation d'architectures orientées services et web services. De ce fait, il permet d'assurer l'interopérabilité des grands systèmes informatiques de la défense américaine. Il repose sur trois points de vue différents :

- Un point de vue organisationnel présentant les échanges entre les différents acteurs,
- Un point de vue système présentant les échanges entre les systèmes,
- Un point de vue technique présentant les technologies préconisées.

Ce cadre de l'architecture est particulièrement adapté aux grands systèmes avec les problèmes d'intégration et d'interopérabilité complexes. Comme pour le TOGAF, DoDAF est un cadre qui prescrit la conception d'éléments de haut niveau, mais laisse ouverte la forme dans laquelle les points de vue sont exprimés. Cependant, ce cadre présente des limites dans la description de concepts tels que les moyens des systèmes de systèmes, la formation, l'organisation, le leadership et les installations [Dryer et al. 2007].

Ces différents cadres d'architecture proposent donc un contexte, des méthodes et des outils de modélisation d'entreprise reflétant les exigences d'intégration et de standardisation des modèles. Cependant, comme nous l'avons souligné lors de leur brève description, ils ont aussi des limitations notamment dans les liens entre les différents modèles qui les composent. De plus, même si ces cadres offrent une représentation des connaissances d'une entreprise et la manière dont elles sont supportées [Zachman 1987], les connaissances et les compétences des acteurs sont peu, voire pas abordées par ces cadres de modélisation.

II.4 La nécessité de prise en compte des connaissances et compétences

De façon générale la modélisation d'entreprise permet de décrire de façon formelle le comportement des organisations ainsi que d'expliciter le savoir et savoir-faire de l'entreprise [Touzi et al. 2009; Vernadat 2002a]. Aussi, les méthodes évoquées précédemment ne sont pas antagonistes mais peuvent être associées en vue de décrire les organisations selon des points de vue et des objectifs différents. 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 conception et le processus ayant permis d'atteindre cet état. Pour ce faire, il est important de conserver la trace des connaissances relatives au produit de conception et leurs évolutions, mais aussi de pouvoir identifier les connaissances et compétences requises pour le bon déroulement des différentes activités de conception. Il faut donc assurer que la modélisation d'entreprise permette de capturer le contexte d'utilisation et de création des connaissances et compétences de l'organisation [Moradi 2009].

Les différentes MME et les cadres d'architecture d'entreprise fournissent aujourd'hui des modélisations permettant d'expliciter ces éléments. Cependant, les méthodes proposées considèrent encore peu la connaissance et la compétence comme des concepts à modéliser en tant que tels. Le modèle UECML [Pépiot et al. 2007] est celui qui aujourd'hui investigue le plus cet aspect, pour le concept de compétence tout du moins. Les connaissances et les compétences sont donc des éléments

déduits des modélisations d'entreprise. Or les traiter sous cet angle ne permet pas de bien prendre en compte tous les mécanismes qui leur sont liés. En effet, pour permettre à une organisation de mettre en place des actions d'amélioration qui vont avoir un impact sur sa performance de manière globale, il faut que les MME puissent mettre en valeur les mécanismes qui permettent d'identifier, stocker, gérer, exploiter, transformer et réutiliser des connaissances, mais aussi qui permettent d'identifier comment mettre en œuvre, partager et acquérir des compétences. Cela passe par la prise en compte de ces concepts dans la structure générale des MME.

Ce dernier point soulève des questions quant à la nature de la connaissance et de la compétence. Notamment, pour savoir comment ces deux éléments peuvent être considérés au niveau d'une modélisation d'entreprise. Afin de répondre à ces interrogations, la section suivante propose de passer en revue les principaux concepts et caractéristiques associés à la connaissance et à la compétence.

III. Connaissance et compétence : concepts et caractéristiques

Les concepts de connaissance et de compétence font tous deux l'objet de nombreuses définitions à travers la littérature. L'un et l'autre sont largement discutés et traités par différents courants scientifiques, par exemple, dans les sciences de modélisation d'entreprise, les sciences cognitives, les sciences de l'informatique et de l'intelligence artificielle, les sciences sociales et bien d'autres. De par la multiplicité de ces approches, on retrouve plusieurs définitions, associations et utilisations de ces deux concepts. Cela engendre une ambiguïté sémantique et donc un manque d'appropriation de ces éléments par les organisations qui, elles, cherchent des éléments stables sur lesquels elles peuvent fonder leurs activités et leurs décisions.

Notre objectif, dans cette partie, est d'aborder différentes définitions et caractéristiques des concepts de connaissance et de compétence pour en tirer des lignes directrices communes qui nous serviront par la suite dans la proposition d'une modélisation organisationnelle.

III.1 Connaissance et gestion des connaissances : caractéristiques

La connaissance peut être considérée comme une ressource clé qui peut être capitalisée, partagée et enrichie à travers une organisation [Grant 1996]. En cela il est important de définir ce que l'on entend par le terme connaissance et comment on peut arriver à gérer cette « ressource ».

La connaissance fait l'objet de nombreuses définitions à travers les différents courants scientifiques qui l'étudient. Pour certains, elle est un ensemble d'informations organisées servant à la résolution de problèmes [Woolf 1990; Turban 1992; Levett & Guenov 2000]. Pour d'autres, elle est plus un ensemble de croyances, de vérités et de représentations mentales [Fuller 2002; Spek & Spijkervet 1997]. Enfin, pour d'autres, il s'agit d'un capital intellectuel dont dispose une entreprise pour mener à bien ses activités [J. L. Ermine et al. 1996; Baizet 2004]. Elle est généralement vue comme un ensemble d'informations qui amènent un sens précis dans un contexte particulier. Par conséquent, on peut considérer que la connaissance est construite à base d'informations et est transformée et enrichie par l'expérience personnelle [Bender & Fish 2000]. Plus que cela, la connaissance implique une réappropriation cognitive d'informations par un individu. Elle correspond donc à une représentation qui fait sens pour l'individu. De ce fait une connaissance est le fruit d'une suite d'interprétations des informations reçues par un individu en fonction de ses croyances générales (paradigme), de son milieu socioprofessionnel, de ses expériences, et de ses intentions [Prax 2012; Grundstein 2005]. Le partage de connaissances implique donc que les différents acteurs (celui qui

transmet et celui qui apprend une connaissance), partagent un référentiel commun ou une unité d'action commune, pour que le partage ait lieu.

Plutôt que de proposer une nouvelle définition de la connaissance dans ce champ sémantique déjà largement investigué, nous proposons plutôt de nous appuyer sur les définitions préalablement identifiées pour en tirer la description synthétique suivante :

Définition : La connaissance est une représentation que se (re-)construit un individu à partir d'un ensemble d'informations dans un contexte donné.

De nombreux travaux, avec différentes approches, se sont intéressés à caractériser la connaissance en différentes catégories : tacites vs. explicites [Nonaka & Takeuchi 1995], descriptives vs. procédurales [Holsapple & Whinston 1996], locales vs. globales [Novins & Armstrong 1998] et déclaratives vs. procédurales [Minsky 1975]. Certains auteurs en reviennent mêmes aux cinq vertus de la pensée présentées par Aristote dans « Éthique à Nicomaque » pour caractériser cinq niveaux de connaissance [Nonaka et al. 2007; Schwartz 2011]:

Epistémé : La connaissance factuelle ou scientifique
Téchné : La connaissance orientée action et savoir-faire technique
Phrónésis : La connaissance de soi ou la sagesse pratique basée sur l'expérience
Noûs : L'intuition
Sophía : La connaissance théorique des vérités universelles ou premiers principes

Ainsi, ces différentes catégories à plusieurs niveaux contribuent aussi à donner un champ sémantique large au concept de connaissance. Cependant, malgré ces différences de conceptualisation, ces définitions et catégorisations amènent des éléments communs qui contribuent à caractériser le concept de connaissance :

- La connaissance est difficile à mesurer.
- La connaissance est volatile.
- La connaissance n'est pas consommée. D'une certaine manière, elle augmente, s'enrichit et se transforme lors de son utilisation.
- La connaissance est, portée par les acteurs.
- La connaissance peut être utilisée dans divers endroits en même temps.

Ces éléments montrent qu'il serait réducteur de considérer la connaissance comme un simple objet que l'on peut stocker et mettre sous contrôle. Au contraire, sa dimension organisationnelle en fait un actif intangible de l'organisation qu'il faut diffuser, développer et gérer.

Afin de pouvoir impacter durablement la performance des acteurs d'une organisation, il faut considérer un second élément dans le champ d'investigation : la compétence. En effet, considérer la compétence et identifier comment ce concept est défini, caractérisé et mis en œuvre au sein des organisations permet de mettre en exergue les synergies entre connaissance et compétence et de traiter leur prise en compte de manière systémique.

III.2 Compétence et gestion des compétences : caractéristiques

La compétence est aussi considérée comme une ressource clé pour une organisation. En ce sens, elle a fait, elle aussi, l'objet de nombreux travaux. Ainsi Paradeise et Lichtenberger [Paradeise & Lichtenberger 2001] constatent que la compétence se définit selon la visée opératoire de l'auteur qui

l'emploie. Chacun la définit dans le sens qui lui est propre, du cadre opérationnel au responsable de ressources humaines, en passant par le formateur.

Pour certains, la compétence est un ensemble de caractéristiques personnelles (connaissances, savoir-faire, savoir-être) qui sont relativement stables à travers différentes situations [Ley & Albert 2003], et qui forment une intelligence pratique des situations [Zarifian 2001]. La compétence peut ainsi être considérée comme l'intégration et la coordination d'un ensemble d'aptitudes [Torkkeli & Tuominen 2002], qui peuvent elles-mêmes se combiner ou se recombiner [Denford 2013]. La notion d'aptitude fait, ici, référence à la capacité d'un individu (ou d'une entreprise) à mobiliser ses ressources.

Pour d'autres, la compétence est plus qu'un ensemble d'aptitudes personnelles, elle est une construction, une disposition à agir, voire un processus, qui découle de la combinaison des ressources cognitives d'un individu et du réseau de ressources présentes dans l'environnement. Elle permet de mener à bien des missions complexes dans des conditions de travail données : le poste de travail, un rôle déterminé, une mission spécifique. Ainsi la compétence se réalise dans l'action [Grundstein 2004; Lévy-Leboyer 2009; LeBoterf 2002].

Enfin pour d'autres, la compétence est certes une mobilisation d'éléments et d'aptitudes hétérogènes, mais elle permet d'aboutir à une performance reconnue, dans un environnement donné et dans le cadre d'une activité spécifique [Boyatzis 1982; Spencer & Spencer 1993; Bonjour et al. 2002]. La compétence est donc vue ici comme un levier à part entière de la performance d'une organisation en permettant notamment de fournir un support à la prise de décision par son intégration dans des systèmes d'information ou des systèmes d'aide à la décision [Boucher et al. 2007].

Sur la base de ces travaux, nous proposons de garder une vue synthétique et opérationnelle de la compétence dans ces travaux de recherche en reprenant la définition donnée par le MEDEF [MEDEF 2002]:

Définition : La compétence est une combinaison de connaissances, savoir-faire, expériences et comportements s'exerçant dans un contexte précis. Elle se constate lors de sa mise en œuvre en situation professionnelle à partir de laquelle elle peut être validée.

A travers les quelques axes de conceptualisation de la compétence abordé ici, nous pouvons identifier différentes définitions et portées opérationnelles de la compétence. Cependant, ces différents axes amènent aussi des éléments communs qui contribuent à caractériser le concept de compétence [Belkadi et al. 2007]:

- La compétence est intrinsèquement liée à un acteur.
- La compétence s'exprime dans une situation de travail donnée.
- La compétence est une combinaison dynamique de ressources cognitives et de ressources de l'environnement de travail.
- La compétence est considérée comme une disposition à agir.

Lorsque l'on parle de la compétence, plusieurs catégories de compétence peuvent être identifiées. Les catégories communément admises par les différents courants de recherche sont les suivantes [Boucher et al. 2007; Hinds et al. 2001; Le Boterf 2002]:

- La compétence **individuelle**. Dans ce cas précis on s'intéresse à la compétence relative à une personne identifiée.
- La compétence **collective**. Elle correspond à la compétence qui émerge au niveau d'un groupe de personne. Elle se distingue de la première par le fait qu'un groupe composé

d'un ensemble d'acteurs ayant des compétences individuelles confirmées n'est pas forcément dotée d'une compétence collective.

- La compétence **organisationnelle**. Cette dernière traduit la capacité organisationnelle d'une entreprise, c'est-à-dire sa capacité à s'adapter à des changements.

En plus de cette distinction de niveau de compétence, on trouve aussi une distinction faite par rapport à l'application de la compétence, avec notamment deux grandes catégories dont la première fait l'objet de nombreux travaux de recherches [Jokinen 2005; Lobel 1990; Battilana et al. 2010; Müller & Turner 2010; Boyatzis 1982] : les **compétences de leadership** et les **compétences techniques**. Les compétences de leadership sont, selon Boyatzis, la caractérisation visible de la conscience de soi, de l'auto-gestion, de la conscience sociale et des compétences sociales [Boyatzis 1982]. Ces compétences comportementales nécessitent ainsi des outils de développement et d'évaluation spécifiques. De leur coté, les compétences dites techniques englobent toutes les autres compétences que l'on peut acquérir développer et évaluer dans des situations professionnelles.

Tout comme pour la connaissance, ces éléments nous montrent qu'il serait réducteur de considérer la compétence comme un simple objet. Sa dimension organisationnelle en fait un actif intangible de l'organisation qu'il faut développer et gérer.

III.3 Synthèse

La connaissance et la compétence sont deux éléments qui font l'objet de nombreuses définitions, associations et utilisations à travers les organisations. Ces ambiguïtés sémantiques et le caractère intangible de ces deux éléments font qu'ils souffrent bien souvent d'un manque d'appropriation correcte par les organisations.

Plus récemment, d'autres cadres théoriques se sont développés autour des notions de connaissances et de compétences, intégrant des approches dynamiques, cognitives et systémiques [Prévot et al. 2010]. Ces travaux montrent l'importance de l'acquisition des connaissances et des compétences pour accroître la capacité d'adaptation des organisations face aux changements d'environnements, mais également l'impossibilité d'envisager les connaissances et les compétences indépendamment des situations professionnelles où elles sont mises en œuvre, y compris celles qui concernent les relations avec d'autres organisations.

Partant de ces différents constats et caractéristiques, l'identification et la formalisation des connaissances et des compétences dans le but de mettre en œuvre des approches de gestion, apparaissent comme des contributeurs indéniables de la performance d'une organisation. Nous présentons donc dans la section suivante de présenter différentes approches de gestion des connaissances et des compétences afin de pouvoir situer par la suite nos contributions.

IV. Les approches de gestion des connaissances et de gestion des compétences

Comme identifié précédemment, il est réducteur de considérer la connaissance et la compétence comme de simples objets. Leur dimension organisationnelle en fait des actifs intangibles de l'organisation qu'il faut développer et gérer. A ce titre, nous présentons dans le début de cette section, des approches de gestion des connaissances puis dans un second temps des approches de gestion des compétences.

IV.1 Les approches de gestion des connaissances

La gestion des connaissances est reconnue comme un facteur de compétitivité dans les entreprises. « *Créer, capitaliser et partager son capital de connaissance est une préoccupation de toute organisation performante* » [Ermine 2000]. 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 le concept de l'entreprise apprenante, Nonaka et Takeuchi [Nonaka & Takeuchi 1995] expliquent que la gestion des connaissances est un processus qui amplifie la création des 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. L'objectif de la gestion des connaissances, selon Grundstein [Grundstein 2004], est de manager *« des activités et des processus destinés à amplifier l'utilisation et la création des connaissances au sein d'une organisation selon deux finalités complémentaires fortement imbriquées : une finalité patrimoniale et une finalité d'innovation durable; finalités sous-tendues par leurs dimensions économiques et stratégiques, organisationnelles, socioculturelles et technologiques»*. Pour ces travaux de recherche, nous résumons la définition de la gestion des connaissances comme suit :

Définition : La gestion des connaissances regroupe toutes les méthodologies, méthodes et outils permettant de supporter le cycle de vie des connaissances, et les combiner dans les processus, produits et organisations afin de créer de la valeur.

Certains auteurs parlent de Management des connaissances et font une distinction avec la gestion des connaissances précédemment définie. Le parti pris ici est de considérer ces deux terminologies comme identiques, et faisant référence au même terme anglais de « Knowledge Management » (KM). Nous utiliserons cet acronyme bien connu par la suite.

Le KM est un domaine de recherche à part entière [Schreiber 1992; Studer et al. 1998]. Il ne s'agit pas d'une simple opération de stockage et d'archivage de données et d'informations mais plutôt d'une acquisition intelligente de différentes connaissances relatives à différents projets et acteurs. Le KM est une discipline qui comprend des processus et des techniques pour la création, la collecte, l'indexage, l'organisation, la distribution, l'accès et l'évaluation de connaissances institutionnelles. Cette discipline vise à améliorer les performances, et plus généralement l'utilisation du capital intellectuel, incluant les opportunités de réutilisation [Tsui et al. 2000].

Une étude récente [Lee & Chen 2012] sur les tendances en KM de 1995 à 2010 a souligné que (a) les recherches sur les mémoires organisationnelles et sur les modèles de KM sont passées d'un domaine sous-exploré en 1995 à un domaine de recherche clé en 2010 rencontrant ainsi un intérêt croissant ces vingt dernières années et (b) la réutilisation des connaissances est considérée en 2010 comme un domaine de recherche important mais sous-exploré et encore immature. Une mémoire organisationnelle (aussi appelée mémoire d'entreprise) vise à améliorer la prise de décisions et s'intéresse à toute forme de connaissances, utilisées par des personnes dans leurs pratiques professionnelles, que ces connaissances soient formalisées dans un système d'information ou qu'elles soient tacites [Tsui et al. 2000]. Ce type de recherche s'intéresse fortement à la formalisation et au partage des connaissances.

De façon générale, les techniques d'Intelligence Artificielle (IA) ont joué un rôle clé pour améliorer la formalisation et la réutilisation des connaissances [Tsui et al. 2000; Shen 2003; Mikos et al. 2011]. Certaines techniques d'IA sont adaptées aux approches de résolution de problèmes (par exemple, le cycle du raisonnement à partir de cas, RàPC [Bergmann et al. 2005]), à la prise de

décision distribuée (par exemple, les systèmes multi-agents [Plaza 2005], ou à la découverte de connaissances dans de grandes bases de données (par exemple, les techniques de fouilles de données ou de découverte de règles [Tsai 2013; Liu & Harding 2009]). La tendance actuelle est d'associer plusieurs techniques d'IA pour mieux couvrir et traiter l'ensemble du cycle des connaissances et mieux répondre aux divers challenges sur la gestion des connaissances.

D'un point de vue pratique, la réutilisation efficace des expériences et l'apprentissage de nouvelles leçons (lessons-learned) sont des atouts de plus en plus importants pour les entreprises et représentent de réelles sources d'avantages compétitifs dans différents domaines comme la conception des produits, la maintenance, le diagnostic, la gestion des risques, la gestion de qualité, la gestion de projets, etc. [Bonjour et al. 2014].

D'un point de vue scientifique, des modèles et des techniques ont été élaborés pour faciliter la contextualisation et la réutilisation des connaissances comme les techniques à base de cas ou à base de traces, et les systèmes de retours d'expériences ou de leçons apprises [Bergmann et al. 2005; Weber et al. 2001; Karray et al. 2014; Monticolo, Mihaita, et al. 2014; Potes Ruiz et al. 2014]. Un numéro spécial de la revue Knowledge-Based Systems, intitulé Enhancing experience reuse and learning paru en 2014 dresse un état de l'art des travaux dans ce domaine [Bonjour et al. 2014].

Il existe plusieurs méthodes et outils de gestion de la connaissance qu'on peut classifier en deux catégories [Bekhti & Matta 2003] :

- Méthodes de capitalisation de connaissances : elles utilisent des techniques d'extraction (interview d'experts, collecte de documents) et de modélisation des connaissances. On trouve des méthodes bien connues comme REX [Malvache & Prieur 1993], MKSM [J. Ermine et al. 1996], CYGMA [Serrafero 2002] ou KADS [Schreiber 1992] ainsi que des approches d'élaboration de mémoire de projet [Bekhti 2003].

- Méthodes d'extraction directe : elles visent à recueillir l'information directement à partir des traces de l'activité. On distingue des techniques de fouille de données (comme le data mining, text mining ou rule mining) et des techniques de traçabilité qui s'appuient sur des systèmes à base de traces.

Chaque type d'approche possède ses avantages et ses inconvénients. Le premier type d'approches permet d'obtenir de la connaissance riche en sémantique mais cela nécessite d'obtenir l'adhésion et la participation d'experts pour formaliser la connaissance et souvent, d'un spécialiste de la connaissance (cogniticien) pour aider à recueillir l'information ou à expliciter la connaissance. Dans le deuxième type d'approches, le processus de recueil et de capitalisation est assez transparent mais, souvent, on obtient des connaissances incomplètes ou pauvres au niveau sémantique.

IV.2 Les approches de gestion des compétences

Comme pour les connaissances, les approches de gestion des compétences visent notamment à développer la compétitivité d'une entreprise ainsi qu'à favoriser l'employabilité de ses salariés. La gestion des compétences n'est donc pas une fin en soi, mais bien un moyen qui sert les objectifs stratégiques de l'organisation, au même titre que la gestion des connaissances. En génie industriel, les travaux concernant la gestion des compétences, considèrent cette dernière comme un des éléments essentiels de la performance d'une organisation. En effet, l'entreprise est vue comme un système de production de biens et de services (sa raison d'être) et comme un système de production de connaissances et de compétences. Ainsi la compétitivité de l'entreprise se fonde sur sa capacité à

maîtriser ses processus de création de valeur, ses processus de capitalisation et de réutilisation des connaissances ainsi que ses processus de développement des compétences [Boucher & Burlat 2003].

La compétence se définit selon la visée opératoire de l'auteur qui l'emploie ; il en va de même pour les approches de gestion des compétences. Dans ces travaux, nous retenons la définition suivante :

Définition : La gestion des compétences recouvre l'ensemble des pratiques destinées à mobiliser et à développer les compétences des individus et des groupes, afin de réaliser la mission de l'entreprise et d'améliorer les performances des collaborateurs [Beirendonck 2006].

En outre, par la mobilisation et le renforcement des capacités d'action des salariés, la gestion des compétences vise à développer la compétitivité d'une entreprise ainsi que la mobilisation et l'employabilité de ses salariés [Parlier 1997].

En France, les premiers travaux de recherche sur la compétence, inscrits dans le domaine des Sciences et Techniques de la Production, concernent surtout l'intégration du concept de compétence dans la modélisation d'entreprise et dans but d'améliorer le pilotage des systèmes de production : [Boucher 1999; Boucher & Burlat 2003; Boucher et al. 2007; Harzallah 2000; Harzallah et al. 2006; Berio & Harzallah 2007; Jia 1998; Worley et al. 2002; Worley 2003; Worley et al. 2005; Houé et al. 2006; Grabot & Houe 2009; Rose et al. 2006; Bennour & Crestani 2007; Belkadi 2006].

Concernant les axes les plus intéressants pour notre positionnement, nous retenons les travaux suivants :

- Identification des compétences disponibles. Ce thème a été bien couvert, en particulier par des travaux de type managérial s'intéressant aux compétences stratégiques, susceptibles de favoriser l'avantage concurrentiel des organisations [Prahalad et al. 1990; Spencer & Spencer 1993; Meyer & Utterback 1993; Sanchez et al. 1996] ou par des travaux visant à fournir un support informatique pour le pilotage des compétences [Lucia & Lepsinger 1999; Stenlund & Hörte 1999; Walsh & Linton 2002; Ley & Albert 2003; Pépiot 2005; Berio & Harzallah 2005; Jussupova-Mariethoz & Probst 2007].
- Développement des compétences. Ce thème s'intéresse au mode de transfert des compétences et aux conditions d'émergence d'une compétence collective. Il concerne des approches sociocognitives [Vergnaud 1996; Lerch et al. 2003].
- Evaluation des compétences et intégration de ce concept dans la mesure de la performance globale de l'organisation. Cet axe s'intéresse à évaluer le rôle de la ressource humaine et l'impact des pratiques managériales de pilotage des compétences sur l'amélioration de la performance globale [Bennour & Crestani 2007; Jussupova-Mariethoz & Probst 2007; Pépiot & Cheikhrouhou 2008].

Pour présenter une vue synthétique, Boucher et al., [Boucher et al. 2007] ont proposé une classification des différents axes de pilotage des compétences (Cf. Tableau 1). Cette typologie a été structurée selon une vision systémique comportant trois vues (structurelle, fonctionnelle et dynamique) et réparties sur les trois niveaux hiérarchiques du pilotage des compétences.

	Vue structurelle	Vue fonctionnelle	Vue dynamique
Stratégique	▪ Identification des compétences clés ▪ Définition des objectifs stratégiques	▪ Déploiement de la stratégie selon les compétences collectives ▪ Pilotage des relations inter- firmes	▪ Trajectoires d'évolution des compétences en fonction des évolutions technologiques ▪ Le cycle de vie du système de pilotage
Tactique	▪ Identification des compétences ▪ Evaluation des compétences ▪ Analyse des forces et des faiblesses dans les processus de l'organisation	▪ Team building, ▪ Allocation des compétences ▪ Simulation des processus à base de compétences ▪ Sélection de partenaires dans les organisations distribuées	▪ Anticipation des évolutions du système des compétences ▪ Définition des plans d'action pour le développement des compétences
Opérationnel	▪ Vision locale sur les performances ▪ Analyse des aspects psychologiques et des mécanismes sociaux : autonomie, réactivité, …		▪ Apprentissage dans l'action ▪ Formation

Tableau 1: Typologie des axes de pilotage des compétences [Boucher et al. 2007]

Dans ce qui suit, nous présentons certains travaux de recherche dédiés à l'aide au pilotage des compétences. Nous les avons structurés de la façon suivante :

- Valorisation et identification des compétences clés

La valorisation des compétences dans une entreprise vise à mettre en exergue les compétences susceptibles d'amener un avantage significatif à l'entreprise. Ces compétences sont appelées compétences stratégiques (ou critiques ou clés selon les auteurs) ou « core competencies » [Prahalad et al. 1990].

Parmi les approches qui focalisent sur cet aspect, on peut notamment citer les travaux de Pépiot, [Pépiot 2005], qui propose une méthode basée sur la logique floue pour valoriser les compétences critiques dans une entreprise. La méthodologie proposée entend calculer la valeur d'un indicateur agrégé de la criticité d'une compétence (notée ACI).

Un autre point de vue est celui adopté par Ley et Albert [Ley & Albert 2003] qui proposent une méthode d'identification des compétences basée sur la théorie de « Competence-Performance Theory » [Ley 2006]. Dans cette approche, la formalisation des compétences est faite sous forme d'ensembles de tâches qu'une personne est capable de réaliser. Elle apparaît aussi sous forme des relations de dépendances : si une personne est capable de réaliser une tâche i de la catégorie A, alors elle est capable de réaliser la tâche j de la même catégorie.

- Intégration des compétences dans l'évaluation de performance

De nombreuses études montrent l'importance de la gestion des ressources humaines pour maîtriser la performance de l'entreprise [McEwan & Sackett 1998]. Pour caractériser ces impacts, Ahmad et Schroeder [Ahmad & Schroeder 2003] proposent une méthode mathématique pour évaluer l'influence des pratiques de gestion des ressources humaines sur la performance de l'organisation.

De leur côté, Boucher et Burlat [Boucher & Burlat 2003] proposent une méthode floue de conception d'indicateurs de performance intégrant le concept de compétence à des fins de pilotage de l'organisation et du développement de ses compétences. Cette méthode conduit à la formalisation d'un tableau de bord qui fournit une vision agrégée des performances fournies par le système de compétences et propose une aide à l'identification des leviers d'actions pour faire évoluer ce système.

Un autre point de vue est celui de Bennour et Crestani [Bennour & Crestani 2007], qui proposent une méthode d'estimation de la performance des processus d'entreprise intégrant explicitement l'impact de la ressource humaine sur la valeur de la performance générée au niveau d'une activité et d'un processus de l'entreprise. La méthode est une première étape dans une approche globale d'aide à la gestion des compétences. L'idée de la méthode est d'essayer de quantifier l'impact des compétences des ressources humaines sur la performance nominale d'une activité.

- Allocation des compétences et team building

L'allocation des compétences est au cœur de la problématique du pilotage des compétences. En Génie Industriel, concernant le pilotage des compétences, le "team building" est le sujet le plus traité par des méthodes formelles (ou semi-formelles et heuristiques) [Tseng et al. 2004], plus particulièrement pour la constitution des équipes de projet dans les activités de conception.

Dans cette catégorie, on trouve par exemple des méthodes basées sur des approches de propagation par contraintes pour la constitution des équipes de projet de conception [Hadj-Hamou & Caillaud 2004]. D'autres combinent des approches heuristiques et des méthodes mathématiques pour l'aide à la constitution des équipes en environnement de projets de conception [Hlaoittinun et al. 2008; Fitzpatrick & Askin 2005; De Korvin et al. 2002; Tsai et al. 2003; Acuña & Juristo 2004].

Finalement, on peut aussi noter la méthode floue de Canos et Liern [Canos & Liern 2004] qui utilise des techniques de distanciation (de type distance de Hamming) et de calcul de similarité pour résoudre les problèmes d'affectation. Il s'agit d'un système d'aide à la décision pour la sélection d'une personne à partir d'un ensemble de candidats pour répondre aux objectifs d'un emploi avec des caractéristiques bien définies.

- Développement de supports informatiques

Des outils informatiques ont été créés pour assister les managers dans leur mission de gestion des compétences. Le développement des nouvelles technologies de l'information et de la communication a donné un nouvel "élan" aux outils d'aide à la gestion de compétences. L'intégration du concept de compétence dans les systèmes d'information permet à l'organisation de maintenir ses avantages compétitifs [Zhang & Lado 2001; Lang & Pigneur 1999].

Un exemple de système informatique d'aide à la gestion des compétences dans les projets de conception est l'application PEGACE [Rose et al. 2006]. Le système est basé sur une matrice de compétences qui est une représentation des liens (composant produit-métiers intervenants). Les compétences sont représentées en termes de connaissances, activités, autonomie et qualité, évaluées chacune sur quatre niveaux de maîtrise.

On trouve d'autres systèmes qui proposent de supporter la gestion des compétences, notamment pour fournir une aide à la gestion des compétences acquises-requises [Houé et al. 2006; Harzallah et al. 2006].

- Caractérisation des compétences et référentiels

Plusieurs termes ont été proposés dans la littérature pour désigner les composants de la compétence. La plus communément utilisée en Gestion des Ressources Humaines et en Génie Industriel est le triplet : savoir, savoir-faire et savoir-être (aptitudes et qualités personnelles).

Pour caractériser les compétences et définir des référentiels, plusieurs approches ont été proposées. On retrouve notamment des approches de modélisation des compétences [Pépiot et al. 2007; Bonjour et al. 2002; Harzallah 2000], de définition de typologies [Ley 2006; Acuña & Juristo 2004], d'élaboration de taxonomies, dont l'une des plus anciennes est la taxonomie de Bloom [Bloom et al. 1956], d'élaboration de référentiels de compétences [Rault-Jacquot 1993], et d'analyse des situations de travail, parmi lesquelles la méthode ETED (Emploi-Type Etudié dans sa Dynamique).

Chaque type d'approche est donc orienté vers un objectif bien précis, qui parfois ne recouvre qu'une partie seulement de l'ensemble des éléments que l'on peut retrouver dans la gestion des compétences. Toutes ces approches apportent des supports formels qui permettent aux entreprises de considérer la compétence comme une ressource à part entière qu'il faut savoir gérer pour en tirer tous les bénéfices.

V. Conclusion

Ce premier chapitre a présenté une revue de la littérature qui couvre les différents domaines de contribution de ce travail de recherche. Nous nous sommes intéressés aux organisations de conception, pour en identifier les typologies et l'impact potentiel sur les connaissances et les compétences. La plupart de ces organisations ont un besoin important de partage de connaissances et de gestion de leurs compétences. Cependant, elles sont encore peu outillées pour mettre en œuvre des chantiers d'amélioration prenant en compte la dimension humaine comme un élément à part entière. Pour cela, il faut pouvoir identifier les différents mécanismes qui régissent le fonctionnement de l'organisation. Le parti pris dans ce travail de recherche est donc de proposer une démarche faisant appel à des approches de modélisation d'entreprise pour diagnostiquer et structurer le fonctionnement de l'organisation.

La seconde partie de ce chapitre s'est donc focalisée sur cette problématique de modélisation d'entreprise. Les concepts qu'elle inclut ainsi que les méthodes et cadres d'architecture qui en sont issus ont été identifiés afin d'avoir une vue d'ensemble de ce domaine de recherche. De nombreuses méthodes ont été proposées à travers ces travaux. Cependant, les connaissances et les compétences restent au stade d'éléments déduits des modélisations d'entreprise. Or les traiter sous cet angle ne permet pas de bien prendre en compte tous les mécanismes qui leur sont liés. En effet, pour permettre à une organisation de mettre en place des actions d'amélioration qui vont avoir un impact sur sa performance de manière globale, il faut que les MME puissent mettre en valeur les mécanismes qui permettent d'identifier, stocker, gérer, exploiter, transformer et réutiliser des connaissances, mais aussi qui permettent d'identifier comment mettre en œuvre, partager et acquérir des compétences. Pour répondre à cette problématique, nous proposons au Chapitre 3 une MME qui se concentre sur ces mécanismes.

Finalement, la troisième et la quatrième partie de ce chapitre nous ont permis de présenter plus en détail les concepts de connaissance et de compétence, leurs caractéristiques et les différents courants présents pour les approches de gestion des connaissances et de gestion des compétences. Concernant la gestion des connaissances, les systèmes à base de connaissances offrent l'intérêt de pouvoir intégrer des éléments issus de la modélisation d'entreprise, notamment avec les méthodes de modélisation dites kénétiques. Afin de présenter plus en détail cet aspect, le Chapitre 2 présentera un état de l'art plus spécifique sur l'ingénierie des connaissances et les approches kénétiques (dites de

systèmes multi-agents). Concernant les approches de gestion des compétences, ce chapitre a fourni des détails sur les étapes d'identification, de développement et d'évaluation des compétences. Ces étapes seront reprises dans le Chapitre 6 afin de proposer une évaluation de nos contributions et une vérification de leur intégration dans des processus plus globaux de gestion des ressources humaines d'une organisation.

L'enjeu d'une approche de gestion des connaissances et des compétences est donc de comprendre comment les informations, connaissances sont échangées entre les différents acteurs, et comment ceux-ci mettent en œuvre leurs compétences dans des projets afin d'augmenter leur efficacité [Mesmer-Magnus & Dechurch 2009]. Les trois contributions de ce travail de recherche s'appliquent donc à structurer une démarche globale de gestion des connaissances et des compétences pour améliorer les performances d'une organisation.

En BREF

Particularité des organisations de conception et leviers d'amélioration des performances

On peut identifier quatre grands types de conception selon l'objectif, la disponibilité des connaissances au début du projet, la structuration du plan d'actions et le degré d'autonomie et de créativité du concepteur [Perrin 1999] :

- La conception créative.
- La conception innovante.
- La conception routinière.
- La conception paramétrique.

Les organisations font face à des enjeux d'amélioration des performances que l'on peut considérer autour de trois axes :

- Les actions permettant d'**améliorer les performances des produits et des processus de conception** de l'entreprise (ou organisation),
- Les actions permettant d'**améliorer les performances des processus supports** mis en œuvre par l'entreprise,
- Les actions permettant d'**améliorer les performances des acteurs de l'entreprise**.

Pour prendre en compte ces trois enjeux, et notamment identifier les différents mécanismes qui régissent le fonctionnement de l'organisation, la mise en œuvre d'approches de modélisation d'entreprise offre des démarches structurées d'investigation.

La modélisation d'entreprise pour guider l'évolution organisationnelle

La modélisation d'entreprise a pour objet la construction du modèle de tout ou partie de l'entreprise afin de permettre une meilleure compréhension des mécanismes participant au fonctionnement de ses systèmes et organisations. Elle est également perçue comme un moyen d'expliciter le savoir et savoir-faire de l'entreprise [Touzi et al. 2009; Vernadat 2002a]. Elle permet de décrire une organisation ou un système selon trois dimensions principales : statique, dynamique et fonctionnelle [Pépiot 2005].

Il existe plusieurs Méthodes de Modélisation d'Entreprise (MME) qui permettent de décrire les aspects statiques, dynamiques et fonctionnels, ainsi que la formalisation des savoirs et savoir-faire d'une organisation. On peut les regrouper selon les catégories suivantes :

- Les approches fonctionnelles,
- Les approches systémiques,
- Les approches orientées objet,
- Les approches kénétiques.

Chacune possède ses points positifs et ses inconvénients. Dans la suite nous nous appuyons sur les approches fonctionnelles, systémiques et kénétiques, en particulier dans le chapitre suivant pour étudier leur lien avec l'ingénierie des connaissances.

En BREF (suite) ….

A ces méthodes de modélisation s'ajoutent les cadres d'architecture d'entreprise tels que le cadre Zachman, le DODAF, ou le TOGAF.

Ces différents cadres d'architecture proposent un contexte, des méthodes et des outils de modélisation d'entreprise reflétant les exigences d'intégration et de standardisation des modèles.

Cependant, les connaissances et les compétences des acteurs sont peu, voire ne sont pas, abordées par ces cadres et méthodes de modélisation d'entreprise. Cela soulève des questions quant à la nature de la connaissance et de la compétence qui ont été abordées dans la troisième section de ce chapitre.

Connaissance et compétences: Concepts et caractéristiques

Connaissances et compétences sont deux actifs intangibles des organisations qui sont largement discutés et traités par différents courant scientifiques. De par la multiplicité de ces approches, on retrouve plusieurs définitions, associations et utilisations de ces deux concepts.

Nous gardons dans ces travaux les définitions et caractéristiques suivantes :

- **La connaissance** est une représentation cognitive que se construit un individu à partir d'un ensemble d'informations dans un contexte donné.

Caractéristiques du concept de connaissance:

La connaissance est difficile à mesurer.
La connaissance est volatile.
La connaissance n'est pas consommée. D'une certaine manière elle augmente, s'enrichie et se transforme lors de son utilisation.
La connaissance est, la plupart du temps, portée par les acteurs.
La connaissance peut être utilisée dans divers endroit en même temps.

- **La compétence** est une combinaison de connaissances, savoir-faire, expériences et comportements s'exerçant dans un contexte précis. Elle se constate lors de sa mise en œuvre en situation professionnelle à partir de laquelle elle peut être validée [MEDEF 2002].

Caractéristiques du concept de compétence :

La compétence est intrinsèquement liée à un acteur.
La compétence s'exprime dans une situation de travail donnée.
La compétence est une combinaison dynamique de ressources cognitives et de ressources de l'environnement de travail.
La compétence est considérée comme une disposition à agir.

En BREF (suite) ….

Les approches de gestion des connaissances et des compétences

La gestion des connaissances regroupe toutes méthodologies, les méthodes et outils permettant de supporter le cycle de vie des connaissances, et les combiner dans les processus, produits et organisations afin de créer de la valeur.

Il existe plusieurs méthodes et outils de gestion de la connaissance qu'on peut classifier en deux catégories [Bekhti & Matta 2003] :

- Méthodes de capitalisation de connaissances : elles utilisent des techniques d'extraction (interview d'experts, collecte de documents) et de modélisation des connaissances.
- Méthodes d'extraction directe : elles visent à recueillir l'information directement à partir des traces de l'activité. On distingue des techniques de fouille de données (comme le data mining, text mining ou rule mining) et des techniques de traçabilité qui s'appuient sur des systèmes à base de traces.

La gestion des compétences recouvre l'ensemble des pratiques destinées à utiliser et à développer de manière optimale les compétences des individus et des groupes, afin de réaliser la mission de l'entreprise et d'améliorer les performances des collaborateurs [Beirendonck 2006].

Pour notre positionnement, nous retenons dans cet état de l'art les travaux sur les axes suivants :

- L'identification des compétences
- Le développement des compétences
- L'évaluation des compétences

Chapitre 2

Apports des systèmes multi-agents pour la gestion des connaissances

Les systèmes à base de connaissances utilisés dans le domaine des projets d'ingénierie sont conçus pour réduire le temps et le coût de développement des produits et procédés par la capture, le partage et la réutilisation des connaissances. L'environnement d'un système de gestion des connaissances est composé d'éléments hétérogènes et distribués (connaissances, informations, données etc.). Ces systèmes doivent donc être capables d'identifier les situations professionnelles qui conduisent à la production de ces différents éléments afin de pouvoir supporter efficacement le cycle de vie de la connaissance.

Les approches multi-agents répondent efficacement à cette problématique. En effet, les systèmes multi-agents (SMA) sont constitués d'entités autonomes et distribuées capables de manipuler des informations de natures différentes tout en les liant à un contexte particulier. De plus, ces systèmes sont évolutifs, contrairement à d'autres systèmes à base de connaissances, ce qui les rend plus adaptables aux contextes organisationnels des entreprises.

Ce chapitre introduit dans un premier temps le cadre théorique, les apports et objectifs des systèmes à base de connaissances ainsi qu'un premier éclairage sur les enjeux qui doivent être adressés pour augmenter la pertinence de ces systèmes dans les organisations actuelles. Pour finir, ce chapitre introduit le paradigme agents ainsi que les différentes méthodologies de conception de systèmes multi-agents existantes qui semblent représenter une solution pertinente pour la gestion des connaissances hétérogènes et distribuées dans des environnements organisationnels complexes.

Table des matières du Chapitre

I. CADRE THEORIQUE, APPORTS ET OBJECTIFS DES SYSTEMES A BASE DE CONNAISSANCES (SBC) 57
II. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN SYSTEME MULTI-AGENTS (SMA) ET APPORTS POUR L'INGENIERIE DES CONNAISSANCES 58
II.1 LE PARADIGME AGENT 58
II.1.1 Qu'est-ce qu'un agent ? 58
II.1.2 Architecture interne d'un agent 59
II.1.3 Des agents aux Systèmes Multi-Agents (SMA) 59
II.1.4 Les organisations d'agents 60
II.2 INTERET DES SMA POUR LA GESTION DES CONNAISSANCES ET EXEMPLES 61
III. METHODOLOGIES DE CONCEPTION DE SYSTEMES MULTI-AGENTS 63
III.1 LES METHODOLOGIES ORIENTEES AGENTS 64
III.2 LES METHODOLOGIES ORGANISATIONNELLES 65
IV. CONCLUSION 67

« L'homme qui détient une mauvaise information, toujours prend une mauvaise décision »

Colbert

I. Cadre théorique, apports et objectifs des systèmes à base de connaissances (SBC)

L'ingénierie des connaissances vise principalement à fournir des systèmes informatiques, appelés systèmes à base de connaissances, capables de gérer le cycle de vie des connaissances produites et utilisées par les organisations humaines. Dans ce courant, la formalisation des connaissances vise à fournir une représentation des connaissances nécessaires à un système informatique pour qu'il puisse réaliser la tâche qui lui est dévolue [Charlet 2004]. Ces systèmes à base de connaissances (SBC) *(Knowledge-Based Systems - KBS*), ont pour objectif principal de permettre de partager les connaissances des experts et de favoriser la réutilisation de ces connaissances et l'apprentissage collectif [Bonjour et al. 2014].

Dans le cadre de projet d'ingénierie, ces systèmes sont ainsi conçus pour réduire le temps et le coût de développement des produits par la capitalisation et la réutilisation de connaissances, notamment dans des applications de conception assistée par ordinateur (CAO). Ainsi on trouve aujourd'hui de nombreux travaux de recherche portant sur la conception de tels systèmes, qui se focalisent sur les activités d'ingénierie routinière afin de maximiser leur impact [Rocca 2012; Stokes 2001; Curran et al. 2010; Kumar 2014; Bermell-Garcia et al. 2012; Monticolo, Badin, et al. 2014]. Ces systèmes considèrent la connaissance comme une ressource, voire un artefact qu'un système automatisé est capable d'utiliser. Cette vue est issue des courants de type « ressource based view » [Barney 1991] et plus spécifiquement du « knowledge-based view » [Grant 1996] qui proposent de considérer la connaissance comme une ressource manipulable en tant qu'objet, au même titre que d'autres ressources plus tangibles de l'organisation. L'idée est qu'une entreprise est compétitive quand elle sait gérer de manière efficace son capital de ressources.

Cependant, comme vu au Chapitre 1, réduire la connaissance à une vision objet, c'est la priver d'éléments qui interviennent dans sa constitution même, comme le milieu socioprofessionnel, les expériences des acteurs, et leurs intentions lorsqu'ils la véhiculent. En effet, les acteurs d'une organisation interagissent ensemble durant des réunions ou des ateliers collaboratifs, afin de partager leurs connaissances, leurs expériences ou des informations en vue de remplir un objectif commun. De manière générale, les organisations humaines ont une tendance naturelle à former des groupes où les connaissances sont produites, partagées, évaluées, enrichies et réutilisées [Chu et al. 2012]. Le caractère social et organisationnel de la connaissance est donc un constituant essentiel de cette dernière.

Afin de prendre en compte cette complexité, les systèmes à base de connaissances ont donc besoin de reposer sur des modèles de connaissances proposant une sémantique plus riche et une meilleure traçabilité [Verhagen et al. 2012]. Cela peut être rendu possible en replaçant la connaissance dans un modèle d'organisation qui met en relation les différentes ressources de l'organisation. En accord avec cette hypothèse, et contrairement à d'autres approches de conception de SBC [Oldham et al. 1998; Curran et al. 2010; Rocca 2012], une approche organisationnelle permet ainsi de mettre en valeur les mécanismes de partage et d'évolution des connaissances plutôt que de focaliser sur la formalisation et la modélisation de la connaissance [Abecker et al. 2003; Currie 2003].

Aujourd'hui, les approches de SBC rencontrent un succès mitigé dans les organisations, mis à part dans les grands groupes aéronautiques ou automobiles dont la nature de l'activité et la structure leur correspondent bien [Verhagen et al. 2012]. Cela est dû, en partie, au fait que la technologie reste, pour le moment, en constante évolution, donc difficile à implémenter et à déployer largement [Curran et al. 2010; Cooper & La Rocca 2007]. Mais ces échecs sont aussi dus au fait que les premières

approches de gestion des connaissances dans les organisations ont été souvent réduites à la mise en œuvre de nouveaux systèmes informatiques dans lesquels les aspects organisationnels et notamment toutes les questions relatives aux interactions humaines et à la dimension sociale de la connaissance ont été sous-estimées [Kjaergaard et al. 2008].

Afin de contribuer à une meilleure prise en compte des aspects sociaux et organisationnels qui ont pu manquer aux premières initiatives de conception de SBC, les approches d'intelligence artificielle ont ouvert le champ des possibilités à travers le paradigme agent. En effet, selon 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 1995]. Ces systèmes offrent donc la possibilité de reconsidérer la connaissance dans son contexte organisationnel global.

II. Principe de fonctionnement d'un Système Multi-Agents (SMA) et apports pour l'ingénierie des connaissances

Cette section présente les principes de fonctionnement des agents et des systèmes multi-agents en décrivant ce qu'ils sont et ce qu'ils font. Elle se termine par une présentation des apports des SMA pour l'ingénierie des connaissances et quelques exemples d'applications associés.

II.1 Le paradigme Agent

Pour présenter le paradigme d'agent, nous commençons par en rappeler la définition puis nous présentons l'architecture interne d'un agent ainsi que les organisations d'agents les plus communément rencontrées dans la littérature. Pour finir, nous introduisons le lien entre agents et systèmes multi-agents pour identifier leurs applications possibles.

II.1.1 Qu'est-ce qu'un agent ?

Il existe de nombreuses définitions qui décrivent un agent. Parmi celles proposées nous retenons ici celle de Jennings et Wooldridge [Jennings & Wooldridge 1998] consolidée par l'assertion de Ferber et Gutknecht [Ferber & Gutknecht 1998] :

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.

De plus, afin d'exécuter les actions qui lui sont assignées, un agent se présente comme une entité active, qui communique avec son environnement et qui endosse des rôles à travers les différents groupes auxquels il appartient [Ferber & Gutknecht 1998].

Cette définition consolidée de la notion d'agent fait ressortir les caractéristiques principales d'autonomie, d'action et de relation à l'environnement. Afin de mieux caractériser ce qu'est un agent, nous présentons ici les principales propriétés des agents communément acceptées au sein de la communauté multi-agents et qui sont pertinents dans nos travaux [Wooldridge 2009; Ferber 1995; Jennings & Wooldridge 1998].

- Un agent **agit** : il n'est pas seulement capable de raisonner comme dans d'autres systèmes d'intelligence artificielle. L'action est un concept fondamental pour le SMA. Les agents,

par leurs actions, vont ainsi modifier leur environnement et donc l'environnement des autres agents du système.

- Un agent est **autonome** : il possède un état interne sur lequel il est le seul à avoir le contrôle. Il se base sur cet état interne pour prendre des décisions sans intervention externe (humaines ou d'un autre agent).

- Les agents possèdent une **habilité sociale** : c'est-à-dire qu'ils sont capables de communiquer entre eux et d'interagir pour satisfaire leurs objectifs.

- Un agent est **réactif** : c'est-à-dire qu'il adapte ses actions en fonction de son environnement.

- Un agent est **proactif** : il prend lui-même des initiatives en fonction de ses objectifs, des informations qu'il a à disposition et de son environnement. Dans le cas d'actions complexes, il peut aussi décider d'interagir avec d'autres agents pour remplir ses objectifs. Ces agents sont aussi considérés comme **cognitifs**, lorsqu'ils sont en mesure d'expliquer aux autres agents leurs intentions, leurs objectifs ou leurs plans d'exécution.

Lorsque l'on regarde plus en détails les travaux dans la littérature, on observe d'autres propriétés pour les agents telles que l'adaptabilité, le bénévolat, la personnalité ou l'ubiquité. Toutefois, pour la gestion des connaissances, nous nous focaliserons dans un premier temps sur les propriétés susnommées. Nous allons à présent, décrire l'architecture interne d'un agent autonome.

II.1.2 Architecture interne d'un agent

L'architecture interne correspond aux structures de données et aux processus internes d'un agent. Ces éléments lui permettent d'agir en vue de modifier son environnement. En fonction de cette architecture, on distingue deux types d'agents :

- Les agents réactifs,
- Les agents cognitifs.

L'agent réactif n'a pas de représentation explicite de son environnement et de ses objectifs dans son architecture interne. Celle-ci se limite à la description des règles de fonctionnement et de comportement que l'agent doit observer. Ces règles sont du type stimulus-réponses [Ferber 1995].

L'agent cognitif est celui qui possède l'architecture interne la plus évoluée. Ainsi pour pouvoir raisonner, il s'appuie sur une représentation explicite de ses objectifs et de son environnement. Cette représentation explicite fait partie de son architecture interne au même titre que les règles de fonctionnement et de comportement vis-à-vis de son environnement [Ferber 1995].

II.1.3 Des agents aux Systèmes Multi-Agents (SMA)

Un SMA se définit donc par un ensemble d'agents qui se retrouvent au sein d'organisations et qui interagissent dans un environnement commun pour satisfaire leurs objectifs [Jennings & Wooldridge 1998]. De par les propriétés des agents identifiées plus haut et les différentes organisations que ces derniers peuvent adopter, le comportement d'un système multi-agent n'est jamais totalement prédictif. Plus les situations rencontrées sont complexes plus le système peut générer des comportements émergeants qui sont difficiles à anticiper [Vercouter 2010]. En effet, les agents raisonnent et coordonnent leurs actions de façons différentes en fonction des situations. Cela

engendre un comportement général du système qui conditionne celui des agents. C'est ce comportement général que l'on peut considérer comme intelligent car il émerge des interactions entre plusieurs comportements simples [Wooldridge 1999]. Ferber [Ferber 1999] illustre quant à lui cela en précisant que des sociétés considérées comme complexes, par exemple des colonies d'abeilles ou de fourmis, ne doivent pas être considérées par les individus qui les composent mais bien par l'organisation complète si nous voulons appréhender les mécanismes de régulation et d'évolution de cette dernière.

Les systèmes multi-agents, de par leurs propriétés et celles de leurs agents, sont donc bien adaptés pour traiter des problèmes complexes tels que le support au management des connaissances. En effet, ils sont notamment réactifs, proactifs et flexibles, mais ils sont aussi adaptatifs, ce qui leur permet de suivre les évolutions des connaissances. Nous présentons dans le paragraphe suivant comment les agents se coordonnent lorsque le SMA est conçu en utilisant une structure organisationnelle.

II.1.4 Les organisations d'agents

Les systèmes multi-agents sont généralement composés d'agents autonomes qui doivent coordonner leurs activités en vue d'accomplir un objectif global. Cependant, bien que l'autonomie des agents soit un élément essentiel au fonctionnement d'un SMA, cette propriété peut engendrer la perte de la cohérence globale du système.

De nombreuses définitions des organisations d'agents ont été proposées, nous citons celle proposée par Dignum et al. [Dignum et al. 2004] qui contribue à souligner l'aspect social des organisations d'agents :

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.

Cette définition permet de mettre en valeur le paradigme social des organisations d'agents. Elle peut être complétée par celle de Boissier et Demazeau [Boissier & Demazeau 1996] : *« Une organisation d'agents peut être vue de manière simple comme un ensemble de contraintes adoptées par un groupe d'agents avec pour objectif de faciliter la réalisation de leur objectifs ».*

Le fait de définir une structure organisationnelle pour un SMA permet de gérer ces interactions inter-agents pour garder un système cohérent [Hubner et al. 2007; Grizard et al. 2007; Vercouter & Muller 2010] (Cf. Figure 4) .

Les organisations d'agents ainsi définies répondent aux assertions suivantes [Ferber et al. 2003; Sichman et al. 2005; Isern et al. 2011]:

- Les interactions entre les agents peuvent faire émerger des structures organisationnelles. Chaque fois que les mêmes modèles d'interaction sont répétées plusieurs fois, impliquant les mêmes agents, ces interactions peuvent être capturées par des structures préétablies, évitant ainsi la complexité inhérente à l'émergence spontanée de structures organisationnelles.

- Les organisations d'agents limitent les interactions entre les agents pour permettre d'optimiser la réalisation des objectifs globaux du système. Par conséquent, le comportement collectif est plus efficace, étant donné que la structure organisationnelle est conçue à priori.

- Une organisation peut être partitionnée en plusieurs groupes. Les groupes permettent d'établir des limites de fonctionnement aux agents. Alors que la structure d'un groupe A peut être connue par tous les agents appartenant à A, elle est cachée à tous les agents qui n'appartiennent pas à A. Ainsi, les groupes sont opaques les uns par rapport aux autres et ne présupposent pas d'une standardisation générale des interactions et de l'architecture des agents.

- Il est possible de construire des systèmes sécurisés en utilisant les groupes comme des «boîtes noires». Ce qui se passe dans un groupe ne peut pas être vu par des agents qui n'appartiennent pas à ce dernier. Il est également possible de définir des politiques de sécurité consistant à garder des agents indésirables en dehors d'un groupe.

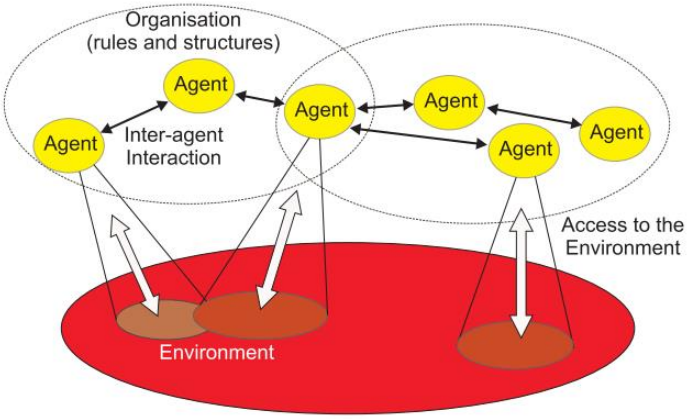


Figure 4 : Eléments et interactions au sein d'un Système Multi-agents [Wooldridge 2002]

Les organisations d'agents reposent donc sur un paradigme organisationnel proche de celui des organisations humaines comme le présentent les travaux de Robbins [Robbins & Judge 2013] sur les organisations humaines,. En fait, l'un des objectifs des SMAs est d'adapter et d'assimiler des patterns d'organisations humaines dans des systèmes informatiques pour pouvoir suivre au mieux leurs comportements réels [Argente et al. 2006; Horling & Lesser 2005]. Ce dernier point rend les SMA bien adaptés à des problématiques de modélisation et de simulation d'organisations.

En fonction de la portée que l'on souhaite donner au système, les agents peuvent être conçus selon différentes organisations bien spécifiques. On retrouve les hiérarchies, les holarchies (organisations d'holons), les coalitions, les équipes, les congrégations, les sociétés, les fédérations et les marchés [Cristina et al. 2007; Isern et al. 2011; Dignum & IGI Global 2009].

II.2 Intérêt des SMA pour la gestion des connaissances et exemples

L'objectif des approches d'ingénierie des connaissances est d'identifier, de rassembler, d'organiser et de représenter les connaissances. Ce point nécessite de prendre en considération la collaboration entre les acteurs métier pour la création, le partage, la mise à jour des connaissances.

Certains SMA ont pour objectif de simuler ou reproduire des phénomènes sociaux à partir d'analyses et d'études d'environnements réels. Ils semblent donc particulièrement adaptés pour appréhender la complexité de la gestion des connaissances dans les organisations humaines. Klusch

présente une liste des services qu'un SMA peut offrir à une approche de gestion des connaissances [Klusch 1999]:

- Permettre la recherche, l'acquisition, l'analyse et la classification des connaissances à partir de diverses sources de données,
- Informer les humains, et les systèmes d'information supports dès que les connaissances sont prêtes à être consultées,
- Permettre l'évaluation collaborative de la connaissance pour statuer si elle doit être intégrée ou exclue du système à base de connaissances,
- Permettre de garantir et d'expliquer la qualité et la fiabilité des connaissances présentes dans le système à base de connaissances,
- Permettre au système d'apprendre progressivement tout au long du processus de management des connaissances.

De plus, les SMA peuvent s'appuyer sur une ou des ontologie(s) du ou des domaine(s) supporté(s) pour acquérir une représentation et une compréhension de leur environnement ainsi que des éléments qu'ils manipulent. En effet, l'ontologie permet de spécifier une certaine compréhension d'un domaine donné [Uschold & Gruninger 1996; Gruber 1993; Guarino & Giaretta 1995; Charlet 2004]. L'ontologie peut ainsi fournir une sémantique et un vocabulaire détaillé pour décrire les objets du ou des domaine(s) aux agents et ainsi faciliter l'annotation et la recherche de connaissances pour les utilisateurs.

Définition : 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 [Hadzic et al. 2009]. Elle constitue donc un cadre unifié à différents points de vue qui sert de base à la communication entre les systèmes et les utilisateurs [Gandon 2002].

Ces services et le recours aux ontologies sont souvent mis en œuvre pour concevoir deux grandes catégories de SMA, dédiées à la gestion des connaissances. La première catégorie regroupe les SMA qui reposent sur une coopération des agents pour résoudre des problèmes complexes. Pour ce faire, les agents mobilisent des connaissances et informations de différentes natures. La deuxième catégorie regroupe les SMA qui proposent des agents ayant un rôle d'assistant personnel pour les acteurs [Maes 1994]. Ces derniers ont pour objectif de mobiliser les connaissances disponibles dans la base pour répondre aux besoins opérationnels des acteurs métiers.

Plusieurs travaux de recherche se sont orientés sur la conception de SMA pour la gestion des connaissances. Dans ces systèmes, les agents doivent pouvoir être flexibles, proactifs et réactifs en fonction des besoins des utilisateurs [Abecker et al. 2003]. Dans certains cas, il peut être demandé aux agents d'avoir la capacité de mobiliser des données distribuées et de résoudre des problèmes complexes tels que la coopération et la diffusion des connaissances dans une communauté de pratique [Guizzardi et al. 2004]. Pour s'intégrer au mieux dans des environnements existants, certains de ces SMA ont été conçus en complément d'outils de gestion de l'information (workflow, ontologies, système de recherche d'information…) pour donner naissance à des plateformes telles que FRODO [Abecker et al. 2003], CoMMA [Gandon et al. 2002], Edamok [Bonifacio et al. 2002], KRAFT [Preece et al. 2000], JASOE [Nguyen et al. 2012], KATRAS [Monticolo, Mihaita, et al. 2014], ou Ontotrader [Iribarne et al. 2014]. Ces travaux ont donné naissance au concept de « Multi-agents Information System » (MAIS) [Gandon et al. 2002]. 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…).

Plus récemment, Van Elst et al. dans [Van Elst et al. 2004] ont proposé le concept d'« Agent-mediated Knowledge Management» (AMKM). Cette approche combine les deux catégories de SMA vues précédemment pour prendre en compte les aspects collectifs d'un domaine tout en respectant les désirs et objectifs des acteurs du domaine. Les agents AMKM sont ainsi structurés en organisations d'agents avec une description de leurs rôles ainsi que des configurations rendant possible leurs interactions. Ces systèmes facilitent la gestion des connaissances dans des environnements informationnels dynamiques. C'est de plus la première contribution adressant l'importance des aspects collaboratifs et sociaux dans la spécification des SMA dédiés à la gestion des connaissances. Ces travaux se traduisent aujourd'hui par un intérêt croissant pour le développement des synergies entre les aspects collaboratif de l'intelligence artificielle et les technologies du web, amenant à la création d'éditoriaux et de groupes de travail dédiés [Vercouter & Maret 2012]. En effet, par l'analyse d'une organisation, on peut ainsi définir comment les membres d'une société agissent et interagissent les uns avec les autres. Plusieurs études ont ainsi montré l'importance de la structure de l'organisation sur les performances en termes de partage et de réutilisation des connaissances à travers un groupe [Liao et al. 2011; Zheng et al. 2010; Michaelis et al. 2015; Rašula et al. 2012]. Cependant, ces problématiques de structure d'organisation étaient peu prises en compte dans les premières générations d'approches de conception de SBC, qui fournissaient alors des systèmes centralisés sur le modèle des systèmes experts [Cristina et al. 2007]. Au niveau des systèmes multi-agents, ce sont des problématiques de complexité des systèmes (nombre d'entités, nombre de tâches complexes, environnement dynamique etc.) qui ont amené les chercheurs à travailler sur un point de vue plus individuel des agents et de leurs interactions. Ces recherches ont permis de mettre à jour les mécanismes d'organisations des agents et d'augmenter la flexibilité de leurs architectures [Gasser 2001; Horling & Lesser 2005; Shan & Zhu 2004].

Ainsi dans les approches organisationnelles, on considère que les agents doivent prendre en compte les objectifs du groupe afin de remplir leurs objectifs individuels. Pour compléter cela, Guizzardi [Guizzardi 2006] introduit la notion de connaissance dans ces organisation d'agents : *«Une organisation d'agents est une communauté de partage de connaissances dans laquelle les agents collaborent et échangent des connaissances pour réaliser leurs activités».* Cette définition est importante car elle met en évidence l'efficacité du partage des connaissances au sein des organisations d'agents. Finalement, ces organisations peuvent être définies comme un groupe d'agents intelligents qui travaillent ensemble pour atteindre des objectifs partagés à travers un ensemble d'activités, et qui nécessitent l'acquisition et l'utilisation de compétences et de connaissances afin de faciliter la prise de décision.

La conception d'un SMA comprend donc la description des rôles des agents, de leurs objectifs et de l'organisation des groupes d'agents qui vont le composer. Ce travail demande également de prendre en compte les interactions entre les agents puisque c'est en partie grâce à elles que le système va démontrer son efficacité. Depuis plusieurs années, de nombreuses méthodes ont été proposées pour faciliter la conception des SMA. Nous présentons dans ce chapitre celles qui sont les plus adaptées à nos travaux de recherche.

III. Méthodologies de Conception de systèmes multi-agents

Les méthodologies pour la conception de SMA prennent en compte toutes les phases du cycle de vie d'une application orientée agents [Iglesias et al. 1999]. Ces méthodologies peuvent être classées en deux catégories principales: les méthodologies orientées agents et les méthodologies organisationnelles [Cristina et al. 2007]. Celles-ci sont elles-mêmes divisées en deux sous catégories (Cf. Figure 5).

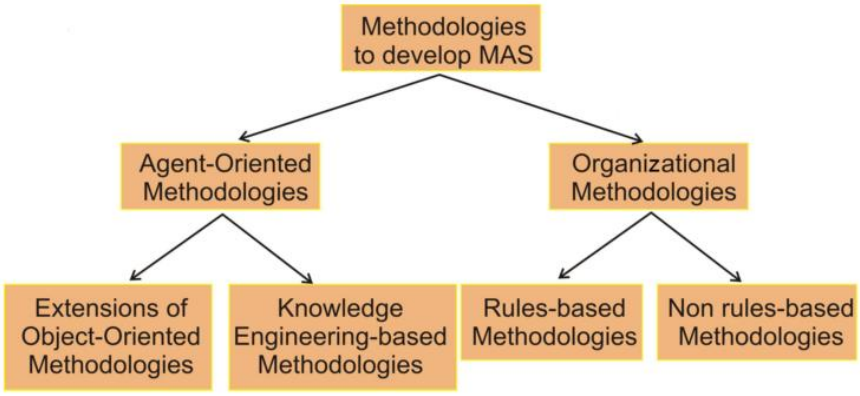


Figure 5 : Classification des différentes méthodologies de conception de SMA [Cristina et al. 2007]

III.1 Les méthodologies orientées agents

Dans le cadre des méthodologies orientées agents, les concepteurs se focalisent sur la description des actions individuelles des agents. Ces actions peuvent être vues comme un ensemble de règles qui permettent de décrire les processus, les résultats et la documentation associée. Ces méthodologies permettent de représenter les caractères autonomes et proactifs des agents.

Les approches orientées objets constituent la première catégorie des méthodologies orientées agents. Du fait de la similarité entre le paradigme agent et le paradigme objet, les approches de cette catégorie visent à adapter les méthodologies orientées objet afin de les étendre aux agents. On retrouve notamment dans cette catégorie l'approche GAIA [Henderson-Sellers & Giorgini 2005; Zambonelli et al. 2003]. L'objectif de l'approche est de transformer les modèles «rôles» et «interaction» décrits dans la phase d'analyse en un niveau suffisamment bas d'abstraction pour pouvoir appliquer des méthodes d'implémentation de système classiques. La phase d'analyse de Gaia détermine comment, dans une société, les agents coopèrent pour atteindre leurs objectifs et de quelles informations ils ont besoin pour les réaliser. La phase de conception de Gaia est centrée sur la description de trois modèles : le modèle agent, le modèle des services et le modèle relationnel. Le premier modèle décrit les types d'agents que le système utilise en leur associant un ou plusieurs rôles. Le modèle de service spécifie les services associés à chaque rôle. Finalement, le modèle relationnel contient les liens de communication entre les différents types d'agents. La seconde approche majeure à citer dans ces approches orientés objets, est Prometheus [Henderson-Sellers & Giorgini 2005; Padgham & Winikoff 2003]. Cette approche couvre le cycle complet de développement d'une application à base d'agents. Elle se compose de trois phases : la spécification du système, la conception architecturale, et la conception détaillée. Cette approche, consolidée avec un outil de conception appelé « Prometheus Design Tool » a été testée avec succès dans des domaines tels que l'industrie, la planification ou le débogage de systèmes agents [Henderson-Sellers & Giorgini 2005]. Finalement, une troisième approche majeure orientée objets est la méthodologie PASSI (Process for Agent Societies Specification and Implementation), proposée par Cossentino [Cossentino 2005]. Elle décrit un processus, de la prise en compte les besoins de la conception, jusqu'à l'implémentation d'un SMA orienté sociétés d'agents. La méthodologie intègre des modèles et concepts pour la conception issus de la programmation orientée objets et des approches de l'intelligence artificielle. La méthodologie PASSI permet de concevoir des SMA complexes. Afin de pouvoir traiter les petits projets, les auteurs ont de plus conçu la méthode « Agile PASSI » [Chella & Cossentino 2004]. Cette méthode conserve la structure itérative de PASSI mais permet d'utiliser un processus plus rapide centré sur le code plutôt que sur la documentation des modèles. Ainsi ces

approches permettent de modéliser les agents comme des objets complexes qui peuvent communiquer. Cependant, les propriétés d'autonomie et de pro-activité ainsi que les notions d'organisation d'agents sont difficiles à concevoir avec ce type d'approches.

La deuxième catégorie regroupe les méthodologies basées sur l'ingénierie des connaissances. Ces approches sont bien adaptées pour concevoir des SMA pour la gestion des connaissances, car elles permettent de modéliser les mécanismes de partage des connaissances au sein d'une société, tout en permettant de traiter les propriétés d'autonomie et de pro activité. Il existe aujourd'hui deux approches pertinentes au sein de l'ingénierie des connaissances pour la conception de SMA : l'approche MAS-CommonKADS [Iglesias et al. 1998; Schreiber et al. 2000] et l'approche MASINA [Jose et al. 2007] qui est une extension de la première. Par un ensemble de modèles, ces deux approches guident les concepteurs de SMA à travers une analyse ascendante du futur système, en partant de la spécification des agents pour aller vers la description de l'architecture de l'organisation formée par ces derniers une fois spécifiés. Par rapport à MAS-CommonKADS, l'approche MASINA renforce l'aspect communication entre les agents en changeant l'objectif et l'articulation du modèle de communication de MAS-CommonKADS, ainsi qu'en introduisant un nouveau modèle. Ces deux approches sont donc bien adaptées au traitement des problématiques de formalisation de connaissances. Pour preuve, CommonKADS, qui est à la base de ces approches, reste à ce jour la méthodologie la plus répandue et la plus influente dans les approches d'ingénierie des connaissances [Prat et al. 2012; Zacharias 2009].

Cependant, comme avec les approches orientées objet, il est difficile de prendre en compte la structure sociale des agents avec ce type de méthodes car elle est supposée émerger comme un résultat de l'interaction entre les agents. Pour bien mettre en exergue les mécanismes de partage de connaissances, une approche descendante apparait donc plus adaptée. Partir de la description de l'organisation des agents pour aller progressivement vers la spécification du fonctionnement interne des agents, permet ainsi d'identifier plus finement les rôles et les interactions qui sont cruciaux pour décrire les mécanismes de partage des connaissances [Gruer et al. 2002]. Selon la description des organisations des agents, Carley [Carley 2002] explique que l'analyse et l'étude des organisations humaines permettent de concevoir des modèles informatiques qui peuvent être utilisés pour améliorer trois points de vue dans les organisations : la structure, le partage de l'information, et la coopération sociale.

III.2 Les méthodologies organisationnelles

La seconde grande catégorie des approches de conception de SMA est celle des méthodologies organisationnelles. Celles-ci sont des approches descendantes, c'est-à-dire qu'elles s'attachent à définir l'organisation des agents, leurs rôles et interactions, avant de définir la spécification interne de ces derniers.

Ces approches se répartissent en deux sous-catégories. La première regroupe les méthodologies organisationnelles à base de règles. Dans cette catégorie, la conception du système se construit autour de la définition des structures sociales des agents et de l'explicitation des règles de comportement (appelées normes) parmi les agents [Parunak & Odell 2002]. Les normes définissent les droits et obligations des agents en fonction de leurs rôles et de l'environnement. Par exemple, Zambonelli et al. [Zambonelli et al. 2001] présentent les règles organisationnelles que doivent suivre les agents. De leur côté, Dignum [Dignum 2004] ainsi que Esteva et al. [Esteva et al. 2001] décrivent les normes et contrats que doivent respecter les agents dans une organisation. C'est ainsi la spécification de ces normes qui permet de faire émerger l'organisation des agents dans ces approches. Parmi celles-ci, on retrouve la méthodologie Ingenias [Pavón et al. 2005] qui repose sur un jeu de plusieurs méta-modèles permettant de mettre en évidence les comportements qui influent sur les agents et leurs

interactions, ainsi que pour spécifier les normes qui encadrent ces comportements et interactions. La structure de cette approche est complète, mais difficile à utiliser pour de petits développements en raison de son exhaustivité et l'interdépendance des modèles. Cependant, ce n'est pas la seule façon de considérer et de modéliser une organisation. Par exemple, dans la suite de modèles de MOISE à MOISE+ [Hubner et al. 2007], une organisation est considérée en fonction de ses dimensions fonctionnelles, structurelles et déontiques. Ainsi, avec ces trois dimensions, les agents peuvent raisonner sur les actions des autres et leur positionnement dans leurs organisations afin de mieux interagir. Dans ce même courant, le « Virtual Organisation Model » (VOM) [Criado et al. 2009] a été développé en combinant des éléments de plusieurs méthodes telles qu'Ingenias, MOISE et Anemona [Botti & Giret 2008], tout en proposant une meilleure flexibilité afin de modéliser des sociétés ouvertes, dans lesquelles des agents hétérogènes et autonomes travaillent ensemble. Ce modèle a été complété par la définition d'un ensemble de bonnes pratiques [Argente et al. 2009], pour l'analyse et la conception des organisations virtuelles, en passant par leurs structures organisationnelles et leur dynamique de système. Cependant, la connaissance n'est pas considérée comme un élément crucial dans ces approches, mais plus, comme un ensemble d'informations transmises entre deux agents. Plus récemment, la méthodologie Operetta [Aldewereld & Dignum 2011], sur la base du cadre conceptuel d'Opera [Dignum 2004] et de ses trois modèles interdépendants (le modèle organisationnel, le modèle social et le modèle d'interaction), propose une façon expressive de définir des organisations ouvertes. Le modèle organisationnel est clairement dissocié des agents qui vont agir dans ce cadre. En conséquence, les exigences organisationnelles et les objectifs peuvent être définis par des règles et des normes, tandis que les agents peuvent encore avoir la liberté d'agir selon leurs propres capacités et exigences. Ainsi, l'autonomie des agents ne remet pas en cause la congruence globale du système.

La seconde catégorie regroupe les méthodologies organisationnelles qui ne comptent pas sur la formalisation de règles. Contrairement aux approches de la première catégorie, celles-ci considèrent tout d'abord la structure organisationnelle du futur système et proposent ensuite la définition des objectifs pour chaque ensemble d'agents. Dans un deuxième temps, elles permettent d'analyser en profondeur la spécification des interactions entre les agents. Par exemple, le modèle AGR [Ferber et al. 2003] permet de définir les organisations d'agents autour de trois éléments : Agent, Groupe, Rôle. Cela permet de mettre en évidence la notion de groupe (intra-groupe et inter-groupe) pour les agents de l'organisation. Cette approche a été complétée depuis par le modèle AGRE (Agent, Groupe, Rôle, Environnement) [Ferber et al. 2005] pour prendre en compte l'environnement du système. Plus récemment, sur la base de ces deux méthodes, l'approche MASQ [Ferber et al. 2009] a été conçue pour tenir compte des croyances, intentions et désirs de l'agent dans un méta-modèle général. Cette approche n'a pas encore été complétée par une méthodologie de conception mais propose d'examiner le système multi-agents selon une description à deux dimensions heuristiques des interactions entre les agents : individuelles *vs* collectives d'un côté, et internes (les croyances, les représentations etc.) *vs* externes (les comportements, les objets, les organisations etc.) de l'autre côté.

Un autre point de vue est celui de l'approche MaSe [DeLoach 2004]. Elle propose de guider les concepteurs à travers le cycle de vie du développement logiciel, en partant des spécifications pour aller jusqu'à la mise en œuvre du système. En cela, elle ressemble à l'approche Prometheus présentée précédemment, à la différence près, qu'elle est indépendante d'une architecture ou d'un langage multi-agents particulier. Ici aussi, l'approche a évolué pour devenir l'approche OMACs [DeLoach 2009], qui permet de définir les connaissances nécessaires pour le fonctionnement d'un SMA ainsi que de conférer au système la capacité de se réorganiser en temps réel pour faire face à un changement imprévu. Toutes ces approches ont été proposées pour résoudre les problèmes causés par l'écart sémantique qu'il peut exister entre un système logiciel et son environnement opérationnel. En effet, en utilisant des concepts organisationnels au lieu de concepts issus de la programmation, elles visent à proposer des systèmes qui représentent au plus près la réalité physique de leur

environnement. C'est un des points de focalisation de la méthodologie TROPOS [Bresciani et al. 2004] qui se concentre sur la définition des concepts adéquats dans les premières phases de l'analyse du besoin de sorte qu'ils puissent être efficacement utilisés dans toutes les phases du développement logiciel, de l'analyse préliminaire à sa mise en œuvre.

Un modèle d'organisation est une représentation conceptuelle du comportement humain. Elle s'appuie sur une syntaxe qui prend en compte les spécifications organisationnelles afin de concevoir des organisations d'agents. Tous ces modèles proposent des cadres pour programmer des agents autonomes, pour spécifier les tâches complexes qu'ils auront à effectuer, et pour les coordonner et gérer leurs communications. Cependant, même si les informations que les agents s'envoient entre eux sont bien décrites, le cycle de vie des connaissances, de leur création, à leur diffusion en passant par leur partage, leur mise à jour et leur évaluation par les agents n'est que partiellement pris en compte. Toutefois, selon Verhagen et al., [Verhagen et al. 2012] ce point est l'un des principaux défis à relever pour la création d'approches efficaces d'ingénierie des connaissances.

IV. Conclusion

Ce second chapitre a présenté une revue de la littérature se focalisant sur l'adéquation du paradigme agent pour répondre aux problématiques de gestion des connaissances et plus particulièrement, les démarches d'ingénierie basées sur les connaissances. La seconde partie de ce chapitre s'est intéressée aux approches de conception de SMA existantes. Le constat est qu'il existe aujourd'hui beaucoup d'approches qui reposent sur deux courants majeurs. Mais ces approches de conception adressent encore peu la problématique de la gestion du cycle de vie des connaissances, de leur création, à leur diffusion en passant par leur partage, leur mise à jour et leur évaluation. Ce point est un axe de recherche important à adresser pour pouvoir proposer et concevoir des systèmes intelligents à base de connaissances (SIBC) qui puissent supporter efficacement le partage de connaissances dans les organisations.

EN BREF…

Cadre théorique, apports et objectifs des systèmes à base de connaissances

Cadre théorique : L'ingénierie des connaissances vise principalement à fournir des systèmes informatiques, appelés systèmes à base de connaissances, capables de gérer le cycle de vie des connaissances produites et utilisées par les organisations. Dans ce courant, la formalisation des connaissances vise à fournir une représentation des connaissances nécessaires à un système informatique pour qu'il puisse réaliser la tâche qui lui est dévolue [Charlet 2004].

Objectif : Les SBC ont pour principal objectif de permettre de partager les connaissances des experts et de favoriser la réutilisation des ces connaissances et l'apprentissage collectif [Bonjour et al. 2014].

Enjeu : Le principal défi à relever pour les SBC est de mieux prendre en compte les aspects sociaux et organisationnels de la connaissance. Les approches d'intelligence artificielle contribuent à ouvrir le champ des possibilités, en particulier, à travers le paradigme agent.

EN BREF… (Suite)

Principe de fonctionnement d'un Système Multi-Agents (SMA) et apports pour l'ingénierie des connaissances

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. Un agent **agit,** est **autonome,** possède une **habilité sociale,** est **réactif** et est **proactif.** Un ensemble d'agents doivent se coordonner en vue d'accomplir un objectif global et ce, à travers une **organisation d'agents** (hiérarchies, holarchies (organisations d'holons), coalitions, etc.).

La conception d'un SMA comprend donc la description des rôles des agents, de leurs buts et de l'organisation des groupes d'agents qui vont le composer. Klusch présente une liste des services qu'un système multi-agents peut offrir à une approche de gestion des connaissances [Klusch 1999]:

- Recherche, acquisition, analyse et classification des connaissances multi-sources,
- Informer de la disponibilité des connaissances,
- Permettre l'évaluation collaborative de la connaissance,
- Permettre de garantir et d'expliquer la qualité et la fiabilité des connaissances,
- Permettre au système d'apprendre progressivement.

Méthodologies de Conception de systèmes multi-agents

Différentes approches de conception de SMA sont utilisées aujourd'hui. Elles peuvent être considérées selon deux catégories principales :

Les méthodologies orientées agents :

- GAIA [Zambonelli et al. 2003]
- Prometheus [Padgham & Winikoff 2003]
- PASSI [Cossentino 2005]
- MAS-CommonKADS [Iglesias et al. 1998]
- MASINA [Jose et al. 2007]

Les méthodologies organisationnelles :

- Ingenias [Pavón et al. 2005]
- MOISE [Hubner et al. 2007]
- VOM [Criado et al. 2009]
- Operetta [Aldewereld & Dignum 2011]
- AGR [Ferber et al. 2003] /AGRE [Ferber et al. 2005] / MASQ [Ferber et al. 2009]
- MaSe [DeLoach 2004] / OMACs [DeLoach 2009]
- TROPOS [Bresciani et al. 2004]

Toutes ces approches proposent des cadres de modélisation pour programmer des agents autonomes, pour spécifier les tâches complexes qu'ils auront à effectuer, ainsi que pour les coordonner et gérer leurs communications. Cependant, le cycle de vie des connaissances, de leur création, à leur diffusion en passant par leur partage, leur mise à jour et leur évaluation par les agents, n'est, la plupart du temps, pas pris en compte dans ces approches.

Chapitre 3

Modélisation d'entreprise orientée connaissances et compétences: Le modèle KROM

La modélisation d'entreprise permet de formaliser et de partager une meilleure compréhension des mécanismes de fonctionnement des organisations et des systèmes qui les composent. Ce domaine a déjà fait l'objet de nombreux travaux de recherche et possède donc un caractère pluridisciplinaire. Aujourd'hui, le lien entre les concepts de connaissance et de compétence et les situations professionnelles où ils sont mis en œuvre est peu explicité et utilisé à travers les organisations. Bien souvent, de par les différents domaines qui les utilisent, ces deux éléments sont utilisés de manière décorrélée sans être remis dans leur contexte organisationnel. Or, en raison des enjeux auxquels elle doit faire face, une organisation qui cherche à être performante doit avoir, aujourd'hui, les moyens de mieux gérer conjointement ses connaissances et ses compétences.

Afin d'établir un cadre conceptuel solide, ce chapitre propose dans un premier temps de présenter la structure générale de l'approche d'évolution des organisations proposée à travers ce travail de recherche. Sur la base de cette description, la suite de ce chapitre est consacrée à la description de KROM (*Knowledge Reuse Organizational Model*), un modèle organisationnel d'entreprise qui a pour but de servir de cadre conceptuel à l'ensemble de l'approche proposée, tout en explicitant les liens entre connaissances, compétences et organisation. Pour finir, les deux dernières parties de ce chapitre présentent la déclinaison de ce modèle conceptuel en une démarche de modélisation d'entreprise, par l'intermédiaire de quatre modèles issus de KROM, ainsi qu'une discussion sur les apports et limites du modèle.

Table des matières du Chapitre

I. APPROCHE D'EVOLUTION DES ORGANISATIONS ORIENTEE CONNAISSANCES ET COMPETENCES 73
II. PROPOSITION D'UN MODELE CONCEPTUEL: KROM 75
II.1 OBJECTIFS DE KROM 75
II.2 LES PRINCIPAUX ELEMENTS DE MODELISATION DE KROM 75
II.2.1 L'acteur, le concept central du modèle 76
II.2.2 L'organisation 76
II.2.3 La mission 77
II.2.4 L'objectif 77
II.2.5 Le processus 77
II.2.6 L'activité 78
II.2.7 Le livrable 78
II.2.8 La connaissance 78
II.2.9 Le schéma d'action, le mode opératoire 78
II.2.10 La compétence 78
II.2.11 Le rôle 78
II.2.12 Le domaine d'interaction 79
II.2.13 La responsabilité 79
II.3 REPARTITION DES CONCEPTS PAR RAPPORT AUX TROIS DOMAINES DE GESTION 79
III. METHODE DE MODELISATION D'ENTREPRISE ORIENTEE CONNAISSANCES ET COMPETENCES. 80
III.1 OBJECTIFS 80
III.2 DESCRIPTION GENERALE DE LA METHODE DE MODELISATION 81
III.3 LE DOMAINE DE LA GESTION DE L'ORGANISATION 82
III.4 LE DOMAINE DE LA GESTION DES CONNAISSANCES 84
III.5 LE DOMAINE DE GESTION DES COMPETENCES 86
IV. APPORTS DE LA METHODE DE MODELISATION D'ENTREPRISE ISSUE DE KROM 88
V. CONCLUSION 92

« La difficulté n'est pas de comprendre les idées nouvelles, mais d'échapper aux idées anciennes. »

John Maynard Keynes

I. Approche d'évolution des organisations orientée connaissances et compétences

Comme présenté dans les chapitres précédents, en optimisant la gestion de ses connaissances et compétences, une organisation se met dans des dispositions favorables pour atteindre ses objectifs d'amélioration de performances et ainsi être compétitive. En ce sens, cette section présente la structure générale de l'approche d'évolution des organisations proposée. Celle-ci est basée sur la gestion des connaissances et compétences et vise à replacer ces deux éléments dans leur contexte organisationnel pour en déduire des leviers d'amélioration des performances de cette organisation.

L'étude des interactions entre les acteurs permet d'identifier les connaissances utilisées et générées dans l'organisation, ainsi que d'anticiper les compétences nécessaires pour remplir ses missions. Ainsi, l'approche présentée dans ces travaux de recherche débute par une démarche de modélisation organisationnelle grâce au modèle conceptuel KROM, qui est présenté dans ce chapitre et à la méthode de modélisation d'entreprise qui en découle. Ce modèle est dédié à la modélisation des organisations sur la base des connaissances et des compétences. Son objectif est de pouvoir représenter et mettre en évidence les activités, les connaissances, les compétences et les rôles liés à une organisation. Cette analyse du domaine permet ainsi d'obtenir des cartographies de ces éléments et d'expliciter leurs interactions. Par exemple, pour une activité, cela permet d'identifier les rôles qui la réalisent, ainsi que les connaissances et les compétences mises en œuvre lors de sa réalisation.

A partir de cette identification, la deuxième étape de l'approche globale consiste en la proposition d'une approche d'analyse et de recommandations de scénarios d'évolution pour une organisation sur la base de l'étude de ses connaissances et compétences. Pour ce faire, l'approche, appelée ACKME, propose différents scénarios qui traitent le développement des connaissances et des compétences au regard des enjeux opérationnels que l'organisation rencontre. Cette contribution sera présentée dans le Chapitre 4. Selon les enjeux et priorités identifiés, les différents scénarios abordés peuvent mener à une grande variété d'actions d'implémentation. Celles-ci peuvent toucher trois grandes catégories:

- la gestion de l'organisation (notamment sur son évolution),
- la gestion des connaissances (par exemple: comment mieux capitaliser les connaissances au fil de l'eau ?),
- la gestion des compétences (par exemple: comment mieux opérationnaliser la description des compétences utiles à une organisation ?).

A la suite de la proposition de cette approche d'évolution d'une organisation, deux enjeux majeurs se présentent.

Tout d'abord, concernant la gestion des connaissances, il faut pouvoir identifier comment proposer aux organisations des éléments opérationnels de management qui soient en phase avec la démarche enclenchée lors de la modélisation organisationnelle. Pour apporter une contribution à cette problématique, le Chapitre 5 présente une méthode de conception de systèmes à base de connaissances qui repose sur les éléments organisationnels poussés par la modélisation issue de KROM. Cette méthode s'appuie sur le paradigme agent afin de prendre en compte au mieux les enjeux liés à la dynamique de management des connaissances et aboutit à la proposition d'un Système Multi-Agents, appelé SNOTRA.

Pour finir, il faut pouvoir vérifier que les éléments présentés à travers cette approche d'évolution ont un impact sur la performance de l'organisation. Pour ce faire, le postulat proposé dans le Chapitre 6 est de vérifier cette amélioration des performances par l'intermédiaire de l'évaluation de la montée en compétence des équipes après la mise en œuvre des actions d'évolution. En effet, la compétence

traduit une performance reconnue et est un concept intégrateur des différents éléments identifiés à travers les scénarios d'évolution. La Figure 6 illustre les quatre grandes phases (modélisation de l'entreprise avec KROM / évolution de l'organisation avec ACKME / conception d'un SMA avec DOCK / vérification du cadre d'évolution proposé) de ce travail de recherche et remet en perspective la structure générale de ce mémoire de thèse.

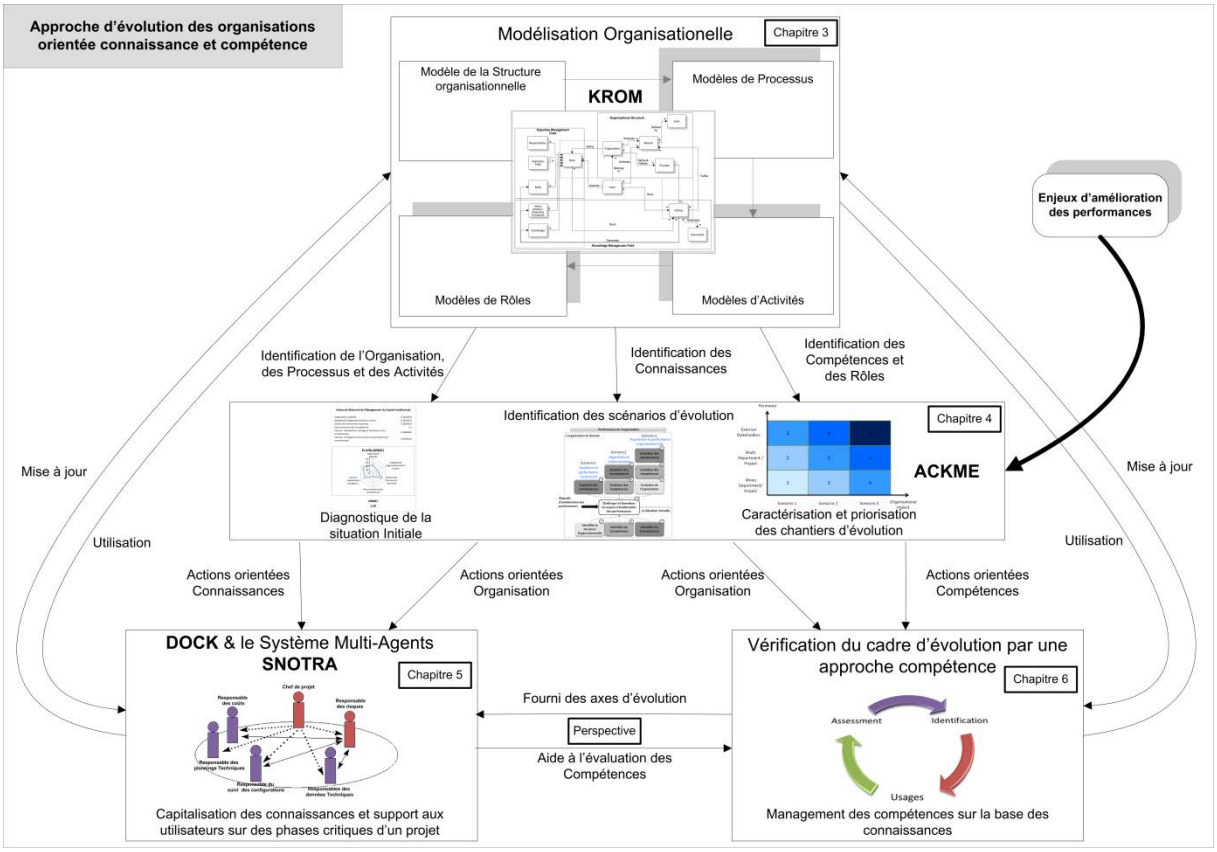


Figure 6: Approche d'évolution des organisations orientée connaissance et compétence de ce travail de thèse

Les premiers éléments importants de ce travail de recherche, à savoir le modèle conceptuel KROM, ainsi que la modélisation organisationnelle qui en découle, sont présentés dans ce chapitre, respectivement en section II et section III. La modélisation permet d'obtenir des cartographies :

- des activités réalisées par une organisation ;
- des connaissances ;
- des compétences mises en œuvre ;
- des rôles assumés par les différents acteurs de l'organisation.

La modélisation organisationnelle constitue le fil directeur de l'ensemble de l'approche. Les éléments décrits dans les chapitres suivants sont tous liés par cette modélisation, soit en reprenant certains des éléments identifiés, soit en appliquant la méthode à un niveau de détail plus spécifique. Ensuite, comme discuté dans les chapitres précédents, connaissances et compétences sont souvent vus comme deux ressources appartenant au capital immatériel d'une organisation. On considère alors qu'elles peuvent faire l'objet d'actions spécifiques de management de ressources sans forcément prendre en compte leur impact organisationnel, leurs liens et leurs interdépendances. En effet, elles sont liées l'une à l'autre mais elles sont aussi dépendantes d'autres éléments de l'organisation tels

que les situations de travail, les processus et les rôles des acteurs de l'organisation. Le fait d'utiliser une modélisation organisationnelle orientée connaissances et compétences permet donc de mettre en valeur ces liens afin de mieux les prendre en compte en aval. Finalement, en proposant une formalisation simple avec des concepts identifiés, la modélisation organisationnelle vise à faciliter la compréhension de l'approche par les différentes parties prenantes et permet la construction d'un plan d'action partagé.

II. Proposition d'un modèle conceptuel: KROM

La suite de ce chapitre se focalise sur la proposition d'un modèle conceptuel appelé KROM qui doit fournir les concepts clés à une approche de modélisation d'entreprise orientée connaissances et compétences (Modélisation issue de KROM). Ce modèle conceptuel va ainsi servir de base aux autres contributions de ce travail de recherche.

II.1 Objectifs de KROM

De par le caractère hétérogène et distribué des connaissances et des compétences, le modèle conceptuel KROM contribue à la clarification de concepts clés relatifs aux connaissances et compétences. Il permet :

- de contribuer à une meilleure compréhension de l'ingénierie de l'organisation sur la base des connaissances et des compétences,
- d'apporter une définition claire des concepts utilisés par la modélisation d'organisations orientée connaissances et compétences.

KROM s'appuie sur des éléments que l'on retrouve dans d'autres modèles conceptuels tels que l'activité, le processus, de rôle et s'attache à valoriser les interactions entre ces concepts pour valoriser les connaissances et les compétences dans un contexte organisationnel.

Le modèle doit contenir le nombre de concepts nécessaires et suffisant pour répondre aux enjeux précédemment cités. Des choix de niveau de représentation des concepts ont donc été retenus pour répondre au mieux à ces objectifs. Les différents concepts du modèle ont donc été établis selon les exigences suivantes :

- Les concepts proposés ne doivent pas être restreints à un type d'organisation spécifique [Principe d'unicité].
- Les concepts proposés doivent se relier aux concepts de connaissance et/ou compétence en deux itérations maximum [Principe de proximité sémantique].

II.2 Les principaux éléments de modélisation de KROM

En ce qui concerne l'aspect structurel du modèle, KROM est construit sur la base de treize concepts qui peuvent être ensuite déclinés et instanciés lors de la modélisation d'une organisation. Douze de ces treize concepts se répartissent sur trois domaines: le domaine de « gestion de l'organisation », le domaine « de gestion des connaissances » et le domaine « gestion des compétences ». Le treizième concept, « l'acteur », permet de faire le lien et d'instaurer une dynamique entre ces trois domaines (Cf. Figure 7). Sur l'aspect représentation graphique du modèle, les symboles graphiques utilisés, conformes au standard UML, sont résumés dans le tableau suivant (Tableau 2).

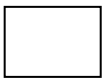
Elément	Caractéristiques
	Chaque concept abordé peut être considéré comme un objet délimité. Ces objets peuvent être ensuite détaillés et instanciés pour correspondre aux besoins de la modélisation de l'organisation.
_____	Une association relie des concepts dont les instances sont sémantiquement liées. Une association ne sous-entend aucune hiérarchie dans la relation. Dans le modèle, une association est paramétrée par un « nom » et une « multiplicité ».
« nom » ►	L'association a un « nom » ainsi qu'un sens de lecture ►.
0..* 0..*	Les « multiplicités » précisent le nombre d'instances qui participent à une relation. Les « multiplicités » possibles sont 1..1 ou 1(un et un seul), 0..1 (zéro ou un), m..n (de m à n), * ou 0..* (de zéro à plusieurs), m..* (de m à plusieurs)

Tableau 2: Symboles graphiques utilisés dans KROM

Dans notre travail de recherche, nous limitons la gestion de l'organisation aux concepts qui permettent de modéliser sa structure et son évolution. Nous souhaitons introduire des éléments de pilotage du changement organisationnel permettant d'améliorer les performances de l'organisation.

Par la suite, nous proposons une définition à chaque concept de KROM.

II.2.1 L'acteur, le concept central du modèle

Le premier concept considéré dans KROM est le concept d'acteur, qui est une personne physique. Celui-ci est central dans la modélisation car il personnifie tous les autres éléments. Un acteur appartient à une ou plusieurs organisation(s), réalise des activités et assume un ou plusieurs rôles pour y parvenir.

II.2.2 L'organisation

L'organisation est définie comme une entité structurée et clairement identifiée, qui se compose d'un ensemble d'acteurs partageant des objectifs et des moyens communs. C'est l'élément structurel qui apporte un positionnement et une visibilité marquée aux autres concepts qui lui sont rattachés dans le modèle. Une organisation peut être considérée comme un acteur collectif [Bonjour 2008]. Ce concept est récursif, c'est-à-dire qu'une organisation peut se décomposer en organisations de plus petites tailles. Cette décomposition prend fin lorsque qu'on arrive à l'élément unitaire de l'organisation, l'acteur individuel. Le positionnement du niveau de l'organisation considérée détermine ainsi le niveau de détail de tous les autres concepts représentés dans le modèle KROM.

Trois grandes catégories d'organisation ont été identifiées [Micaëlli & Bonjour 2011] :

- Un département, qui est défini comme une entité fonctionnelle et/ou opérationnelle formée par un ensemble d'acteurs étant sous la responsabilité d'un unique responsable.
- Une équipe, qui est composée d'un ensemble d'acteurs qui concourent à réaliser un travail collectif répondant à un objectif commun.
- Une communauté, qui est composée d'un ensemble d'acteurs ayant des centres d'intérêts, des orientations, ou des façons de penser similaires. Ces acteurs s'associent donc ponctuellement pour adresser des actions répondant à ces centres d'intérêts communs.

II.2.3 La mission

La mission correspond à ce qui est accompli par l'organisation. Ainsi une organisation peut accomplir une à plusieurs missions. Ce sont ces dernières qui donnent un cadre directeur et le sens de leurs contributions aux équipes appartenant à l'organisation. Ces dernières peuvent contribuer de manière ponctuelle ou continue à une ou plusieurs missions définies par l'organisation.

II.2.4 L'objectif

Chaque mission est définie par un ou plusieurs objectifs. Un objectif définit un but à atteindre pour l'organisation. Il incarne donc la raison d'être de celle-ci. Une organisation vit et perdure par les objectifs qu'elle doit remplir.

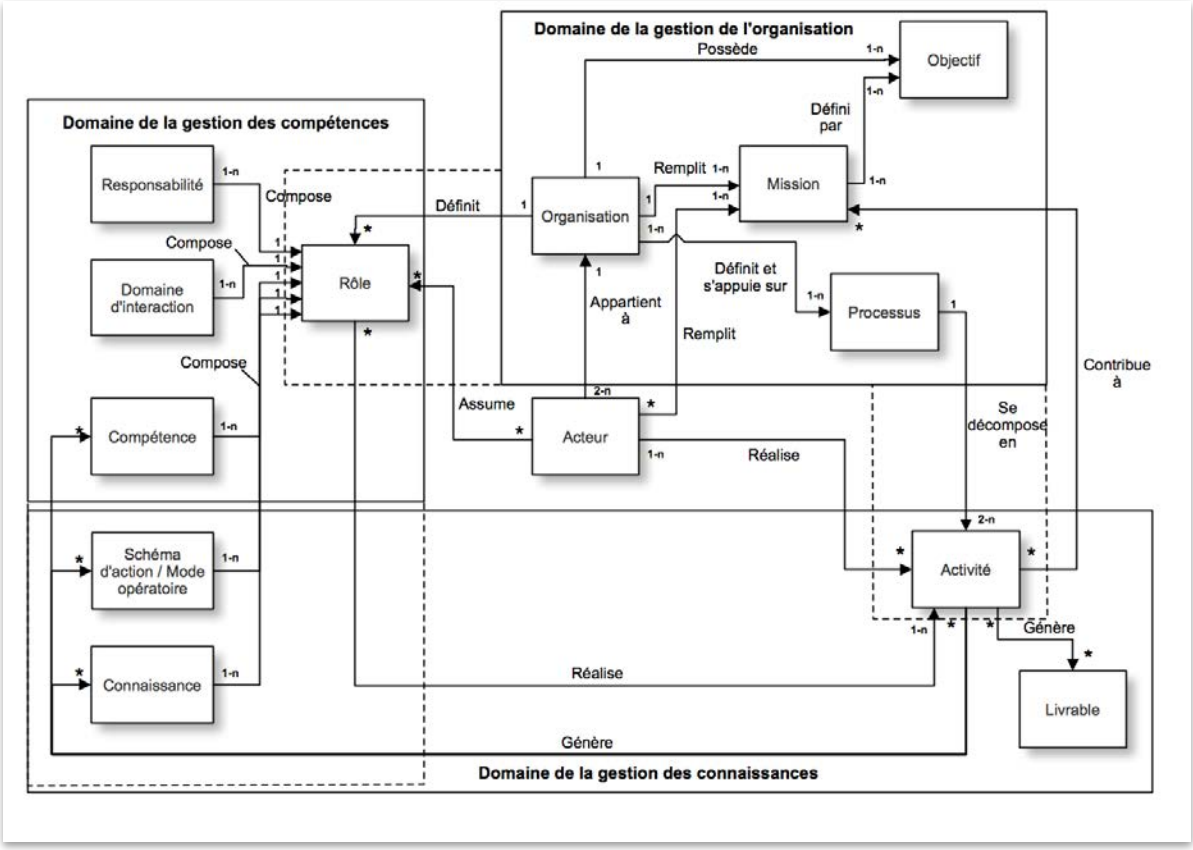


Figure 7 : Le modèle Conceptuel KROM

II.2.5 Le processus

Un processus est un ensemble d'activités reliées entre elles par des flux d'informations ou de matière et qui se combinent pour fournir un produit matériel ou immatériel. Ainsi une organisation définit et suit 1 à n processus pour réaliser ses missions. Mais en même temps un processus peut être commun à plusieurs organisations. Ainsi le processus peut couvrir les responsabilités de multiples métiers. Comme pour l'organisation, le processus est un concept récursif, c'est-à-dire qu'un processus peut se décomposer en sous processus de plus petites tailles. Cette décomposition prend fin lorsque qu'on arrive à l'élément unitaire du processus : l'activité.

II.2.6 L'activité

L'activité est une séquence d'opérations, réalisées par un acteur ou un ensemble d'acteurs. Elle peut donc être individuelle ou collective. Elle mobilise un certain nombre de ressources non-matérielles et matérielles pour fournir, une sortie précise, qu'elle soit matérielle ou immatérielle à un ou plusieurs clients identifiables, internes ou externes à l'organisation. L'activité est l'élément constitutif du processus. Un processus est donc constitué d'au moins 2 activités inter-reliées. La réalisation d'une activité par un acteur ou un ensemble d'acteurs génère quatre éléments : le livrable, la connaissance, le schéma d'action et la compétence.

II.2.7 Le livrable

Le premier élément généré à travers une activité est le livrable. C'est la sortie matérielle de l'activité. Derrière cette notion, on considère bien sûr les éléments physiques mais aussi les éléments plus intangibles comme des données ou des résultats bruts. Cet élément est spécifique à l'activité dont il provient. Il est donc difficilement réutilisable en l'état dans un contexte différent de celui de l'activité qui l'a produite.

II.2.8 La connaissance

C'est le second élément généré par la réalisation d'une activité. Une (ou plusieurs) activité(s) peuv(ent) générer une à plusieurs connaissances et ce, en faisant intervenir un à plusieurs acteurs. La connaissance peut donc être individuelle ou collective mais aussi tacite ou explicite [Baumard 1996]. La connaissance est considérée ici comme un ensemble d'informations agrégées, mises en contexte et véhiculant un sens précis. De par son caractère générique et distribué, la connaissance est un élément qui peut être réutilisé pour contribuer à la réalisation d'autres activités similaires.

II.2.9 Le schéma d'action, le mode opératoire

Le schéma d'action (ou mode opératoire) est la troisième sortie de l'activité. Il correspond à la combinaison de l'ensemble des éléments que les acteurs mobilisent pour réaliser l'activité. Pour partager, mutualiser et réutiliser ces expériences, les acteurs peuvent formaliser un schéma d'action communément accepté et mis en œuvre au travers de procédures ou modes opératoires formels. Par exemple, on peut formaliser un mode opératoire par un protocole de réalisation de tests, ou une procédure de réalisation de contrôles cosmétiques.

II.2.10 La compétence

La compétence est le dernier élément généré à travers la réalisation d'une activité. Elle représente la capacité d'une personne à réaliser une activité de façon autonome dans un contexte donné. De par sa nature, la compétence est mobilisable et réutilisable sur des activités similaires. De plus elle est évolutive est peut donc être mise en pratique sur plusieurs contextes d'utilisation. Plus la compétence d'un acteur est reconnue sur plusieurs contextes différents, plus la performance de cet acteur est importante.

II.2.11 Le rôle

Les trois derniers éléments présentés (la connaissance, le schéma d'action, la compétence) sont des éléments constitutifs du rôle. Ce dernier est la représentation de la position fonctionnelle d'un acteur au sein d'une organisation. Plusieurs rôles peuvent être définis par une même organisation, et la définition d'un même rôle peut aussi être partagée entre plusieurs organisations. De ce fait, un

acteur appartenant à une organisation doit endosser un rôle, mais il peut aussi en avoir plusieurs à jouer en même temps. Réciproquement, un même rôle peut être endossé par plusieurs acteurs. Par exemple un rôle d'ingénieur procédé est assumé par plusieurs acteurs et partagé entre plusieurs organisations.

Un rôle est défini par un ensemble d'attributs. Comme vu précédemment, la connaissance, le schéma d'action et la compétence en sont les trois premiers. A ceux-ci, il faut rajouter la responsabilité et le domaine d'interaction pour définir complètement un rôle dans une organisation. Un rôle peut être requis ou tenu. Dans le premier cas, certains des attributs constitutifs du rôle sont en cours d'acquisition par l'acteur qui instancie ce dernier. Lorsque le rôle est tenu, on considère que l'acteur instanciant le rôle a acquis les différents attributs constituant le rôle. Ce gap permanent entre requis et acquis confère au rôle son caractère évolutif, ce qui en fait un levier important de conduite du changement.

II.2.12 Le domaine d'interaction

Le domaine d'interaction englobe toutes les actions et situations qui peuvent conduire un acteur, à travers le rôle qu'il occupe, à interagir avec d'autres acteurs ayant le même rôle ou des rôles différents. Cet élément permet donc de consigner toutes les interfaces qu'a un rôle dans la réalisation de ses activités.

II.2.13 La responsabilité

Finalement, la responsabilité, dernier élément constitutif du rôle, définit l'ensemble des règles organisationnelles, qu'elles soient tacites ou explicites, qui définissent comment se déroulent les interactions entre les rôles à travers la réalisation des différentes activités. Cela englobe notamment les relations de hiérarchie qui se dessinent entre les différents rôles impliqués dans la réalisation d'un processus. Pour mettre en exergue ces éléments, le formalisme proposé par la méthode « Responsibility alignment matrix methodology » (aussi appelée RACI) [Project Management Institute 2008] est utilisé. Celui-ci est complété par un cinquième niveau (le niveau support) pour préciser le degré d'implication des différents acteurs :

- Responsable : Celui qui est responsable du bon déroulement de l'activité et des livrables associés.
- Acteur : Celui qui réalise l'activité.
- Support : Celui qui peut fournir des ressources spécifiques ou jouer un rôle de support dans la réalisation de l'activité.
- Consulté : Celui qui fournit des informations ou des ressources nécessaires à la bonne réalisation de l'activité.
- Informé : Celui qui doit être notifié des résultats de l'activité mais qui ne prend pas part à celle-ci.

II.3 Répartition des concepts par rapport aux trois domaines de gestion

Les différents éléments identifiés ci-dessus se répartissent dans le modèle KROM selon trois domaines de gestion. Certains concepts sont partagés entre deux des trois domaines et assurent ainsi leur articulation. Cela permet de considérer l'ensemble comme un tout pour définir un cadre global à l'évolution des organisations en se focalisant sur ses connaissances et compétences.

Le premier domaine concerne la *gestion de l'organisation*. Ce domaine regroupe des éléments qui représentent la raison d'être et la structure d'une organisation. Des actions sur ces éléments permettent de faire évoluer l'organisation. On retrouve les concepts d'organisation, de mission, d'objectif, de rôle, de processus et par extension d'activité. Ce dernier concept permet de faire le lien avec le deuxième domaine du modèle KROM, celui de la gestion des connaissances.

Le domaine de la *gestion des connaissances* regroupe les éléments qui contribuent à la mise en place d'actions de gestion des connaissances. On retrouve donc les concepts d'activité, de livrable, de connaissance et de schéma d'action. Ces deux derniers concepts étant des constituants du concept de rôle, ils appartiennent aussi au troisième domaine du modèle, celui de la gestion des compétences.

Le domaine de la *gestion des compétences* regroupe les éléments constituant le rôle. En effet, c'est à partir du rôle que des actions de gestion des compétences peuvent être mises en œuvre. On retrouve donc les concepts de connaissance, de schéma d'action, de compétence, de domaine d'interaction, de responsabilité et donc de rôle. Ce dernier concept étant aussi présent dans le domaine de la structure organisationnelle, il permet de reboucler la modélisation.

Finalement, le concept central d'acteur articule ces trois domaines. Il matérialise et incarne leurs interactions.

Le modèle conceptuel KROM repose sur treize concepts qui lui permettent de décrire une organisation selon trois domaines : la gestion de l'organisation, la gestion des connaissances et la gestion des compétences. Le modèle identifie des leviers d'amélioration de la performance d'une organisation grâce à la mise en valeur des liens et synergies entre connaissances et compétences. Cependant, ce modèle est à un niveau d'abstraction trop élevé pour être utilisé tel quel en terme de modélisation d'entreprise. La suite de ce chapitre décrit donc la mise en œuvre de KROM à travers quatre modèles définissant une méthodologie de modélisation d'entreprise orientée connaissances et compétences.

III. Méthode de modélisation d'entreprise orientée connaissances et compétences.

L'objectif de ces travaux est de proposer une démarche de pilotage du changement d'une organisation, basée sur les connaissances et compétences, pour améliorer ses performances. Cette démarche repose sur une modélisation d'entreprise permettant de considérer les connaissances et les compétences ainsi que leurs mécanismes de création, de partage et d'évolution, dans leur contexte organisationnel. L'approche doit aussi permettre d'intégrer des concepts et pratiques issues des approches kénétiques pour permettre la mise en œuvre d'approches opérationnelles de gestion des connaissances et des compétences.

III.1 Objectifs

Une modélisation d'entreprise orientée connaissances et compétences, doit permettre, d'une part, de fournir un support formel aux entreprises pour identifier et valoriser leurs connaissances et leurs compétences. D'autre part, ce support doit permettre de représenter les interactions entre les connaissances et les compétences. L'atteinte de ces deux objectifs doit permettre de faciliter l'acquisition, le partage et la mise à jour des connaissances, de façon simultanée avec la mise en œuvre et l'évaluation des compétences.

Cette aide à la gestion des connaissances et des compétences doit ainsi être en mesure de répondre aux interrogations suivantes:

- Quelles sont les connaissances mobilisées par une activité ?
- Quels sont les rôles qui interviennent sur la réalisation d'une activité ?
- Quelles sont les compétences cruciales de ce rôle ?
- Etc.

Afin d'identifier le type de modélisation correspondant le mieux à ces besoins, il est important de faire les choix adéquats pour satisfaire les exigences d'une modélisation d'entreprise orientée connaissances et compétences. Ainsi la modélisation doit permettre:

- de spécifier, visualiser et comprendre l'entreprise sur trois points de vue (organisation, compétence, connaissance);
- de préciser les relations entre compétences et connaissances ;
- de fournir un canevas qui guide la construction d'approches à base de connaissances et de compétences;
- de spécifier, et concevoir une solution aux diverses problématiques de gestion des connaissances et des compétences.

Sur la base de ces exigences, une approche organisationnelle des connaissances et des compétences [Nonaka & Takeuchi 1995] semble bien adaptée. En effet, cette dernière permet d'identifier les mécanismes de partage et de mise à jour des connaissances plutôt que de focaliser sur la formalisation et la modélisation de celles-ci [Currie 2003; Abecker et al. 2003]. La mise en exergue de ces mécanismes permet, de plus, de préciser la relation entre connaissances et compétences. L'approche organisationnelle se retrouve dans trois types d'approches de modélisation d'entreprise: les approches systémiques, les approches orientées objets et les approches kénétiques (orientée agents). Afin de pouvoir adresser les enjeux liés à la mise en œuvre de systèmes à base de connaissances, les approches kénétiques semblent apporter des leviers pertinents. En effet, celles-ci permettent de modéliser différentes formes d'interactions et de dégager les grands mécanismes donnant lieu à de l'auto-organisation [Ferber 1995]. Or, comme expliqué dans les chapitres précédents, les connaissances et les compétences utilisées et mises en œuvre par les acteurs métier sont hétérogènes et distribuées à travers l'organisation. De ce fait le paradigme organisationnel des approches kénétiques permet d'aborder et de modéliser ces notions dans un contexte d'ingénierie collaborative et simultanée.

III.2 Description générale de la méthode de modélisation

Le modèle conceptuel KROM met en valeur les concepts permettant de modéliser une organisation sur la base de ses connaissances et compétences. Afin d'utiliser ce modèle, une méthode de modélisation avec un formalisme spécifique issu de KROM est proposée. Cette méthode consiste à modéliser une organisation à partir de quatre modèles principaux couvrant les trois domaines de KROM (Cf. Figure 8).

La méthode de modélisation proposée vise d'abord à élaborer un « modèle de la structure organisationnelle ». A partir de celui-ci sont déclinés le « modèle de processus » et le « modèle d'activité » qui représentent des zooms itératifs sur des éléments précis. Le dernier modèle, le « modèle de rôle », constitue quant à lui, une agrégation sous l'angle compétence des éléments identifiés dans l'ensemble de la modélisation. Cette séquence de modèles permet de créer une modélisation organisationnelle complète qui prend en compte les notions d'organisation, de

connaissance et de compétence et permet de les mettre en relation. L'association des quatre modèles offre ainsi la possibilité d'aller dans le détail des processus et activités mis en œuvre par l'organisation ainsi que de spécifier les rôles mobilisés pour les réaliser.

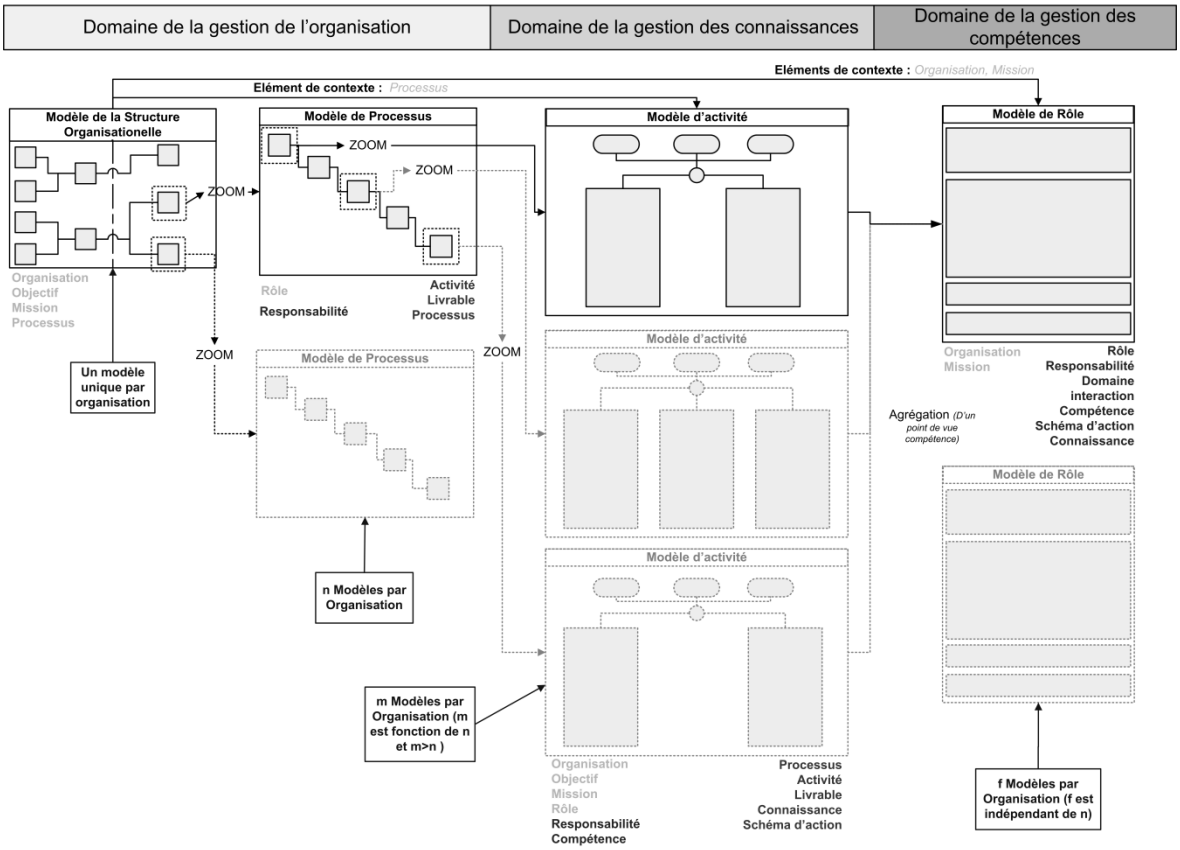


Figure 8 : Méthodologie de modélisation d'organisation humaine sur la base de KROM

Les trois prochaines sections de ce chapitre présentent le détail de ces différents domaines. Tout d'abord, les deux premiers modèles permettent de modéliser le domaine de la gestion de l'organisation (en se limitant aux aspects structurels). Ensuite, le modèle d'activité permet de représenter les éléments clés du domaine de la gestion des connaissances. Finalement, le modèle de rôle permet de représenter les éléments clés de la gestion des compétences.

III.3 Le domaine de la gestion de l'organisation

Comme présenté sur la Figure 8, la gestion de l'organisation comprend deux modèles. Le premier, le « modèle de la structure organisationnelle » est basé sur les concepts d'organisation, de mission, d'objectif et de processus (Cf. Figure 9). Le but de ce modèle est de formaliser et de mettre en valeur les missions liées à l'organisation, les objectifs auxquels elles font référence ainsi que les processus disponibles au sein de l'organisation pour remplir ces missions. La gestion de l'organisation comprend de nombreux autres concepts, comme les règles ou les valeurs, qui ne sont pas considérés ici car ils ont été jugés en dehors du périmètre de ce travail de recherche qui se positionne en génie industriel.

Un certain nombre de règles ont été définies pour cadrer la modélisation et notamment les interactions entre les différents éléments constitutifs (Cf. Figure 7) :

- 1 Organisation réalise 1 à n Mission(s).
- 1 à n Mission(s) s'appuient sur 1 à n Processus.
- 1 à n Organisation(s) définit/définissent et s'appuie/s'appuient 1 à n Processus.
- 1 à n Mission(s) contribue(nt) à 1 à n Objectifs.

Ces règles s'appuient sur les cardinalités exprimées dans le modèle KROM et permettent ainsi de s'assurer que la modélisation est au bon niveau. En effet, si ces règles ne sont pas toutes applicables, cela signifie que le niveau n'est pas approprié pour effectuer une modélisation à base de connaissances et compétences, ou que la modélisation est incomplète. De ce fait, les actions mises en œuvre plus tard sur les connaissances et compétences risquent d'être limitées en termes d'impact ou mal ciblées.

Concernant la représentation graphique du modèle, les propriétés des symboles graphiques utilisés sont résumées dans le tableau suivant (Tableau 3) :

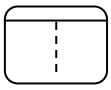
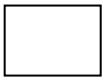
Elément	Caractéristiques
	L'organisation délimite le cadre de la modélisation. Elle est donc représentée par le cartouche externe du modèle. Ce dernier prépare la répartition des autres éléments selon deux parties principales : L'identité de l'organisation sur la gauche et les actions de l'organisation sur la droite.
	Les missions, objectifs et processus identifiés, de l'organisation, sont représentés par une boite. Celles-ci peuvent être numérotées pour faciliter la lecture et les liens entre différents modèles.
	Une association relie des concepts dont les instances sont sémantiquement liées. Une association ne sous-entend aucune hiérarchie dans la relation. Dans ce modèle, une association est paramétrée par un « nom ».
« nom » ►	L'association a un « nom » ainsi qu'un sens de lecture ►.

Tableau 3: Symboles graphiques utilisés par le modèle de structure organisationnelle

Le second modèle du domaine de la gestion de l'organisation est un zoom spécifique du premier modèle (Cf. Figure 10). En effet, le premier modèle permet d'identifier les processus mis en œuvre par l'organisation et de leur donner un contexte, en les liants à des missions précises. L'objectif du « modèle de processus » est de détailler ces éléments. Chaque processus est éclaté, en reprenant le formalisme des approches de « Structural Design and Model Design » (SADT). Ce formalisme a été ici simplifié pour ne garder que le principe d'activités séquencées traitant des entrées et générant des sorties. Cette version simplifiée a été complétée pour les besoins de la modélisation par la mention des rôles impliqués dans la réalisation des activités sous chacune d'entre elles. Chaque rôle cité est qualifié par une ou plusieurs lettre(s) correspondant à une représentation de la méthode RACI comme vu précédemment. Les activités représentant le travail quotidien des acteurs de l'organisation, ce modèle permet d'ancrer solidement la modélisation à un niveau opérationnel.

Pour résumer, le point de vue du domaine de la gestion de l'organisation, avec ses deux modèles, permet de définir le cadre général de l'organisation étudiée. Cette étape est donc cruciale pour bien identifier et mettre en valeur les dynamiques de partage et d'association des connaissances présentes. Un seul et unique « modèle de la structure organisationnelle » est formalisé pour une organisation donnée. Par contre en ce qui concerne les « modèles de processus », plusieurs modèles peuvent être formalisés afin de couvrir tous les processus identifiés dans le premier modèle.

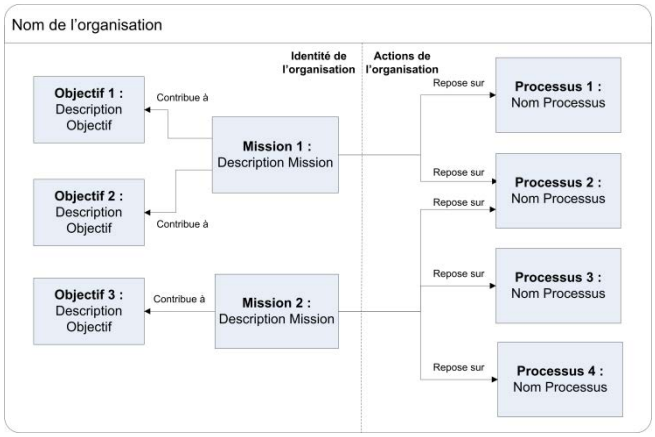


Figure 9: Le modèle de la structure organisationnelle

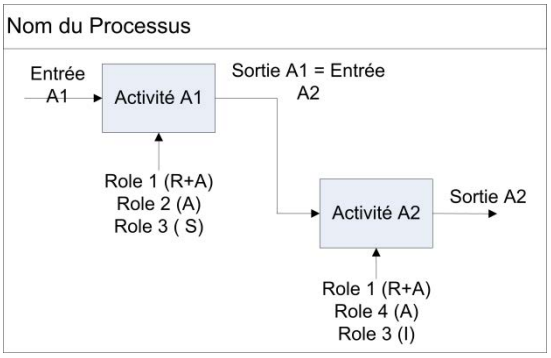


Figure 10 : Le modèle de Processus

Partant de ce premier point de vue, l'action suivante consiste à modéliser les différentes activités identifiées afin de mettre en exergue les connaissances mobilisées, utilisées et partagées par les acteurs à travers l'organisation.

III.4 Le domaine de la gestion des connaissances

Le domaine de la gestion des connaissances se base sur un modèle qui est appliqué à toutes les activités précédemment identifiées dans les processus. Le « modèle d'activité » formalise l'hypothèse que la réalisation d'une activité génère des livrables et des connaissances, mobilise des compétences et peut amener à faire évoluer les schémas d'action en place pour la réalisation de cette activité. Tous ces éléments sont le résultat d'interactions entre les différents rôles et donc les acteurs impliqués par cette activité.

Ce « modèle d'activité » se base sur le formalisme RIOCK (Role, Interaction, Organization, Competence, and Knowledge) [Monticolo et al. 2008]. L'objectif principal de ce « modèle d'activité » est de mettre en lumière les interactions entre les rôles pour chaque activité et d'identifier les éléments utilisés, générés et partagés à travers sa réalisation (Cf. Figure 11).

Le modèle d'activité peut amener rapidement à un grand nombre d'instanciations. C'est pourquoi dans la majorité des approches de modélisation d'entreprise, ce niveau de détail n'est que partiellement abordé. Cependant, pour arriver à identifier les mécanismes de création, de partage et de réutilisation de connaissances, ainsi que de mise en œuvre et d'acquisition de compétences il est nécessaire d'avoir recours à un tel modèle. En effet, il permet d'expliciter le fait que les connaissances et les compétences sont liées à des situations professionnelles précises mettant en interactions différents rôles donc différents acteurs. De plus le maillage de l'ensemble des modèles d'activité permet d'obtenir une cartographie complète des compétences et des connaissances utilisées à travers l'organisation. Ceci permet d'ancrer les concepts de connaissance et de compétence dans la gestion de l'organisation d'une part (par le biais de l'activité et du processus) mais aussi d'en montrer les impacts sur la gestion des compétences (à travers le rôle notamment). Concernant la représentation graphique du modèle, les symboles graphiques utilisés sont résumés dans le Tableau 4 :

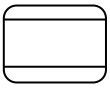
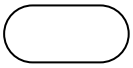
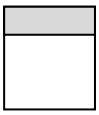
Elément	Caractéristiques
	L'activité délimite le cadre de la modélisation. Elle est donc représentée par le cartouche externe du modèle. Pour pouvoir réassocier rapidement chaque activité à son processus père, sa mention est reportée sur le bas du cartouche.
	Les éléments générés par l'activité, à savoir les livrables, les connaissances, les compétences mises en œuvre, et les schémas d'action qui évoluent sont notés sur le haut du cartouche par ce symbole.
	Chaque rôle intervenant dans la réalisation de l'activité est identifié. Chacun d'entre eux est défini par ses compétences et connaissances mise en œuvre, par ses schémas d'action mobilisés et par sa/ses responsabilités dans la réalisation de l'activité.
	L'alliance : cette interaction représente un ensemble de rôles partageant les mêmes objectifs. Les acteurs vont coopérer pour accomplir les objectifs de l'organisation. Ils vont mettre de côté leurs propres objectifs. L'organisation perdurera tant que les acteurs n'ont pas satisfait ses objectifs. Ce formalisme d'interaction est emprunté au formalisme RIOCK et au paradigme Agent.
	La coalition : Les rôles partagent des informations pour pouvoir accomplir leurs tâches. Ils gardent ainsi leurs propres objectifs et possèdent des objectifs différents. Cependant ils ont au moins un objectif commun avec l'organisation. Un rôle peut sortir de la coalition si ses propres objectifs sont atteints. L'organisation perdure tant qu'il y a plusieurs rôles en interaction et que les objectifs de l'organisation ne sont pas atteints. Ce formalisme d'interaction est emprunté au formalisme RIOCK et au paradigme Agent.
	Le leadership : Cette interaction exprime le fait qu'un rôle pilote l'organisation et distribue les tâches aux autres rôles pour accomplir les objectifs de l'organisation. Chaque rôle de l'organisation partage au moins un objectif commun avec l'organisation. Le leader possède le plus d'objectif dans l'organisation. Ce formalisme d'interaction est emprunté au formalisme RIOCK et au paradigme Agent.
	Les connecteurs indiquent le sens de lecture. Ils vont des rôles vers les éléments de sortie de l'activité en passant par l'interaction.

Tableau 4: Symboles graphiques utilisés par le modèle d'activité

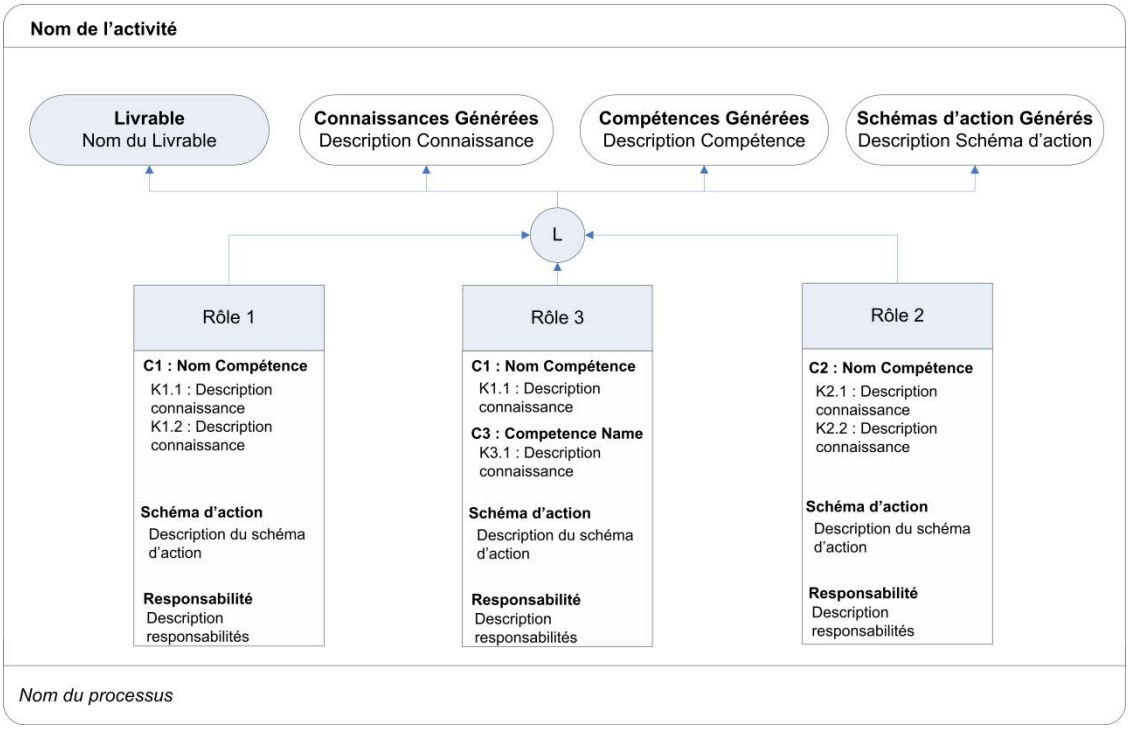


Figure 11: Le modèle d'activité

Suite à ce deuxième domaine, focalisé sur des connaissances, le dernier pan de la modélisation s'intéresse au domaine de gestion des compétences. L'idée est de modéliser les différents rôles identifiés, afin de pouvoir décrire les compétences mises en œuvre par ces derniers dans les situations professionnelles étudiées.

III.5 Le domaine de gestion des compétences

La succession des « modèles d'activités » réalisés précédemment permet d'obtenir un maillage des rôles mobilisés à travers l'organisation. L'objectif du « modèle de rôle » est de pouvoir agréger l'ensemble des informations concernant un rôle donné dans un seul et unique modèle. Contrairement aux modèles précédents qui s'enchainent grâce à des zooms successifs, ce modèle rassemble un ensemble d'informations distribuées à travers les modèles précédents et les consolide en les mettant en perspectives des compétences mises en œuvre par le rôle. Cette agrégation d'attributs permet de définir de façon globale chaque rôle et son implication dans l'organisation. Un rôle est donc défini par l'organisation auquel il appartient, les missions qu'il remplit, les compétences et les connaissances qu'il mobilise, son domaine d'interaction et ses responsabilités. Le « modèle de rôle » permet de représenter tous ces éléments pour un rôle donné (Cf. Figure 12).

La plupart des éléments relatifs à ce modèle sont déjà bien souvent implantés dans les organisations, notamment aux travers des certifications ISO (9000/9001 etc.) qui préconisent qu'une organisation doit établir les rôles et les responsabilités de ses équipes et les communiquer. De plus, elles doivent *« déterminer les compétences nécessaires pour le personnel effectuant un travail ayant une incidence sur la conformité aux exigences relatives au produit ».* Le modèle de rôle s'inscrit donc totalement dans cette logique tout en permettant de faire le lien avec les connaissances utilisées et, par extension, avec les activités réalisées.

La formalisation du modèle de rôle répond également à un second objectif. En effet, comme présenté en début de ce chapitre, la modélisation issue de KROM a pour objectif de modéliser une organisation humaine mais aussi de faire le lien avec des approches de modélisation dites kénétiques. En effet, les approches kénétiques, à travers le paradigme agent qui a été présenté au chapitre 2, ouvrent de nouvelles possibilités en termes de représentation des mécanismes de partage et de réutilisation des connaissances. A travers des organisations virtuelles, des systèmes à base de connaissances peuvent venir supporter les activités des acteurs humains. Afin de préparer au mieux l'interfaçage entre une organisation humaine et une organisation virtuelle, le modèle de rôle propose de prendre en compte ces deux types d'organisations dans son domaine d'interaction (Cf. Figure 12). Ainsi le domaine d'interaction est partagé en trois grandes catégories : les Agents (les rôles des acteurs des organisations virtuelles), les Humains (les rôles des acteurs des organisations humaines) et les Interfaces (les différentes interfaces logicielles qui vont permettre aux deux organisations de s'interfacer pour communiquer).

Nom du Rôle		
Organisation	*Nom de l'organisation*	
Missions	- M1 : Description - M2 : Description - M3 :Description	
Compétences	C1 : Nom Compétence C2 : Nom Compétence C3 : Nom Compétence C4 : Nom Compétence	C5 : Nom Compétence C6 : Nom Compétence C4 : Nom Compétence C5 : Nom Compétence
Connaissances	K1 : Nom Connaissance K2 : Nom Connaissance K3 : Nom Connaissance K4 : Nom Connaissance K5 : Nom Connaissance	K6 : Nom Connaissance K7 : Nom Connaissance K8 : Nom Connaissance K9 : Nom Connaissance
Domaine d'interactions	**Agents :** Agent A / Agent B / Agent D / ... **Humans :** Role 1 / Role 2 / Role 3 / ... **Interfaces :** Portail A / Platefrome C / ...	
Responsabilités	Description des responsabilités	

Figure 12: Le modèle de rôle

Le modèle de rôle est important dans la modélisation proposée car il permet de formaliser le lien qui peut exister entre une organisation humaine et une organisation virtuelle chargée d'apporter un support proactif à cette dernière. Ce modèle, permettant de représenter rôles et compétences, complète et clôt la méthode de modélisation d'entreprise issue de KROM.

IV. Apports de la méthode de modélisation d'entreprise issue de KROM

Comme abordé au Chapitre 1, le domaine de recherche sur la modélisation d'entreprise propose aujourd'hui un grand nombre de méthodes de modélisation qui ont chacune une portée opératoire bien spécifique.

L'enjeu adressé ici au travers du modèle conceptuel KROM et de la méthode de modélisation qui en découle consiste à changer de paradigme concernant les connaissances et les compétences. En effet, ces deux éléments sont considérés comme des ressources « activables » de l'entreprise par les différentes méthodes de modélisation d'entreprise. L'ambition affichée avec KROM, et la modélisation qui en découle, est de pouvoir aborder les mécanismes de création, d'échange et de réutilisation des connaissances et des compétences à travers des situations professionnelles. Cet axe rejoint des travaux de recherche au niveau du schème d'activation de la compétence [Belkadi et al. 2007; Bonjour et al. 2002] pour fournir aux organisations des axes et des variables sur lesquels influer pour développer leur capital de connaissances et de compétences, et donc leur performance.

Cette section propose une discussion sur les apports et les limites de la méthode de modélisation proposée, notamment en comparant son cadre conceptuel avec ceux d'autres méthodes issues de la littérature. Pour ce faire, KROM et la méthode de modélisation qui en découle, sont comparés aux méthodes UEML (Unified Entreprise Modelling Language) [Vernadat 2002b], UECML (Unified Enterprise Competence Modelling Language) [Pépiot et al. 2007] et CRAI (Competency Resource Aspect Individual) [Harzallah & Vernadat 2002]. Nous avons choisi de présenter ces modèles conceptuels ici, et non pas dans l'état de l'art, pour faciliter la lecture de notre comparaison.

Tout d'abord, la méthode UEML a pour objectif de fournir un langage facile à apprendre et à utiliser, servant d'interface unique à un utilisateur, pour manipuler différentes méthodes de modélisation en fonction de son besoin, d'où le terme « Unified ». De plus UEML fourni une syntaxe et une définition sémantique standard de sorte que des modèles spécifiques puissent être traduits au format UEML pour faciliter l'échange et la réutilisation de ces modèles. Le modèle conceptuel d'UEML est présenté sur la Figure 13.

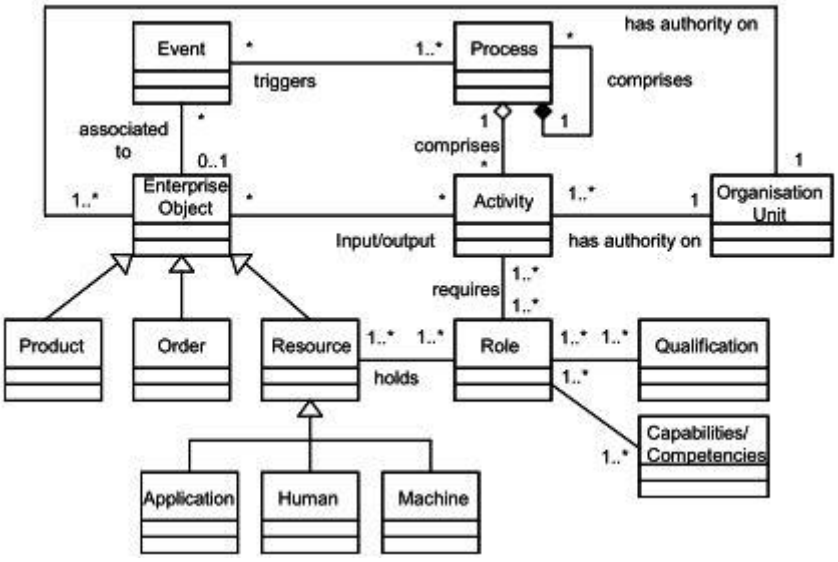


Figure 13 : Modèle conceptuel UEML [Vernadat 2002b]

De son coté, la méthode UECML s'appuie, comme son nom l'indique, sur UEML. Son objectif est de permettre une meilleure prise en compte de la compétence dans la modélisation d'entreprise, notamment en considérant les compétences individuelles et collectives, mais aussi en favorisant l'évaluation systématique des compétences. Le modèle conceptuel UECML est présenté Figure 14.

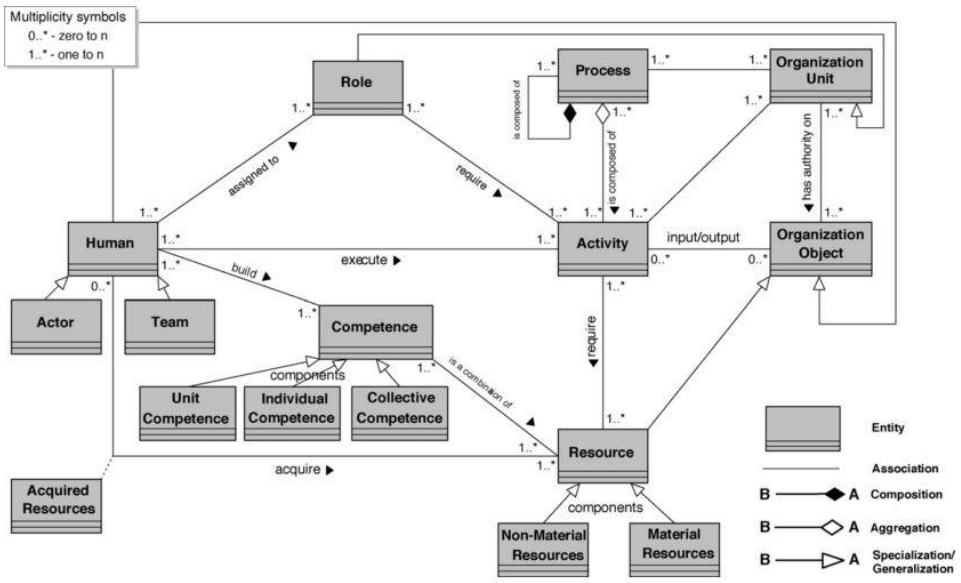


Figure 14 : Modèle conceptuel UECML [Pépiot et al. 2007]

Pour finir le modèle CRAI se concentre lui aussi sur la modélisation de la compétence, mais à la différence d'UECML, les points abordés par ce modèle se focalisent plus sur la description interne de la compétence (ses composants, ses mécanismes d'activation et son contexte). Le modèle conceptuel CRAI est présenté Figure 15.

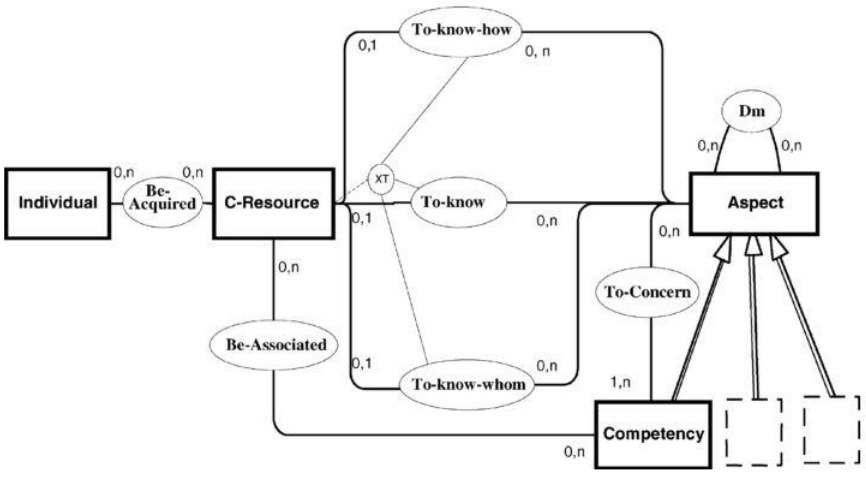


Figure 15 : Modèle conceptuel CRAI [Harzallah & Vernadat 2002]

Par rapport à ces trois modèles, l'objectif de KROM est de mettre en valeur la dimension organisationnelle de la connaissance et de la compétence, notamment en mettant en valeur la relation entre ces deux éléments et les situations professionnelles (à travers le concept d'activité). Le deuxième point poussé par KROM est aussi de pouvoir mettre en valeur, à travers une modélisation

d'entreprise, que la gestion des connaissances et des compétences ne se résume pas aux concepts seuls de connaissance et de compétence, mais qu'elle repose sur l'association de plusieurs éléments, ressources et leviers à disposition de l'organisation et qu'il faut savoir associer. Afin d'avoir une vue synthétique des similarités et différences entre KROM et les autre cadres de modélisation, nous proposons dans le Tableau 5 notre analyse des similarités entre les concepts contenus dans les différents modèles. Pour ce faire, nous avons défini trois niveaux de similarité : Premièrement un concept de KROM peut être considéré comme « équivalent » à un concept d'un autre modèle lorsque leurs définitions et portées sont identiques. Ensuite il peut être considéré comme « similaire » lorsque les deux concepts sont proches dans leurs définitions et portées mais pas considérés comme identiques. Et finalement, le dernier niveau « / » représente le fait que le concept de KROM étudié n'a pas d'équivalent dans les concepts des autres modèles.

Concepts et domaines de KROM	Concepts d'UEML	Concepts d'UECML	Concepts de CRAI
Acteur	Similaire « Human »	Equivalent « Human »	Equivalent « Individual »
Organisation	Equivalent « Organisation Unit »	Equivalent « Organisation Unit »	Similaire « Aspect »
Mission	/	/	/
Objectif	/	/	/
Processus	Equivalent « Process »	Equivalent « Process »	Similaire « Aspect »
Activité	Equivalent « Activity »	Equivalent « Activity »	Similaire « Aspect »
Livrable	Equivalent « Entreprise Object »	Equivalent « Organisation Object »	/
Connaissance	Similaire « Qualification »	Similaire « Non-Material Resources »	Similaire « C-Resource »
Schéma d'action	/	Similaire « Non-Material Resources »	Similaire « C-Resource »
Compétence	Equivalent « Capabilities / Competencies »	Equivalent « Competence »	Equivalent « Competency »
Rôle	Equivalent « Role »	Equivalent « Role »	/
Domaine d'interaction	/	/	/
Responsabilité	/	/	/
Domaine de la gestion de l'organisation	/	/	/
Domaine de la gestion des connaissances	/	/	/
Domaine de la gestion des compétences	/	/	/

Tableau 5 : Equivalence des concepts et domaines présents dans KROM avec ceux d'UEML, d'UECML et de CRAI

On constate dans ce tableau que les différents modèles possèdent un nombre conséquent de concepts en commun, que ce soit par équivalence totale, ou par similarité. En pondérant ces niveaux de similarité tel que : « équivalent »=1, « similaire »=0.5, « / »=0, on obtient les taux d'intersection suivants entre KROM et ces trois modèles :

- KROM et UECML se recoupent sur 50% des concepts présents dans KROM,
- KROM et UEML se recoupent sur 44 % des concepts présents dans KROM,
- KROM et CRAI se recoupent sur 28 % des concepts présents dans KROM.

Par rapport à ce taux d'intersection, il ressort de cette comparaison plusieurs points. Tout d'abord les modèles actuels considèrent peu la finalité d'une organisation car les éléments autour des *objectifs* et *missions* d'une organisation ne sont pas clairement identifiés. Deuxièmement, le champ d'action et l'influence d'un rôle ne sont pas réellement considérés par ces modèles, or ces aspects sont cruciaux dans le partage de connaissances et de compétences à travers les organisations [Medina & Medina 2014; Worley et al. 2005; Grundstein 2005]. Troisièmement, au travers de différents domaines, KROM met en valeur que plusieurs concepts constituent des leviers d'actions privilégiés par rapport à des objectifs d'amélioration des performances concernant les gestion de l'organisation, la gestion des connaissances et les gestion des compétences, éléments que l'on ne retrouve pas dans les autres modèles. Bien plus que la couverture des différents concepts entre ces modèles, le point poussé à travers KROM est le lien entre les concepts de connaissance et compétence et la situation professionnelle, traduite ici par l'activité (Cf. Figure 7, Figure 13, Figure 14 et Figure 15). En effet, KROM est le seul modèle conceptuel qui permet de relier directement la connaissance et la compétence à une activité. Ce lien permet de matérialiser le fait qu'elles peuvent être générées au travers de l'activité, d'autant plus lorsque celle-ci est une activité collective. Cette absence dans les autres modèles et cadres conceptuels amène à considérer ces deux éléments seulement sous l'angle ressources disponibles. Une partie des mécanismes associés au cycle de vie des connaissances et des compétences n'est donc pas prise en compte par les méthodes de modélisation qui découlent de ces modèles conceptuels.

Pour finir, par rapport aux modèles précédemment cités, KROM n'aborde pas les notions de moyen matériels mis à disposition par l'organisation pour mener à bien ses missions, ainsi que la notion « d'Event » présente dans UEML qui permet d'identifier un élément déclencheur d'un changement d'état de l'organisation. Ces points n'ont pas été rédhibitoires dans les modélisations réalisées jusqu'à présent. Cependant pour de futures mises en œuvre, notamment pour des approches kénétiques, ces aspects de ressources matérielles disponibles et « d'Event » peuvent permettre de compléter la traduction opérationnelle de KROM. Ainsi, il ne s'agit pas ici de conclure que KROM est meilleur dans l'absolu que ces autres modèles conceptuels, mais bien qu'il est mieux adapté à modéliser les liens entre les concepts de connaissance, de compétence et d'organisation, dans l'objectif d'identifier et de mettre en œuvre des actions d'évolution de l'organisation.

Par ailleurs, la prise en compte des différentes interactions et mécanismes associés au cycle de vie des connaissances et des compétences implique un niveau de détail assez important dans la modélisation. Pour donner un ordre d'idée de la charge de modélisation, un ordre de grandeur du nombre de modèles requis pour modéliser complètement une organisation, avec le cadre conceptuel KROM, est présentée dans le Tableau 6. Ces chiffres sont extrapolés à partir des différentes mises en œuvre de la modélisation réalisées à ce jour.

Domaine de modélisation	Modèle	Ordre de grandeur
Gestion de l'organisation	Modèle de la structure organisationnelle	1
Gestion de l'organisation	Modèle de processus	$1 \leq x \leq 20$
Gestion des connaissances	Modèle d'activité	$1 \leq y \leq 30$ par modèle de processus
Gestion des compétences	Modèle de rôle	$1 \leq z \leq 20$ par modèle de la structure organisationnelle

Tableau 6 : Estimation du nombre de modèles requis pour modéliser une organisation

L'effort de modélisation peut donc vite s'avérer conséquent. Il faut donc bien définir en amont les objectifs associés à la modélisation et notamment identifier le niveau de l'organisation le mieux adapté pour répondre au besoin.

V. Conclusion

La modélisation d'entreprise a pour objectif de permettre une meilleure compréhension des mécanismes participant au bon fonctionnement des systèmes et des organisations. A ce titre, elle semble être un bon moyen, pour modéliser, identifier et simuler les implications organisationnelles et les différentes dynamiques autour des concepts de connaissance et de compétence.

Ce chapitre a présenté une nouvelle approche de modélisation d'entreprise visant à supporter des actions d'amélioration des performances d'une organisation. Cette approche repose sur une approche organisationnelle des connaissances et compétences en proposant, d'une part, le modèle conceptuel KROM, puis une méthodologie de modélisation sur la base de quatre modèles s'appuyant sur ce modèle conceptuel. Cette modélisation se répartit en trois domaines principaux :

- le domaine de gestion de l'organisation (deux modèles),
- le domaine de gestion des connaissances (un modèle),
- le domaine de gestion des compétences (un modèle).

La modélisation organisationnelle proposée est pertinente pour établir des cartographies des connaissances, des compétences, des rôles et des activités mises en œuvre par une organisation. Elle permet de lier ces différents éléments entre eux et met donc en valeur leurs interactions. De plus, de par le « modèle de rôle », cette modélisation permet de faire le lien entre les organisations humaines étudiées et les organisations virtuelles qui pourront être mises en œuvre pour supporter la gestion des connaissances et compétences.

A partir de ce « maillage organisationnel », l'étape suivante de l'approche proposée dans ce mémoire consiste à établir des scénarios d'évolution de l'organisation, orientés connaissances et compétences, en fonction des enjeux d'amélioration des performances que rencontre l'entreprise. Ce travail se caractérise par la proposition de la méthode ACKME (Approach for Competence & Knowledge Management Enhancement) présentée dans le chapitre suivant.

EN BREF…

Approche d'évolution des organisations orientée connaissances et compétences

Les travaux de recherche présentés dans ce mémoire visent à proposer une approche intégrée de management des connaissances et compétences. Cette approche à pour objectif de replacer ces deux concepts dans leur contexte organisationnel afin de proposer des leviers d'amélioration des performances de l'organisation, en fonction des enjeux qu'elle rencontre.

L'approche est structurée en 4 axes qui correspondent aux contributions majeures de ce travail de recherche :

1. Définition du modèle conceptuel KROM et modélisation organisationnelle qui en découle (Chapitre 3).
2. Définition d'une approche globale (ACKME) de management des connaissances et des compétences (Chapitre 4).
3. Proposition d'une méthodologie de conception de systèmes à base de connaissances utilisant le paradigme agent (DOCK), et application à la conception du système multi-agents SNOTRA (Chapitre 5).
4. Proposition une approche de vérification du cadre d'évolution proposé dans ce mémoire à travers une démarche compétence (Chapitre 6).

Proposition d'un modèle conceptuel: KROM

KROM est un modèle conceptuel dédié à la modélisation des organisations sur la base des connaissances et des compétences. Il s'appuie sur des éléments que l'on retrouve dans d'autres modèles conceptuels tels que l'activité, le processus, de rôle et des interactions entre ces concepts.

KROM présente treize concepts pour modéliser une organisation en vue de favoriser la gestion de cette organisation, la gestion de ses connaissances et de ses compétences. Douze de ces treize concepts se répartissent sur trois domaines qui représentent trois grands points de vue pour considérer une organisation :

- Le domaine de gestion d'une organisation (en se limitant à sa raison d'être et sa structure),
- Le domaine de gestion des connaissances,
- Le domaine de gestion des compétences.

Le treizième concept, celui de l'acteur, articule ces trois domaines.

Méthode de modélisation d'entreprise orientée connaissances et compétences

L'objectif de ces travaux est de proposer une démarche de pilotage du changement d'une organisation, sur la base de ses connaissances et compétences, pour améliorer ses performances. Cette démarche repose sur une modélisation d'entreprise permettant de considérer les connaissances et les compétences ainsi que leurs mécanismes de création, de partage et d'évolution, dans leur contexte organisationnel. L'approche doit aussi permettre d'intégrer des concepts et pratiques issues des approches kénétiques pour permettre la mise en œuvre d'approches opérationnelles de gestion

EN BREF (suite)…

des connaissances et des compétences.

Afin de répondre à cet objectif, une méthodologie de modélisation avec un formalisme spécifique issu de KROM est proposée. Cette méthodologie consiste à représenter une organisation à partir de quatre modèles principaux couvrant les trois domaines de KROM :

- Le modèle de la structure organisationnelle (domaine de la gestion de l'organisation)
- Le modèle de processus (domaine de la gestion de l'organisation)
- Le modèle d'activité (domaine de la gestion des connaissances)
- Le modèle de rôle (domaine de la gestion des compétences)

L'enchainement de ces différents modèles permet de modéliser une organisation humaine tout en préparant des interfaces futures avec des organisations virtuelles qui seront en charge de supporter la partie opérationnelle des actions de gestion des connaissances et des compétences mises en œuvre dans le cadre de la méthode ACKME (Chapitre suivant).

Apports de la méthode de modélisation d'entreprise issue de KROM

KROM et la méthode de modélisation d'entreprise qui en découle proposent un cadre de modélisation qui permet de faire le lien entre les concepts de connaissance et compétence et leur situation professionnelle, traduite dans le modèle par l'activité. En effet, KROM permet de relier directement la connaissance et la compétence à une activité pour prendre en compte les mécanismes associés au cycle de vie des connaissances et des compétences. La formalisation de ces mécanismes définit des leviers pour conduire le changement dans une organisation et améliorer sa performance opérationnelle.

Cependant, KROM n'aborde pas les notions de moyen matériels mis à disposition par l'organisation, ainsi que la notion « d'Event » présente dans UEML qui permet d'identifier un élément déclencheur d'un changement d'état de l'organisation. De plus la modélisation issue de KROM peut déboucher sur une suite importante de modèles. Il est donc important de bien cadrer en amont les objectifs d'une action de modélisation avec KROM afin de déterminer le niveau de détail adéquat. Ces éléments peuvent constituer des axes d'investigation pour de futurs travaux de recherches dans le domaine.

Chapitre 4

Proposition d'un cadre d'évolution d'une organisation sur la base du management de ses connaissances et compétences.

Mettre en œuvre des actions d'amélioration adéquates en termes de gestion des connaissances et/ou des compétences est souvent une tâche délicate pour une organisation. En effet, comme exposé dans l'état de l'art, les concepts de connaissance et de compétence restent très dépendants de la portée opératoire que l'on souhaite leur donner. Cependant, afin de cadrer cet aspect et de faire converger les différentes parties prenantes, une organisation a aujourd'hui encore bien peu d'outils ou de méthodes intégrées lui permettant de faire le lien entre sa structure, ses connaissances, ses compétences et ses objectifs d'amélioration de performance. De plus, comme expliqué plus tôt dans ce mémoire, connaissances et compétences sont le plus souvent dé-corrélées en termes d'actions et de services moteurs sur le sujet au sein des organisations.

Afin d'adresser cette problématique, ce chapitre propose un modèle de maturité de la structure d'une organisation vis-à-vis de la mise en œuvre d'actions de gestion des connaissances et compétences, ainsi que l'audit associé (Audit IMMCI). Sur la base de cet audit et du niveau de maturité de l'organisation, la seconde partie de ce chapitre est consacrée à une méthode de proposition de scénarios d'évolution d'une organisation, au travers du management de ses connaissances et compétences (Méthode ACKME). Cette démarche trouve sa logique dans la structure organisationnelle du modèle KROM présenté au chapitre précédent. Cette méthode est ensuite illustrée par sa mise en œuvre sur un processus de prise de décision en environnement projet. Finalement, ce chapitre se conclut par une synthèse des limites et enjeux identifiés vis-à-vis de la méthode ACKME.

Table des matières du Chapitre

I. GESTION DES CONNAISSANCES ET DES COMPETENCES, COMPETITIVITE ET MATURITE DES ORGANISATIONS 99
I.1 APPORTS ET ENJEUX POUR LES ORGANISATIONS 99
I.2 EVALUATION DE LA MATURITE DES ORGANISATIONS : L'AUDIT IMMCI 100
II. PROPOSITION DE SCENARIOS D'EVOLUTION D'UNE ORGANISATION : LA METHODE ACKME 106
II.1 PRESENTATION DE LA METHODE GLOBALE 106
II.1.1 Identification de l'état actuel d'une organisation, de ses connaissances et de ses compétences 107
II.1.2 Challenges de l'organisation au regard des enjeux d'amélioration des performances fixés 108
II.1.3 Description des différents scenarios de mise en œuvre 109
II.1.3.1 Scénario 1: Identification et capitalisation des connaissances et des savoir-faire (Etape sept) 110
II.1.3.2 Scénario 2 : Formalisation des rôles et mise en œuvre d'actions de gestion des compétences (Etapes six et sept) 110
II.1.3.3 Scénario 3 : Evolution d'une organisation à travers une approche de management de ses connaissances et compétences (Etapes cinq, six et sept) 111
II.1.4 Synthèse 111
II.2 CARACTERISATION DE LA COMPLEXITE DE MISE EN ŒUVRE ET CHOIX DE SCENARIOS EN FONCTION DE LA MATURITE DE L'ORGANISATION 112
II.2.1 Caractérisation de la complexité de mise en œuvre des scénarios 112
II.2.2 Définition des stratégies de mise en œuvre des scénarios en fonction de la maturité de l'organisation 113
III.2.2.1 Définition du rôle de Facilitateur pour la mise en œuvre des scénarios 113
III.2.2.2 Définition des stratégies de mise en œuvre 114
II.2.3 Préparer l'évolution de l'organisation : Proposition de scénarios 115
II.2.3.1 Statut de la proposition de scénario 115
II.2.3.2 Liste non exhaustive d'actions par type de scénario et niveau de complexité 117
II.3 SYNTHESE 119
III. ILLUSTRATION : UTILISATION DE LA METHODE POUR RENFORCER LA PRISE DE DECISION EN ENVIRONNEMENT PROJET 121
III.1 IDENTIFIER L'ETAT ACTUEL DE LA STRUCTURE ORGANISATIONNELLE, DES COMPETENCES ET DES CONNAISSANCES DE L'ORGANISATION ETUDIEE 122
III.2 CHALLENGES DE L'ORGANISATION AU REGARD DES ENJEUX D'AMELIORATION DES PERFORMANCES FIXES ET CARACTERISATION DE LA COMPLEXITE DE MISE EN ŒUVRE 124
III.3 DEFINIR L'ORGANISATION CIBLE PAR RAPPORT AUX ENJEUX D'AMELIORATION DES PERFORMANCES 126
III.3.1 Evolution de l'organisation (5) 126
III.3.2 Evolution des compétences (6) 132
III.3.3 Evolution des connaissances (7) 134
IV. LIMITES ET ENJEUX FUTURS DE LA METHODE 136
IV.1 LIMITES HUMAINES ET ENJEUX ORGANISATIONNELS 137
IV.2 LIMITES ET ENJEUX TECHNOLOGIQUES 138
V. CONCLUSION 139

« L'intelligence est une capacité à anticiper sur l'incertitude »
Ludwig Wittgenstein

I. Gestion des connaissances et des compétences, compétitivité et maturité des organisations

Cette section présente une discussion autour du positionnement d'une organisation vis-à-vis de la mise en œuvre d'actions de gestion des connaissances et compétences. Une première contribution sous la forme d'un modèle de caractérisation de la maturité de la structure de l'organisation est proposée dans cette section, ainsi que l'audit permettant de situer l'organisation sur ce modèle par auto-diagnostic (Audit IMMCI).

I.1 Apports et enjeux pour les organisations

Aujourd'hui, les connaissances et les compétences sont devenues des ressources essentielles pour une entreprise. Sa compétitivité se fonde sur sa capacité à maîtriser ses processus de création de valeur, ses processus de capitalisation et de réutilisation des connaissances, ainsi que ses processus de développement des compétences [Boucher & Burlat 2003]. Mieux maîtriser ses connaissances et ses compétences permet à une organisation d'améliorer ses performances, et aussi de favoriser sa capacité d'innovation [Wang & Wang 2012]. L'enjeu est donc majeur.

La plupart des entreprises ont pris conscience de l'importance des compétences et des connaissances de leurs équipes dans leur compétitivité. Ainsi, elles gèrent le plus souvent ces ressources en ayant recours à des actions de management des ressources humaines. On peut citer par exemple la formation, le tutorat, ainsi que des actions ciblées qui visent à recruter des employés avec des connaissances et des savoirs faire spécifiques. Cependant, afin d'acquérir et de maintenir un avantage compétitif durable, la mise en œuvre exclusive de ces actions n'est pas suffisante [Abdul-Jalal et al. 2013; Brown & Duguid 1991]. En effet, parallèlement à cela, les organisations doivent se poser la question du partage et du transfert des savoirs entre leurs collaborateurs. Avec l'ère du numérique, on a vu apparaître une gestion du capital intellectuel de l'entreprise selon deux visées opératoires différentes. La première, la plus classique, regroupe les approches de management des ressources humaines, orientées gestion des compétences. La seconde, plus récente, regroupe des approches qui visent à mieux utiliser les différentes bases de connaissances de l'entreprise et à en structurer de nouvelles lorsqu'elles sont absentes [Hinds et al. 2001; Damodaran & Olphert 2000; Davenport & Prusak 1998; Spender & Grant 1996]

Face à ce constat, on pourrait se dire que la majorité des organisations doivent se focaliser sur ce second axe en mettant en place des bases des connaissances structurées en support aux processus existants. Ainsi les équipes impactées devraient naturellement utiliser ces bases comme des outils collaboratifs de partage de connaissances. En y regardant de plus près, la question est en fait bien plus complexe car on touche là aux modes de pensée, aux habitudes de travail et à la culture qui sont des éléments propres à chaque entreprise, organisation et individu. De plus, connaissances et compétences présentent des synergies : il est donc important de les considérer comme un tandem indissociable des hommes qui les mettent en œuvre.

Ainsi, pour chaque organisation, il convient d'identifier, de caractériser et de prioriser les actions à mener pour favoriser le développement des connaissances et des compétences. Ces actions doivent être déployées en fonction de la stratégie opérationnelle de l'organisation et de sa maturité vis-à-vis de la gestion des connaissances et des compétences ; quitte à remettre en question les processus, les modes de fonctionnement, voire la structure même de l'organisation pour plus d'efficacité.

I.2 Evaluation de la maturité des organisations : l'audit IMMCI

L'organisation est-elle prête à intégrer ce changement ? Nos technologies sont-elles assez avancées pour supporter cette évolution ? Les différents composants de notre produit sont-ils capables de répondre aux nouvelles exigences d'utilisation ? Voici des questions que l'on retrouve de façon récurrente au sein des organisations. Derrière cela, se trouve la question fondamentale de la capacité de l'organisation à évoluer pour répondre à une nouvelle stratégie (par exemple, rupture dans le développement des nouveaux produits, nécessité d'adaptation vis-à-vis d'un changement de l'environnement, etc.).

Afin d'apporter un premier niveau de réponse et une métrique pour caractériser ces différents niveaux de maturité, différentes méthodologies d'évaluation de maturité ont été développées. En particulier, l'approche TRL (Technology Readiness Level) [NASA 2007] (Cf. Figure 16) vise à évaluer la maturité de différentes briques technologiques en vue de leur intégration dans un système complexe (exemple : une fusée). De manière plus large au niveau d'une organisation, le modèle EFQM (European Foundation for Quality Management) vise à aider les entreprises à tendre vers des pratiques visant l'excellence en s'appuyant sur 9 axes déclinés en critères à évaluer. Pour finir, le modèle CMMI (Capability Maturity Model Integration) [CMMI Product Team 2010] (Cf. Figure 16) vise à évaluer les pratiques et à proposer des bonnes pratiques pour les appréhender et les améliorer. Bien qu'initialement orienté sur l'évaluation de la qualité des services rendus par les fournisseurs de logiciels informatiques du département de la Défense des États-Unis (DoD), ce modèle est maintenant largement employé par les entreprises.

Ces trois systèmes d'évaluation de la maturité d'une organisation ont pour mérite de couvrir un large spectre et de fournir un ensemble d'indicateurs qui permettent à une entreprise de se situer et d'enclencher des actions ciblées. Ces modèles intègrent en partie les notions de connaissances et de compétences dans leurs niveaux. Mais il existe aussi des modèles plus dédiés à ces notions qui peuvent être mis en place en parallèle de ces premiers modèles. On peut citer notamment le « People Capability Maturity Model » [Curtis et al. 2001], extension du modèle CMMI, qui s'occupe uniquement de la problématique de maturité des pratiques de gestion des ressources humaines d'une organisation. Un autre point de vue, proposé par le modèle KMCA [Freeze & Kulkarni 2005], est d'évaluer les actifs de connaissances d'une organisation et de les considérer comme des potentiels de développement. Ce modèle a de plus été récemment renforcé par un système support à base de connaissance pour faciliter son déploiement [Andrade et al. 2010]. On trouve aussi les travaux de Kruger et Snyam [Kruger & Snyman 2005], de Gallagher et Hazlett [Gallagher & Hazlett 2000], ainsi que ceux de Siemens [Ehms & Langen 2002] qui proposent des modèles de maturité pour la gestion des connaissances. Plus récemment, Kuriakose et al., [Kuriakose et al. 2010], ont proposé une revue comparative de quinze modèles de maturité KM. Pour la plupart, ces autres modèles sont en fait des modifications des modèles précédemment cités pour des adaptations à des environnements plus spécifiques tels que l'industrie nucléaire ou l'industrie du logiciel. Il en ressort une certaine uniformité de ces modèles.

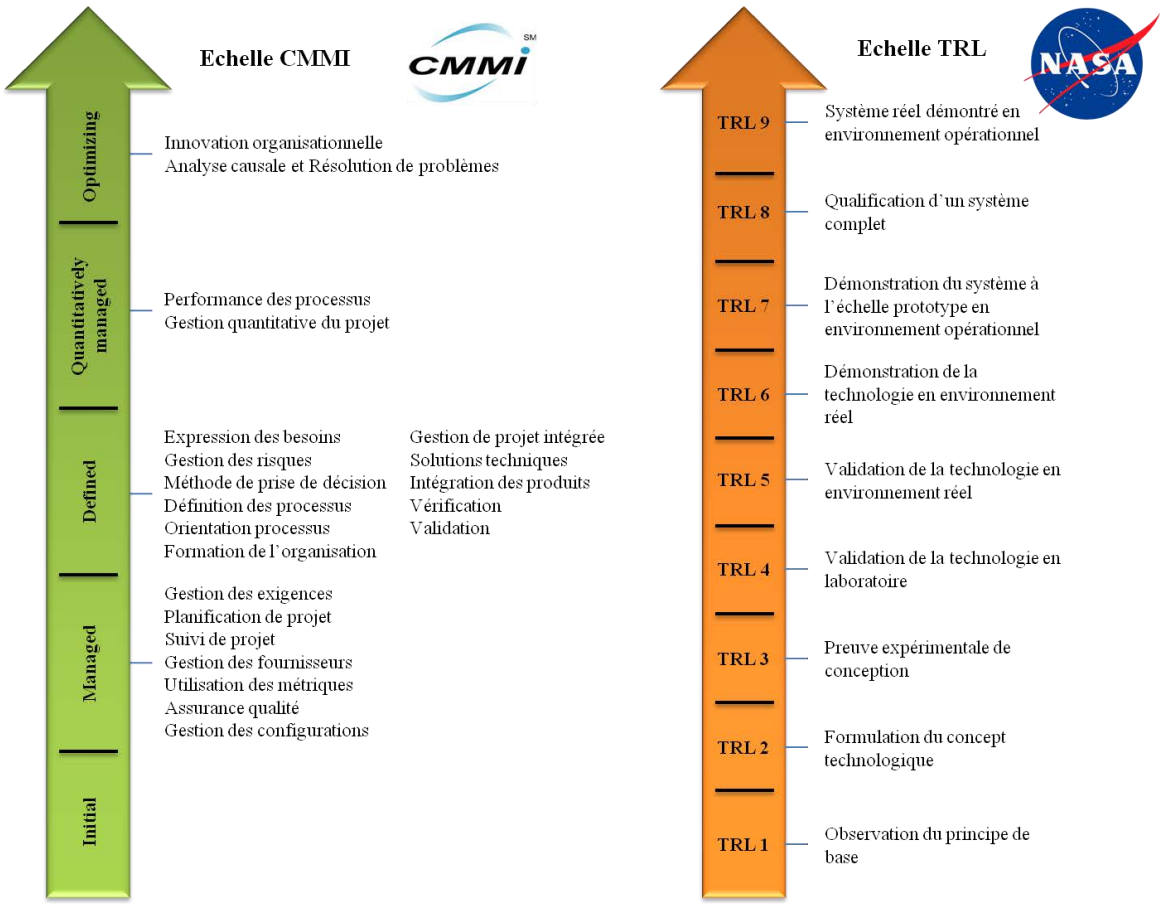


Figure 16: Echelles de maturité CMMI et TRL

Tous ces modèles sont orientés vers un objectif d'audit des organisations mais ils ne présentent que peu d'éléments sur la mise en œuvre d'actions ou tout du moins des recommandations d'actions en fonction du score obtenu par l'organisation. En effet, toutes les organisations ne sont pas dans les mêmes prédispositions vis-à-vis de la mise en œuvre d'actions de gestion des connaissances et/ou des compétences. Il convient donc de pouvoir identifier la maturité de chaque organisation avant de mettre en œuvre des actions ciblées. Cela permet d'éviter de développer des actions trop ambitieuses, ou au contraire trop restreintes pour vraiment participer au développement des compétences et des connaissances de l'organisation.

En effet, la gestion des connaissances et des compétences ne se résume pas à la mise en œuvre d'outils que l'on peut transposer d'une organisation à une autre sans adaptation. Du fait même de la nature des connaissances et des compétences, les approches doivent être adaptées à l'organisation ciblée et assimilées par cette dernière. En effet, les connaissances et les compétences sont liées aux acteurs et à leurs situations de travail (contingence), donc à l'organisation, et s'inscrivent dans ce qu'on appelle communément la culture d'entreprise.

Pour caractériser une organisation vis-à-vis de sa relation envers son patrimoine de connaissances et de compétences, un modèle d'évaluation de sa maturité est proposé. Ce modèle à quatre niveaux fait le lien avec l'approche d'évolution de l'organisation portée par la méthode ACKME. Cette méthode sera présentée plus loin dans ce chapitre. Une des particularités de ce modèle de maturité est que ses niveaux sont inclus les uns dans les autres à la manière de poupées russes (Figure 17). Ce

modèle se distingue des modèles cités plus haut par son objectif. Il sert à caractériser la capacité d'une organisation à mettre en œuvre des actions de gestion des connaissances et des compétences plus qu'a servir d'audit de l'organisation. Avant d'expliciter ce modèle, il est important d'éclaircir ici les différentes définitions autour du concept d'organisation de KROM utilisées dans ce chapitre.

Deux définitions majeures sont considérées ici:

La définition de l'organisation telle qu'énoncée au chapitre précédent (section II.2.2), et la définition de la structure organisationnelle telle que décrite ci-dessous :

Définition : La structure organisationnelle correspond à la structure opérationnelle de l'organisation. Elle englobe tous les éléments qui permettent de structurer l'organisation comme les modes de travail, des rôles, des notes d'organisation etc. Une même organisation peut ainsi évoluer pour adopter une nouvelle structure organisationnelle desservant mieux ses objectifs opérationnels ou s'appuyer sur plusieurs structures [Robbins & Judge 2013].

La capacité d'une organisation à manager au mieux ses connaissances et compétences est donc fortement liée à la structure organisationnelle qu'elle adopte. A ce titre, les quatre niveaux du modèle de maturité ci-dessous correspondent à quatre types de structures organisationnelles d'un point de vue management des connaissances et des compétences. Ces structures ne sont pas antinomiques de celles proposées dans les travaux de Robbins et Judge mais bien complémentaires.

Soit le premier niveau de maturité du modèle d'évaluation que l'on nomme « **Structure Organisationnelle Tacite** » ; à ce stade, l'organisation n'est pas « éveillée » aux questions de gestion des connaissances ou des compétences. Elle se concentre sur ses objectifs opérationnels à court terme. On retrouve dans cette catégorie une majorité de petites structures qui produisent des biens sans avoir besoin de mobiliser beaucoup de connaissances et de compétences.

Le deuxième niveau, que l'on nomme **« Structure Organisationnelle Consciente »** correspond à une organisation qui commence à être sensibilisée aux problématiques de gestion des connaissances et des compétences. Elle commence notamment à mettre en œuvre des chantiers localisés pour travailler sur ces domaines. Cependant, la structure de l'organisation n'est pas modifiée par ces actions.

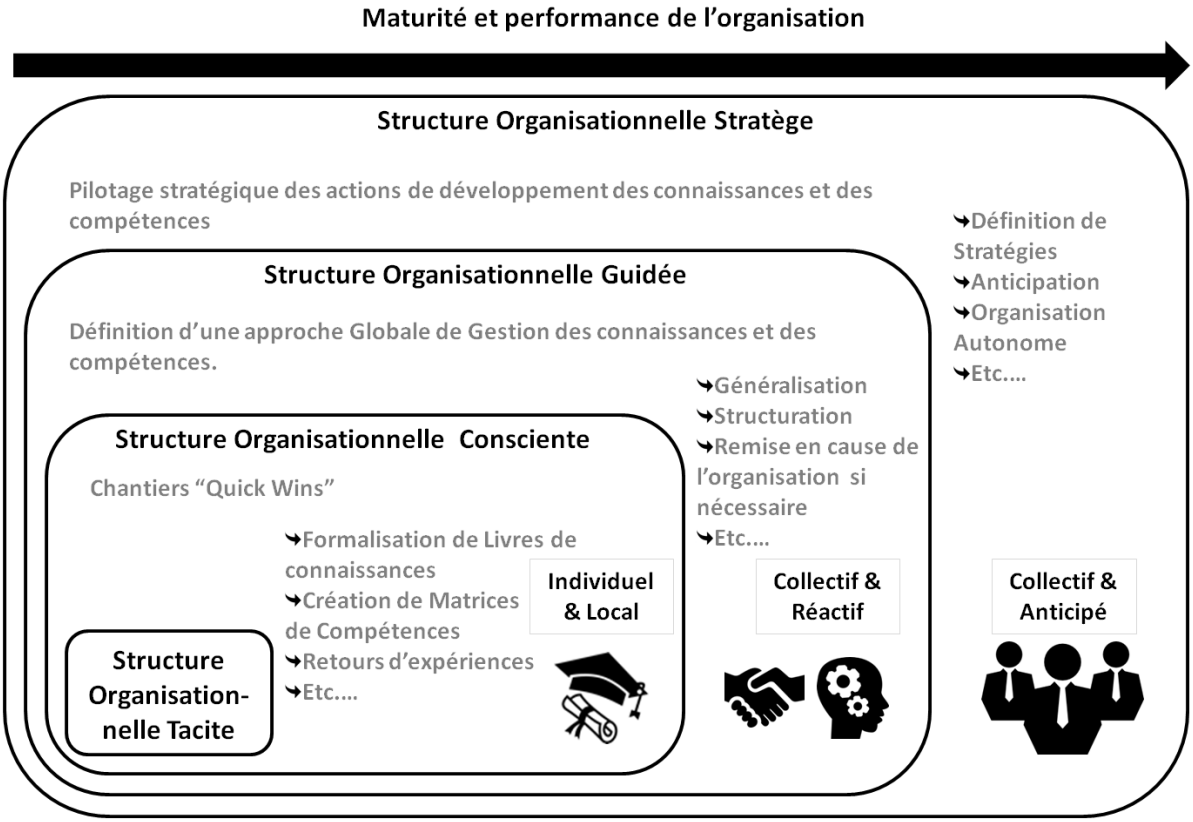


Figure 17: Modèle de maturité de l'organisation vis-à-vis de la gestion des connaissances et des compétences

Le troisième niveau, que l'on nomme **« Structure Organisationnelle Guidée »** correspond à une organisation qui a expérimenté des actions de management des connaissances et des compétences, et qui en a éprouvé les résultats. Cette organisation cherche donc à généraliser les initiatives passées en définissant une structuration et une approche globale tout en menant d'autres chantiers collectifs avec des impacts plus importants, quitte à remettre en cause la structure même de l'organisation. On retrouve dans cette catégorie les organisations qui comptent sur une forte production de connaissances et qui se posent la question de la pérennité de leur capital intellectuel. Ces organisations sont donc plus autonomes vis-à-vis de ces questions et n'hésitent pas à mettre en œuvre les actions requises. Cependant elles se caractérisent tout de même par une position plutôt réactive par rapport à ces questions.

Enfin, le quatrième niveau, que l'on nomme **« Structure Organisationnelle Stratège »** correspond à une organisation qui pilote sa stratégie de développement des connaissances et compétences au regard de sa stratégie (exprimée sous forme d'objectifs d'amélioration de performances), de son capital intellectuel et des évolutions de son environnement. Ses actions de développement des connaissances et compétences concernent l'ensemble du collectif et sont anticipées par rapports aux différents signaux identifiés. La culture de gestion des connaissances et compétences instaurée dans ce type d'organisations les rend autonomes vis-à-vis de la définition et de la mise en œuvre des actions à apporter. A la différence des organisations de la catégorie précédente, celles-ci anticipent les actions à mener et intègrent complètement la gestion des connaissances et compétences dans leur stratégie.

Afin de permettre aux organisations d'identifier leur maturité concernant la gestion des connaissances et des compétences, une grille d'audit de 30 questions réparties sur six critères est proposée avec ce modèle ; deux sur l'organisation, deux sur les compétences et deux sur les connaissances (Cf. Annexe A). Cet audit permet de calculer l'**I**ndice de **M**aturité d'une organisation vis-à-vis du **M**anagement de son **C**apital **I**ntellectuel (IMMCI) selon la formule suivante :

- Soit n le nombre de pratiques recensées,
- wi, le poids attribué à une pratique tel que : $\sum_{i=1}^{n} wi=1$,
- pi : la valeur de la pratique tirée de l'audit tel que : $0 \leq pi \leq 4$

$$\text{IMMCI} = \sum_{i=1}^{n} wi \times pi$$

Les questions constituant l'audit permettent de balayer largement les pratiques d'une organisation vis-à-vis de sa gestion des connaissances et des compétences. Cependant, cet exercice implique d'avoir une bonne vue d'ensemble de l'organisation. Le public cible de ce questionnaire couvre donc les fonctions de management, mais aussi des profils opérationnels ayant une vue transverse de l'organisation, comme des profils de Chef de Projets ou des leaders de domaines techniques. L'objectif de l'audit est d'être diffusé largement au niveau d'une organisation pour qu'il soit représentatif et qu'il donne ainsi une vision partagée de la maturité réelle de l'organisation. Dans ce calcul, les opinions des personnes qui possèdent le plus de responsabilités hiérarchiques ont le même poids que celles des autres.

En ce qui concerne les poids qui entre dans le calcul de l'indice, ceux-ci sont prédéfinis dans l'audit et ne sont pas modifiables par les utilisateurs. Ils permettent de répartir de façon discriminante les organisations sur la grille de maturité en fonction de leurs réponses.

En agrégeant les réponses obtenues, on obtient un IMMCI global qui se veut le plus représentatif possible de la maturité réelle de l'organisation. Selon le résultat de cet indice, on peut alors situer l'organisation selon le modèle de maturité présenté Figure 17, en accord avec le positionnement de l'indice présenté au niveau du Tableau 7.

Comme expliqué précédemment, l'IMMCI se calcule selon les réponses obtenues sur six critères. Les deux premiers critères concernent la structure de l'organisation. Ils permettent d'identifier si l'organisation est adaptée à la mise en place d'initiatives de gestion des connaissances et des compétences, ainsi qu'à savoir si elle est adaptable et possède une culture qui va lui permettre d'accompagner la mise en œuvre de ces actions. Les deux critères suivant concernent le management des compétences. Ils permettent d'identifier si l'organisation possède une entité de management des ressources humaines qui offre un premier niveau de service concernant le management des compétences. Le deuxième critère permet d'identifier si les compétences sont connues, reconnues et valorisées à travers l'organisation. Pour finir, les deux derniers critères concernent le management des connaissances. Ils permettent d'identifier si l'organisation a déjà mis en œuvre des pratiques de management des connaissances pour celles générées en interne de l'organisation, mais aussi pour les connaissances générées à l'extérieur de l'organisation et qui ont valeur à être identifiées et assimilées par cette dernière.

On obtient donc la structure suivante pour l'audit IMMCI :

<u>Partie organisation :</u>

- Organisation Adaptée

- Adaptabilité Organisationnelle et Culture de l'organisation

Partie compétences :

- Management des ressources humaines
- Reconnaissances des compétences

Partie connaissances :

- Interne : Capitalisation, partage et réutilisation des connaissances
- Externe : Intelligence Economique et Assimilation des connaissances

Les réponses de l'audit permettent d'obtenir une note sur chacun de ces six critères afin de constituer le profil de l'organisation ainsi que son indice IMMCI, comme présenté Figure 18.

Structure Organisationnelle Stratège	Structure Organisationnelle Guidée	Structure Organisationnelle Consciente	Structure Organisationnelle Tacite
IMMCI ≥3 Médiane 3.5	1,6≤IMMCI <3 Médiane 2,3	1,2≤IMMCI <1,6 Médiane 1,4	IMMCI <1,2 Médiane 0,6
Organisation qui pilote sa stratégie de développement des connaissances et compétences au regard de ses objectifs de performances, de son capital intellectuel et des évolutions de son environnement.	Organisation qui a expérimenté des actions de management des connaissances et compétences et qui en a éprouvé les résultats. Cette organisation cherche donc à généraliser les initiatives passées en définissant une structuration et une approche globale.	Organisation qui commence à être sensibilisée aux problématiques de gestion des connaissances et compétences et qui, de ce fait commence à mettre en œuvre des chantiers localisés pour travailler sur ces domaines	Organisation qui n'est pas « éveillée » aux questions de gestion des connaissances ou des compétences. Elle se concentre sur ses objectifs opérationnels à court terme.

Tableau 7: Correspondances de l'IMMCI

Les quatre intervalles constituant ce tableau, et notamment les valeurs numériques min et max ont été définis suite à une expérimentation sur plusieurs audits dans différentes organisations. Pour affiner le profil de l'organisation obtenu, une valeur médiane pour les quatre domaines de maturité a été définie afin de pouvoir matérialiser des « zones de transition » (Cf. Tableau 7). Ces zones permettent de considérer que l'organisation est en train de monter en maturité. De plus, cela permet de prendre en compte l'imprécision des données et la sensibilité des calculs ainsi que de limiter le caractère strict que pourrait avoir cette catégorisation. Pour exemple, une organisation dont l'IMMCI est de 1,5 appartient à la catégorie « Structure Organisationnelle Consciente ». Cependant, son IMMCI étant supérieur à la valeur médiane de la catégorie, on fait l'hypothèse que l'organisation est tout de même dans des dispositions qui vont lui permettre de passer, dans des cas spécifiques, sur un niveau de maturité d'une structure organisationnelle Guidée. Les conditions de ce cas de figure sont explicitées plus loin dans ce chapitre.

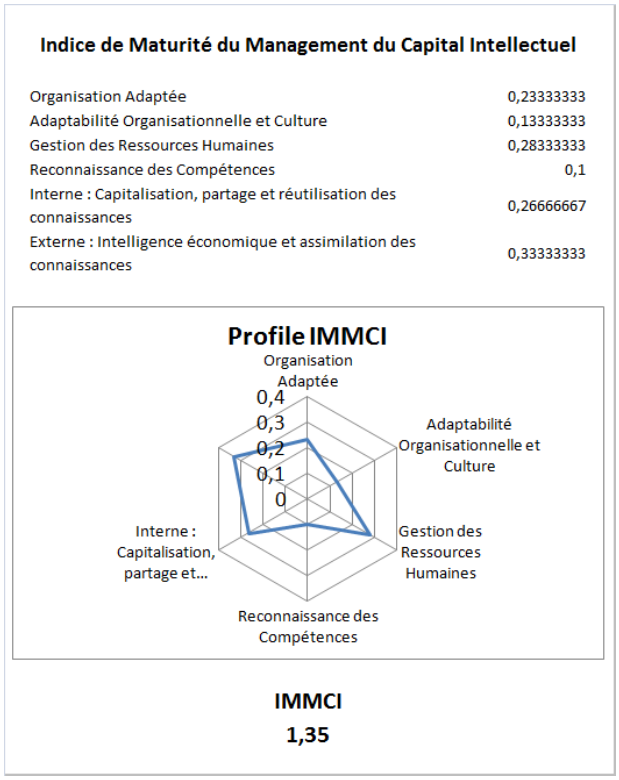


Figure 18: Exemple de profil d'une organisation et de son IMMCI

La segmentation de maturité en quatre niveaux (tacites, consciente, guidée, stratège) permet de placer les organisations en fonction de leur aisance concernant la gestion des connaissances et des compétences. Sur la base de ce modèle, l'objectif de ce chapitre est de définir une approche qui permet de piloter la mise en œuvre des actions de gestion des connaissances et compétences pour chaque niveau, en proposant une méthode pour identifier, caractériser et prioriser les différentes actions envisageables. Ainsi avec ce modèle de maturité et l'approche présentée dans ce chapitre, une organisation doit pouvoir se placer en termes de maturité et identifier « sa ou ses feuille(s) de route » pour passer à l'échelon supérieur, et s'y maintenir en instaurant un cercle vertueux d'amélioration continue.

II. Proposition de scénarios d'évolution d'une organisation : La méthode ACKME

Cette section présente ACKME (*Approach for Competence and Knowledge Management Enhancement*), une méthode d'aide à l'évolution d'une organisation au travers du management de ses connaissances et compétences. La description de l'approche est ensuite complétée par un focus plus spécifique sur la méthode employée pour caractériser le degré d'autonomie de l'organisation en rebouclant avec l'indice de maturité vu dans la section précédente.

II.1 Présentation de la méthode globale

L'analyse de la littérature et les études de cas industriels menées dans le cadre du présent travail ont conduits à proposer une méthode globale de valorisation des actions de gestion des connaissances

et des compétences, appelée ACKME (*Approach for Competence and Knowledge Management Enhancement*). Celle-ci s'articule autour de trois éléments principaux :

- L'identification de l'état actuel d'une organisation, de ses connaissances et compétences.
- Le challenge de l'organisation au regard des enjeux d'amélioration des performances fixés.
- La définition de l'état à atteindre par le biais de trois scénarios d'évolution.

L'articulation de ces trois éléments dans la méthode ACKME est présentée sur la Figure 19. Cette méthode se décompose en sept étapes. Elle permet d'aider une organisation à passer d'un état initial (La Situation Actuelle) à la cible qu'elle se sera définie en terme d'organisation, de gestion des connaissances et de gestion des compétences (L'organisation de demain).

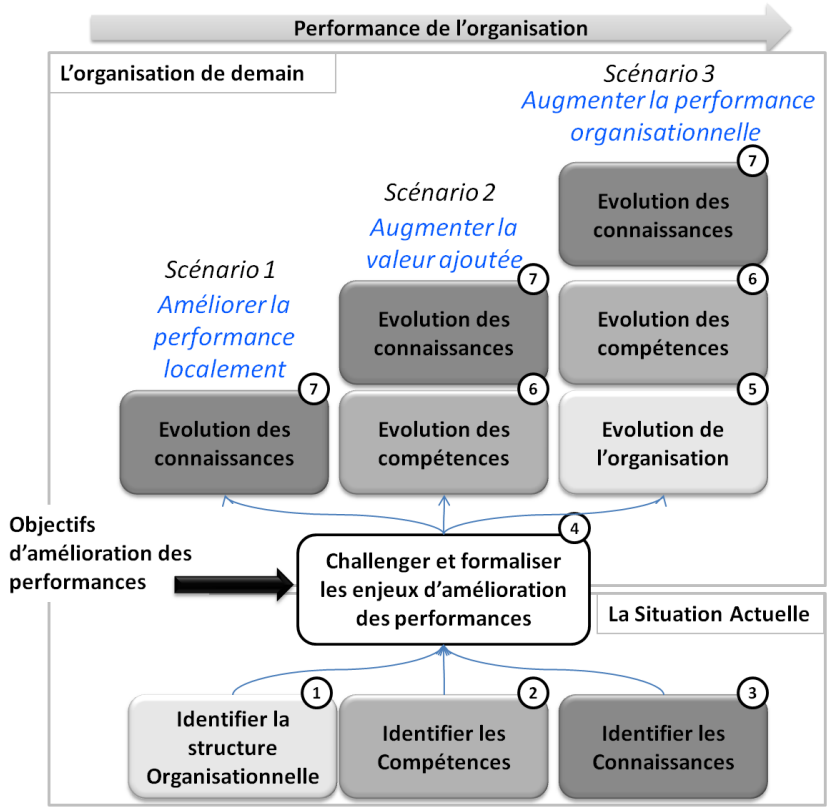


Figure 19: Vue globale de la méthode ACKME

II.1.1 Identification de l'état actuel d'une organisation, de ses connaissances et de ses compétences

Les trois premières étapes permettent d'identifier et de caractériser l'état actuel d'une organisation sur trois principaux axes : sa structure organisationnelle, les compétences mises en œuvre par ses acteurs et les connaissances mobilisées et générées.

Ainsi la première étape (1) consiste à identifier l'organisation (son périmètre notamment), ses objectifs, les missions associées et les processus sur lesquels elle peut s'appuyer pour mener à bien ses missions. L'objectif principal de cette étape est de pousser l'analyse de manière assez détaillée pour arriver à identifier et formaliser les activités réalisées à travers les différents processus. Ensuite,

il est important de relier ces activités entre elles pour faire apparaître les différentes interactions présentes au sein d'une même organisation ainsi qu'avec d'autres organisations. Cela permet de caractériser de façon détaillée le périmètre de l'organisation.

Partant de cette cartographie des activités, la seconde étape (2) consiste à identifier et à formaliser les rôles impactés, et les compétences nécessaires pour réaliser les différentes activités de l'organisation. Pour qualifier complètement un rôle, en plus d'identifier ses compétences, il faut s'enquérir lors de cette étape d'identifier les interactions du rôle, ses missions et les schémas d'action auxquels il peut faire appel. Comme vu dans le chapitre précédent, cela permet de remettre les compétences et les rôles en contexte, en les associant à des situations de travail précises.

Pour finir, en se basant sur ces cartographies des compétences et des activités, la troisième étape (3) consiste à identifier les connaissances utilisées, partagées et générées à travers les différentes activités, puis à les relier aux rôles et compétences précédemment identifiés. Cela permet de revenir à un niveau opérationnel en croisant les différentes cartographies. Ainsi lors de cette étape, il n'est pas rare de repréciser certaines compétences identifiées de façon trop macroscopique dans l'étape précédente ou de rajouter des activités faisant appel à des connaissances ou des compétences particulières, non identifiées dans les étapes précédentes. Ce triple niveau de lecture permet ainsi d'identifier l'état actuel d'une organisation d'un point de vue management des connaissances et compétences en proposant une modélisation organisationnelle reliant les notions d'activité, de compétences et de connaissances.

Cette identification de l'état actuel d'une organisation s'appuie sur la modélisation organisationnelle issue de KROM présentée au chapitre précédent (enchaînement des 4 modèles). L'utilisation de KROM comme support à la modélisation, permet de formaliser et de structurer les activités identifiées et les connaissances (le quoi), les rôles impactés (le qui) et le cadre organisationnel (le pourquoi).

Par l'étude de cas industriels menés dans le cadre du présent travail, on peut conclure que ces éléments sont généralement identifiés à travers les organisations, mais le plus souvent de façon informelle et segmentée. De plus ces informations sont le plus souvent destinées à des fonctions managériales. Par exemple, elles servent à présenter les missions d'une organisation au comité de direction de l'entreprise. Cette vision et cette compréhension de l'entreprise n'est donc pas forcément partagée à travers l'organisation. En effet, ces informations servent la plupart du temps des objectifs de communication mais rarement des objectifs de cohésion d'équipe et de construction d'identité collective. Or, pour des évolutions complexes de l'organisation qui nécessitent une implication importante des équipes, il est important de bien formaliser ces aspects afin d'accompagner la conduite du changement et ainsi faciliter la mise en œuvre des étapes avales.

II.1.2 Challenges de l'organisation au regard des enjeux d'amélioration des performances fixés

Le deuxième élément principal de la méthode ACKME (*Approach for Competence and Knowledge Management Enhancement*), consiste à mettre en regard les éléments identifiés par la modélisation organisationnelle des trois premières étapes avec les enjeux d'amélioration des performances identifiés par l'organisation. Ainsi, à travers cette étape, l'objectif est de faire se remettre en question l'organisation actuelle vis-à-vis de sa structure organisationnelle, de ses compétences et de ses connaissances mobilisées. Pour prendre en compte au mieux les différents enjeux, il est important de procéder par interviews croisées afin de confronter les différents points de vue, des managers jusqu'aux opérationnels. Comme pour le calcul de l'indice IMMCI, les réponses à ce questionnaire sont structurées en termes d'impact sur trois axes majeurs qui sont : la gestion de

l'organisation, la gestion des compétences et la gestion des connaissances. Une fois ces interviews menées, les réponses sont consolidées une fois par an au niveau du responsable de l'organisation concernée. Ainsi, en gardant le même formalisme, on établit la ou les carte(s) d'identité(s) des cibles prioritaires d'amélioration des performances pour l'entité (Cf. Figure 20). Il faut veiller à ce stade à se limiter au maximum à trois cibles prioritaires pour pouvoir en assurer la mise en œuvre sur l'année. Ces cartes doivent être validées au niveau de l'organisation et doivent être communément acceptées comme étant la ou les feuilles de routes en termes d'amélioration des performances pour l'année. Ces cartes permettent de formaliser trois éléments de pondération (Cf. Figure 20). Pour les remplir, on identifie tout d'abord, les enjeux d'amélioration des performances consolidés depuis les différentes interviews (A). Ensuite on identifie l'enjeu qui semble le plus prioritaire (B). Pour cet enjeu, on caractérise ses impacts sur trois niveaux (l'organisation, les compétences et les connaissances) (C). Pour finir, on identifie pour chaque impact son périmètre selon trois niveaux (développés par la suite au paragraphe II.2.1), sa probabilité d'apparition selon une échelle de 1 à 10 et sa criticité, toujours selon une échelle de 1 à 10 (D).

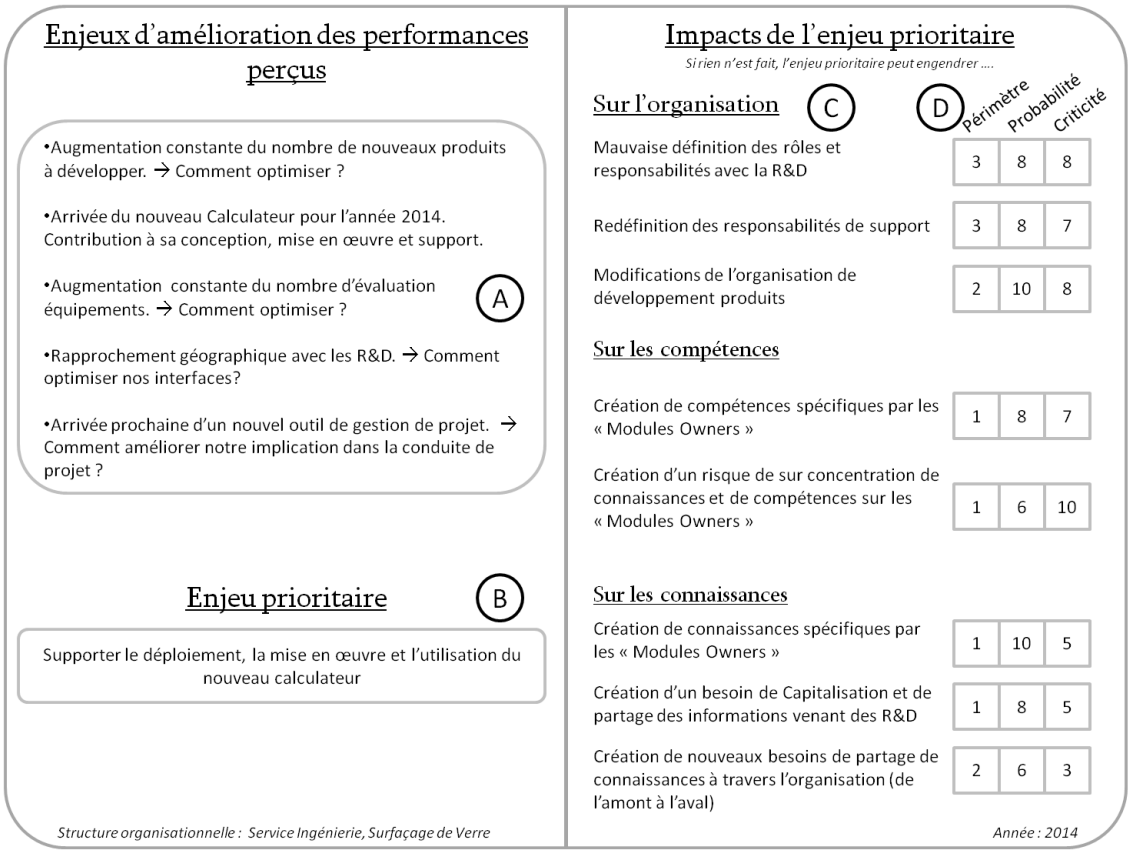


Figure 20: Carte d'identité d'un enjeu prioritaire d'amélioration des performances d'une entité

Ces quatre premières étapes de la méthode ACKME permettent de modéliser l'état initial de l'organisation, ainsi que de formaliser une analyse concrète des impacts des enjeux d'amélioration des performances sur l'organisation actuelle, ses compétences et ses connaissances.

II.1.3 Description des différents scenarios de mise en œuvre

A la suite de l'analyse précédente, chaque organisation va pouvoir définir sa stratégie d'évolution. Afin de mettre en œuvre la stratégie retenue, trois scénarios de mise en œuvre s'offrent à

l'organisation pour atteindre les cibles identifiées en termes d'amélioration des performances. En fonction du choix de scénario, les étapes 5, 6 et 7 seront utilisées ou non afin d'atteindre les objectifs définis.

II.1.3.1 Scénario 1: Identification et capitalisation des connaissances et des savoir-faire (Etape sept)

Ce premier scénario repose sur les éléments issus du *domaine de gestion des connaissances* de KROM. Ce scénario est celui qui remet le moins en question la structure d'une organisation. Il se traduit par la mise en œuvre d'actions localisées qui ne modifient pas les façons de travailler des différents acteurs de l'organisation. Ces actions sont un support aux situations professionnelles vécues par les équipes. Ainsi dans ce scénario, les rôles de chacun sont déjà définis et stables, les domaines d'expertises sont eux aussi stables, et l'organisation n'est pas remise en question. L'objectif de ce scénario est de consolider un ou des domaines d'expertise en formalisant les connaissances à partager et à réutiliser à travers l'organisation. Ainsi les actions appartenant à ce scénario se concentrent sur l'identification et la valorisation des connaissances, des activités et de leurs livrables. Les actions d'ingénierie des connaissances sont particulièrement bien adaptées à ce scénario car elles sont un moyen puissant pour formaliser et valoriser des connaissances. Cependant, ces actions doivent être conduites sur des activités et des processus très spécifiques, ou sur des domaines d'expertise restreints afin d'exprimer complètement tout leur potentiel.

II.1.3.2 Scénario 2 : Formalisation des rôles et mise en œuvre d'actions de gestion des compétences (Etapes six et sept)

Ce scénario met en valeur les liens qui peuvent se faire entre la gestion des connaissances et la gestion des compétences. En effet, afin de remplir au mieux ses objectifs d'amélioration des performances, une organisation, en plus de mieux gérer son capital de connaissances, peut avoir besoin de revoir les rôles tenus par les différents acteurs de ses équipes. Redéfinir les rôles en fonction de ces enjeux d'amélioration des performances permet de mettre en exergue les gaps potentiels entre le niveau actuel des compétences des équipes et les cibles retenues pour tenir les différents postes. Plus que cela, de nouveaux enjeux de performance peuvent faire appel à de nouvelles compétences que l'organisation se doit d'identifier, de formaliser et de développer. Afin de répondre à ces questions, ce scénario se concentre sur la formalisation des rôles et leur développement à travers notamment les compétences à mettre en œuvre, les responsabilités prises et les connaissances utilisées. On retrouve donc ici des actions qui peuvent être menées sur tous les éléments du *domaine de gestion des compétences* du modèle KROM.

Pour renforcer l'impact de ces actions dans certains domaines d'expertise, des actions complémentaires de capitalisation des connaissances peuvent être lancées afin de permettre de développer des compétences individuelles mais aussi collectives, voir organisationnelles. Par exemple, par rapport à leur expérience technique, leurs connaissances et compétences, des experts peuvent avoir différentes façons de procéder pour obtenir un résultat similaire sur une activité ou une séquence d'activités donnée. Par la mise en œuvre d'actions de capitalisation, les équipes sont ainsi amenées à formaliser et à partager une première vision commune des activités à réaliser et des connaissances à mobiliser. De plus, elles partagent aussi la façon dont elles réalisent ces activités avec un niveau de compétence reconnu.

En couplant ainsi l'identification et la formalisation des différents rôles de l'organisation avec des actions ciblées de capitalisation des connaissances, ce second scénario met en valeur l'articulation qui existe entre connaissances et compétences requises pour qu'une organisation puisse mener à bien ses activités. A travers de scénario, les équipes sont amenées à se rencontrer et à échanger sur leurs

problématiques ainsi que sur leur savoir-faire. Bien plus qu'un partage de connaissances, ce cadre permet un partage d'expertise et la création d'un véritable réseau entre les équipes.

II.1.3.3 Scénario 3 : Evolution d'une organisation à travers une approche de management de ses connaissances et compétences (Etapes cinq, six et sept)

Ce dernier scenario est le plus impactant pour une organisation. En effet, les besoins d'amélioration des performances identifiés par une organisation peuvent parfois mener à la remise en cause de *la gestion de l'organisation* en plus d'une remise à plat de la façon dont elle manage ses connaissances et ses compétences. Cela peut ainsi l'amener à revoir ses processus et ses activités à la lumière de ces nouveaux enjeux. Il est donc primordial de bien prendre en compte les aspects connaissances et compétences dans l'évolution de la structure organisationnelle de l'organisation. L'objectif est de tendre rapidement vers une entité efficace qui donne du sens aux individus qui la composent. En effet, on voit trop souvent dans les entreprises un décalage entre l'annonce d'une nouvelle organisation et le besoin des équipes de compréhension des tenants et aboutissants de leur contribution et de leurs interactions dans ce nouveau cadre. Il s'en suit bien souvent une incompréhension de la part des équipes et donc une perte d'efficacité ponctuelle qui demande du temps pour être atténuée. Raisonner compétences et connaissances dans la mise en œuvre d'une nouvelle organisation permet notamment d'atténuer voire de supprimer ce décalage ainsi que de rationaliser les flux d'échanges; c'est là toute l'ambition des actions qui peuvent être mises en œuvre dans ce scénario : redonner du sens aux équipes entre une vue organisationnelle et leur contribution personnelle à cette organisation.

Ici, le postulat de départ est qu'une évolution organisationnelle engendrée par des enjeux d'amélioration des performances de l'organisation impacte trois domaines majeurs de l'entité qui sont la *gestion de l'organisation*, la *gestion des compétences* et la *gestion des connaissances*. Cette évolution engendre potentiellement de nouveaux rôles, de nouvelles responsabilités, de nouvelles interactions, ainsi que de nouvelles missions, de nouveaux processus, de nouvelles activités, ou une redistribution de ces dernières, mais aussi des besoins en nouvelles connaissances et en nouvelles compétences. On retrouve donc ici des actions qui peuvent être menées sur tous les éléments du modèle KROM. L'objectif principal de ce scenario est donc d'identifier les interactions entre tous ces éléments, afin de bâtir une approche globale qui permet de couvrir le besoin d'amélioration des performances exprimé, tout en amenant du sens aux équipes.

II.1.4 Synthèse

Ces trois scénarios ont pour objectifs de permettre à une organisation d'améliorer ses performances par rapport à des enjeux fixés. Comme présenté sur la Figure 19, le premier scénario permet d'améliorer les performances localement, en se concentrant sur l'optimisation des connaissances utilisées. Le second scénario permet, quant à lui, d'améliorer la valeur ajoutée d'une équipe (connaissances et compétences). Enfin, le dernier scénario permet d'optimiser la performance organisationnelle de l'entité en question. Une fois ces trois scénarios exprimés, il est nécessaire de définir quelle stratégie de mise en œuvre une organisation peut adopter pour maximiser les bénéfices possibles de ces scénarios. En effet, comme expliqué précédement, toutes les organisations n'ont pas la même maturité vis-à-vis de la mise en œuvre d'actions de gestion des connaissances et compétences. Ainsi un scénario qui sera pertinent pour une organisation A, ne le sera peut être pas pour une organisation B du fait de leurs différences.

II.2 Caractérisation de la complexité de mise en œuvre et choix de scénarios en fonction de la maturité de l'organisation

Afin de pouvoir correctement mettre en œuvre les recommandations de scénarios issus du déroulement d'ACKME, chaque organisation doit se poser la question de sa capacité à assumer de manière autonome ou non la mise en œuvre de ces plans d'action. Afin de répondre à cette interrogation, cette section propose de croiser la complexité de mise en œuvre de ces scénarios avec la maturité de l'organisation évaluée par l'audit IMMCI.

II.2.1 Caractérisation de la complexité de mise en œuvre des scénarios

La méthode ACKME se traduit par trois scénarios, le premier centré sur la capitalisation des connaissances, le second axé sur le développement des compétences, et le dernier orienté sur l'évolution complète d'une organisation par la prise en compte des dimensions connaissances et compétences. Ces scénarios étant génériques, ils peuvent être pris à différents niveaux d'une organisation avec différents périmètres, ce qui induit des différences de complexité de mise en œuvre. Il faut ainsi pouvoir prendre en compte ces différences, au risque sinon, de viser des objectifs trop ambitieux par rapport aux moyens et à la maturité de l'organisation.

Pour ce faire, les trois scénarios sont caractérisés en fonction de trois niveaux de périmètre pour une organisation. Le premier niveau correspond à un périmètre restreint à une seule entité organisationnelle autonome (par exemple un département technique sous la responsabilité d'un manager, avec un budget dédié ; ou un projet qui concerne un seul domaine d'expertise bien précis). Les interactions possibles entre les acteurs sont donc internes au projet ou au département étudié. Le deuxième niveau couvre plusieurs entités organisationnelles (par exemples plusieurs départements d'une même organisation ou plusieurs projets liés, ou encore plusieurs départements impliqués dans un même projet etc.). De ce fait, des équipes de métiers différents sont amenées à travailler et à collaborer ensemble pour répondre à des objectifs communs en mettant temporairement de côté leurs propres objectifs et missions. A travers les actions menées à ce niveau, ces équipes sont amenées à partager leurs expertises et points de vue pour contribuer à l'objectif global. Du fait de la multiplicité des interfaces possibles et des différences entre entités organisationnelles, ce niveau de périmètre induit déjà beaucoup plus de complexité que le niveau précédent. Or, cela est encore plus vrai lorsque que l'on passe au troisième et dernier niveau. Ici, on considère les parties prenantes extérieures à l'organisation, comme par exemple les partenaires, les fournisseurs et les clients. A ce niveau, il devient alors critique pour l'organisation de savoir maîtriser ses interactions avec tous ces acteurs (en accord avec les différentes politiques de confidentialité en vigueur) afin de pouvoir atteindre ses objectifs d'amélioration des performances.

Pour finir, les trois scénarios décrits précédemment peuvent être classés par leur degré d'impact sur l'organisation. Le scénario 1 est celui qui a le moins d'impact sur l'organisation et le scénario 3 est celui qui en a le plus. En croisant ces deux axes, on obtient une matrice qui permet de caractériser la complexité de mise en œuvre des scénarios par leur impact organisationnel et leur périmètre d'action (Cf. Figure 21).

Cette matrice se divise en 5 zones qui correspondent à 5 indices de difficulté de mise en œuvre.

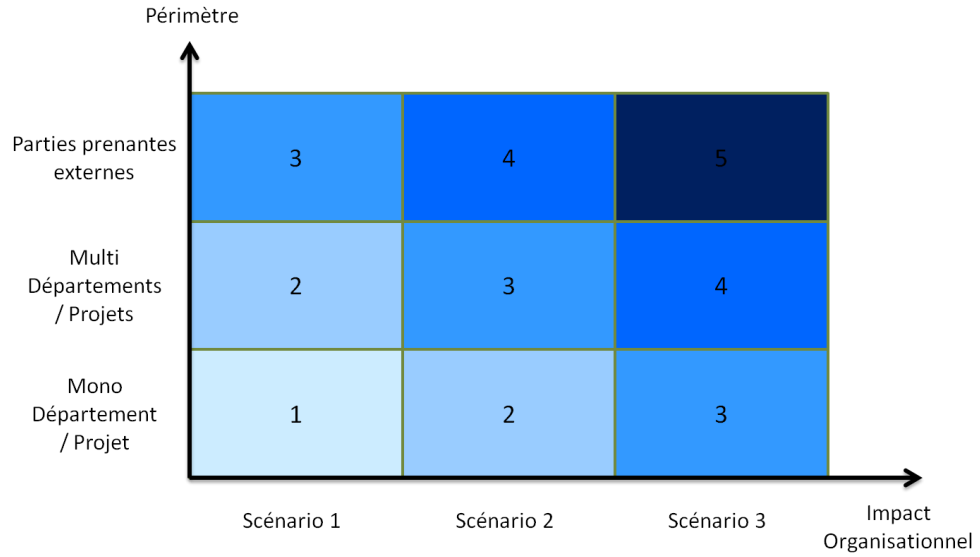


Figure 21: Matrice de complexité de mise en œuvre des différents scénarios

II.2.2 Définition des stratégies de mise en œuvre des scénarios en fonction de la maturité de l'organisation

III.2.2.1 Définition du rôle de Facilitateur pour la mise en œuvre des scénarios

Afin de pouvoir mettre en œuvre les scénarios identifiés, les organisations peuvent avoir recours à des profils spécifiques qui sont référencés dans ce document sous le terme Facilitateurs.

On considère par Facilitateur, une personne ou un département dédié à l'amélioration des performances et notamment à la gestion des connaissances et compétences, qui a pour vocation d'accompagner les équipes opérationnelles sur ces actions. Cela peut faire référence dans certains courants au « Knowledge Engineer » ou « Knowledge Manager », ainsi qu'à des départements supports de type amélioration continue. Par contre, ne sont pas inclus sous cette appellation les départements de Ressources Humaines qui focalisent le plus souvent sur la partie management des ressources humaines plus que sur l'accompagnement opérationnel des équipes.

Les principales missions du Facilitateur pour accompagner le déploiement d'ACKME sont les suivantes :

- Analyser la maturité des différentes organisations à supporter au travers de l'audit IMMCI. Présenter les résultats, les mettre en perspective. Définir les indicateurs de suivi.
- Aider les équipes à identifier leurs enjeux opérationnels et à caractériser les impacts de ces enjeux sur l'organisation, leurs compétences et leurs connaissances. (Cartes d'identité)
- Aider opérationnellement les organisations supportées pour la mise en œuvre des scénarios identifiés dans ACKME.
- Consolider et communiquer les résultats des différents chantiers mis en œuvres.

Le rôle de Facilitateur tel que défini ici est donc un rôle transverse qui peut être endossé par une personne ou un département entier. A l'interface entre des mondes techniques, managériaux et Ressources Humaines (RH), ce rôle pousse une vision systémique de l'organisation et est amené à évoluer dans ce système organisationnel. Il nécessite donc de bonnes capacités relationnelles et des capacités d'analyse et de modélisation poussées.

III.2.2.2 Définition des stratégies de mise en œuvre

Une fois les différents scénarios caractérisés par la matrice de complexité, l'objectif pour une organisation est de pouvoir identifier les actions qu'elle peut mener, seule ou avec une aide externe, en fonction de sa maturité en terme de gestion des connaissances et compétences. L'idée ici est de superposer cette matrice de complexité avec le modèle de maturité précédemment explicité (Cf. Figure 17). En faisant cet exercice, quatre phases principales, correspondant aux quatre niveaux possibles de maturité d'une organisation apparaissent (Cf. Figure 22).

Premièrement, considérons une « Structure Organisationnelle Tacite ». Comme vu précédemment ce premier niveau correspond à une organisation qui n'est pas sensibilisée à la gestion des connaissances et compétences. Cependant, cela ne signifie pas qu'elle n'a jamais mis en œuvre d'actions en ce sens. Bien souvent, une organisation appartenant à ce niveau a déjà lancé des initiatives sporadiques sur la partie connaissance et/ou compétence mais sans en avoir réellement conscience. Par exemple, un retour d'expérience a pu être réalisé sur un projet suite à un disfonctionnement majeur. L'action de gestion des connaissances ici n'est donc pas poussée mais tirée par un objectif ou une situation tierce. De ce fait, l'organisation peut lancer des initiatives appartenant au scénario 1 avec un périmètre restreint. Cela correspond à l'indice 1 de complexité de la matrice de complexité (Cf. Figure 21). Avec l'aide d'un Facilitateur, on peut même envisager qu'elle puisse mettre en œuvre des actions sur un périmètre couvrant plusieurs entités organisationnelles, ainsi qu'un premier niveau sur le scénario 2. Cela correspond à l'indice 2 de la matrice de complexité.

On dit que l'on passe au second niveau de maturité, la « Structure Organisationnelle Consciente », dès lors que l'organisation conscientise ses actions vis-à-vis de son capital intellectuel. A ce stade, l'organisation est assez mature pour prendre seule la mise en œuvre de chantiers appartenant au scenario 1 sur des périmètres mono et multi entités organisationnelles. Pour le scénario 2, elle est aussi capable de mener seule des actions sur le périmètre d'une entité. Elle peut bien sûr se faire aider d'un Facilitateur sur ces actions, mais son apport est le plus bénéfique sur la mise en œuvre d'actions appartenant à l'indice 3 de la matrice de complexité, soit le dernier niveau de périmètre du scénario 1, le second niveau de périmètre du scénario 2 et le premier niveau de périmètre du scénario 3.

On passe ensuite au troisième niveau de maturité, la « Structure Organisationnelle Guidée ». A ce stade, l'organisation commence véritablement à se structurer en prenant en compte la gestion de ses compétences et connaissances dans l'atteinte de ses objectifs d'amélioration de performances. L'organisation est donc capable de mettre en œuvre des actions sur les trois scénarios et sur les trois niveaux de périmètre en ayant toujours recours à un Facilitateur pour les actions qui correspondent aux indices 4 et 5 de la matrice de complexité.

Enfin, sur le dernier niveau de maturité, une organisation à la « Structure Organisationnelle Stratège » peut mettre en œuvre tout type d'actions appartenant aux trois scénarios, quel que soit le périmètre. Mieux que cela, elle est assez mature et accoutumée aux pratiques de management des connaissances et compétences pour prendre en compte ces notions dans le pilotage et le management stratégique de son activité. A ce stade, l'hypothèse est faite que le rôle de Facilitateur n'est plus un pré-requis en tant que tel. Il peut subsister pour mener opérationnellement certaines actions mais son

apport en terme de compétences spécifiques est faible, car l'organisation possède ces compétences et sait les mettre en œuvre pour mener à bien ses actions de gestion des connaissances et compétences.

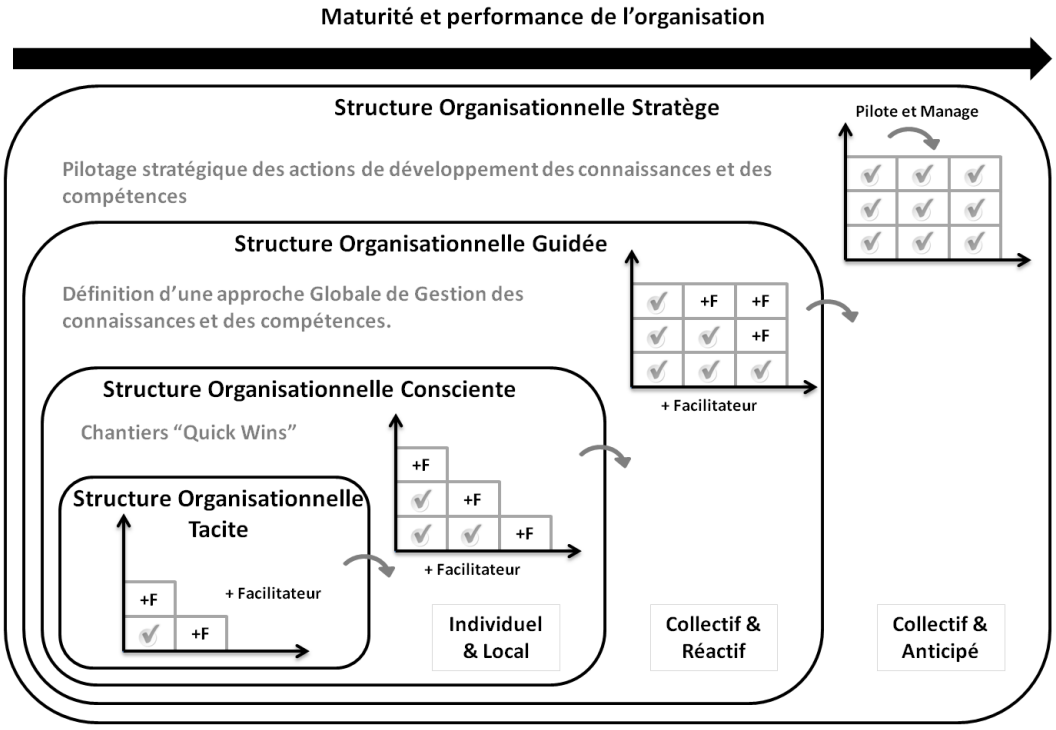


Figure 22 : Mise en œuvre des scénarios en fonction de la maturité de l'organisation

Pour compléter cette grille, comme identifié lors de la description des différents domaines (Cf. Tableau 7), lorsqu'une organisation se situe à un niveau de maturité n mais que son IMMCI est supérieur à la valeur médiane de la fourchette des IMMCI de ce niveau, on peut considérer que l'organisation peut ponctuellement mettre en œuvre des actions du niveau n+1 avec l'aide d'un Facilitateur.

Ainsi une Structure Organisationnelle Tacite dont l'IMMCI est supérieur à 0.6 pourra mener ponctuellement des actions d'indice de complexité 3. De son coté, une Structure Organisationnelle Consciente dont l'IMMCI est supérieur à 1.4 pourra mener ponctuellement des actions d'indice de complexité 4 et 5. Enfin, une Structure Organisationnelle Guidée dont l'IMMCI est supérieur à 2,3 pourra commencer à définir une stratégie de pilotage de ses actions.

II.2.3 Préparer l'évolution de l'organisation : Proposition de scénarios

II.2.3.1 Statut de la proposition de scénario

Les éléments précédents de ce chapitre ont mis en exergue que les scénarios proposés par la méthode ACKME portent sur trois axes majeurs que sont la gestion des connaissances, la gestion des compétences et l'évolution de l'organisation. Ensuite, ces scénarios ont été caractérisés plus précisément en définissant leur degré de complexité de mise en œuvre (Cf. Figure 21). Pour finir, cette complexité de mise en œuvre a été mise en regard de la maturité de l'organisation pour en définir des zones d'actions relatives (Cf. Figure 22). Partant de ces éléments, la suite de cette section s'attache à proposer une méthode de recommandation de mise en œuvre de ces scénarios sur la base des éléments précédemment identifiés.

A ce stade, l'organisation qui souhaite mettre en œuvre des actions d'amélioration des performances avec la méthode ACKME possède :

1. Une modélisation organisationnelle basée sur le modèle KROM et sa déclinaison autour de 4 modèles. (Cf. Chapitre 3)
2. Une évaluation de son indice de maturité du management du capital intellectuel (IMMCI) (Cf. Figure 18)
3. Entre 1 et 3 cartes d'identités des enjeux d'amélioration des performances (Cf. Figure 20).

Sur la base de ces éléments et plus particulièrement des deux derniers, des recommandations de mise en œuvre de scénarios peuvent être faites selon le modèle suivant :

Soit $n, m, p \in \mathbb{N}$, *tel que* $0 < n < m < p$,
Sp ; le scénario préconisé,
S_1 *; le scénario 1,*
S_2 *; le scénario 2,*
S_3 *; le scénario 3,*
Io ; l'impact sur l'organisation,
Ic ; l'impact sur les compétences,
Ik ; l'impact sur les connaissances,
I ; l'impact principal perçu,
PI ; le périmètre de l'impact I,
P_1 *; le périmètre « Mono entité organisationnelle »,*
P_2 *; le périmètre « Multi entité organisationnelle »,*
P_3 *; le périmètre incluant les parties prenantes externe à l'organisation,*

$\forall i \in \mathbb{N}$,
Pi; *le périmètre de l'impact perçu,* $tel\ que\ 1 \leq Pi \leq 3$
pi; *la probabilité de l'impact perçu,* $tel\ que\ 1 \leq pi \leq 10$
ci; *la criticité de l'impact perçu,* $tel\ que\ 1 \leq ci \leq 10$
On obtient alors

$$Io = \sum_{i=0}^{n} pi \times ci \ ,$$
$$Ic = \sum_{i=n+1}^{m} pi \times ci \ ,$$
$$Ik = \sum_{i=m+1}^{p} pi \times ci,$$

Tel que,

$$\underline{I = Max\{Io; Ic; Ik\}}$$

Et,

$$Si,\ I = Io\ ;\ \forall i \in [0, n], PI = Max\{Pi\}\ et\ Sp = S3$$
$$Si, I = Ic;\ \forall i \in [(n+1), m], PI = Max\{Pi\}\ et\ Sp = S2$$
$$Si, I = Ik;\ \forall i \in [(m+1), p], PI = Max\{Pi\}\ et\ Sp = S1$$

On obtient donc ici le scénario le plus adapté à l'enjeu principal retenu, ainsi que son périmètre d'application. Il convient ensuite d'analyser la maturité de l'organisation pour estimer si celle-ci peut favorablement mettre en œuvre le scénario retenu. Ceci est résumé dans le Tableau 8.

Si le résultat du calcul précédent se trouve sur une case « Ok » de ce tableau, il suffit de retourner à l'utilisateur l'intitulé et l'objectif du scénario ainsi que les exemples disponibles qui correspondent au même niveau de complexité.

	Structure organisationnelle Tacite			Structure organisationnelle Consciente			Structure organisationnelle Guidée			Structure organisationnelle Stratège		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
P1	OK	+F		OK	OK	+F	OK	OK	OK	OK	OK	OK
P2	+F			OK	+F		OK	OK	+F	OK	OK	OK
P3				+F			OK	+F	+F	OK	OK	OK

Tableau 8: Statut du résultat de la préconisation

Si l'on tombe sur une case « +F », il faut retourner à l'utilisateur les mêmes éléments que dans le cas du « Ok » en précisant qu'il est conseillé de faire appel à une personne ou un département compétent sur ces problématiques de gestion opérationnelle des connaissances et compétences. Finalement dans le cas où l'on tombe sur une case grisée, il faut retourner à l'utilisateur les mêmes éléments mais en l'alertant sur la difficulté de mise en œuvre de ce scénario en l'état, sans une ou des étape(s) préalable(s), et sans support extérieur. Ainsi les résultats de ce scénario risquent de se présenter sur des échéances à long terme, au prix d'efforts conséquents, ce qui peut nuire à sa performance globale car l'environnement aura peut être changé entre temps.

Si l'on reprend l'exemple du résultat d'audit de la Figure 18 (IMMCI=1.35) et de la carte d'identité remplie par l'organisation en Figure 20 (Io=200, Ic=116, Ik=108 et PI=3), on se situe dans le cas où, une organisation à la Structure organisationnelle Consciente doit mettre un œuvre un Scénario S3, avec un Périmètre P3. Le résultat renvoyé est donc le dernier décrit précédemment, à savoir que ce scénario sera difficile à mettre en œuvre en l'état, et que sans étapes préalables, ses résultats seront perceptibles sur un horizon long terme.

II.2.3.2 Liste non exhaustive d'actions par type de scénario et niveau de complexité

Les éléments décrits ci-dessus peuvent être considérés comme un outil complet d'audit et de recommandation de plans d'actions pour la gestion des connaissances et compétences. Pour que celui-ci soit plus opérationnel, il est complété à ce stade par une première liste d'exemples de mise en œuvre de scénarios par grande catégorie. Cela permet d'orienter l'organisation sur un cas, ou une situation similaire à la sienne (Cf. Tableau 9, Tableau 10 et Tableau 11).

Même si ces éléments ne sont pas décrits avec un outil spécifique pour le moment, il est nécessaire de souligner que cet audit de maturité de l'organisation et la méthodologie de détermination de recommandations de plan d'actions associée, peuvent être intégrés dans un outil de diagnostic à destination des organisations.

Aujourd'hui, seuls quelques exemples issus de nos travaux de recherche et des exemples mis en œuvre dans l'entreprise Essilor sont présentés dans les trois tableaux qui suivent. Cependant en généralisant la méthodologie et en la couplant avec un système à base de connaissances, comme par

exemple un système multi-agents ou un système de RàPC (Raisonnement à Partir de Cas), la méthode ACKME pourrait être intégrée au sein d'un outil de diagnostic complet.

Scénario 1	Actions déjà mises en œuvre
Indice de complexité de niveau 1	- Formaliser et capitaliser l'expertise technique sur une activité identifiée comme critique, c'est-à-dire détenue par très peu d'individus, alors qu'elle amène une forte valeur ajoutée pour l'organisation. *(Exemple : Formalisation, capitalisation et valorisation des connaissances mises en œuvre pour assurer l'intégration de nouvelles fonctions de procédé dans un système IT, tout en optimisant l'architecture système et le fonctionnement opérationnel de ces fonctions).* - Formaliser des connaissances explicites afin de les diffuser largement à travers l'organisation. Concerne une activité précise mais qui est présente sur plusieurs sites géographiques. *(Exemple : Formalisation de l'architecture fonctionnelle d'un module de calcul de taillage d'un verre ophtalmique pour montage dans une monture)*.
Indice de complexité de niveau 2	- Formalisation collective et partage de connaissances détenues par des personnes de différents environnements, mais ayant un domaine d'expertise commun. *(Exemple : Formalisation et partage des connaissances relatives à la conception de traitements antireflets pour des verres ophtalmiques, entre un monde de production à grande échelle et un monde de production à la demande et de customisation).*
Indice de complexité de niveau 3	- Définir et concevoir un système à base de connaissances pour supporter un processus opérationnel transverse à différents départements. *(Exemple : Conception d'une base de connaissance pour supporter la conception produits)*.

Tableau 9 : Exemples d'actions mises en œuvre pour le scénario 1

Scénario 2	Actions déjà mises en œuvre
Indice de complexité de niveau 2	- Formaliser des formations et des supports pour un domaine spécifique (mono-activité et mono expertise). *(Exemple : Formalisation d'un module de formation opérateur pour une nouvelle façon de bloquer un verre ophtalmique).* - Mettre en place des actions de coaching en situations professionnelles qui soient individuelles et personnalisées. *(Exemple : Coaching sur la déclaration d'un produit ophtalmique en base de donnée).*
Indice de complexité de niveau 3	- Formaliser des formations transverses portant sur de multiples activités et incorporant plusieurs domaines d'expertise. *(Exemple : Formalisation d'un module d'analyse fonctionnelle appliqué à l'Ingénierie Ophtalmique).* - Mettre en place des actions de coaching en situations professionnelles qui portent sur des méthodes et outils collectifs. *(Coaching sur la réalisation d'analyses de concept avant industrialisation.)*
Indice de complexité de niveau 4	- Définir un processus global de management des compétences pour une organisation ciblée. *(Exemple : Définition et mise en œuvre d'un processus e management des compétences à destination des opérationnels, pour l'Ingénierie Essilor).*

Tableau 10: Exemples d'actions mises en œuvre pour le scénario 2

Scénario 3	Actions déjà mises en œuvre
Indice de complexité de niveau 3	- Evolution d'un processus d'une entité organisationnelle unique sans interactions externes [Evolution de l'organisation, des connaissances et des compétences]. *(Exemple : Restructuration d'un département sans impacts externes).*
Indice de complexité de niveau 4	- Evolution d'un ou de plusieurs processus concernant plusieurs entités organisationnelles [Evolution de l'organisation, des connaissances et des compétences]. *(Exemple : Structuration d'un département de développement IT en mode Agile et adaptation des autres départements de l'organisation à ce nouveau mode de fonctionnement).*
Indice de complexité de niveau 5	- Re-conception complète d'un processus d'une entité organisationnelle avec impacts sur des parties prenantes externes [Evolution de l'organisation, des connaissances et des compétences]. *(Exemple 1 : Re-conception du processus de développement produit engendrant le déplacement d'interfaces avec les partenaires et les clients, le développement de nouvelles compétences, et la formalisation de livrables intermédiaires de connaissances, dans l'optique d'améliorer la qualité de la donnée produit délivrée).* *(Exemple 2 : Re-conception du processus de prise de décision en environnement de conception avec identification du rôle et des compétences d'architecte système. Conception et mise en œuvre du système intelligent SNOTRA (Cf. CH5) pour supporter le processus de gestion des connaissances et la réutilisation proactive de connaissances lors de ce processus de prise de décisions en environnement de projets).* -Développement et déploiement d'un nouvel outil qui demande une évolution des situations professionnelles [Evolution de l'organisation, des connaissances et compétences] *(Exemple 1 : Développement et intégration d'un nouveau calculateur de verres ophtalmiques modifiant toute la chaine de conception et de déploiement produit (de la R&D à la Production en passant par l'Ingénierie et les Systèmes d'information).* *(Exemple 2 : Développement et intégration d'un nouveau portail de management des projets industriels intégrant des outils de management de portefeuille projets, d'identification des ressources compétences, et de capitalisation des connaissances).*

Tableau 11: Exemples d'actions mises en œuvre pour le scénario 3

II.3 Synthèse

Afin de résumer les éléments présentés dans cette section, l'enchaînement des différents constituants et phases de la méthode ACKME est présenté sur la Figure 23. Aujourd'hui, la limite principale à une utilisation large de la méthode ACKME vient du fait que l'explication et l'adaptation des scénarios reste du ressort de l'expérience et de l'expertise de la personne qui supporte l'approche complète (le Facilitateur dans le cas présent).

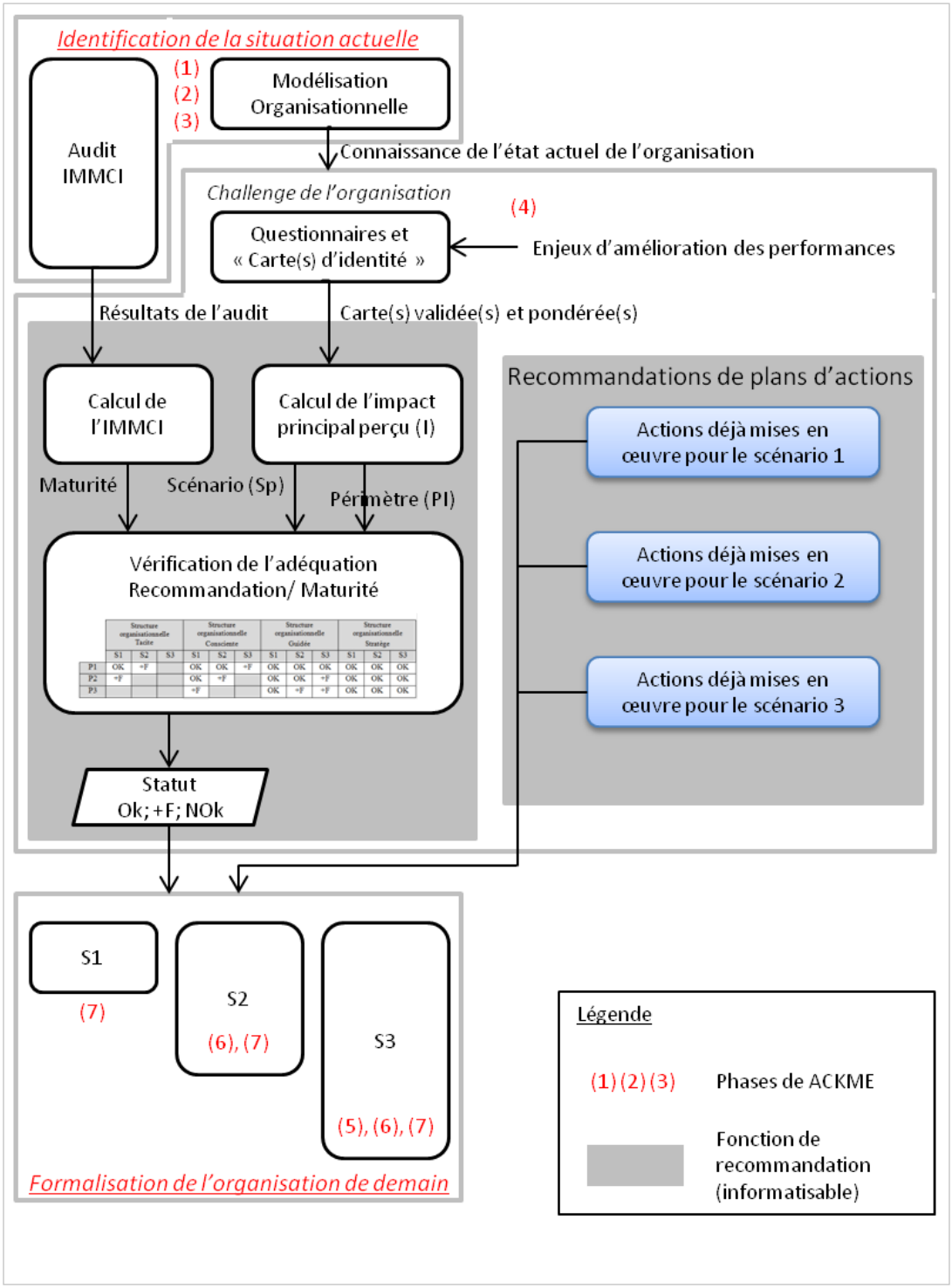


Figure 23: Enchaînement des différents constituants et phases mis en œuvre avec la méthode ACKME

Finalement, contrairement à d'autres approches de gestion des connaissances ou des compétences, la méthode ACKME a pour ambition principale de remettre les notions de connaissance et de compétence au cœur de leur cadre organisationnel. Elle permet notamment de souligner le lien des

connaissances et compétences avec les situations professionnelles où elles sont utilisées ou mises en œuvre. Cela permet de prendre en compte les enjeux d'amélioration des performances de la manière la plus holistique possible. Par une réponse graduée en trois macros scénarios avec des dominantes distinctes et une répartition sur trois niveaux de périmètre organisationnel, la méthode ACKME couvre un large panel d'actions pour répondre à ces enjeux. Comme exprimé plus haut, l'approche peut aussi tirer parti d'éléments additionnels à base de connaissances pour capitaliser et réutiliser les recommandations d'actions mises en œuvre dans les différents scénarios.

Sur la base de ces recommandations, une organisation entière, est ainsi en mesure de mettre en œuvre des actions adaptées de développement des connaissances et des compétences. La section suivante, décrit un exemple de mise en œuvre du scénario 3 avec un cas industriel concernant la re-conception du processus de prise de décision en environnement de conception. Les rôles et les compétences de Chef de Projet et d'Architecte Système sont notamment identifiés ainsi que les connaissances à capitaliser et à partager pour améliorer l'efficacité de ce processus organisationnel.

III. Illustration : Utilisation de la méthode pour renforcer la prise de décision en environnement projet

Le chapitre précédent a permis de présenter la méthode ACKME. Celle-ci se définit autour de 3 étapes principales :

1. L'identification de l'état actuel d'une organisation, de ses connaissances et compétences (Audit IMMCI + Modélisation organisationnelle issue de KROM).
2. Le challenge de l'organisation au regard de ses enjeux d'amélioration de performances, de sa maturité organisationnelle et de la complexité de mise en œuvre des scénarios (Carte(s) d'identité(s) des enjeux prioritaires et système de recommandation)
3. La mise en œuvre du ou des scénario(s) retenu(s) (3 scénarios possibles)

Afin d'illustrer l'utilisation de la méthode ACKME, un exemple de sa mise en œuvre sur une étude appartenant au scénario 3, avec un périmètre dépassant le cadre organisationnel de l'organisation étudiée est présenté dans cette section. Ce cas se situe donc à un indice de complexité de 5, le plus élevé par rapport à la grille de complexité d'ACKME (Cf. Figure 21). Les trois points ci-dessus sont illustrés à travers cet exemple.

Ce cas d'étude se concentre sur le processus de prise de décision en environnement de projet de conception, et plus particulièrement, sur la préparation de la prise de décision, pour que celle-ci puisse se faire sur des informations structurées et consolidées. Les projets de conception regroupent très souvent de multiples expertises et impliquent de nombreux départements différents. L'impact des résultats de ces projets est critique, car ils sont directement à destination d'un marché à conquérir (B2C), ou de clients qui souhaitent utiliser ces produits ou procédés pour diminuer leurs coûts, augmenter leurs parts de marché, etc. (B2B). Ainsi l'impact du processus de prise de décision dans cet environnement de conception est important. Or, la « bonne décision » est toujours relative à deux grandes contraintes. Premièrement, une contrainte de temps : il faut prendre la décision au bon moment. Et deuxièmement, une contrainte d'information : une décision réussie se base sur des faits établis et des informations consolidées. Ces deux paramètres étant très difficiles à combiner, la prise de décision se fait toujours avec une part d'incertain, et donc entraine une prise de risque. Consolider la préparation de la décision vise à minimiser le plus possible cette prise de risque en optimisant les

ressources connaissances et compétences mises en œuvre pour effectuer cette action, tout en mettant en place une organisation adaptée.

Sur la base de la méthode ACKME, le premier élément décrit ici concerne l'identification de l'état initial de l'organisation (les étapes (1), (2), (3)) ; puis vient l'étape (4), et le calcul de l'IMMCI pour l'organisation étudiée. Pour finir, les résultats des étapes (5), (6) et (7) correspondant à ce cas d'étude sont présentés en fin de section.

III.1 Identifier l'état actuel de la structure organisationnelle, des compétences et des connaissances de l'organisation étudiée

Cette étape d'identification de l'état actuel d'une organisation porte sur les aspects structure organisationnelle, connaissances et compétences, et s'appuie sur les différents modèles organisationnels issus de KROM, ainsi que sur l'audit IMMCI. Pour compléter ces modèles et recueillir au mieux les avis des différents acteurs (des opérationnels au management), des interviews avec les différentes parties prenantes ont été conduites. Sur la base de ces éléments, la situation actuelle peut se résumer comme suit :

(1) L'organisation étudiée dans ce cas d'application est une organisation d'ingénierie ophtalmique. Plus précisément, l'objet d'étude est un de ses départements qui est en charge de la conduite des projets industriels. La Figure 24 présente une extraction du modèle de la structure organisationnelle de cette entité.

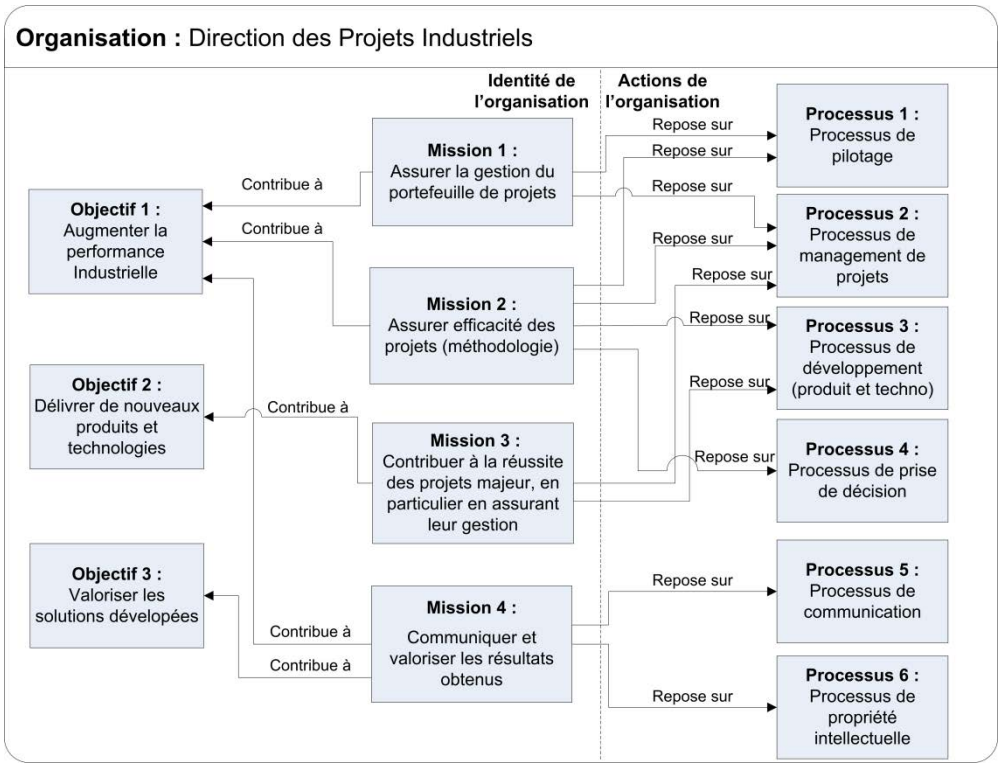


Figure 24 : Modèle de la structure organisationnelle du département des Projets Industriels

Sur cette extraction, on peut voir que le département des projets industriels se définit par des macro-objectifs et des missions principales. Pour y répondre, il peut compter sur des processus

opérationnels qui sont, pour la plupart, communs avec les autres départements de l'organisation. Par rapport à ce modèle, le constat principal des équipes et du management fut que, entre l'ambition affichée (l'identité de l'organisation) et les moyens mis en œuvre (les actions de l'organisation), certains de ces éléments pouvaient être améliorés, notamment les éléments concernant l'efficacité des projets (Mission 2) et plus précisément les processus de développement et de prise de décision, respectivement les processus 3 et 4 dans la Figure 24.

(2) Au niveau des compétences, il faut ici se replacer dans la perspective de l'organisation complète. En effet, des actions d'identification et de développement des compétences avaient été menées par le passé au niveau de l'organisation Ingénierie, notamment des initiatives de formalisation de fiches de poste et d'identification de matrices de compétences. L'exercice de modélisation avec le modèle de rôle de la méthode ACKME étant « en concurrence » avec ces initiatives, il n'a pas pu être déployé tel quel, à toute l'organisation mais il a été intégré aux initiatives déjà existantes. A ce stade, différentes difficultés furent identifiées. Tout d'abord, l'organisation reposant sur une structure matricielle [Robbins & Judge 2013], avec des pôles d'expertises très diversifiés, les responsabilités aux interfaces entre les différents départements étaient souvent mal définies. Ainsi la vision transverse amenée par les projets pouvait parfois être incomprise, voire remise en question par les différents métiers. L'implication de ces entités dans certaines phases des projets n'étant pas forcément définie, les compétences transverses nécessaires à certaines phases des projets n'étaient pas identifiées et pas valorisées du coté de ces métiers.

(3) Concernant les connaissances, en lien avec la méthode ACKME, les principales connaissances manipulées à travers les processus opérationnels de l'organisation Ingénierie ont pu être identifiées grâce au modèle d'activité (Cf. Figure 25). En parallèle de la création de cette cartographie des connaissances utilisées, différentes difficultés vis-à-vis de la gestion des connaissances à travers l'organisation ont été identifiées avec chaque équipe. Tout d'abord, la majorité des connaissances utilisées et générées à travers les projets d'industrialisation n'étaient pas capitalisées. Les équipes n'avaient jamais le temps ni les moyens d'effectuer cette étape de capitalisation. La gestion des connaissances était la plupart du temps synonyme de documentation et donc d'effort supplémentaire et inutile pour les équipes. Pour aller dans ce sens, il est vrai que l'organisation ne disposait pas de base(s) de connaissance à proprement parler qui puisse(nt) permettre cette capitalisation. En résultait une répartition distribuée de l'information à différents niveaux de l'organisation. Typiquement, concernant un projet donné, on pouvait retrouver de l'information sur un portail projet (essentiellement de l'information administrative), sur des bases documentaires métiers et sur des supports de communication, principalement à destination du management. Ainsi ces différents outils, plus destinés à des usages administratifs qu'à des usages de management des connaissances et de support d'informations pour les équipes, étaient plus perçus comme des contraintes que comme des outils supports par les équipes opérationnelles travaillant sur les projets.

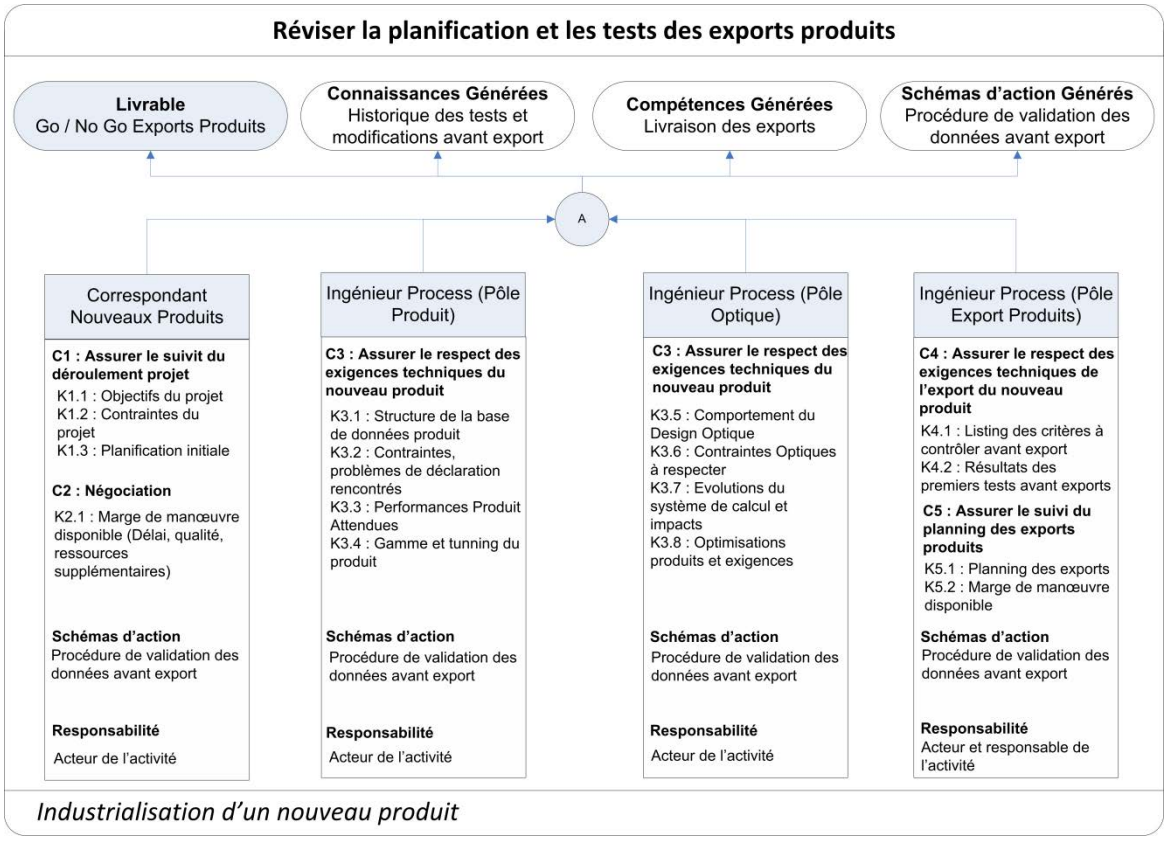


Figure 25: Modèle d'une activité du processus d'industrialisation des nouveaux produits

Ce manque de formalisation, de capitalisation et de partage de connaissances, avait un fort impact sur la performance de l'organisation, même si cette dernière avait parfois du mal à l'identifier. Par exemple, les choix de conception ainsi que les contraintes et environnements dans lesquels ils étaient pris n'étaient pratiquement jamais capitalisés et réutilisés. Cela générait des « sujets récurrents » (mêmes objectifs et mêmes enjeux décisionnels) tous les trois ou quatre ans qui ne bénéficiaient pas de retours d'expériences. Ces sujets n'aboutissaient que très rarement et aux prix d'efforts et de frustrations contre-productives de la part des équipes.

III.2 Challenges de l'organisation au regard des enjeux d'amélioration des performances fixés et caractérisation de la complexité de mise en œuvre

L'étape (4) d'ACKME consiste à remettre en question l'organisation. A la suite des observations précédentes, il a été identifié, avec les équipes et les managers, différents enjeux d'amélioration des performances auxquels l'entité organisationnelle pouvait faire face pour l'année 2014. Ceux-ci devaient être remis dans une perspective plus globale pour l'organisation complète. En effet, l'organisation Ingénierie devait faire face à une augmentation de ses exigences industrielles afin de répondre à un marché de plus en plus différencié. L'impact de ces nouvelles exigences était d'autant plus fort que la stratégie industrielle historiquement mise en œuvre par l'entreprise tendait plus vers une uniformisation des livrables de l'ingénierie. Passer d'une stratégie d'uniformisation à une stratégie de différenciation impliquait une transformation profonde des pratiques de l'Ingénierie sur plusieurs années. L'objectif principal de l'organisation sur les dernières années était de pouvoir

absorber ces changements, et notamment l'augmentation de la charge de travail liée, tout en gardant les mêmes équipes. Par exemple, au niveau d'un département métier, le nombre de nouveaux produits développés et industrialisés fut multiplié par sept lors des six dernières années. Pour le département des projets industriels cela se traduisit en une augmentation du nombre de projets à mener tout en restant à ressources constantes, d'où une diminution du temps moyen passé sur chaque projet. Ainsi le délai de livraison des livrables projets augmenta.

Sur la base de ces constats, au travers de questionnaires et des cartes d'identité, plusieurs feuilles de route ont été établies pour le département des projets industriels. La Figure 26 présente ici la carte d'identité de l'une d'entre elles sous le formalisme proposé par la méthode ACKME.

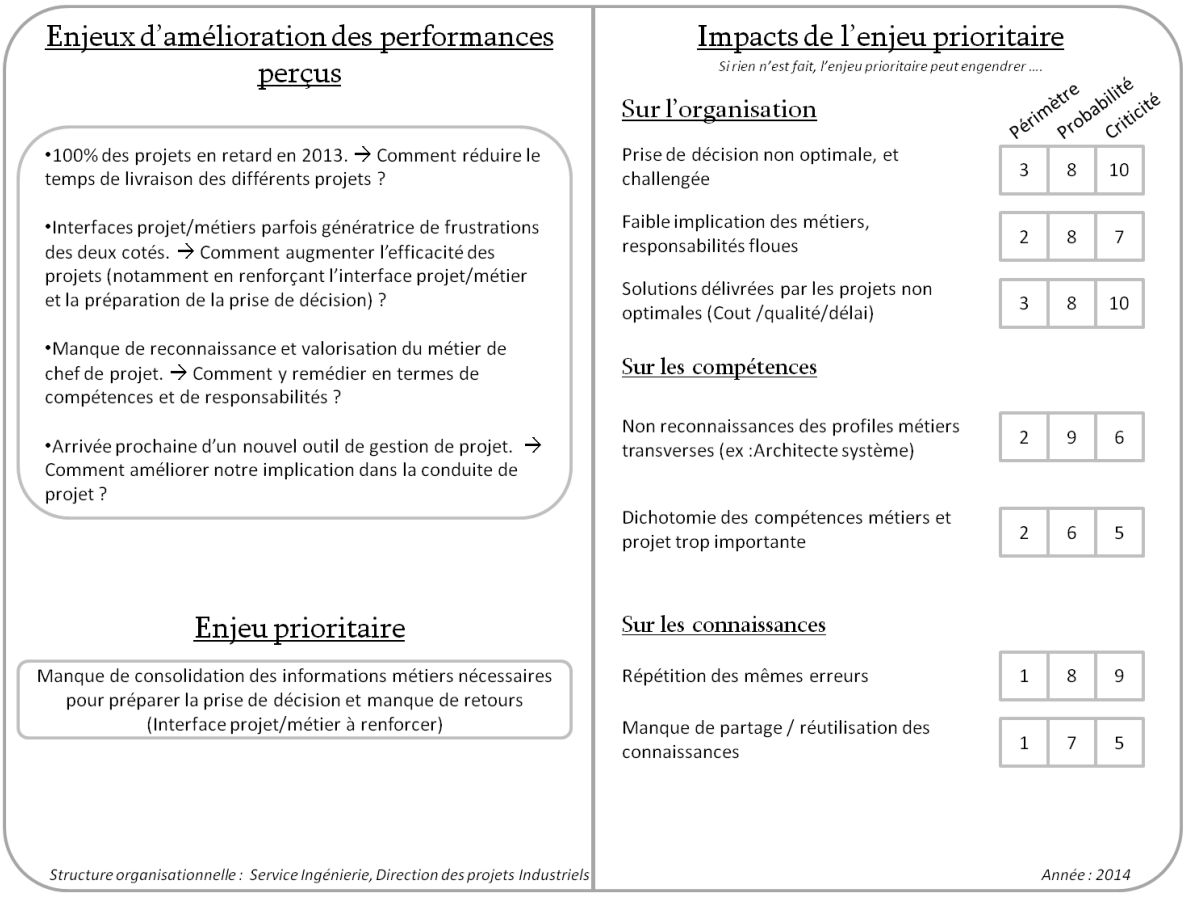


Figure 26: Carte d'identité d'un enjeu prioritaire relevé par le département des projets industriels

L'enjeu prioritaire identifié par cette carte concerne la consolidation des informations métiers pour la prise de décision. Le calcul d'impact associé montre que l'impact principal perçu pour cet enjeu est l'impact sur l'organisation. Cet impact possède un périmètre de niveau 3, c'est-à-dire qu'il impacte potentiellement les clients et parties prenantes externes de l'organisation.

$Io = \sum_{i=0}^{n} pi \times ci$, $Io = 216$

$Ic = \sum_{i=n+1}^{m} pi \times ci$, $Ic = 84$

$Ik = \sum_{i=m+1}^{p} pi \times ci$, $Ik = 107$

Donc I = Io, Sp = S3 et PI= P3

En parallèle, le calcul de l'IMMCI obtenu au niveau de l'organisation Ingénierie, a donné le résultat d'indice de maturité suivant :

$$\underline{\text{IMMCI} = \sum_{i-1}^{n} wi \times pi = 1{,}5}$$

Par rapport à ce score, l'organisation Ingénierie, et tous les départements qu'elle englobe, sont des Structures Organisationnelles Conscientes (niveau 2). Or, comme ce score dépasse la médiane de cette catégorie, on peut considérer que ces entités, ou tout du moins certaines d'entre elles, sont dans une dynamique de transition pour passer au niveau supérieur de Structure Organisationnelle Guidée (Niveau 3). Par rapport à ce constat, et en le comparant à l'indice de maturité de l'organisation, on en déduit que le département des projets industriels peut mener des actions appartenant au niveau de complexité le plus élevé (Niveau 5) avec l'aide forte d'un Facilitateur (dans ce cas d'étude, un département dédié). Le contexte de maturité relevé par l'IMMCI indique que les chantiers menés seront impactant et plus difficiles à mettre en œuvre que si l'organisation était déjà sur un niveau 3 de maturité.

L'objectif de la mise en place du scénario 3 est, dans ce cas, de renforcer la préparation de la prise de décision lors des projets d'industrialisation, le tout en réfléchissant à l'organisation la plus adaptée aux compétences nécessaires et aux connaissances à capitaliser, à partager et à réutiliser pour supporter efficacement le processus de prise de décision.

III.3 Définir l'organisation cible par rapport aux enjeux d'amélioration des performances

Après avoir identifié l'état actuel de l'organisation et validé sa capacité à mener à bien les plans d'actions retenus, cette section présente le détail des évolutions sur les axes organisation, compétence et connaissance pour arriver à la formalisation de « l'organisation de demain ».

III.3.1 Evolution de l'organisation (5)

Pour l'étape (5), l'accent est mis sur la description du processus de prise de décision support aux projets de conception. En effet, tout au long d'un projet, des décisions sont prises sur des enjeux tant managériaux que techniques. C'est un processus transverse qui fait le lien entre des aspects techniques et business. Ce lien peut se faire de différentes façons selon les structures des organisations. Il peut être ainsi considéré comme partie intégrante des compétences des décideurs. Ce point de vue est particulièrement bien adapté pour les petites structures type PME-TPE ou les décideurs sont proches des problèmes techniques et des aspects business. Dans d'autres cas, et plus particulièrement pour les grandes entreprises, ce lien est plus difficile à faire car les décideurs sont beaucoup plus éloignés des problématiques terrains. Il faut donc compter sur des éléments supports comme par exemple un processus formalisé pour assurer la continuité de ce lien à travers différents intermédiaires. Dans ce cas d'étude, l'organisation étudiée, et plus généralement l'entreprise complète s'est développée lors des dernières décennies pour passer d'un statut de PME à celui de multinationale implantée dans plus d'une centaine de pays à travers le monde. Cependant, alors que l'entreprise se transformait, la culture et la perception de la prise de décision en environnement projet n'a que peu évoluée ; ou tout du moins pas sur le même rythme. Ainsi, c'est toujours le top management de l'organisation qui prend la majorité des décisions structurelles. La charge décisionnelle associée à l'ensemble des projets gérés est ainsi considérable. Cependant, sans structure additionnelle et un système support, il est clairement apparu au cours des dernières années, où le rythme s'accélérait, que cette approche de la prise de décision n'était plus optimale. Dans certains cas, elle demandait une multitude d'allers-retours entre les décideurs et les équipes opérationnelles avant qu'une décision ne soit définitivement prise, du fait du manque d'informations disponibles au

moment de la décision. Dans d'autres cas, ce manque d'informations terrains a entraîné des décisions discutables qui furent challengées par la suite, tant sur un plan technique que sur un plan managérial. La prise de décision dans les projets de conception peut être vue comme le résultat d'un processus itératif qui permet de statuer sur les décisions de management de projet et sur les décisions techniques relatives au projet. Afin d'améliorer son efficacité, il est nécessaire de définir, d'organiser et de partager la définition de ce processus itératif à travers l'ensemble des parties prenantes des projets ; des équipes opérationnelles jusqu'au client, en passant par les décideurs.

Afin de faire évoluer l'organisation en ce sens, différentes étapes de prise de décision durant les projets de conception ont été identifiées, comme décrit sur la Figure 27. Ces étapes sont représentées selon quatre processus : le « Processus de préparation », le « Processus de réalisation », le « Processus de vérification » et le « Processus d'ajustement » qui rappellent le cycle PDCA d'amélioration continue. Si on regarde de plus près ces éléments, on peut rapidement identifier que des décisions sont prises dans chacun de ces processus. Cependant, le focus d'étude ici concerne plus particulièrement les décisions structurelles qui vont engager le projet sur une voie plutôt qu'une autre. Celles-ci peuvent avoir des répercussions sur le produit final délivré aux clients ou sur les éléments fournis et reçus de la part des partenaires et fournisseurs impliqués sur le projet.

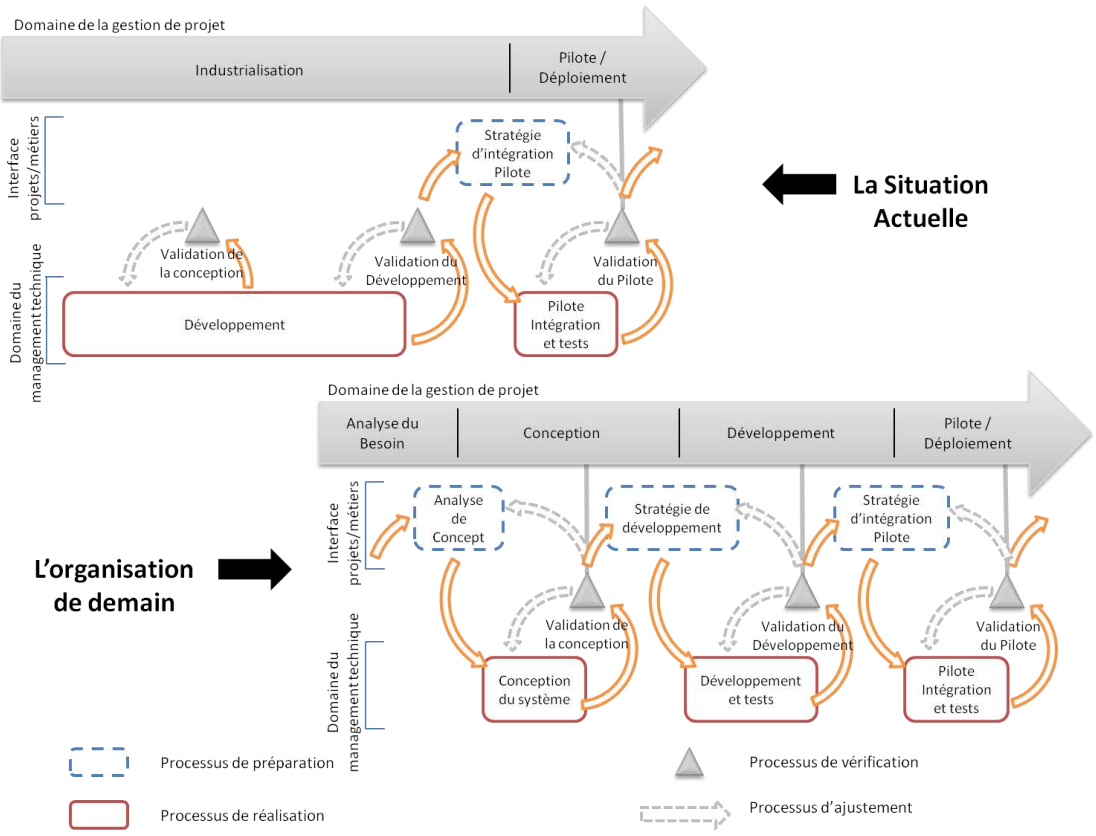


Figure 27: Les étapes de la prise de décision durant les projets de conception

Six étapes de prise de décision ont été identifiées pour lesquelles des actions d'optimisation pouvaient être mises en œuvre. Trois appartiennent au « Processus de préparation » et trois au « Processus de vérification ». L'idée principale ici est de montrer que la prise de décision ne concerne pas uniquement les phases de contrôle/validation du travail réalisé mais qu'elle s'apparente

plutôt à une boucle rétroactive entre ces quatre étapes qui permet d'anticiper, d'alerter et de corriger les actions entreprises durant la conception. De plus en considérant, le « Processus de préparation », les problèmes identifiés lors du « Processus de vérification » qui demandent de remettre en question le produit ou système final du projet, peuvent être adressés et pris en compte dans un fonctionnement « normal » par le « Processus de préparation ». Ce dernier point n'était jusqu'alors pas pris en compte. Les problèmes de cet ordre revenaient donc dans les actions du « Processus de réalisation », alors que celui-ci n'impliquait pas forcément les bons acteurs et les bonnes instances pour pouvoir lever ces problèmes.

Les enjeux principaux de la mise à jour de la structure organisationnelle de la prise de décision furent de renforcer le « Processus de préparation » ainsi que l'interface entre le management de projet et le management technique afin de faciliter la prise de décision. Pour réaliser cela, trois étapes principales à renforcer on été sélectionnées. La première, l'« Analyse de Concepts », est destiné à définir le produit/système à développer afin de répondre aux exigences initiales adressées par le projet. La seconde, la « Stratégie de Développement », vise à définir comment mener le développement et les tests associés du produit/système. Pour finir, la troisième, la « Stratégie d'intégration Pilote », cadre comment réaliser l'intégration du produit / système en environnement de production et définit quels tests devront être réalisés afin d'avoir une solution robuste.

Pour décrire la prise de décision lors de ces macros activités, et sur la base d'éléments identifiés dans la littérature d'ingénierie système, un processus de prise de décision générique pour tous ces éléments a été décrit (Cf. Figure 28 et Annexe B). Ce processus est itératif sur toutes les étapes présentées en Figure 27. Il se déroule au travers des cinq activités décrites ci-dessous.

Activité 1: « Établir des lignes directrices de l'analyse décisionnelle»

L'activité 1 appartient à la couche « Cadrage et validation du besoin». Son objectif est de définir quels éléments dans la phase concernée nécessitent une procédure formelle de prise de décision, par rapport aux objectifs du projet, à la complexité des éléments en jeu, et aux risques identifiés. Cette activité est aussi là pour définir les instances de prise de décision auxquelles le Chef de Projets devra se reporter ainsi que les éléments qu'il sera nécessaire de documenter. Elle permet aussi de définir en amont s'il faut impliquer des personnes ou des compétences clés dans l'organisation pour le succès du projet. C'est une activité de cadrage de la prise de décision dans le projet pour la phase de décision concernée.

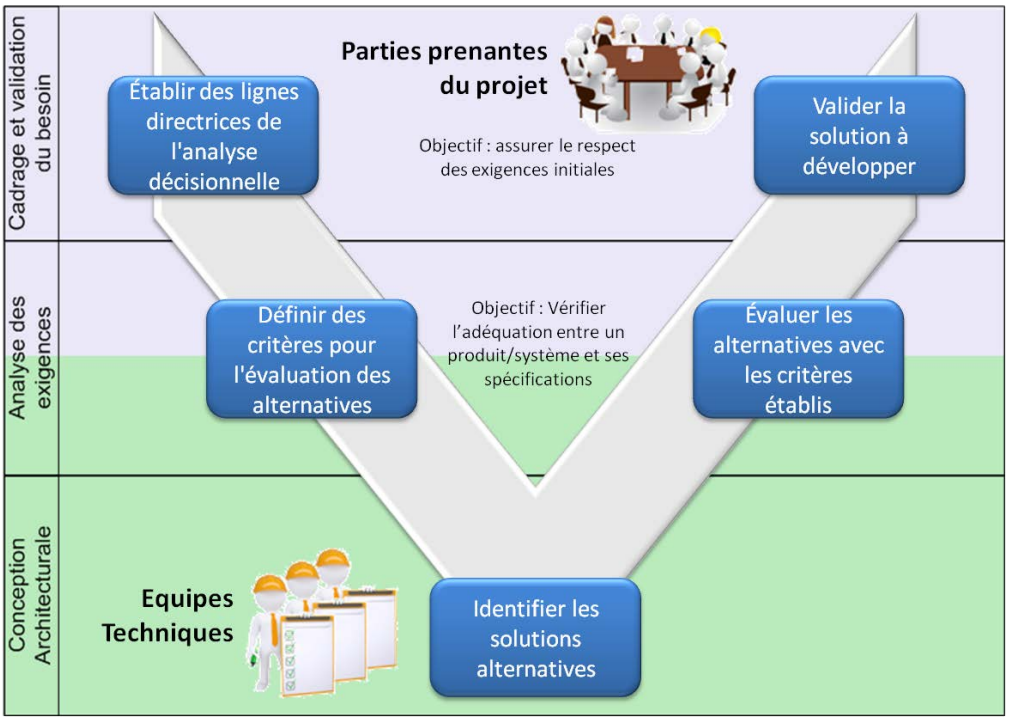


Figure 28: Représentation du processus de prise de décision sur trois niveaux fonctionnels

Activité 2: «Définir des critères pour l'évaluation des alternatives»

Cette activité appartient à la couche « Analyse des exigences». Elle doit être réalisée en collaboration entre les équipes techniques et les parties prenantes du management du projet. En effet, l'objectif de cette activité est de définir les critères qui serviront à effectuer la future prise de décision. Les critères de tous les acteurs du projet sont donc à prendre en compte. Les parties prenantes du management du projet amènent les différents critères liés aux fonctions principales du produit / système afin de remplir les exigences client ainsi que les contraintes auxquelles il doit se soumettre : coûts / qualité / délais pour ne citer que les plus évidentes. De leur coté les équipes techniques expriment eux les éléments liés aux fonctions contraintes de l'intégration du produit / système dans son futur environnement technique.

Cette liste de critères permet ainsi aux décideurs de prendre en compte les deux points de vue dans leur prise de décision. Une bonne décision est notamment une décision qui permet d'obtenir le meilleur compromis entre ces différents critères et points de vue. De plus, en ayant une liste de critères établis et partagés, cela permet aux décisions d'être rétrospectivement moins remises en question par les différentes parties prenantes.

Activité 3: « Identifier les solutions alternatives»

Cette activité appartient à la couche « Conception Architecturale». L'objectif de cette activité, comme exprimé dans son titre, est d'identifier les différentes alternatives pour la décision. Selon la nature de la phase, ces alternatives peuvent être fixes ou dépendantes du projet. Pour illustrer cela, le Tableau 12 présente des exemples couvrant l'ensemble des activités de ce processus de décision et fait apparaître un exemple de chaque configuration possible (fixe ou dépendante) pour l'activité 3.

On ne peut parler de prise de décision que si différentes alternatives sont présentées et évaluées. C'est pourquoi, cette activité inclut les actions permettant de justifier le choix et de compléter la description des alternatives, comme des études comparatives, des tests ou des analyses de données qui vont ainsi permettre de consolider la connaissance des différentes alternatives avant leur évaluation. Cette activité est menée par les équipes techniques qui ont les compétences et les connaissances permettant de générer ces informations consolidées sur les différentes alternatives.

Activité 4: « Évaluer les alternatives avec les critères établis»

Cette activité appartient à la couche « Analyse des exigences». L'objectif de cette activité est de passer en revue toutes les alternatives identifiées et de les évaluer en fonction des critères établis durant l'activité 2. Cette activité, doit être réalisée avec les équipes techniques et les parties prenantes du management du projet, ou tout du moins leur(s) représentant(s). Ce rôle peut notamment être assuré par le Chef de Projets qui possède la vue globale sur les exigences des parties prenantes. Cette activité est cruciale à formaliser et à capitaliser car elle permet de faire la synthèse des travaux précédents et de les relier à une prise de décision. En effet, les sorties de cette activité servent de support aux décideurs pour réaliser leurs tâches décisionnelles en leur donnant une connaissance formelle des différentes alternatives, des hypothèses faites et des limites identifiées. En s'appuyant sur ces éléments les décideurs se trouvent dans des conditions favorables pour choisir la meilleure option possible dans le champ de contrainte donné.

Activité 5: « Valider la solution à développer»

La dernière activité de ce processus de prise de décision appartient à la couche « Cadrage et validation du besoin». Son objectif est de permettre aux décideurs de choisir la meilleure alternative sur la base des éléments identifiés précédemment, ainsi que sur l'évaluation faite des alternatives par les équipes techniques et les parties prenantes du projet impliquées dans les activités amonts. Elle permet notamment de revalider la solution retenue à cette étape par rapport aux contraintes de coûts / qualité / délais. Là aussi le résultat de cette activité est primordial à capitaliser pour le projet.

Ce processus de prise de décision en 5 activités est itératif tout au long du projet. Il s'applique donc aux différents éléments du « Processus de préparation », du « Processus de réalisation », du « Processus de vérification » et du « Processus d'ajustement ». Le Tableau 12 présente l'exemple des éléments du « Processus de préparation ».

Activités du processus de prise de décision												
Eléments du Processus de préparation	Entrées	Établir des lignes directrices	Définir des critères	Identifier les alternatives	Évaluer les alternatives							Valider la solution
					Concept	Pérennité	Cout	Délai				
Analyse de Concepts	Nouvelle Brique IT (Software + Hardware)	-Typologie du sujet -Complexité d'intégration	- Contraintes Projets -Contraintes Techniques -Etc.	-Concept A -Concept B -Concept C -Concept D *(Dépendant du sujet)*	Concept A	+	+++	LT				Concept C
					Concept B	+	++	MT				
					Concept C	++	+++	LT				
					Concept D	-	+	CT				
Stratégie de Développement	Nouveau Procédé à Industrialiser	Grille de couverture Eléments techniques à contrôler / plan de test	- Nouveauté du procédé - Délai imparti -Ressources Disponibles / Nécessaires - Partenariats - Etc.	- Développements avec tests physiques - Développements avec tests par simulation - Pas de plan de tests - Etc. *(Fixe)*	Stratégie de développement		Note					Développements avec tests physiques
					Développements avec tests physiques		++					
					Développements avec tests par simulation		+					
					Pas de plan de tests		-					
					Etc.		/					
Stratégie d'intégration Pilote	Procédé à tester en environnement réel de production	Catégories de stratégies de pilot	- ASA - Adéquation Marché / Zone d'implantation - Viabilité du site pilot	- Pilote Technique et Commercial - Pilote Commercial seul - Pas de Pilote *(Fixe)*	Stratégie de Pilote		Note					Pilote Commercial seul
					Pilote Technique et Commercial		Risque Minime					
					Pilote Commercial seul		Risque +					
					Pas de Pilote		Risque ++					

Tableau 12: Exemple des constituants des différentes activités du processus de prise de décision pour les éléments du « Processus de préparation »

Dans certains cas, le processus de prise de décision demande à être formalisé et détaillé en impliquant tous les acteurs, comme cité plus haut. Dans d'autres cas, la décision n'a pas besoin de passer par un processus aussi formel. Il revient donc à chaque organisation de définir ses modes de fonctionnement en fonction de son organisation, des éléments étudiés et de ses enjeux d'amélioration des performances. La première étape de ce processus, l'activité « Établir des lignes directrices de l'analyse décisionnelle» peut donc être, dans certains cas, très structurée, et dans d'autres, laissée libre à l'interprétation des différentes parties prenantes, ou résumée à quelques règles macroscopiques (Cf. Tableau 12).Ainsi, dans le Tableau 12, l'activité 1 « Établir des lignes directrices de l'analyse décisionnelle» est bien structurée pour les éléments « Stratégie de Développement » et « Stratégie d'intégration Pilote » alors qu'elle se base plutôt sur des éléments moins formels pour l' « Analyse de Concepts ».

Dans ce cas d'étude, la mise à jour de l'organisation est l'élément le plus conséquent du scenario. En effet, on vise une amélioration de la performance organisationnelle. De cette évolution, on tire par la suite des évolutions sur les connaissances et compétences, points qui seront abordés dans ce qui suit.

III.3.2 Evolution des compétences (6)

Les évolutions organisationnelles, décrites ci-dessus, peuvent nécessiter des changements au niveau des compétences. On peut ainsi, par exemple, avoir de nouvelles compétences à acquérir, ou des compétences à redistribuer au niveau de la nouvelle structure de l'organisation, voire des compétences à sous-traiter. Cette réflexion doit avoir lieu pour tous les éléments identifiés et les changements opérés par l'évolution de l'organisation. Dans l'exemple proposé ici, cela concerne tous les éléments des différentes étapes de prise de décision durant les projets de conception (Cf. Figure 27).

La suite de cette section se concentre sur l'étape « Analyse de Concepts ». Lors de cette étape, le Chef de Projets, les experts techniques et les autres parties prenantes du projet définissent un besoin fonctionnel et le traduisent en un ou plusieurs concepts afin de générer différentes alternatives de solution permettant de répondre à ce besoin. A travers l'activité, l'objectif principal est donc d'identifier, d'expliquer et d'évaluer ces différentes alternatives, afin de choisir celle qui deviendra le produit/système à développer. La solution retenue sera celle qui répondra le mieux aux différentes contraintes du projet, qu'elles soient Politiques, Economiques, Sociologiques, Technologiques, Ecologiques ou Légales (PESTEL) [Johnson et al. 2014], afin de répondre au mieux à la stratégie de l'entreprise. Cette activité fait donc appel à un processus collaboratif de prise de décision impliquant les différents acteurs identifiés plus haut.

Traditionnellement, le lien entre une vue management de projet et une vue management technique n'était pas fermement implanté et partagé dans l'organisation. Le processus de prise de décision n'étant pas formalisé, les responsabilités restaient flouent à l'interface entre les différentes entités organisationnelles. Or, pour être efficace dans un environnement complexe comme celui de l'organisation étudiée, les choix de conception doivent prendre en compte et associer différentes expertises. Ils demandent de plus, d'avoir des personnes dans l'organisation qui possèdent une connaissance transverse des interactions entre plusieurs domaines de compétences.

Sur la base de ces constats, les compétences techniques et les rôles requis pour réaliser les différentes activités du processus de prise de décision appliquées à l'étape « Analyse de Concepts » ont pu être identifiées. Les évolutions organisationnelles requises pour ce processus n'ont pas nécessité une évolution des compétences présentes dans l'organisation, mais plutôt une valorisation de la contribution de deux rôles à la bonne marche de ce processus.

Premièrement, le rôle de Chef de Projets a été consolidé par une description de ses fonctions et compétences mise en œuvre. Cette étape d'évolution des compétences s'est ainsi traduite par une valorisation et une mise en perspectives des compétences mises en œuvre par un Chef de Projet afin de pouvoir anticiper les évolutions futures. La Figure 29 présente une partie des résultats obtenus en utilisant le formalisme du modèle de rôle issu de KROM. A noter qu'au niveau de l'entreprise, ce travail a été ensuite englobé dans une démarche complète de ressources humaines afin de faire le lien avec les formations dispensées et les parcours de carrières possibles. Le format actuellement utilisé dans l'entreprise n'est donc pas celui présenté ci-dessous mais il s'en inspire, tout du moins pour la partie évaluation des compétences des collaborateurs.

Rôle	Chef de Projet Industriel	
Organisation	Direction des Projets Industriels	
Missions	-(M1) Définir les enjeux, les coûts et complexité du projet. -(M2) Valider et s'engager sur l'objectif du projet les différentes parties prenantes : ressources, budget, délai, périmètre. -(M3) Conduire le déroulement du projet. -(M4) Manager l'équipe projet, conduire le travail des différents intervenants et fédérer l'équipe. -(M5) Communiquer et contribuer à la valorisation des livrables des projets	
Compétences	-(C1) Etre capable de gérer un projet -(C2) Etre capable de mener des actions d'ingénierie -(C3) Etre capable de réaliser des analyses économiques -(C4) Etre capable de comprendre et de mener des actions de propriété intellectuelle et de juridique -(C5) Etre capable de conduire le changement en s'appuyant sur une communication appropriée -(C6) Etre capable de fournir des informations pertinentes pour la prise de décision -(C7) Etre capable de mener des négociations	
Connaissances	-(K1) Méthodologie projet -(K2) Méthodologie d'ingénierie fonctionnelle -(K3) Méthodologie de résolution de problèmes -(K4) Méthodologie d'analyse de coûts -(K5) Méthodologie de réalisation de « business plan »	-(K6) Processus de propriété intellectuelle -(K7) Politique de confidentialité -(K8) Politique de gestion des ressources humaines -(K9) Politique Environnement, qualité, sécurité -(K10) Processus de prise de décision
Domaines d'interaction	Agents : -Agent de Management de Projet ; Agent Partage des Connaissances Humains : - Tous les acteurs associés aux projets du Chef de projet Interfaces : - Toutes les plateformes requises pour mener à bien ses missions	
Responsabilités	Management et réussite de ses projets Management et réussite du processus de prise de décisions de ses projets Valorisation des différents livrables de ses projets	

Figure 29: Modèle de Rôle du Chef de Projet

En plus de ce premier rôle, qui était déjà bien décrit au niveau de l'organisation, un second rôle transverse a été identifié au niveau des départements techniques. En effet, pour assurer correctement la gestion des interfaces techniques et maximiser la pertinence de ces liens au niveau des projets, certaines personnes dans l'organisation avaient un impact clé sur les projets de par leur vision transverse et leurs compétences techniques. Cependant, elles n'étaient pas valorisées par une fonction différente de celle des ingénieurs process « plus classiques ». Sur la base de ce constat, un rôle « d'Ingénieur Architecture de Concepts » a été proposé ; l'appellation « Architecte Système » étant jugée trop ambigüe. La mission principale de ce rôle est de faire le lien entre une vision projet et une

vision technique par la mise en œuvre de connaissances et compétences techniques et fonctionnelle. Le modèle de rôle relatif à ce profil est présenté sur la Figure 30.

Afin de réaliser ses missions, ce rôle doit pouvoir allier une bonne connaissance des mondes techniques et des systèmes d'information, tout en ayant prouvé des compétences au niveau de la gestion des configurations et des méthodes d'analyse fonctionnelle. En effet, pour contribuer à assurer le bon fonctionnement des solutions techniques délivrées, ce rôle est garant de l'aspect intégration de la solution dans son environnement informatique de production, d'où le lien entre ces différentes connaissances et compétences.

Rôle	Ingénieur Architecture de concepts	
Organisation	Département d'ingénierie A	
Missions	-(M1) Contribuer à la définition de concepts en amenant une vue de ses critères d'intégration. -(M2) Evaluer les impacts des développement des solutions sur l'environnement IT de production. -(M3) Assurer la gestion des configurations des différents éléments développés par le département. -(M4) Assurer la gestion des interfaces techniques et contribuer aux projets. -(M5) Contribuer à la validation du bon fonctionnement des solutions livrées.	
Compétences	-(C1) Etre capable de mener la gestion des configurations relative à un système -(C2) Etre capable de mener des actions d'ingénierie -(C3) Etre capable de spécifier un système et de répondre à des exigences détaillées -(C4) Etre capable de modéliser, simuler des comportements systèmes -(C5) Etre capable de se positionner à l'interface entre les métiers techniques et les projets -(C6) Etre capable de fournir des informations pertinentes pour la prise de décision	
Connaissances	-(K1) Méthodologie projet -(K2) Méthodologie d'ingénierie système -(K3) Méthodologie de résolution de problèmes -(K4) Architectures techniques des solutions déployées -(K5) Architectures de données utilisées	-(K6) Systèmes clients (pour intégration des solutions) -(K7) Politique de confidentialité -(K8) Processus de prise de décision -(K9) Politique Environnement, qualité, sécurité -(K10) Les différents procédés techniques de l'entreprise
Domaines d'interaction	Agents : - Agent de Management des Configurations ; Agent Partage des Connaissances Humains : - Chef de projet ; Ingénieurs Procédés Interfaces : - Toutes les plateformes requises pour mener à bien ses missions	
Responsabilités	Définition des critères d'intégration techniques des solutions Gestion des configurations	

Figure 30: Modèle de Rôle de L'ingénieur Architecture de Concepts

En parallèle de la formalisation de ce rôle, les personnes dans l'organisation qui endossaient déjà cette fonction de façon informelle ont été identifiées afin de pouvoir consolider l'approche autour d'eux. Ces personnes n'étaient pas forcément identifiées comme des experts mais plus comme des coordinateurs qui permettaient de faciliter la collaboration entre les équipes pour assurer la robustesse des éléments développés. Le rôle d'Ingénieur Architecture reprend ces fonctions tout en insistant, d'autre part, sur les aspects gestion des configurations et analyse de concepts.

III.3.3 Evolution des connaissances (7)

Le fait de définir une nouvelle structure d'organisation et de mettre en lumière l'impact des rôles techniques et des compétences associées sur la prise de décision permet de mettre en œuvre des

actions d'amélioration qui ont un fort impact sur la performance de l'organisation. Cependant, pour être complet, il faut aussi porter une réflexion sur les connaissances utilisées, générées et réutilisées par les différents acteurs lors de ce processus de prise de décision.

En effet, les activités reliées à la prise de décision, de sa préparation à son approbation, sont des activités qui utilisent et produisent beaucoup de connaissances. Or, ces dernières restent bien souvent du domaine du tacite car elles ne sont pas formalisées et capitalisées. S'en suit donc une dilution de ces connaissances et un gain potentiel en termes de performance si elles venaient à être effectivement formalisées et réutilisées lors de projets ultérieurs. Ainsi des erreurs identifiées par un projet, au prix de mois de retard sur le planning initial ainsi que d'une sur-mobilisation des ressources humaines et matérielles, pourraient être réutilisées sur d'autres projets ayant une typologie similaire pour leur permettre d'anticiper et d'éviter de retomber dans les mêmes écueils.

Pour l'exemple de l' « Analyse de Concepts », cette étape n'était auparavant que peu identifiée et pas formellement poussée au niveau de l'organisation. Les équipes ont donc du être accompagnées sur des sujets pilotes pour pouvoir en définir les éléments à capitaliser et leur(s) format(s). Pour cela, le modèle d'activité à permis formaliser les connaissances échangées et générées à travers le processus de prise de décision appliqué à l'analyse de concepts (Cf. Figure 31).

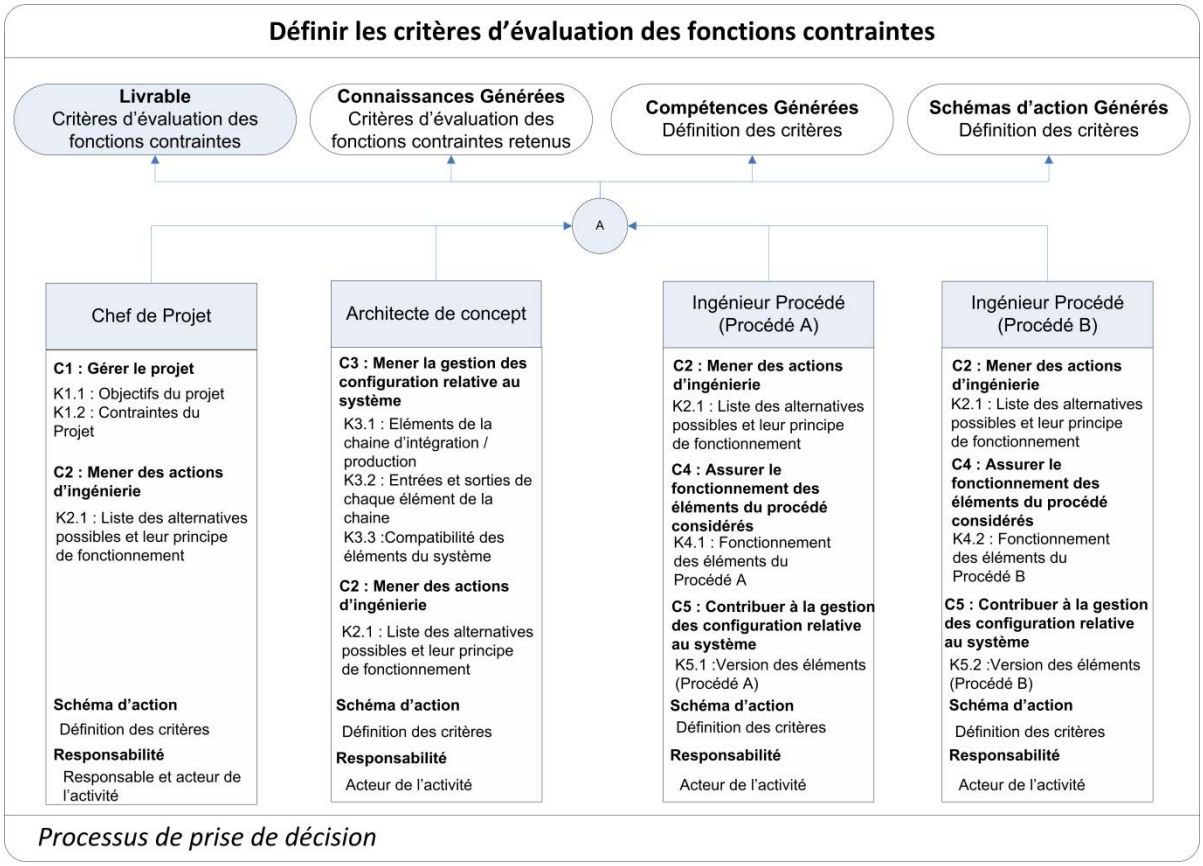


Figure 31 : Extraction du modèle d'activité du processus de prise de décision de l'organisation

Le barycentre de cet effort de formalisation et de capitalisation était situé du coté des équipes techniques, car ce sont elles qui identifient et caractérisent les différentes alternatives. Selon la nature et la complexité du sujet, l'approche s'est soldée par des formalisations légèrement différentes. L'idée principale, pendant le déroulement de ces sujets pilotes, était d'avoir une approche de

formalisation commune par rapport à l'analyse de concept. A ce titre, différents guides à destination des équipes ont été proposés pour utiliser au mieux ces outils.

De plus, pour garder un fil directeur commun, la formalisation d'une « feuille de synthèse » identique à tous les sujets a été proposée pour pouvoir communiquer les résultats des analyses des experts et fournir aux décideurs un outil standard (Cf. Figure 32). Ce formalisme et les méthodologies associées sont en cours de diffusion et d'appropriation par les équipes de l'Ingénierie.

Nom du sujet

Modularisation du calculateur de verre

Objectif du sujet

Etudier les différentes possibilités d'amélioration du calculateur par la modularisation de son mode de fonctionnement et un meilleur interfaçage avec les systèmes clients et appelants

Acteurs impliqués

Responsable du sujet : John Do

Equipe: John Do; Jack Black; Jimmy Cix; Peter Martin

Nom de l'alternative	Description de l'alternative	Impact de développement	Pérénité	Rang final
Alternative A	L'alternative A à pour principe de	1	3	2
Alternative B	L'alternative B à pour principe de	2	2	1
Alternative C	L'alternative C à pour principe de	3	1	3

Keywords

Modularisation; Système de calcul; systèmes clients et appelants

Figure 32: Exemple de la fiche de synthèse de l'outil proposé pour supporter l'analyse de concepts

Une fois ce format de capitalisation identifié et formalisé, restait la question de son stockage et de sa diffusion. En effet, les équipes concernées étaient réparties sur des sites géographiques différents. La question de la mise à disposition et de la réutilisation de ces connaissances de manière rapide et efficace était donc importante à soulever. Par rapport à cet aspect, il a fallu, dans le cadre de cette thèse, s'appuyer sur les éléments déjà présents dans l'entreprise, à savoir un ensemble de portails et de Gestion Electroniques de Documents (GED). Par rapport à cela, des préconisations d'utilisation et d'indexation de l'information et des connaissances ont été proposées tout en veillant à ne pas rendre ces éléments trop contraignants pour les équipes.

IV. Limites et enjeux futurs de la méthode

Cette section propose de parcourir les premières limites et enjeux identifiés vis-à-vis de la mise en œuvre de la méthode ACKME telle que décrite dans ce chapitre. Ces premières constatations et pistes de réflexions sont issues des différentes expérimentations de la méthode au sein de l'Ingénierie d'Essilor.

IV.1 Limites humaines et enjeux organisationnels

Comme présenté dans ce chapitre, la méthode ACKME offre un cadre global de réflexion pour la mise en place d'actions de gestion des connaissances et compétences au sein d'une organisation. Ces actions contribuent à l'atteinte des objectifs d'amélioration des performances de l'organisation. Cependant, l'approche soulève déjà quelques limites et enjeux organisationnels qu'il faut pouvoir prendre en compte afin de favoriser la généralisation et l'opérationnalisation de la méthode ACKME.

Premièrement, les scénarios préconisés s'inscrivent dans des démarches de conduite du changement. Plus les actions mises en œuvre sont sur un niveau élevé dans la grille de complexité (Cf. Figure 21), plus la conduite du changement est difficile à opérer. Ainsi, même si avec l'indice IMMCI on arrive à identifier la maturité relative de l'organisation et donc un niveau de faisabilité des actions identifiées, il ne faut pas négliger que ce n'est qu'un indicateur macroscopique qui donne une tendance. La mise en œuvre des actions peut donc se révéler plus ou moins difficile en fonction des différentes entités organisationnelles. A ce titre, l'implication du management est cruciale pour la réussite des éléments identifiés, surtout pour des actions complexes. En effet, les actions entreprises dans le cadre de la gestion des connaissances et compétences touchent par définition au capital humain de l'organisation et de ses différentes entités organisationnelles. Or, les premiers garants de ces aspects dans les organisations actuelles restent les managers directs des équipes. Si l'organisation se trouve sur un niveau quatre de maturité (la structure organisationnelle stratège) ce fait est acquis et le déroulement des actions mises en œuvre à travers ACKME se fait naturellement car elles sont pilotées stratégiquement par le management. Dans le cas où l'organisation ne se trouve pas à ce niveau de maturité, il est important de trouver des « sponsors » à ces démarches au risque de se voir rapidement limité dans leur mise en œuvre par des impératifs courts termes. Même pour les organisations qui possèdent des « Facilitateurs », il est important de procéder de la sorte pour ne pas essouffler la dynamique engagée.

Deuxièmement, les actions menées dans le cadre de ces scénarios, et ce, quels que soient leurs périmètres, sont amenées à solliciter différentes entités qui n'ont pas souvent l'habitude de travailler ensemble, ainsi que d'être en présences d'éléments très formalisés. Cela peut parfois déstabiliser certaines parties prenantes et rendre difficile l'appropriation du contenu. L'exemple, ici, concerne le format d'analyse de concepts qui, une fois formalisé par les équipes Ingénierie, sur un sujet donné, a été partagé avec les équipes du département des Systèmes d'Informations. Cette analyse structurée, point de départ à l'échange s'est révélé être un élément de focalisation de l'attention des parties prenantes plus qu'un élément de support à la discussion. Il a fallu faire preuve de pédagogie et de patience pour revenir au message originel et amener progressivement le groupe au même niveau de connaissance et de compréhension du sujet avant de pouvoir avancer dans l'analyse en tant qu'équipe pluridisciplinaire. En effet, plus qu'une évolution de l'organisation, les éléments poussés à travers ACKME amènent à des évolutions des modes de fonctionnement en interne et en externe de l'organisation qui impliquent des ajustements et une appropriation progressive par plusieurs parties prenantes.

Finalement, le dernier point identifié concerne la prise en compte de l'environnement dans lequel les actions vont être mise en œuvre. La méthode permet, au travers des scénarios, de formaliser des actions pertinentes pour l'optimisation des connaissances et compétences de l'organisation, voire de son fonctionnement. Cependant il faut pouvoir composer avec l'historique de celle-ci, et les différentes initiatives en cours. Cela engendre bien souvent un écart entre le prescrit et le réalisé, notamment en ce qui concerne le management des compétences. En effet, avec le modèle de rôle, la méthode ACKME permet de formaliser les différents rôles et compétences nécessaires pour réaliser les activités de l'organisation. Le lien avec les processus de gestion des ressources humaines est donc primordial à réaliser au risque de voir des systèmes différents coexister et d'amener de la confusion

au niveau des équipes. Il est alors du ressort des Facilitateurs de savoir composer avec ces facteurs tout en gardant le cap défini dans ACKME. En exemple, par rapport à cette problématique d'interfaçage avec la gestion des compétences de l'organisation, le Chapitre 6 présente une approche intégrée de gestion des compétences permettant de proposer un premier retour sur l'amélioration des performances d'une organisation par l'évaluation de la montée en compétences de ses équipes.

Tous ces enjeux organisationnels et ces limites humaines apparaissent donc comme liés et orientés autour de la capacité et de la volonté des acteurs de l'organisation à mettre en place des actions de conduite du changement. Pour l'illustration proposée dans ce chapitre, les résultats obtenus par rapport au prescrit dans le cadre de la méthode ACKME, montrent qu'il reste encore une grande phase d'acception à supporter avant que toutes les propositions soient adoptées et intégrées par l'organisation.

IV.2 Limites et enjeux technologiques

Plusieurs limites et enjeux technologiques ont été identifiés. Même si l'impact de ces éléments peut paraitre moindre par rapport à ceux sur la partie humaine et organisationnelle, le fait de les lever permet d'améliorer encore l'approche. La méthode ACKME repose aujourd'hui en grande partie sur le savoir faire, l'organisation et l'implication des Facilitateurs et des organisations qui mettent en œuvre les actions opérationnelles. Le fait d'outiller la méthode peut permettre de faciliter la mise en œuvre de certaines actions et l'utilisation à plus grande échelle de l'approche comme outil de pilotage de l'évolution d'une organisation.

Premièrement, les phases d'identification de l'état actuel de l'organisation (Audit IMMCI et modélisation) et de challenge de l'organisation sont des phases d'audit et de diagnostic de l'organisation qui nécessitent du temps et de l'investissement de la part des parties prenantes. L'audit IMMCI est un bon indicateur de la maturité de l'organisation, mais sa diffusion reste aujourd'hui limitée de par son format. De plus les réponses aux questions restent encore difficiles pour les acteurs qui n'ont pas une vue d'ensemble sur l'organisation. Il faudra donc tester différentes formulations de questions pour le calcul de cet indice. De plus, aujourd'hui, mis à part le résultat de l'indice et le positionnement de maturité de l'organisation, les personnes qui répondent au questionnaire n'ont pas d'autres feedbacks. Le fait de fournir un premier retour sur le positionnement relatif de l'organisation par rapport à d'autres ainsi qu'une première liste d'actions à mettre en œuvre, permettrait de rendre l'outil plus autoporteur. En l'associant avec une simulation des actions prioritaires sur lesquelles l'organisation peut porter ses efforts (au regard des questions avec les scores les plus faibles, à poids relatifs), on obtient alors un système qui offre un premier niveau de conseil pour l'organisation. Cette dernière reste alors libre de se lancer dans la démarche complète au vu de ses résultats, en incluant des Facilitateurs si besoin.

Deuxièmement, toujours dans une idée d'aide et de retours aux utilisateurs, la méthode ACKME permet aujourd'hui de faire des recommandations sur le type de scénario à mettre en œuvre en fonction de l'enjeu identifié et de la maturité de l'organisation considérée. Cependant, l'approche n'est pour le moment pas outillée pour pouvoir préciser ces recommandations en faisant le parallèle avec des cas antérieurs similaires. Ce travail reste du ressort du Facilitateur et de son expérience. L'adjonction d'un système à base de connaissance pour la recommandation des scénarios serait donc un complément intéressant à l'approche. En se basant sur des technologies de raisonnement à partir de cas (RàPC), ou de systèmes intelligents, l'approche pourrait proposer une aide à l'utilisateur pour se projeter dans des actions et des éléments concrets à mettre en œuvre sur son cas d'application. En parallèle, c'est aussi un moyen de consolider la méthode autour d'un outil intégré, et donc de rendre l'ensemble attractif pour qu'une organisation puisse l'installer et la déployer. Ainsi chaque organisation qui mettrait en œuvre l'approche complète verrait au fil du temps sa base de

connaissance « évoluer » pour présenter des cas de plus en plus adaptés à sa structure et aux enjeux qu'elle rencontre.

Finalement, le dernier point concerne la partie opérationnalisation de la méthode ACKME, et plus particulièrement la partie management des connaissances. En effet, le premier niveau concernant le management des connaissances consiste à identifier, formaliser et capitaliser ces dites connaissances. Des approches et outils d'interviews peuvent assez facilement être mis en place pour répondre à ce besoin. Cependant, une fois que ces actions ont été mise en œuvre, il reste toute la complexité du partage et de la réutilisation des connaissances. Si rien n'est fait en ce sens, le travail réalisé pour capitaliser les connaissances aura un impact limité, voire dans certains cas, il pourra être considéré comme un échec par l'organisation. Si l'on reprend l'exemple de la prise de décision expliqué dans ce chapitre, l'utilisation et la génération des connaissances dans ce cas se fait de manière collaborative avec des personnes parfois très éloignées géographiquement. L'enjeu est donc de pouvoir proposer un système qui facilite le partage et la réutilisation des connaissances, donc qui fournisse une véritable aide proactive à l'utilisateur en fonction des situations de travail rencontrées. En exemple, et par rapport à cette problématique, le Chapitre 5 présente une contribution issue de la méthode ACKME pour concevoir un système de gestion des connaissances qui supporte le cycle de vie de la connaissance (Identifier, Préserver, Valoriser et actualiser) [Grundstein et al. 2003] et qui propose une aide proactive aux utilisateurs lors du processus de prise de décision en utilisant le paradigme Agent [Dignum 2004].

V. Conclusion

Mettre en œuvre des actions d'évolution d'une organisation sur la base de la gestion des connaissances et compétences en entreprise est encore perçu, aujourd'hui, comme une activité difficile, qui mobilise beaucoup de ressources humaines et matérielles, pour un résultat difficile à percevoir en avance de phase. Beaucoup d'organisations restent donc peut enclines à engager des ressources sur ces initiatives et à généraliser ces pratiques. De plus, des actions qui sont adaptées pour une organisation ne le sont pas systématiquement pour une autre organisation. Cela renvoie au cadre organisationnel des connaissances et compétences décrit dans le Chapitre 3.

Ce chapitre à permis de mettre en avant une méthode permettant le pilotage de la mise en œuvre d'actions d'évolutions d'une organisation sur les axes gestion des connaissances, gestion des compétences et gestion de l'organisation. Cette méthode, appelée ACKME (*Approach for Competence and Knowledge Management Enhancement*), repose sur trois temps :

- Le premier temps concerne l'analyse de l'existant et se structure autour d'un outil d'audit de la maturité de l'organisation vis-à-vis de la gestion de ses connaissances et compétences (IMMCI) ainsi que d'une modélisation organisationnelle basée sur les modèles de KROM (Cf. Chapitre 3).
- Le second temps concerne la mise en perspective de l'organisation avec ses enjeux d'amélioration des performances et leurs impacts sur la structure de l'organisation, les compétences et les connaissances. L'objectif est de caractériser la complexité de la stratégie de mise en œuvre des actions répondant à ces enjeux par la proposition de scénarios adaptés.
- Pour finir, le troisième temps concerne la mise en œuvre du ou des scénario(s) retenu(s) en vu d'atteindre l'état cible pour l'organisation.

La méthode ACKME permet donc de proposer des plans d'actions orientés gestion des connaissances et compétences en fonction des enjeux de l'organisation et de sa maturité.

A partir de cette approche de pilotage, la suite de ce mémoire propose d'expliciter la dernière contribution de ce travail de recherche et la vérification du cadre d'évolution proposé (les trois contributions) Ainsi, pour approfondir et consolider la partie gestion des connaissances d'ACKME, le Chapitre 5 décrit une approche organisationnelle de conception d'un système à base de connaissances ou Knowledge-Based System (KBS). Cette approche se base sur le cadre conceptuel de KROM ainsi que sur le paradigme agent. Cette approche est ensuite illustrée par la mise en œuvre du système intelligent à base de connaissances SNOTRA pour supporter la capitalisation, le partage et la réutilisation des connaissances lors du processus de prise de décision décrit dans ce chapitre.

Finalement, le Chapitre 6 propose de vérifier l'intégration du cadre d'évolution proposé à travers les trois contributions de ce mémoire. Cette vérification se traduit par une approche orientée gestion des compétences qui s'interface avec les processus de gestion des ressources humaines déjà en place dans l'organisation afin de valider que le cadre proposé est bien un cadre global d'évolution d'une organisation.

EN BREF…

Gestion des connaissances et des compétences, compétitivité et maturité des organisations

Par la caractérisation de sa maturité vis-à-vis de la mise en œuvre d'actions de gestion des connaissances et compétences, une organisation peut mieux appréhender la difficulté de mise en œuvre de ces actions ainsi que leurs bénéfices. Cette caractérisation repose sur trois éléments :

1. Un modèle de maturité orienté connaissances et compétences sur quatre niveaux.
2. Un audit et un calcul de l'Indice de Maturité du Management du Capital Intellectuel réalisé par l'organisation étudiée (IMMCI).
3. Un positionnement de l'organisation par rapport à ces deux éléments.

Proposition de scénarios d'évolution d'une organisation : La méthode ACKME

La méthode ACKME se définit autour de 3 temps principaux :

1. L'identification de l'état initial de l'organisation (Audit IMMCI + Modélisation organisationnelle issue de KROM).
2. Le challenge de l'organisation (Carte(s) d'identité(s) des enjeux prioritaires) et la caractérisation de la complexité de mise en œuvre des scénarios potentiels (Matrice de complexité + Proposition de scénarios)
3. La mise en œuvre du ou des scénario(s) retenu(s) (3 scénarios possibles)

L'approche permet ainsi de proposer des plans d'actions orientés gestion des connaissances et compétences et évolution de l'organisation en fonction de ses enjeux et de sa maturité.

Illustration : Utilisation de la méthode pour renforcer la prise de décision en environnement projet

Pour illustrer le déroulement de la méthode ACKME, la fin de ce chapitre présente un cas d'utilisation sur la prise de décision en environnement projet dans un département Ingénierie. Cela se traduit par les éléments suivants :

EN BREF (suite) …

1. Description des étapes de prise décisions durant les projets de conception.
2. Proposition d'un processus de prise de décision sur trois niveaux organisationnels.
3. Proposition de fiches de rôles pour le Chef de Projets et l'Ingénieur Architecture de Concepts.
4. Proposition d'un support de capitalisation et d'une démarche de réalisation d'analyses de concepts.

Limites et enjeux futurs de la méthode

Dans cette section, les différentes limites et les enjeux pour la méthode ACKME sont mis en lumière.

1. La mise en œuvre des actions prescrites dans la méthode se confronte souvent à de forts impacts en termes de conduite du changement. Un des enjeux majeurs de développement et de généralisation de la méthode est donc d'identifier comment diminuer ces impacts (par le biais d'outils, d'approches complémentaires etc.)

2. La méthode ACKME est aujourd'hui peu outillée. C'est une méthode structurée qui permet de conduire petit à petit le changement en termes de gestion des connaissances et des compétences. Un des enjeux de développement de la méthode est donc ici de la rendre plus robuste en lui adjoignant des outils de support et de diffusion.

Chapitre 5

DOCK : Une approche organisationnelle de conception de systèmes intelligents à base de connaissances

Application sur un processus de décision en environnement de conception avec le SMA SNOTRA

La mise en œuvre d'approches de gestion des connaissances se traduit souvent dans les organisations, par la mise en œuvre de systèmes à base de connaissances. Cependant, ces systèmes peuvent parfois s'avérer incapables de capter toute la complexité liée au cycle de vie de la connaissance : de sa création, à sa mise à jour en passant par son partage et sa réutilisation. En effet, la plupart des approches de conception de systèmes à base de connaissances considèrent la connaissance comme une ressource « statique » que l'on doit formaliser et sauvegarder en vue d'une réutilisation ultérieure. De ce fait, elles se concentrent sur des processus routiniers pour maximiser la pertinence de la réutilisation des connaissances. Cependant, comme présenté dans les chapitres précédents, les connaissances sont liées aux acteurs qui les mobilisent dans des situations professionnelles données. Ces systèmes n'étant pas adaptés à identifier les acteurs par leur rôle, la réutilisation des connaissances associées s'en voit limitée.

Afin d'adresser cette problématique d'ingénierie des connaissances, la première partie de ce chapitre présente DOCK (**D**esign based on **O**rganization, **C**ompetences and **K**nowledge), une approche organisationnelle de conception de systèmes à base de connaissances, utilisant le paradigme agent. Ensuite, la seconde partie de ce chapitre illustre la mise en œuvre de DOCK par la conception du système multi-agent SNOTRA appliqué à la gestion des connaissances dans les projets de conception. Pour finir, le chapitre se conclut sur une analyse critique de DOCK vis-à-vis d'autres approches organisationnelles de conception de systèmes multi-agents.

Table des matières du Chapitre

I. ENJEUX DE L'INGENIERIE DES CONNAISSANCES ET APPORTS DES APPROCHES SMA 145
II. DOCK, UNE APPROCHE ORGANISATIONNELLE DE CONCEPTION DE SYSTEMES MULTI-AGENTS POUR L'INGENIERIE DES CONNAISSANCES 146
II.1 PRESENTATION GLOBALE DE L'APPROCHE 146
II.2 DETAIL DES DIFFERENTES ETAPES DE L'APPROCHE DOCK 147
II.2.1 La modélisation de l'organisation Humaine 147
II.2.2 La modélisation de l'organisation Virtuelle 148
II.2.3 Description du modèle agent 149
II.2.4 Description des interactions 150
II.3 SYNTHESE DE L'APPROCHE 151
III. CONCEPTION DU SYSTEME MULTI-AGENT SNOTRA A L'AIDE DE DOCK 152
III.1 OBJECTIFS ET ENJEUX DU SMA SNOTRA 152
III.2 APPLICATION DE L'APPROCHE DOCK A LA CONCEPTION DE SNOTRA 152
III.2.1 Etape 1 : La modélisation de l'organisation humaine 152
III.2.2 Etape 2 : La modélisation de l'organisation virtuelle 153
III.2.2.1 Modèle de la structure organisationnelle et modèle de processus des agents cognitifs 153
III.2.2.2 Modèle de la structure organisationnelle des agents réactifs 154
III.2.2.3 Modèle de processus des agents réactifs 155
III.2.2.4 Identification des informations et connaissances échangées par les agents 157
III.2.2.5 Définition des rôles des agents cognitifs dédiés à l'assistance des utilisateurs 158
III.2.2.6 Définition des rôles des agents réactifs dédiés à la gestion des connaissances 159
III.2.3 Etape 3 : Description du modèle agent (agentification) 161
III.2.3.1 Modèle agent de l'organisation cognitive 161
III.2.3.2 Modèle agent de l'organisation réactive 162
III.2.3.3 Description de l'organisation générale des agents de SNOTRA 163
III.2.4 Etape 4 : Description des interactions de SNOTRA et présentation d'un exemple d'interface système 165
III.2.4.1 Description des échanges entres les agents de SNOTRA 165
III.2.4.2 Présentation d'un exemple d'interface pour le système 167
IV. ANALYSE DE L'APPROCHE DE CONCEPTION DOCK ET DISCUSSION 169
IV.1 ANALYSE DES PROPRIETES DES AGENTS DE SNOTRA 169
IV.2 ANALYSE COMPARATIVE DE DOCK AVEC D'AUTRES APPROCHES DE CONCEPTION DE SMA 171
V. CONCLUSION 174

« Celui qui n'a jamais fait une erreur n'a jamais fait de découverte »

Albert Einstein

I. Enjeux de l'ingénierie des connaissances et apports des approches SMA

La gestion des connaissances est reconnue aujourd'hui, dans la communauté scientifique du Génie Industriel, comme étant un enjeu majeur d'amélioration des performances dans les entreprises [Jabrouni et al. 2011; Belkadi et al. 2006; Monticolo, Badin, et al. 2014]. La compétitivité des entreprises repose sur la mise en œuvre d'éléments de plus en plus complexes qui nécessitent la génération, l'utilisation et le partage de connaissances de plus en plus spécialisées et diversifiées au sein d'une même organisation. Face à cette intensification de l'importance des connaissances au sein des organisations, celles-ci commencent de se structurer en ayant recours à des approches structurées de gestion des connaissances et notamment en implémentant des systèmes à base de connaissances (SBC).

Cependant, comme présenté au Chapitre 2, ces systèmes peuvent parfois s'avérer incapables de capter toute la complexité liée au cycle de vie de la connaissance. En effet, la connaissance ne doit pas être réduite au rang d'objet stocké et manipulé. La connaissance est une représentation cognitive que se construit un individu à partir d'un ensemble d'informations dans un contexte donné. Elle est donc volatile, portée par les acteurs et changeante lors de son utilisation. En effet, lorsque les acteurs interagissent lors de réunions, d'ateliers collaboratifs, ou de projets, ils partagent leurs connaissances, leurs savoir-faire et leurs expériences pour arriver à répondre à des objectifs ou des activités communes. Ainsi, ils forment des groupes organisés où la connaissance est créée, partagée, évaluée et mise à jour de façon dynamique [Chu et al. 2012].

Afin de proposer des systèmes à base de connaissances qui puissent prendre en compte toute la complexité de la gestion du cycle de vie de la connaissance, il est important de les concevoir de manière à ce qu'ils aient la capacité d'être :

- Réactif, c'est-à-dire capable de réagir lorsqu'une nouvelle activité est réalisée afin de d'identifier les connaissances mobilisées et générées à travers elle.
- Pro-actif, c'est-à-dire pouvoir assister les acteurs métier dans la réalisation de leurs activités en leur proposant des connaissances liées au contexte de travail.
- Flexible, c'est-à-dire être capable de s'adapter aux changements de l'environnement tels que l'apparition de nouvelles activités dans le processus, de nouveaux rôles, etc.

Les recherches dans le domaine des Systèmes Multi-agents (SMA) adressent ces problématiques. En effet, elles poursuivent deux objectifs majeurs : le premier concerne l'analyse théorique et expérimentale des mécanismes d'auto-organisation qui ont lieu lorsque plusieurs entités autonomes interagissent ; le second concerne la réalisation de systèmes distribués capables d'accomplir des tâches complexes en ayant recours à des mécanismes de collaboration [Ferber 1999]. Ces systèmes permettent donc de simuler des environnements organisationnels afin de concevoir des systèmes intelligents. Ainsi, les systèmes Multi-agents travaillant de manière décentralisée, sont capables d'utiliser des sources d'informations distribuées et parfois incomplètes, afin de constituer un système intelligent à base de connaissances [Monostori et al. 2006].

Cependant, aujourd'hui, les méthodes existantes de conception de ces systèmes ne sont pas orientés connaissance, c'est-à-dire que les SMA proposés ne prennent pas en compte tous les mécanismes de création, de partage et d'évaluation des connaissances qui peuvent être réalisés par les utilisateurs.

Sur la base de ce constat, et en accord avec l'approche organisationnelle adoptée dans ce mémoire, ce chapitre présente une nouvelle approche de conception de systèmes multi-agents, appelée DOCK, qui permet d'intégrer les apports du paradigme agent dans des systèmes à base de connaissances. L'hypothèse est faite qu'un système à base de connaissance, ainsi conçu, sera plus approprié pour supporter la gestion des connaissances d'une organisation. Pour illustrer cela, la seconde partie de ce chapitre présente le système intelligent SNOTRA, spécifié avec DOCK. Ce système a pour objectif de supporter le processus de gestion des connaissances et de proposer une aide proactive à l'utilisateur, par la réutilisation des connaissances tout au long du processus de prise de décision présenté au chapitre précédent. Pour finir, ce chapitre se conclut sur une analyse critique de DOCK vis-à-vis d'autres approches organisationnelles de conception de systèmes multi-agents.

II. DOCK, une approche organisationnelle de conception de systèmes multi-agents pour l'ingénierie des connaissances

Cette section présente une approche organisationnelle de conception de SMA (Cf. Chapitre 2) orientés vers des applications d'ingénierie des connaissances. Cette approche, appelée DOCK (**D**esign based on **O**rganization, **C**ompetences and **K**nowledge), se base sur le modèle KROM (Cf. Chapitre 3) pour concevoir l'architecture fonctionnelle puis organique d'un SMA pour constituer un SBC. Ce système intelligent à base de connaissance (SIBC) sera référencé comme tel dans la suite de ce chapitre.

II.1 Présentation globale de l'approche

DOCK est une approche organisationnelle de conception qui se base sur le modèle KROM et la méthodologie de modélisation d'entreprise qui en découle (Cf. Chapitre 3). L'approche se construit autour de quatre étapes de conception qui sont formalisées sur Figure 33. La première étape de l'approche consiste à modéliser l'organisation humaine qui sera supportée par le futur système à base de connaissances. Une fois cette modélisation réalisée, les concepteurs du futur système peuvent s'attaquer à modéliser l'organisation virtuelle à mettre en place pour supporter au mieux le cycle de vie des connaissances. Ces deux étapes constituent la phase de conception fonctionnelle de l'architecture du système.

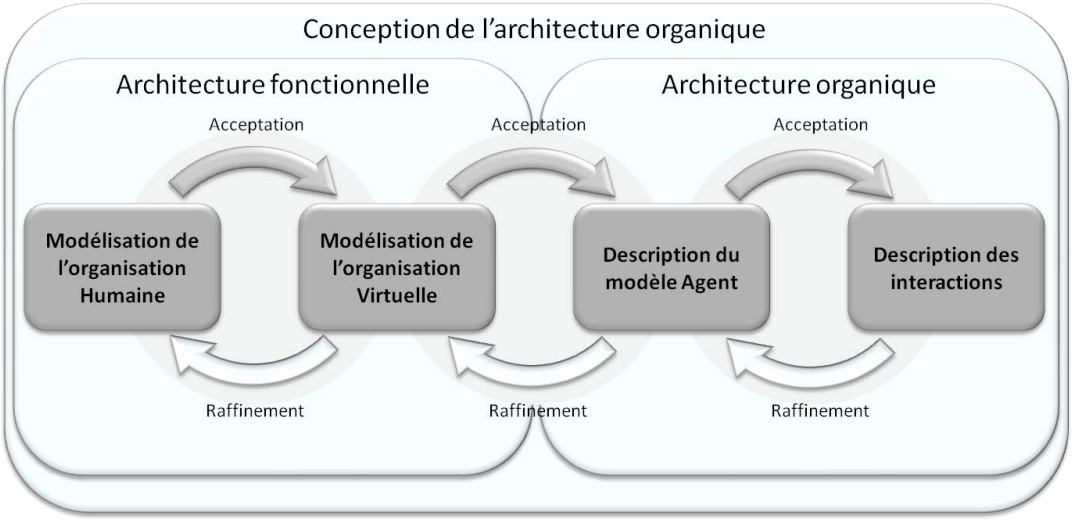


Figure 33: Présentation générale de l'approche DOCK

La seconde phase de DOCK consiste à réaliser la conception organique du système. Dans cette phase, le système est décrit en termes d'agents et d'interactions. Elle regroupe deux étapes. Tout d'abord elle propose une étape de description du modèle agent où le système va être décrit par les agents qui le compose et leur organisation générale. Ensuite vient une étape de description des interactions entre les agents, la base de connaissances et les acteurs humains sur l'ensemble des cas d'utilisation du système. Elle permet de décrire le système de manière plus précise afin de pouvoir par la suite entrer dans sa conception technique. Ces quatre étapes de conception du système sont fortement liées entre elles. Elles impliquent donc de nombreuses itérations et raffinement des différents modèles. Il est donc crucial d'avoir un pilotage transverse entre ces quatre étapes de conception, que se soit par un chef de projet, un ingénieur système, ou un coordinateur métier. Afin de les préciser, ces quatre étapes sont décrites une par une ci-dessous.

II.2 Détail des différentes étapes de l'approche DOCK

II.2.1 La modélisation de l'organisation Humaine

Carley [Carley 2002] explique que l'analyse et l'étude des organisations humaines permettent de concevoir des modèles informatiques qui peuvent être utilisés pour améliorer trois perspectives dans ces organisations: la structure, le partage de l'information, et la coopération sociale. Le paradigme agent avec ses possibilités en termes de coordination, de stigmergie, d'adaptabilité et d'évolution fournit de nouveaux horizons pour améliorer la performance des organisations humaines. De plus, les langages de conception de SMA comme AML (Agent langue Modeling) [Cervenka & Trencansky 2007], GRL (Goal Oriented Requirement Language) [University of Toronto 2015], CAMLE (Caste-Centric Agent Modeling Language) [Shan & Zhu 2004], ou plus récemment S-CLAIM [Baljak et al. 2012] et AgentTest [Bagić Babac et Jevtić 2014] fournissent des cadres structurés pour le développement de modèles d'organisation.

Un modèle d'organisation est une représentation conceptuelle du comportement humain. Elle s'appuie sur une syntaxe qui prend en compte les spécifications organisationnelles afin de concevoir des organisations d'agents. Tous ces modèles proposent des cadres pour programmer des agents autonomes, pour spécifier les tâches complexes qu'ils auront à effectuer, et pour les coordonner et gérer leurs communications. Cependant, même si les informations que les agents s'envoient entre eux sont bien décrites, le cycle de vie de la connaissance, de sa création, à sa diffusion en passant par son partage, sa mise à jour et son évaluation par les agents n'est, la plupart du temps, pas pris en compte.

Afin de contribuer à cette problématique, DOCK utilise la méthodologie de modélisation organisationnelle issue de KROM (Cf. Chapitre 3) pour décrire les éléments nécessaires et suffisants permettant la mise en œuvre d'un système de gestion des connaissances.

L'organisation humaine est ainsi décrite selon trois domaines :

- Le domaine de la gestion de l'organisation, pour formaliser les missions des acteurs, leurs objectifs au sein de leurs organisations, les processus mis en œuvre (liste et ordonnancement des activités à accomplir) ainsi que la liste des livrables de ces activités,
- Le domaine de gestion des connaissances, avec la cartographie des connaissances utilisées en fonction des différentes activités,
- Le domaine de gestion des compétences, avec la description des rôles impactés et de leur niveau d'interaction et de responsabilité.

Le détail de cette étape de modélisation a été présenté à la Section 3 du Chapitre 3.

II.2.2 La modélisation de l'organisation Virtuelle

Une fois l'organisation humaine modélisée, il convient de faire la même chose avec l'organisation virtuelle du futur système. En effet, DOCK est une méthode de conception organisationnelle d'un système multi-agents ; la spécification du système se fait donc par une approche descendante, allant de la description de l'organisation générale des agents jusqu'à la spécification interne des agents.

DOCK est focalisé sur la conception d'un système à base de connaissances utilisant le paradigme agent. Ce système se doit donc d'être réactif, proactif et flexible. Afin de répondre, à ces exigences, DOCK repose sur l'hypothèse de conception suivante :

> La pro-activité et la réactivité du système global est rendue efficace par la dissociation de ces deux propriétés dans des organisations d'agents distinctes. Cette dissociation apporte de plus une flexibilité générale au système.

Partant de cette hypothèse, un SMA conçu avec cette approche possède deux grands types d'agents :

- Des **agents cognitifs,** d'une part, qui sont issu de la modélisation des organisations humaines supportées. Ces agents sont toujours en contact avec les acteurs métiers pour pouvoir leur apporter une assistance proactive dans leurs activités.

- Des **agents réactifs,** d'autre part, qui assurent le fonctionnement du cycle de gestion des connaissances choisi, en répondant à des sollicitations extérieures (des agents cognitifs ou des acteurs métier). Ces derniers ne sont pas spécifiés à partir de la modélisation des organisations humaines.

Cette conception modulaire du SMA avec des organisations et des types d'agents différents permet donc d'obtenir un système flexible et adaptable à différents types de processus. Le système obtenu par cette méthode de conception se présente donc sur trois niveaux organisationnels. Le premier est celui de l'organisation humaine, modélisée à l'étape précédente, le second correspond à l'organisation des agents cognitifs et pour finir le troisième à celui des agents réactifs.

L'étape de modélisation de l'organisation virtuelle se fait donc sur deux organisations d'agents : celle des réactifs et celle des cognitifs. Là aussi, DOCK utilise la méthodologie de modélisation organisationnelle issue de KROM (Cf. Chapitre 3) afin de décrire les organisations d'agents selon les trois domaines retenus pour décrire l'organisation humaine:

- Selon le domaine de la gestion de l'organisation, avec les missions des agents et leurs objectifs au sein de leurs organisations, leurs processus (liste et ordonnancement des activités à accomplir), et la liste des résultats à fournir,
- Selon le domaine de gestion des connaissances de l'agent où sont décrites les connaissances utilisées par le système et par chaque agent en fonction de ses activités,
- Selon le domaine de gestion des compétences de l'agent avec la description de ses savoir-faire et responsabilités.

La différence avec l'étape précédente est que l'organisation humaine modélisée à l'étape précédente devient le référentiel de départ pour la modélisation de l'organisation des agents cognitifs. Les processus et activités supportés sont notamment similaires. On peut dire qu'ils représentent une « virtualisation » de la modélisation organisationnelle précédente.

Finalement, ces différents points de vue permettent de mettre en corrélation la structure organisationnelle, la description des connaissances et la spécification des rôles des agents dont l'importance a été précisée par Guizzardi [Guizzardi 2006]. A partir de ce point, il reste à rentrer plus dans le détail de la spécification des agents, de la répartition des rôles identifiés précédemment ainsi que de l'organisation générale du système.

II.2.3 Description du modèle agent

Une fois les trois organisations modélisées (acteurs humains, agents cognitifs et agents réactifs) selon les trois points de vue issus de KROM, la suite de l'approche DOCK consiste à spécifier les agents qui vont endosser les différents rôles identifiés par la modélisation, et ce, pour les deux organisations d'agents (cognitifs et réactifs).

L'objectif est donc de reprendre les différents rôles formalisés à travers les modèles de rôles de la modélisation organisationnelle et d'identifier les associations qui peuvent être faites pour définir le nombre d'agents le mieux adapté à la situation et aux activités à réaliser.

Pour rappel, un rôle, selon KROM, est défini par le n-uplet tel que: Rôle = {O, M, C, K, IA / IH / II, R}

- O - L'organisation où le rôle est joué,
- M - Ensemble des missions (ou objectifs),
- C - Ensemble des compétences qui spécifient les actions des rôles,
- K - Ensemble des connaissances dont le rôle à besoin pour remplir ses activités,
- I - Ensemble des interactions utilisées par l'agent pour communiquer. Il existe trois types d'interactions: Agent-Agent (IA), Agent-humain (IH), Agent-Interface (II),
- R - Ensemble des responsabilités. Les responsabilités permettent de prioriser l'avancement de l'exécution des tâches de l'agent.

En ce qui concerne les agents cognitifs, le nombre d'agents et les rôles endossés sont liés au fonctionnement de l'organisation humaine. En effet, certaines missions peuvent être partagées par plusieurs rôles, et des actions réalisées par différents rôles humains peuvent être centralisées sur un seul agent. La spécification des agents cognitifs est donc entièrement liée à l'organisation humaine étudiée.

De leur coté, les agents réactifs sont indépendants de l'organisation étudiée. Ils dépendent du processus de gestion des connaissances à mettre en œuvre. Leur conception, et l'allocation des rôles entre les agents laissent donc plus de libertés aux concepteurs du système.

Finalement, une fois que tous les rôles identifiés dans la modélisation organisationnelle ont été assignés à un agent, il faut pouvoir définir la structure de l'organisation générale des agents ainsi que les interactions entre ces derniers. Plusieurs types d'organisations se retrouvent à travers la littérature en fonction des approches de conception et du degré d'interaction des agents [Cristina et al. 2007; Isern et al. 2011; Hammadi et al. 2014]. Au niveau de l'approche DOCK, les agents se retrouvent organisés en équipes sur deux niveaux organisationnels distincts (celui des agents cognitifs et celui des agents réactifs). Cela donne à l'ensemble du système une structure à trois niveaux lorsque l'on intègre l'organisation humaine. La Figure 34 présente l'architecture générale d'un SMA conçu avec DOCK composée de deux organisations d'agents. On voit sur cette figure, que l'organisation des agents cognitifs est en interface avec les deux autres organisations. Ses agents perçoivent et utilisent les différentes modélisations organisationnelles pour agir, alors que les agents réactifs sont indépendant des ces modélisations et agissent en fonction du processus qu'on leur a assigné.

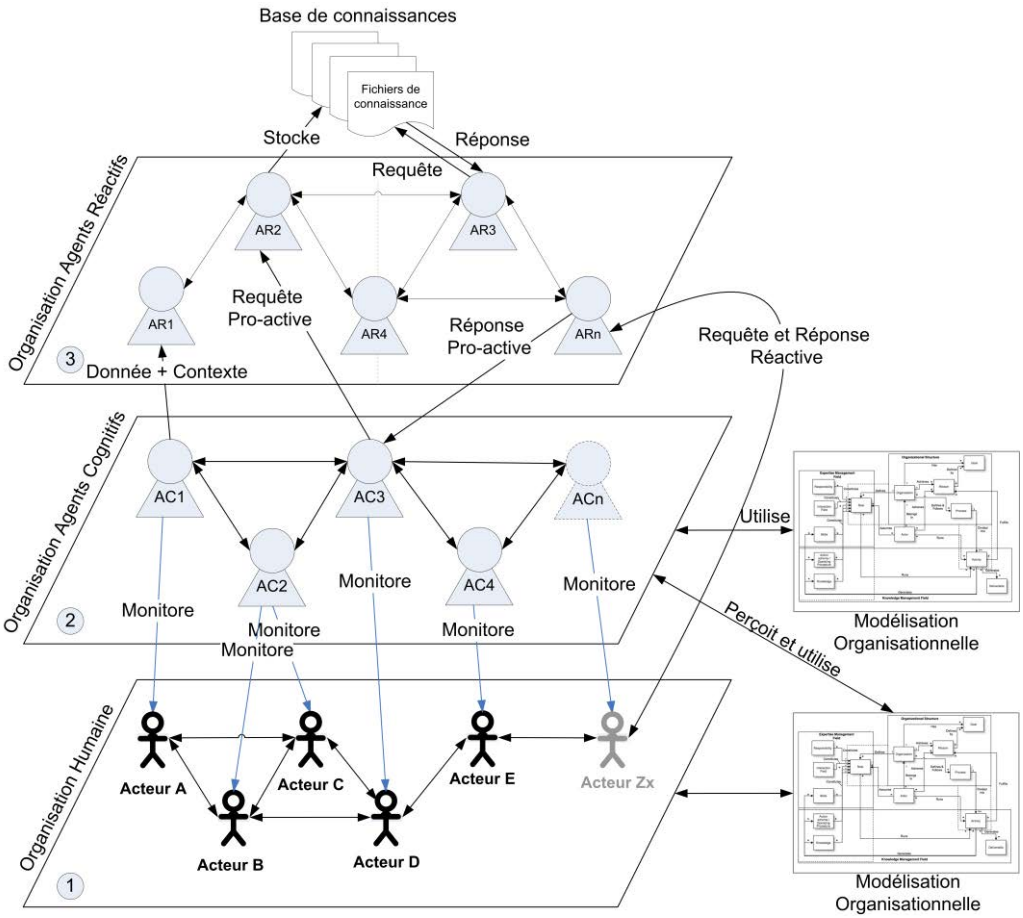


Figure 34: Architecture générale d'un SMA conçu avec DOCK

Sur la base de cette description de l'organisation générale des agents et des macro-interactions, la dernière étape dans l'approche DOCK consiste alors à spécifier plus précisément les différentes interactions entre les agents cognitifs, les humains et les agents réactifs.

II.2.4 Description des interactions

Les trois étapes précédentes (modélisation de l'organisation humaine, modélisation des organisations d'agents ainsi que la description du modèle agents), permettent d'identifier les interactions générales entre tous ces éléments et acteurs. A travers ces interactions, sont spécifiées les informations et plus généralement les connaissances échangées à travers le futur système. Afin de permettre au système de fonctionner, cette dernière étape de DOCK appelée description des interactions permet de décrire précisément les séquences d'actions déclenchées par les agents cognitifs et réactifs en fonction de leur compréhension et interprétation de leur environnement (en l'occurrence l'organisation humaine). Afin de formaliser ces différentes séquences d'interaction, DOCK s'appuie sur le formalisme UML et plus particulièrement sur les diagrammes de séquences pour permettre aux concepteurs de spécifier dans le détail les éléments de communication entre agents et acteurs métier. La Figure 35 présente le modèle générique du diagramme de séquence tel qu'utilisé dans DOCK. Par rapport au modèle classique du diagramme de séquence UML, on peut voir que les agents sont ici représentés par un triangle surmonté d'un rond, alors que les autres éléments « objets » du système sont représentés par le formalisme classique du rectangle du modèle

UML (la base de connaissances dans cet exemple). Mis à part ces légères variations, le reste du modèle correspond entièrement à celui du diagramme de séquence UML.

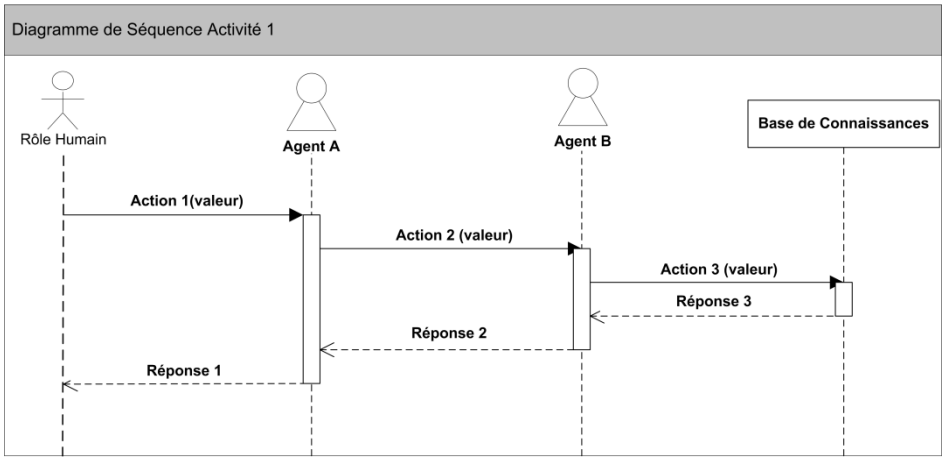


Figure 35: Modèle d'un diagramme de séquence dans DOCK

Cette description des interactions constitue la dernière étape de l'approche DOCK. Après être passés par ces quatre étapes, les concepteurs du futur système intelligent à base de connaissances (SIBC) disposent d'une maquette fonctionnelle du système qui peut être ensuite présentée pour passer dans une phase de conception détaillée à travers la programmation et l'implémentation des agents dans un premier prototype du système. Ce prototype sert ensuite à tester la robustesse et la réactivité du système avant une potentielle mise en production, ou une éventuelle évolution de sa conception.

II.3 Synthèse de l'approche

L'approche DOCK présentée ci-dessus est une approche organisationnelle de conception de SMA appliqués pour des systèmes à base de connaissances. DOCK s'appuie sur la modélisation organisationnelle issue de KROM pour proposer une modélisation de l'organisation humaine étudiée ainsi que de l'organisation des agents du futur système. Cette modélisation permet de définir les rôles et actions réalisées de chaque agent, leur organisation générale ainsi que les séquences d'interactions en fonction des échanges entre le système et son environnement. Un SIBC conçu avec DOCK a l'avantage, par rapport à d'autres systèmes, d'être modulaire dans sa conception. Les agents réactifs supportent le cycle de gestion des connaissances choisi et sont dédiés à cela, alors que les agents cognitifs s'adaptent aux processus réalisés par les acteurs métiers afin de leur porter une assistance proactive en termes de réutilisation des connaissances. De ce fait, si un SIBC conçu sur ce modèle est appliqué à plusieurs organisations, il n'y aura qu'une seule organisation d'agent réactif pour toutes ces organisations et plusieurs organisations d'agents cognitifs adaptés aux besoins et processus de chaque organisation. Si après son premier déploiement, une organisation décide d'étendre le périmètre de l'outil, l'effort de développement sur le SIBC se limitera à une nouvelle organisation d'agents cognitifs et ne portera pas sur le système complet, d'où ce qualificatif de système modulaire.

Afin d'illustrer l'intérêt de DOCK, la section suivante décrit la spécification d'un SIBC permettant de supporter le processus de prise de décision des projets de conception tel que présenté au Chapitre 4. Le système multi-agent conçu, appelé SNOTRA, a pour objectif de proposer une aide proactive à la réutilisation des connaissances tout au long de ce processus.

III. Conception du système multi-agent SNOTRA à l'aide de DOCK

L'objectif du SMA SNOTRA est de pouvoir assister les équipes lors du déroulement du processus de prise de décision présenté au Chapitre 4. Le système vise à proposer une aide proactive aux utilisateurs par la capitalisation et la réutilisation des connaissances générées tout au long de ce processus. En référence à cet objectif menant à une « prise de décision avisée », ce SMA est appelé SNOTRA (*déesse du contrôle de soi, de la connaissance et de la prudence dans la mythologie nordique*).

III.1 Objectifs et enjeux du SMA SNOTRA

Plusieurs études ont déjà montré l'importance de la prise de décision dans la performance globale des projets de conception [Badke-schaub & Gehrlicher 2003; Hansen & Andreasen 2004]. En outre, les décisions de conception sont reconnues comme ayant un fort impact sur les coûts du produit final ; 80% des coûts des produits et procédés étant imputés aux premières étapes de conception [Whelton et al. 2002]. Cependant, pour s'assurer de prendre les bonnes décisions, les personnes impliquées dans des projets de conception ont besoin d'avoir les informations nécessaires au bon moment. En outre, il est essentiel de mobiliser les bonnes connaissances et compétences à chaque étape décisionnelle afin de prendre les meilleures décisions possibles dans le contexte du projet en cours. De plus dans les projets technologiques complexes, les décisions sont prises de manière collaborative entre des décideurs de différents domaines d'expertise [Jankovic et al. 2010], ce qui accentue encore le besoin de méthodes et outils supports à ces étapes décisionnelles.

Face à ce constat, il a été établi que la prise de décision pouvait être renforcée avec des systèmes intelligents à base de connaissances [Dolšak & Novak 2011; Kraft & Nagl 2007]. Ainsi SNOTRA se positionne de façon à adresser la problématique suivante :

> Comment apporter une **assistance aux acteurs métiers** impliqués dans un processus de prise de décision en environnement de conception, par le **partage et la réutilisation proactive** de connaissances ?

Pour répondre à cette problématique, le SMA SNOTRA a été conçu avec l'approche DOCK, appliquée au processus de prise de décision vu au Chapitre 4 ; l'objectif étant d'obtenir un SMA adapté aux problématiques de l'organisation, et de constituer un SIBC adapté.

III.2 Application de l'approche DOCK à la conception de SNOTRA

L'approche organisationnelle de conception DOCK est utilisée pour concevoir le SMA SNOTRA. Cette section s'attache donc à décrire les quatre étapes de DOCK appliquées à ce cas d'étude.

III.2.1 Etape 1 : La modélisation de l'organisation humaine

Le cas d'étude choisi ici est celui du processus de prise de décision dans les projets de conception. La modélisation de l'organisation humaine associée à été présentée au Chapitre 4. Pour rappel, l'organisation étudiée dans ce cas d'application est un département d'ingénierie ophtalmique. Celui-ci a donc été modélisé grâce aux quatre modèles issus de KROM (le « modèle de la Structure Organisationnelle », le « modèle de Processus », le « modèle d'Activité » et le « modèle de Rôle »).

La conception de SNOTRA se concentre ainsi sur le processus de prise de décision décrit sur trois niveaux fonctionnels.

III.2.2 Etape 2 : La modélisation de l'organisation virtuelle

Comme présenté dans la section précédente, DOCK permet aux concepteurs de SMA de spécifier deux grands types d'agents au sein du futur système à base de connaissances: les agents cognitifs et les agents réactifs. Les agents cognitifs de SNOTRA ont pour mission d'assister les utilisateurs en supportant le processus de prise de décision en environnement de conception, tel que défini dans la modélisation de l'organisation humaine. Les agents réactifs, quant à eux, ont pour mission de gérer le cycle de gestion des connaissances. Cette section aborde donc les trois points de vue de la modélisation de l'organisation virtuelle pour les agents cognitifs puis pour les agents réactifs, et ce, à chaque étape.

III.2.2.1 Modèle de la structure organisationnelle et modèle de processus des agents cognitifs

Afin de pouvoir correctement assister les acteurs métier tout au long du processus de prise de décision, les agents cognitifs utilisent la modélisation de l'organisation humaine pour identifier leur environnement d'action (Pour rappel : un agent **agit** dans un **environnement**). Les deux modélisations sont donc très similaires. La Figure 36 présente ainsi le modèle de la structure organisationnelle des agents cognitifs du système. Ils possèdent 3 missions principales qui consistent à identifier dans quelle phase de conception se trouvent les acteurs qu'ils suivent, à identifier les connaissances générées à travers ces activités et à proposer des connaissances pertinentes à réutiliser en fonction de celles-ci. Ces trois missions leurs permettent ainsi d'apporter une aide proactive aux utilisateurs métier lors de ce processus.

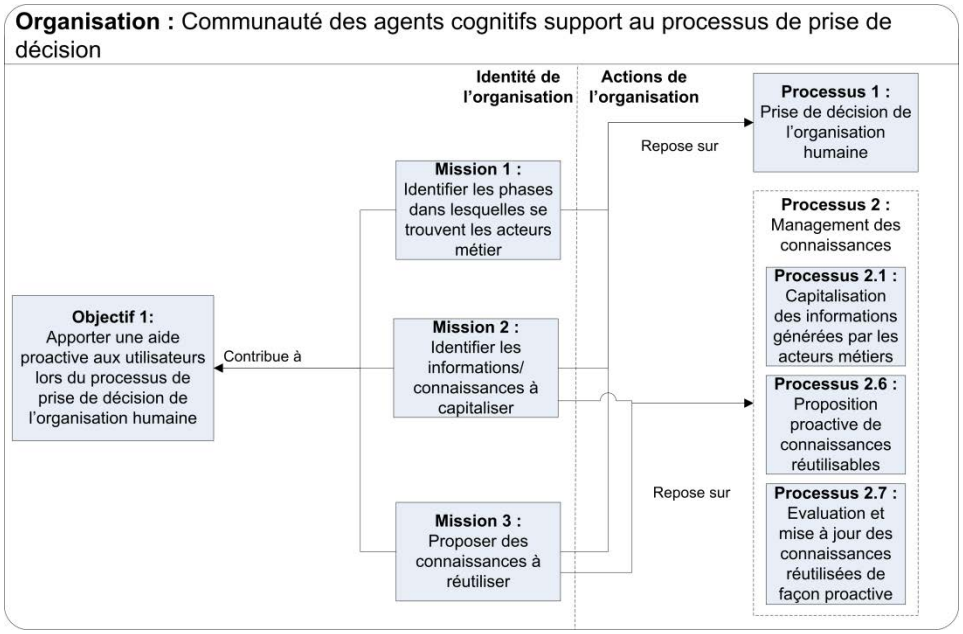


Figure 36: Modèle de la structure organisationnelle des agents cognitifs

Pour ce faire, ils font appel à deux processus distincts. Le premier processus identifié est celui de la prise de décision de l'organisation humaine. Le « modèle de Processus » associé est donc celui décrit de façon macroscopique pour l'organisation humaine (Cf. Chapitre 4). Une extraction du

niveau de détail plus opérationnel et « agentisé » est proposé sur la Figure 37 (les rôles humains sont remplacés par les rôles agents correspondants). Le second processus identifié est celui du management des connaissances. Ce processus se divise en dix sous processus qui sont, pour certains, partagés avec les agents réactifs (2.1, 2.6, 2.7 sur la Figure 36). Les agents cognitifs sont seulement acteurs de ce processus, ainsi le « modèle de Processus » associé est décrit par la suite avec les agents réactifs car ils ont une plus grande part de responsabilité quant à la réalisation de ces sous processus.

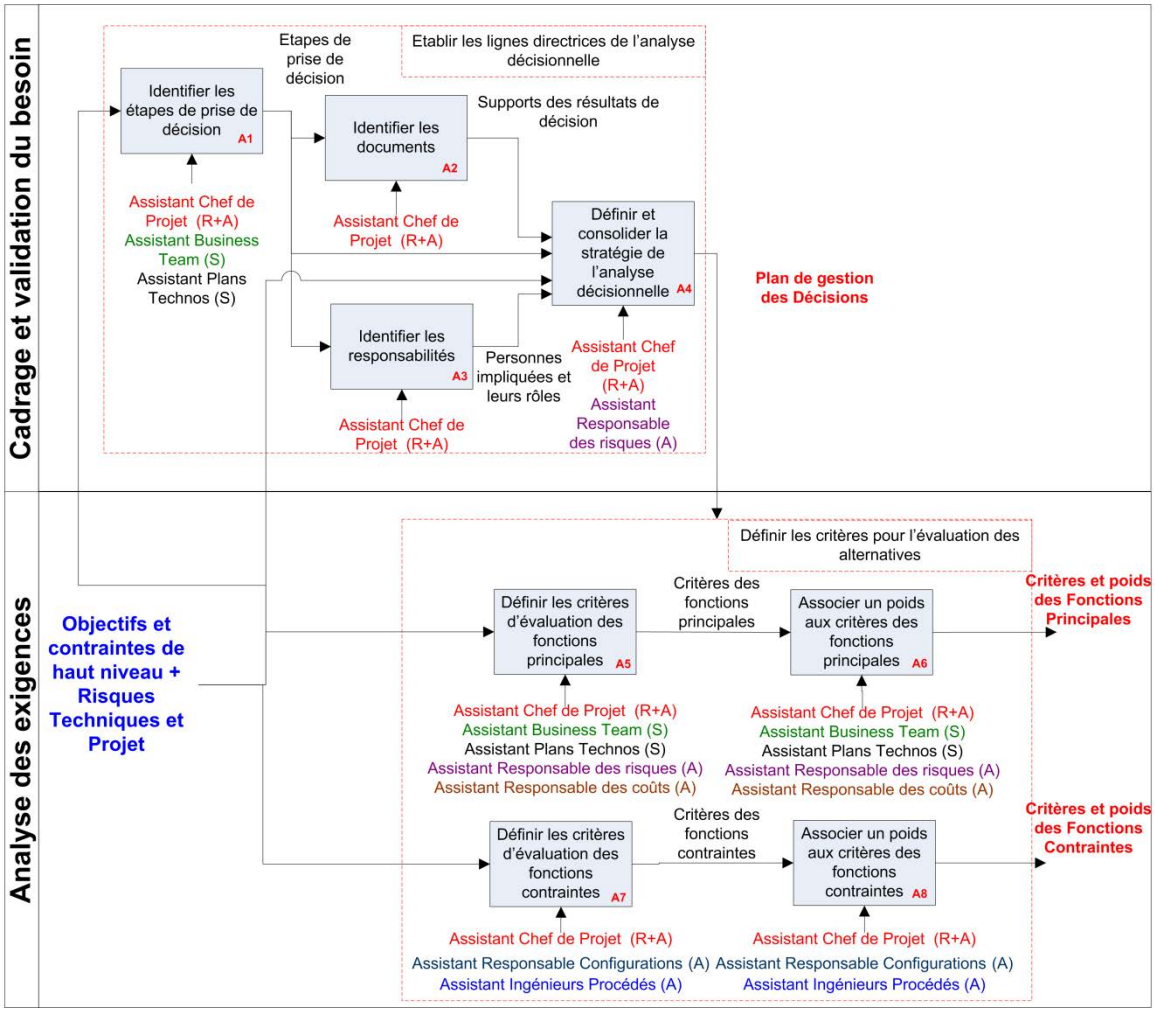


Figure 37 : Modèle de processus de prise de décision de l'organisation humaine "agentisé"

III.2.2.2 Modèle de la structure organisationnelle des agents réactifs

Les agents réactifs, contrairement aux agents cognitifs, sont dé-corrélés des activités humaines. Il est donc normal que leur modèle de structure organisationnelle ne soit pas dépendant de la modélisation faite pour l'organisation humaine. Les agents réactifs ont pour objectif d'assurer le management du cycle de vie des connaissances. Pour ce faire, ils répondent à trois missions qui consistent à capitaliser les connaissances, à les mettre à jour, à les évaluer et à les diffuser en vue de leur réutilisation par les acteurs métiers. Ils s'articulent autour d'un seul processus qui est celui du management des connaissances précédemment cité. L'ensemble de ces éléments est présenté sur la Figure 38.

Ce dernier processus est un élément nouveau dans la modélisation organisationnelle réalisée jusqu'à présent. En effet, gérer des connaissances implique de pouvoir les suivre tout au long de leur cycle de vie. Pour ce faire, il faut se reposer sur un processus éprouvé de management des connaissances. Grundstein et al. [Grundstein et al. 2003] présentent un processus de gestion des connaissances sur la base de cinq étapes : Repérer, préserver, valoriser, actualiser et manager. Dans le cas de ce système à base de connaissances, un processus de management des connaissances plus précis a été défini, en partant de ce processus, afin de pouvoir associer un rôle à chaque étape. Neuf étapes ont donc été identifiées : *Identifier(1), Acquérir(2), Classifier(3), Stocker(4), Exploiter(5), Evaluer(6), Mettre à jour(7), Diffuser(8) et Réutiliser(9)*. Les quatre premières étapes répondent à la mission 1 présentée Figure 38, la cinquième étape est commune aux missions 2 et 3 alors que les étapes six et sept répondent à la mission 2. Pour finir les étapes huit et neuf répondent à la mission 3. Ce découpage met en valeur le fait que ce processus n'est pas forcément linéaire et qu'en fonction du sous processus considéré, certaines étapes vont être activées et d'autres non.

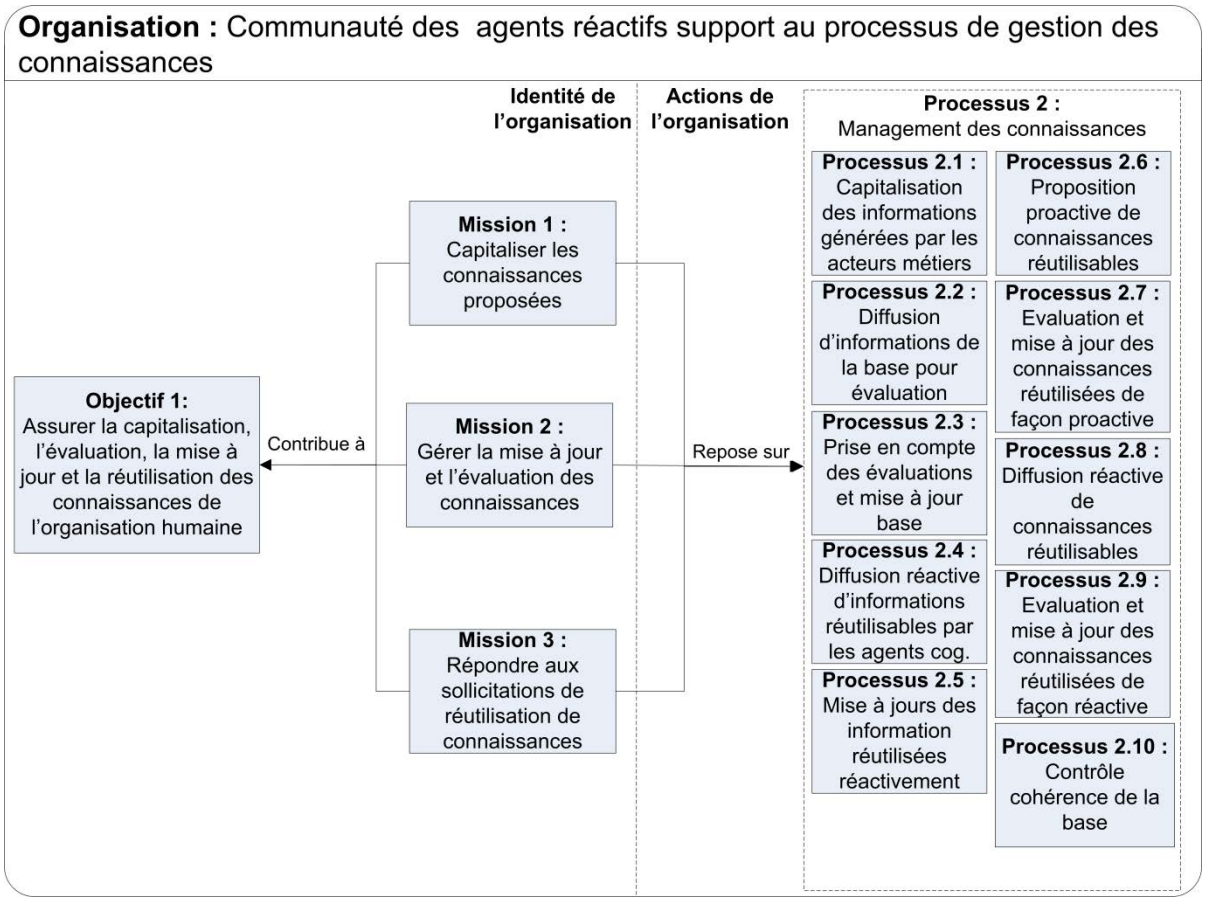


Figure 38 : Modèle de la structure organisationnelle des agents réactifs

III.2.2.3 Modèle de processus des agents réactifs

Les neuf étapes sont donc décrites avec le formalisme correspondant de la modélisation organisationnelle. Cependant, étant à l'interface entre trois niveaux organisationnels (organisation réactive, organisation cognitive et organisation humaine) et répondant à plusieurs missions distinctes des agents réactifs, ce processus se décrit au travers de différents sous processus. Afin de couvrir l'ensemble des missions des agents réactifs, ainsi que les besoins des agents cognitifs, dix sous processus ont été identifiés pour manager les connaissances :

1. Capitalisation des informations générées par les acteurs métiers.
2. Diffusion d'informations de la base pour évaluation par les acteurs métier.
3. Prise en compte des évaluations des acteurs métier et mise à jour de la base de connaissances.
4. Proposition **réactive** d'informations réutilisables par et pour les agents cognitifs.
5. Mise à jour des informations réutilisées **de façon réactive** par les agents cognitifs.
6. Proposition **proactive** de connaissances réutilisables pour les acteurs métier.
7. Evaluation et mise à jour des connaissances réutilisées **de façon proactive** par les acteurs métier.
8. Proposition **réactive** de connaissances réutilisables pour les acteurs métier.
9. Evaluation et mise à jour des connaissances réutilisées **de façon réactive** par les acteurs métier.
10. Contrôle journalier du statut des connaissances et informations stockées dans la base [cohérence de la base]

Le détail de ce processus de management des connaissances est présenté selon les différents sous processus en Annexe C. Pour un premier aperçu, la Figure 39 reprend une extraction de ce processus en présentant deux sous processus : « capitalisation des informations générées par les acteurs métiers » et « Diffusion d'informations de la base pour évaluation par les acteurs métier ».

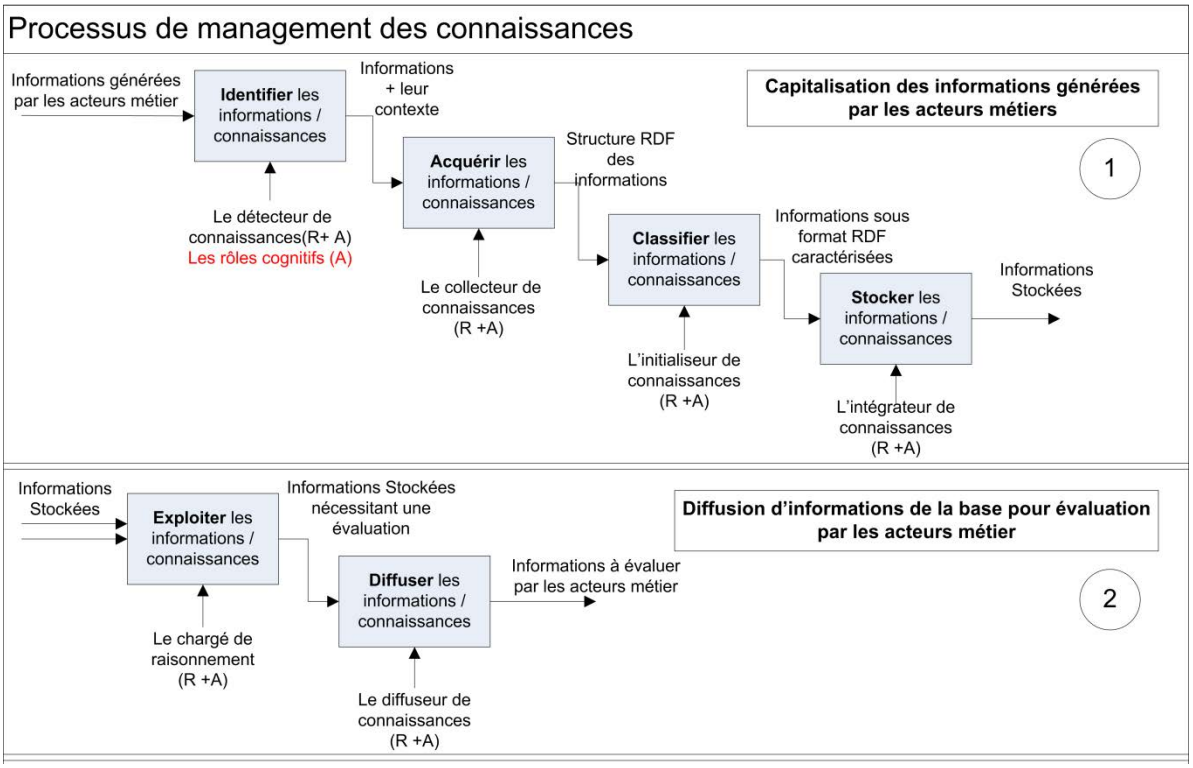


Figure 39 : Extraction du modèle de processus du processus de Management des connaissances

Une fois le cadre d'action des agents cognitifs et réactifs du système défini au travers des modèles de la structure organisationnelle et de processus décrits ci-dessus, reste à identifier les interactions nécessaires pour réaliser chaque activité ainsi que les connaissances et rôles mis en œuvre.

III.2.2.4 Identification des informations et connaissances échangées par les agents

A partir des modélisations précédentes concernant le processus de management des connaissances et le processus de prise de décision de l'organisation humaine, la méthode proposée permet aux concepteurs du système de décrire plus en détail les éléments mis en œuvre et produits lors de la réalisation des différentes activités avec le « modèle d'Activité ».

Concernant les agents cognitifs, les informations et connaissances partagées sont de trois natures : celles échangées entre deux agents cognitifs, celles échangées entre un agent cognitif et un agent réactif et celles échangées entre un acteur métier et un agent cognitif. Pour les informations partagées entre les agents cognitifs, la formalisation des connaissances manipulées et échangées s'appuie sur le *modèle d'activité* de la modélisation de l'organisation humaine. Les connaissances sont donc celles identifiées dans ces modèles (Cf. Chapitre 4). Pour les informations et connaissances échangées entre les agents cognitifs et les acteurs métier, la situation est similaire. Leurs interactions sont régies par la modélisation du processus de prise de décision de l'organisation humaine (Cf. Figure 37 et Chapitre 4, Figure 28). Les connaissances échangées sont donc de même nature. Enfin, pour les informations et connaissances échangées entre les agents cognitifs et les agents réactifs, elles sont à imputer aux deux processus ; celui de la prise de décision de l'organisation humaine d'une part, et celui de la gestion des connaissances d'autre part.

Pour les agents réactifs, les informations échangées sont régies par les dix sous processus de management des connaissances. La modélisation sous l'angle connaissance se termine donc par la description des activités dans ces dix cas avec le modèle d'activité. La Figure 40 présente le détail de l'activité d'identification des informations / Connaissances.

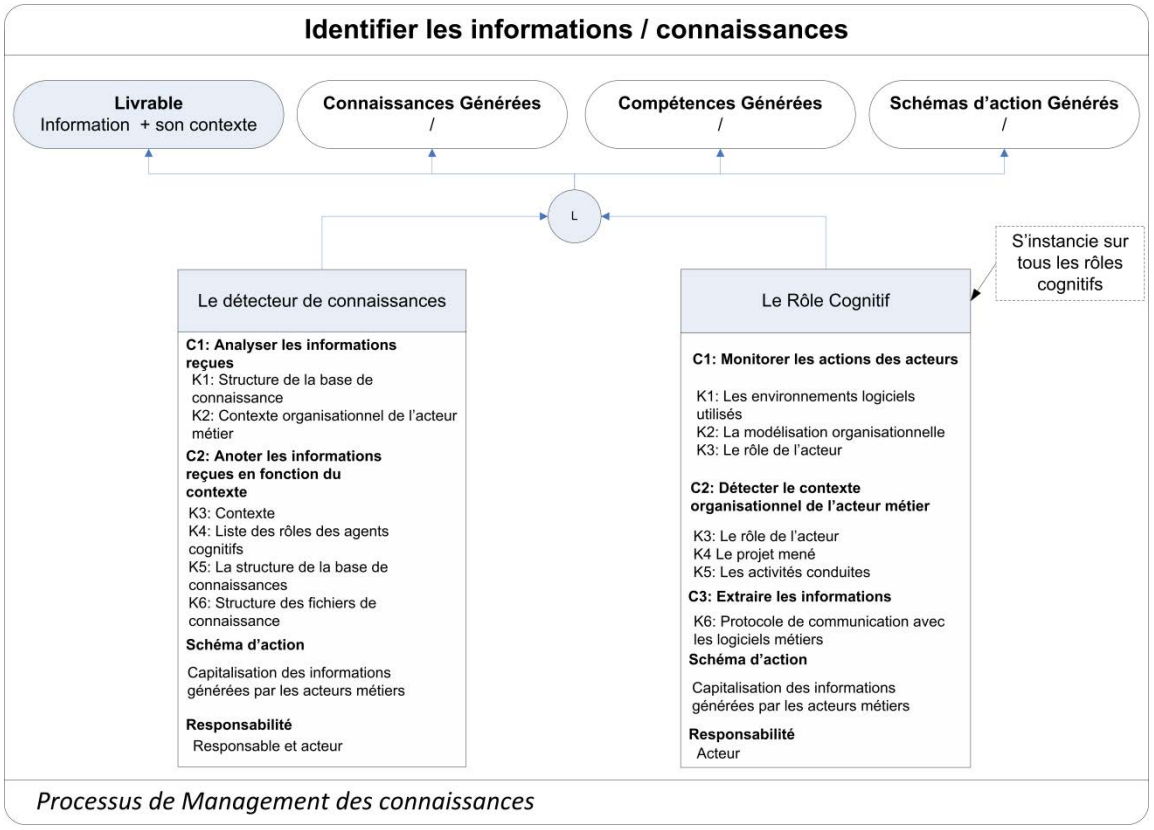


Figure 40 : Modèle d'activité de l'activité "Identifier les informations / Connaissances"

A partir de cette cartographie des activités, différents rôles ont pu être identifiés. La dernière étape de la modélisation consiste donc à rassembler toutes ces informations pour définir les rôles à mettre en œuvre dans le système.

III.2.2.5 Définition des rôles des agents cognitifs dédiés à l'assistance des utilisateurs

L'assistance proactive des acteurs métier tout au long du processus de prise de décision est rendue possible en définissant des rôles d'assistants pour les utilisateurs. Sept rôles différents ont été identifiés comme intervenant sur le processus de prise de décision à partir de la modélisation de l'organisation humaine. Sur cette base, en comparant les différentes missions, activités et responsabilités de ces rôles, nous avons extrapolé sept rôles agents car aucun regroupement n'était possible à ce stade. Les rôles *d'Assistant Chef de projet, d'Assistant Responsable des risques, d'Assistant Responsable des coûts, d'Assistant Responsable des plans technologiques, d'Assistant « Business Team », d'Assistant Responsable Configurations et d'Assistant Ingénieur Procédé*s ont ainsi été identifiés.

Tous ces rôles ont trois missions communes. Ils doivent identifier les phases dans lesquelles se situent les acteurs qu'ils suivent, puis identifier les connaissances potentielles générées par ces acteurs et finalement proposer des connaissances de la base en fonction des situations professionnelles.

L'Assistant Chef de projet accompagne le Chef de projet dans la conduite du processus de prise de décision. C'est le rôle qui active et orchestre tous les autres rôles d'assistant. Il joue donc un rôle de leader au niveau du système. Ce rôle est décrit sur la Figure 41.

L'Assistant Responsable des risques suit l'acteur en charge de la gestion des risques du projet.

L'Assistant Responsable des coûts suit l'acteur en charge de la gestion des couts du projet.

L'Assistant Responsables des plans technologiques suit le ou les acteur(s) en charge de définir les besoins technologiques qu'adresse le projet ainsi que de valider l'adéquation des résultats du projet avec ces besoins.

L'Assistant « Business Team » suit le ou les acteur(s) représentant la demande client et l'approbation des résultats fournis.

*L'Assistant Responsable Configuration*s suit l'acteur en charge de la gestion des configurations. Cela consiste à gérer la description technique d'un système (et de ses divers composants), ainsi qu'à gérer le suivit de l'ensemble des modifications apportées au cours de l'évolution du système.

*L'Assistant Ingénieurs Procédé*s, pour finir, suit les ingénieurs qui vont contribuer à définir techniquement les livrables du projet. Au niveau du processus de prise de décision, ce rôle capte donc une bonne partie de la connaissance technique sur laquelle les décisions vont devoir se baser.

L'assistant Chef de Projet	
Organisation	Communauté des agents cognitifs
Missions	- (M1) Identifier les phases dans lesquelles se trouvent les acteurs métier. - (M2) Identifier les informations/connaissances à capitaliser. - (M3) Proposer des connaissances à réutiliser.
Compétences	- (C1) Etre capable de monitorer l'activité du Chef de Projet. - (C2) Etre capable de détecter le contexte organisationnel de l'acteur. - (C3) Etre capable d'extraire des informations - (C3) Etre capable d'imposer des actions aux autres agents du système
Connaissances	- (K1): Les environnements logiciels utilisés - (K2): La modélisation organisationnelle - (K3): Le rôle de l'acteur - (K4): Le projet mené - (K5): Les activités conduites - (K6): Protocole de communication avec les logiciels métiers
Domaines d'interactions	Agents : - Tous les agents de l'organisation cognitive - Le ou les agent(s) avec le rôle « *détecteur de connaissances », « chargé de raisonnement » et « diffuseur de connaissances »* Humains : - Le Chef de Projet Interface : - Plateforme de gestion de projet de l'organisation
Nombre	1 par projet ouvert

Figure 41 : Exemple du modèle de rôle pour le rôle "Assistant Chef de Projet "

L'organisation cognitive de SNOTRA repose donc sur ces sept rôles du fait de l'organisation humaine supportée. Sur une autre organisation les rôles des agents cognitifs seront différents en tout état de cause. Ce point est une des principales différences dans SNOTRA entre l'organisation des agents cognitifs et celle des agents réactifs. En effet, les rôles de ces derniers sont spécifiés en fonction du processus de gestion des connaissances qui ne change pas en fonction des organisations. Cette partie du système peut donc être développée une et une seule fois puis réutilisée sur des applications futures.

III.2.2.6 Définition des rôles des agents réactifs dédiés à la gestion des connaissances

Les connaissances liées au processus de prise de décision en projet de conception sont les connaissances qui précèdent et qui suivent la prise de décision. Elles permettent de mettre en contexte et de justifier les décisions prises. Ces connaissances sont créées, utilisées, partagées et réutilisées lors des projets de conception. Pour assurer le déroulement du processus de gestion des connaissances, neuf rôles ont été formalisés avec le modèle de rôle de la modélisation organisationnelle pour correspondre aux étapes identifiées du processus de management des connaissances.

Le détecteur de connaissances identifie les informations générées ou utilisées par les acteurs et qui semblent pertinentes pour générer une ou des connaissance(s). Pour identifier les connaissances,

ce rôle les localise parmi les informations créées lors du processus de prise de décision présenté au chapitre précédent. Après cela, il donne un contexte organisationnel à ces informations et les caractérise selon l'ontologie du domaine. Ce rôle est présenté dans le formalisme de l'approche sur la Figure 42.

Le collecteur de connaissances récupère les informations identifiées par le détecteur de connaissances et les structure selon l'ontologie du domaine pour avoir un format qui soit utilisable par les autres agents du système.

L'initialiseur de connaissances récupère ensuite ces informations structurées et les classe en fonction de critères préalablement établis.

Le détecteur de connaissances	
Organisation	Communauté des agents réactifs
Missions	- (M1) Associer à une information ou connaissance proposée par un agent cognitif un domaine de la base de connaissances. - (M2) Reconstruire le contexte organisationnel de l'information ou de la connaissance identifiée.
Compétences	- (C1) : Analyser les informations reçues - (C2) : Annoter les informations reçues en fonction du contexte
Connaissances	- (K1): Structure de la base de connaissance - (K2): Contexte organisationnel de l'acteur métier - (K3): Contexte - (K4): Liste des rôles des agents cognitifs - (K5): La structure de la base de connaissances - (K6): Structure des fichiers de connaissance
Domaines d'interactions	Agents : - Agent avec le rôle collecteur de connaissances - Tous les agents de l'organisation cognitive Humains : - Aucune Interface : Aucune
Nombre	1

Figure 42 : Exemple du modèle de rôle pour le rôle "détecteur de connaissances"

L'intégrateur de connaissances prend ces informations classées et caractérisées et les stocke dans la base de connaissances liée au SMA. C'est le dernier rôle qui est impacté pour une première intégration d'informations ou de connaissances dans la base de connaissances.

Le chargé de raisonnement est le rôle le plus complexe de ce processus de management des connaissances. Il a la capacité d'interroger la base de connaissances pour retrouver des informations et/ ou connaissances ainsi que de faire des liens entre différentes connaissances et informations en utilisant l'ontologie du domaine. De plus ce rôle communique avec les rôles assistants utilisateurs pour répondre à leurs requêtes d'accès à des connaissances.

L'assistant d'évaluation des connaissances a pour principal objectif de formaliser les informations évaluées par les utilisateurs pour les caractériser en connaissances dans la base de connaissances. De plus il formalise les évaluations de maturité des dites connaissances qui peuvent être remontées par les utilisateurs.

L'actualiseur de connaissances s'occupe, lui, d'enrichir et de mettre à jour les connaissances et informations présentes dans la base. Pour ce faire, il n'est pas en relation directe avec les utilisateurs ou les agents assistants, il passe par le chargé de raisonnement ou le diffuseur de connaissances.

Le diffuseur de connaissances partage et diffuse les connaissances et informations issues de la base avec les utilisateurs. Il informe les utilisateurs des différentes actions de mises à jour et d'évaluation des connaissances qui les concernent en faisant le relai des rôles assistants d'évaluation et actualiseur de connaissances.

L'utilisateur de connaissances propose des connaissances à réutiliser aux utilisateurs en fonction des informations reçues par l'agent cognitif « chargé de raisonnement ». Il établit donc une véritable stratégie de proposition de connaissances à réutiliser sur la base de ces informations. De plus il fait office d'interface avec les utilisateurs lorsque ceux-ci souhaitent interroger directement la base de connaissances.

Ce dernier rôle clôt la seconde étape de conception de DOCK, à savoir la modélisation de l'organisation virtuelle. Sur la base de cette modélisation et de la modélisation de l'organisation humaine, la troisième étape de conception de SNOTRA avec l'approche DOCK amène à la formalisation du modèle agent.

III.2.3 Etape 3 : Description du modèle agent (agentification)

La définition des agents constituant un SMA, aussi appelée « agentification » a pour objectif de reprendre les différents modèles de rôles formalisés dans l'étape précédente et d'identifier les associations possibles pour définir le nombre d'agents le mieux adapté à la situation et aux activités à réaliser. Ici, cette agentification se base sur une analyse descendante ; c'est à dire que la modélisation part du plus haut niveau d'abstraction : les organisations modélisant les activités humaines ; pour aller jusqu'au niveau le plus précis pour les agents : les organisations des agents avec la définition de leur rôles et interactions.

Selon la définition d'un agent adoptée dans ce mémoire, un agent se présente comme une entité active, qui communique avec son environnement et qui endosse des rôles à travers les différents groupes auxquels il appartient [Ferber & Gutknecht 1998]. Ainsi, définir les rôles et leurs interactions permet de définir le comportement des agents dans les organisations. Un rôle peut être endossé par un ou plusieurs agents et un agent peut endosser un ou plusieurs rôles.

III.2.3.1 Modèle agent de l'organisation cognitive

Sur la base des rôles identifiés par la modélisation de l'organisation virtuelle, la définition du modèle agent des agents cognitifs de SNOTRA s'est opérée, par choix de conception, autour de quatre types d'agents (Cf. Figure 43):

- Les Agents de Management de Projet (AMP)
- Les Agents Clients (AC)
- Les Agents de Management Technique (AMT)
- Les Agents de Management des Configurations (AMC)

Les AMP endossent les rôles d'*Assistant Chef de projet*, *Assistant Responsable des coûts* et *Assistant Responsable des risques.* Ces agents suivent et assistent les acteurs ayant les rôles de Chef de projet, de Responsable des coûts et de Responsables des risques lors des projets. Il existe un AMP par projet ouvert. Ces trois rôles ont été regroupés au sein d'un seul agent pour s'aligner avec l'organisation étudiée où le chef de projet rassemblait tous ces rôles.

Les AC endossent les rôles d'*Assistant « Business Team »* et *Assistant Responsables des plans technologiques*. Ces agents suivent et assistent les acteurs ayant les rôles de Business Team et de Responsables des plans technologiques lors des projets. Il existe un AC par projet ouvert. Ces deux rôles ont été regroupés pour fournir une « voix du client » unique, qu'il soit interne ou externe, afin de réduire les risques de divergence.

Les AMT endossent le rôle d'*Assistant Ingénieurs Procédé*s. Ces agents suivent et assistent les acteurs ayant des rôles d'Ingénieur Procédés lors des projets. Il existe autant d'AMT que d'Ingénieurs Procédés impliqués par projet ouvert.

Finalement, les AMC endossent le rôle *Assistant Responsable Configuration*s. Ces agents suivent et assistent les acteurs ayant le rôle de responsable des configurations lors des projets. Il existe un AMC par projet ouvert.

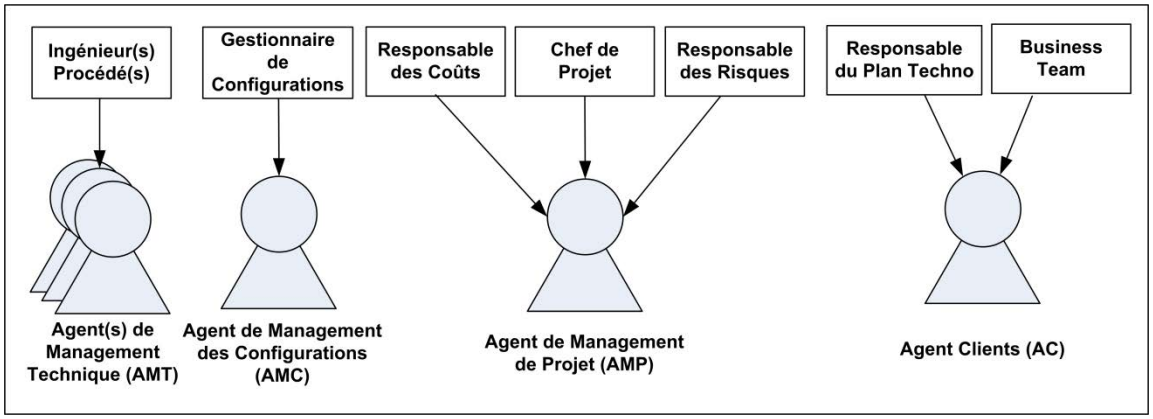


Figure 43 : Les différents types d'agents cognitifs et leurs rôles

III.2.3.2 Modèle agent de l'organisation réactive

L'organisation des agents réactifs, établie à partir du processus de gestion des connaissances retenu, se compose elle aussi, par choix de conception, de quatre types d'agents (Cf. Figure 44) :

- L'Agent Capitalisation des Connaissances (ACC)
- L'Agent Intégrateur des Connaissances (AIC)
- L'Agent Exploitation des Connaissances (AEC)
- L'Agent Partage des Connaissances (APC)

L'ACC endosse les rôles de *détecteur de connaissances* et de *collecteur de connaissances.* Cet agent assure l'identification et la formalisation des connaissances manipulées par les acteurs durant le processus de prise de décision. Il n'a pas un accès direct sur ce que font les acteurs humains. Ce sont les agents cognitifs qui le sollicitent en lui proposant des connaissances à capitaliser. Il existe un seul ACC pour supporter tout le processus de gestion des connaissances, quel que soit le nombre de projets ouverts en parallèle.

L'AIC endosse les rôles d'*initialiseur de connaissances* et d'*intégrateur de connaissances.* Cet agent assure la classification et le stockage des connaissances dans la base de connaissances de l'organisation. Il existe un seul AIC pour supporter tout le processus de gestion des connaissances, quel que soit le nombre de projets ouverts en parallèle.

L'AEC endosse les rôles de *chargé de raisonnement*, d*'assistant d'évaluation des connaissances* ainsi que d'*actualiseur de connaissances*. Cet agent assure l'utilisation des connaissances de la base, ainsi que leur évaluation et leur mise à jour. Comme pour l'agent ACC, il est sollicité par les agents cognitifs et il interagit avec les autres agents réactifs de l'organisation dédiés à la gestion des connaissances. L'AEC est unique pour le processus de gestion des connaissances.

Pour finir, l'APC endosse les rôles de *diffuseur de connaissances* et d'*utilisateur de connaissances.* Il assure le partage et la diffusion des connaissances manipulées par les autres agents réactifs. C'est le seul agent réactif qui « envoie des informations, des requêtes, des connaissances » aux agents cognitifs ou aux acteurs métier. De plus, c'est le seul agent réactif qui peut interagir directement avec les acteurs métier lorsque ceux-ci souhaitent interroger directement la base de connaissances.

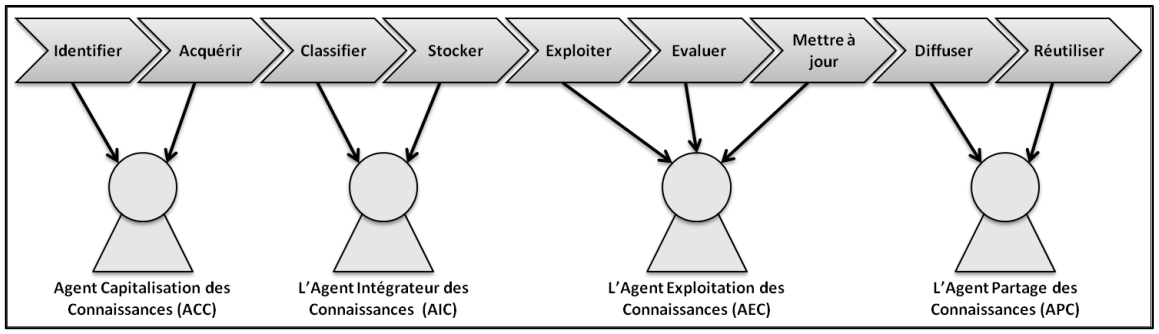


Figure 44 : Les différents types d'agents réactifs et leurs rôles en fonction du processus de management des connaissances

III.2.3.3 Description de l'organisation générale des agents de SNOTRA

L'analyse descendante utilisée pour l'agentification a permis d'allouer des agents aux rôles précédemment identifiés pour proposer un système support à la gestion des connaissances liée au processus de prise de décision de l'organisation. Cette description des différents agents du système permet de mettre à jour leurs organisations ainsi que leurs interactions (Cf. Figure 45).

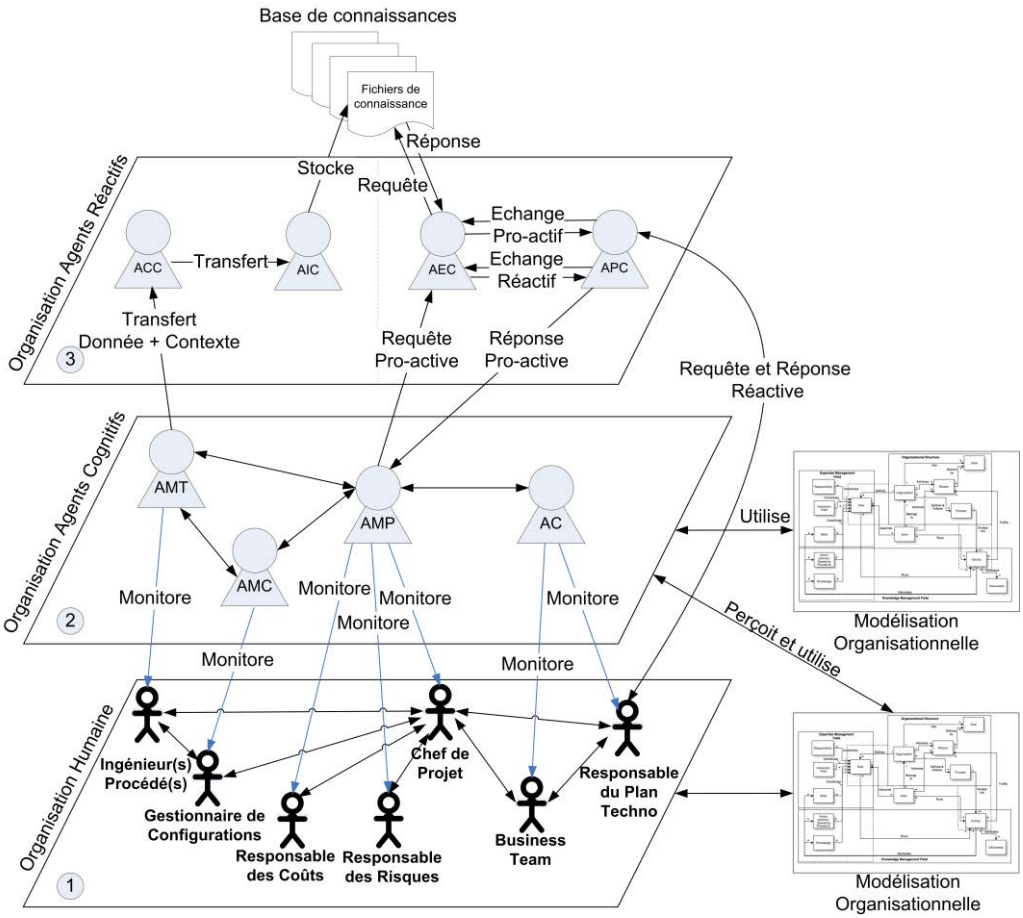


Figure 45: Architecture générale du SMA SNOTRA

Cette mise à jour de la description de l'organisation générale des agents du système permet de présenter les interactions qu'il va falloir spécifier par la suite avec la description des interactions.

Le système SNOTRA est donc composé de trois organisations. La première, l'organisation humaine, représente la couche utilisateur du système.

Dans la seconde, les agents cognitifs évoluent et interagissent avec les acteurs humains et les agents réactifs afin de remplir leurs missions. Premièrement, ils suivent les rôles des acteurs humains et simulent des comportements humains. Deuxièmement, sur la base des ces premières actions, ils peuvent interagir avec les agents réactifs afin de proposer des connaissances au système pour les capitaliser. Finalement, ils peuvent aussi interagir avec les acteurs humains pour leur proposer des connaissances pertinentes à réutiliser en fonction de leurs activités.

Cela est rendu possible par leurs connaissances issues de la modélisation de l'organisation humaine. Ils utilisent ces connaissances pour comprendre leur environnement et interagir avec ces différents acteurs de manière autonome. Dans le modèle agent proposé pour SNOTRA, l'agent de Management de Projet (AMP) interagit avec tous les autres agents cognitifs. A l'inverse, l'agent Clients (AC) interagit uniquement avec l'AMP. L'agent de Management des Configurations (AMC) et l'agent de Management Technique (AMT) de leur coté interagissent de manière plus libre entre eux et avec l'AMP. Pour chaque projet suivi par le système, il n'y a qu'un seul agent de chaque type mis à part pour l'AMT qui lui dépend du nombre d'Ingénieur Procédé impliqués dans le projet.

Chaque agent cognitif est autonome et peut interagir avec les agents réactifs (l'agent Capitalisation des Connaissances, l'agent Exploitation des Connaissances ou l'agent Partage des Connaissances) en fonction de leurs objectifs et responsabilités à travers le projet.

Dans la dernière couche organisationnelle, les agents réactifs supportent le processus de management des connaissances et sont donc « activés » par les autres agents ou les acteurs humains selon le sous processus activé. L'agent Capitalisation des Connaissances (ACC) et l'agent Intégrateur des Connaissances (AIC) travaillent ensemble pour identifier, caractériser et stocker les connaissances dans le système. L'agent Exploitation des Connaissances (AEC) et l'agent Partage des Connaissances (APC) sont de leur coté en charge de l'évaluation, la mise à jour et la mise à disposition des connaissances de la base.

Sur la base de cette organisation générale du SMA SNOTRA, la dernière étape de conception dans l'approche DOCK, consiste à spécifier plus précisément les interactions entre les différents éléments du système. La section suivante décrit ce modèle d'interaction ainsi qu'un exemple d'interface pour le futur système.

III.2.4 Etape 4 : Description des interactions de SNOTRA et présentation d'un exemple d'interface système

Sur la base des descriptions des processus, activités et rôles des agents réalisées dans les trois étapes précédentes de la démarche DOCK, chaque interaction entre les agents réactifs et cognitifs, et entre les agents et les acteurs humains est précisée avec le formalisme du diagramme de séquence UML.

III.2.4.1 Description des échanges entres les agents de SNOTRA

Le diagramme de séquence permet de spécifier dans le détail les interactions entre les différents « acteurs » du système, qu'ils soient virtuels ou non. Cette étape permet de finaliser la conception organique du système et préfigure la conception détaillée qui mènera au prototypage du système complet. Afin d'illustrer cette étape de spécification, la Figure 46 présente la première partie du diagramme de séquence décrivant les interactions entre un utilisateur final et le système pour répondre à une requête d'accès à la base.

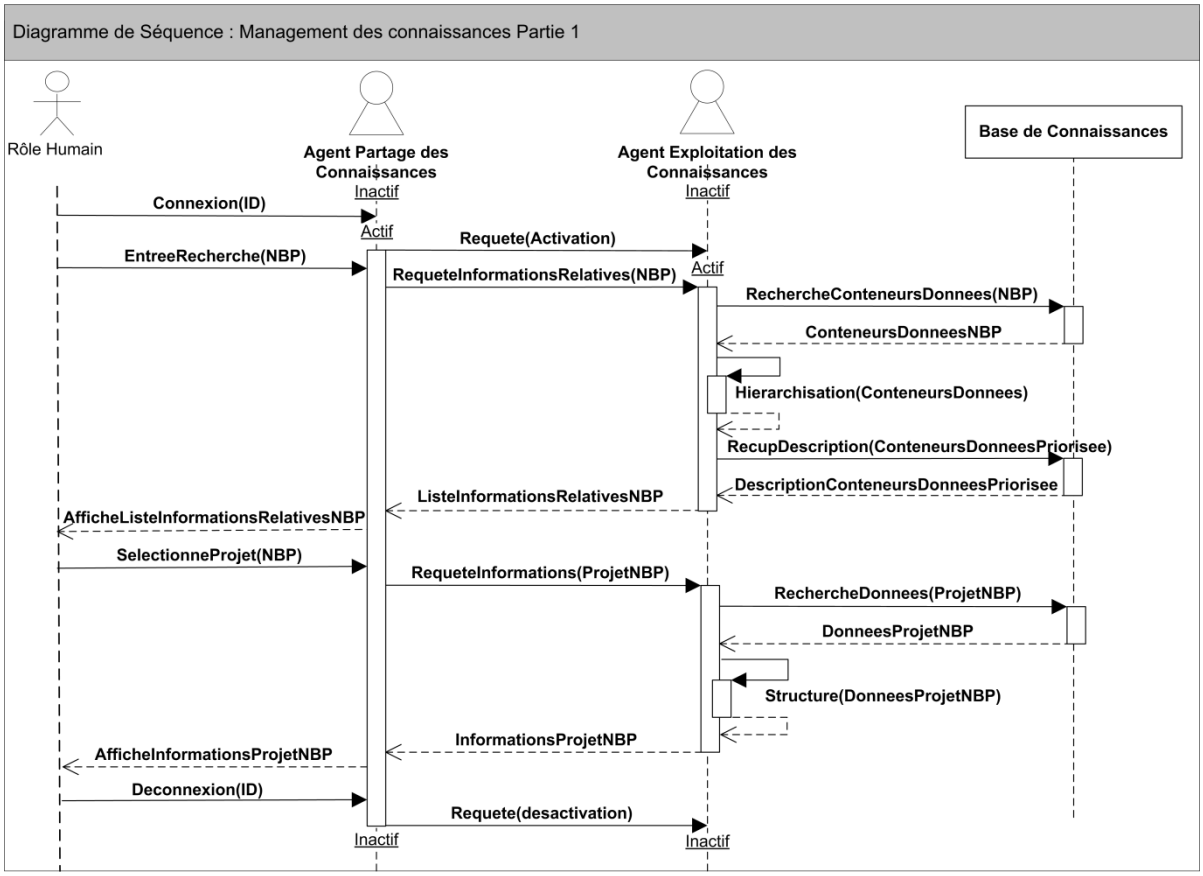


Figure 46: Exemple d'un diagramme de séquence (Utilisateur Final / Agents réactifs)

Le cas présenté ici est relativement simple. L'utilisateur final connait le nom d'un projet antérieur qu'il souhaite retrouver pour accéder à sa description générale, notamment pour revoir les évènements clés et les retours d'expérience associés. L'interface de dialogue entre le système et l'utilisateur est portée par l'agent Partage des Connaissances (APC). La séquence commence par la spécification de la recherche par l'utilisateur avec le mot clé « NBP » qui est rentré dans la zone de saisi des mots clés. Ce mot clé correspond à l'acronyme du projet que l'utilisateur souhaite retrouver. L'agent APC active alors l'agent Exploitation des Connaissances (AEC) en lui transférant la requête de l'utilisateur. L'agent AEC interroge alors la base de connaissances. Celle-ci retourne plusieurs réponses possibles à ce mot clé « NBP ». L'agent AEC les priorise en fonction de leur pertinence et il récupère dans la base la description générale associée à chaque projet ou sujet qui peut correspondre à la recherche de l'utilisateur. La description générale de ces projets et/ou sujets contient le nom de l'élément, le nom de la section de la base dans laquelle le mot « NBP » a été retrouvé, ainsi que la date de la dernière modification des éléments appartenant à ce projet/sujet. Dans cet exemple, l'utilisateur recherche le projet « NBP » afin de retrouver les informations liées. Comme précédemment, lorsque l'utilisateur sélectionne ce projet, l'agent APC et l'agent AEC coopèrent pour aller chercher les connaissances relatives dans la base et les afficher sur l'interface utilisateur. Le diagramme de séquence présenté ici s'arrête à cette étape, mais il faut se représenter l'utilisation de ce formalisme pour toutes les interactions requises par le système. Finalement, les deux agents sont désactivés dans cet exemple lors de la déconnexion de l'utilisateur de la plateforme SNOTRA.

III.2.4.2 Présentation d'un exemple d'interface pour le système

Par rapport à l'environnement industriel de ces travaux, le système SNOTRA a pour objectif d'être incorporé à une plateforme de management de portefeuille projet (Project Portfolio Management / PPM). Ce système, qui est en cours d'implémentation dans l'organisation, ne prend pas en compte le cycle de management des connaissances comme vu précédemment. Les connaissances sont considérées comme des objets figés qui peuvent être organisés de différentes manières dans le système mais sans fonctions spécifiques pour permettre leur évaluation, leur mise à jour ainsi que leur réutilisation. Afin de permettre cela, l'objectif est donc de lui adjoindre le système SNOTRA pour qu'il s'occupe des ces problématiques tout en l'intégrant dans l'interface logiciel du PPM pour être totalement transparent vis à vis de l'utilisateur. Ainsi la base de connaissances associée doit rassembler les connaissances identifiées par les agents cognitifs lors du processus de prise de décision dans les projets de conception mais aussi toutes les connaissances liées à ces projets et rentrées dans le système par les utilisateurs.

Par rapport au cas décrit dans le diagramme de séquence (Cf. Figure 46), deux exemples d'interface finale de SNOTRA sont présentés et détaillés ici. Premièrement, l'utilisateur interagit avec le moteur de recherche de SNOTRA (Cf. Figure 47) afin de faire sa recherche. Cette interface se réparti en trois parties principales.

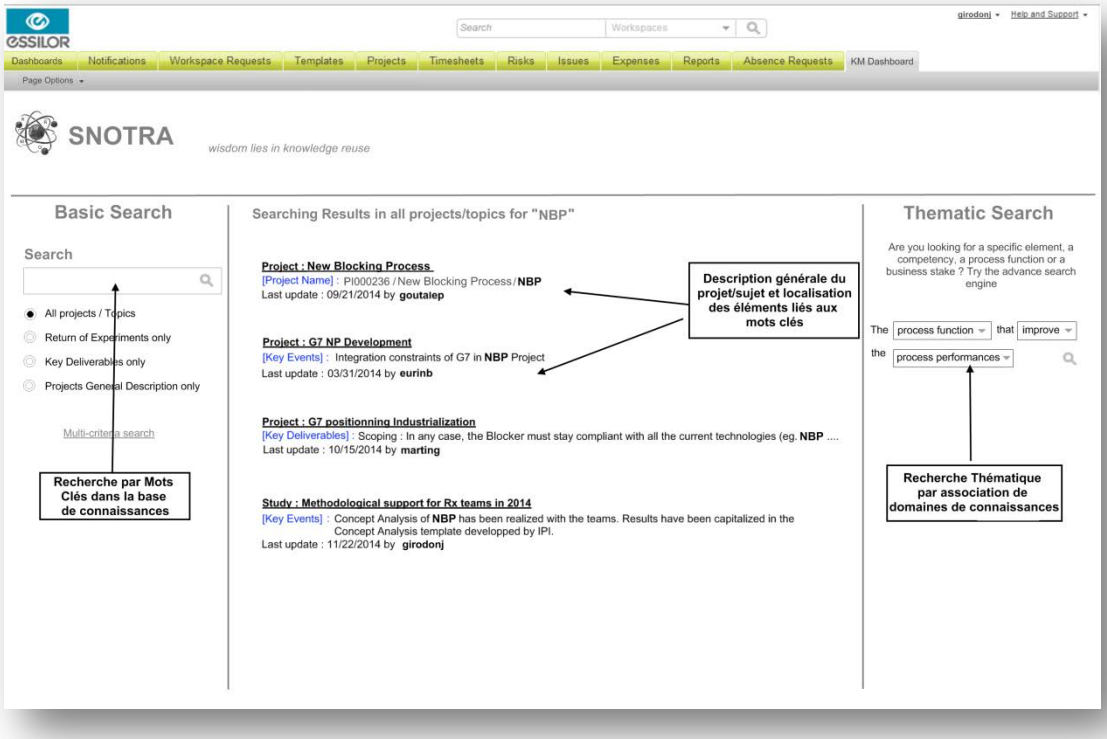


Figure 47: Moteur de recherche de SNOTRA

La partie gauche présente les éléments classiques d'un moteur de recherche, à savoir la barre de recherche avec des options de paramétrisation de la recherche. Dans le cas présent, l'utilisateur a rentré le mot clé « NBP » pour une recherche dans tous les projets/sujets. La partie centrale présente les résultats de la recherche. Ceux-ci sont présentés par ordre d'importance selon la priorisation faite par l'agent AEC. Pour finir, la partie droite propose une recherche plus avancée permettant d'associer des mots clés afin de permettre à l'utilisateur de faire des recherches plus complètes lorsqu'il n'a pas

une idée précise de ce qu'il cherche mais plutôt une idée de domaine. Dans l'exemple présenté ici, l'utilisateur choisit le projet NBP (premier retour du système par ordre de priorité). Il arrive donc sur le tableau de bord du projet en question (Figure 48). Ce tableau de bord est partagé en huit sections qui permettent de caractériser les informations et connaissances liées à ce sujet.

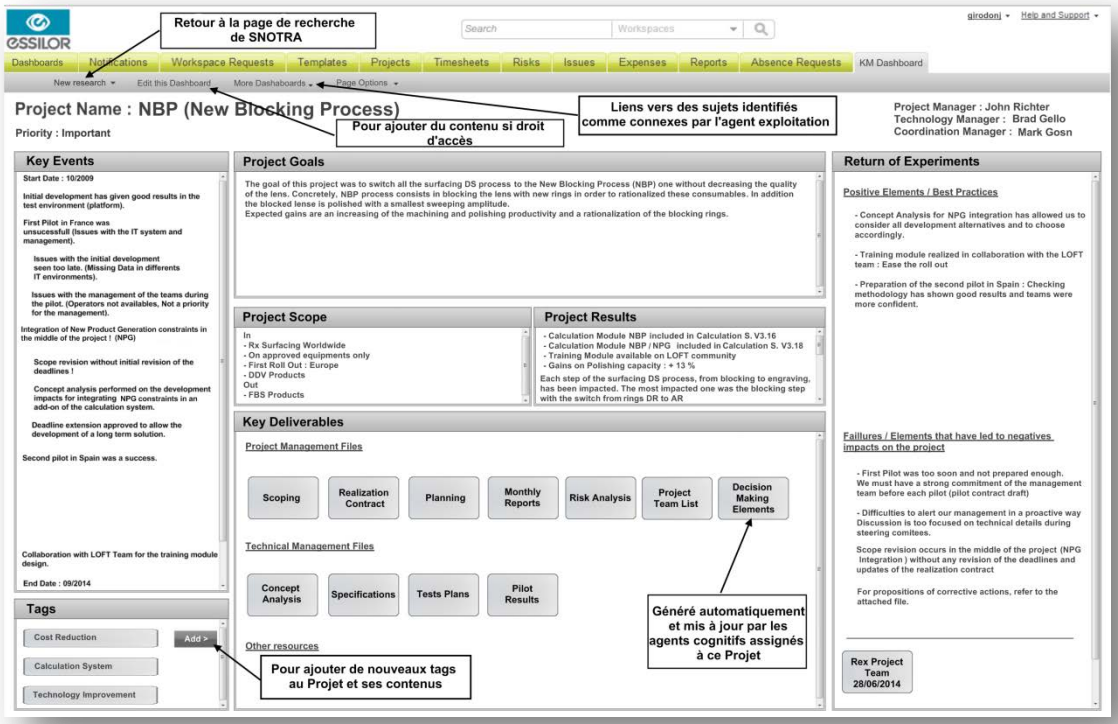


Figure 48: Tableau de bord KM du projet NBP

Ces huit sections correspondent à la structure de la base de connaissances associée de SNOTRA. La première section, haut du tableau de bord, rassemble les informations générales du projet telles que son nom, sa priorité, et son équipe de direction. Les autres informations structurelles liées au projet sont réparties sur les trois sections suivantes : « Project Goal », « Project Scope » et « Project Results ». Les sections « Key Events » et « Return of Experiments » de leur coté permettent de rassembler les expériences, les faits et les connaissances acquises et mises en œuvre durant le projet. Ensuite la section « Key Deliverables » rassemble les différents livrables du projet. Dans cette section, un élément spécifique aux livrables du processus de prise de décision supporté par les agents cognitifs est identifié. Cette structure peut se dupliquer si le système SNOTRA est adapté à d'autres processus, ce qui contribue à sa modularité. L'utilisateur peut ainsi accéder à tous ces livrables en sélectionnant les différents liens à partir de ce tableau de bord. Pour finir, la dernière section « Tags » permet à l'utilisateur qui en a les droits d'ajouter ou d'enlever des mots clés à l'ensemble du projet par exemple pour faire le lien avec des éléments business ou spécifiques à un procédé particulier.

Comme expliqué en début de paragraphe, un premier prototype de SNOTRA n'a pas pu être entièrement développé dans le cadre de ces travaux de recherche. Sa conception s'est donc arrêtée au niveau de la conception organique du système (dernière étape de DOCK) et de la proposition d'une interface utilisateur comme présenté ci-dessus. Il reste donc à évaluer la capabilité et la robustesse du système en environnement réel.

Pour finir, la dernière section de ce chapitre propose une analyse ainsi qu'une discussion de l'approche DOCK comparativement à d'autres approches majeures de conception de SMA, identifiées dans l'état de l'art du Chapitre 2.

IV. Analyse de l'approche de conception DOCK et discussion

Ce chapitre a présenté DOCK, une approche organisationnelle de conception de SMA dédiés à la gestion des connaissances. Par rapport aux principales approches de conception de SMA, DOCK a pour objectif de permettre aux concepteurs de ces systèmes de mieux prendre en compte les mécanismes de partage, d'évaluation, et de réutilisation de la connaissance afin de développer des systèmes intelligents à base de connaissances pertinents.

DOCK s'appuie sur quatre étapes principales. Les deux premières étant des modélisations des organisations humaines et virtuelles, permettent de couvrir l'ensemble du périmètre organisationnel dans lequel le futur système va s'inscrire. Les deux étapes suivantes permettent quant à elles de préciser le nombre d'agents nécessaires et leurs interactions dans le système. La méthodologie a été mise en œuvre pour concevoir la structure du système SNOTRA. Ce système a pour objectif de proposer un support aux acteurs métier des projets de conception par la réutilisation de connaissances liées à leur processus décisionnel.

IV.1 Analyse des propriétés des agents de SNOTRA

Afin d'analyser la pertinence de DOCK pour la conception de systèmes intelligents à base de connaissances, les agents du SMA SNOTRA ont été évalués sur différentes caractéristiques décrites ici et résumées dans le Tableau 13.

Comme abordé en introduction de ce chapitre, la première propriété des agents est l'**autonomie**. Dans SNOTRA, les agents cognitifs sont créés lorsque les acteurs métiers se connectent sur les interfaces du système. Les agents réactifs eux, s'activent à la demande des agents cognitifs, ou des acteurs métier pour l'agent APC. Chaque rôle est autonome, c'est-à-dire que chaque agent peut démarrer sa séquence d'actions à réaliser lorsqu'il estime avoir les informations nécessaires ou les bonnes conditions. Les agents ACC, AIC et APC ont besoin d'informations pour réaliser l'ensemble de leurs séquences d'actions, ils démarrent donc leurs activités en interrogeant les agents cognitifs du système et attendent de recevoir leurs réponses. La seconde propriété est la **réactivité**. Ici, tous les agents s'échangent des informations en fonction de leurs objectifs. Chaque agent sollicite un autre agent qui lui répond. De ce fait, les agents sont réactifs.

Les agents AMP, AC, AMT et AMC possèdent une propriété supplémentaire. En effet, ils réagissent aux actions des acteurs métiers lorsque ceux-ci sont connectés. On dit qu'ils sont **proactifs** car ils sollicitent l'ensemble du système pour fournir des connaissances à réutiliser aux acteurs métier en fonction de leurs actions. Pour ce faire, ils détectent les contextes organisationnels (rôle des acteurs, projet et activité en cours) sur la base de la modélisation organisationnelle issue de KROM.

La quatrième propriété est la faculté à communiquer les uns avec les autres. Cette faculté est décrite comme l'**habileté sociale** dans la littérature. Tous les agents du système communiquent les uns avec les autres pour s'échanger les informations dont ils ont besoin pour réaliser leurs actions. Le système utilise une configuration organisationnelle ; les habiletés sociales des agents sont donc décrites à travers les modèles de rôle qu'ils endossent.

La cinquième propriété est la **faculté à gérer les objectifs de l'organisation**. La configuration organisationnelle impose aux agents de remplir les objectifs des organisations qu'ils supportent.

Cependant, aucun des 8 agents ne possède un ou plusieurs objectifs propres, indépendants des objectifs des organisations. Sless et al. [Sless et al. 2014] expliquent qu'un agent est versatile lorsqu'il traite plusieurs objectifs simultanément. C'est le cas des agents de SNOTRA qui doivent gérer les objectifs des différentes organisations auxquelles ils appartiennent.

La sixième propriété est la **représentation visuelle**. Elle est utilisée par tous les agents cognitifs et par l'agent APC. Cette propriété signifie que ces agents sont dotés d'une Interface Homme Machine (IHM) pour interagir avec l'utilisateur. L'agent APC possède une interface pour que les acteurs métier puissent évaluer et mettre à jour des connaissances ainsi que faire des requêtes d'accès aux connaissances de la base. Les agents cognitifs possèdent une interface qui leur permet d'interagir avec les acteurs métier pour leur proposer des connaissances à réutiliser en fonction des actions qu'ils remplissent, ainsi que pour recueillir les évaluations et mises à jour de ces connaissances par les utilisateurs.

La septième propriété est la faculté d'expliquer aux autres agents ses intentions, ses objectifs ou ses plans d'exécution. On appelle cette faculté **l'aspect cognitif**. Dans SNOTRA tous les agents s'échangent des informations, mais seuls les agents AMP, AC, AMT et AMC sont en mesure de décrire leurs intentions, que ce soit vers les utilisateurs ou vers les autres agents du système. Ils sont donc bien cognitifs, justifiant ainsi le nom de l'organisation qu'ils forment.

La huitième propriété correspond au fait qu'un agent puisse être **adaptatif** c'est-à-dire qu'il puisse apprendre et adapter ses actions en fonction des changements de l'environnement. Dans SNOTRA, les agents réactifs sont prévus pour accomplir certaines missions en utilisant des ressources spécifiques. Ils sont conçus autour d'un processus générique (de management des connaissances) leur offrant une stabilité, mais aussi une invariance dans leur définition. Ils ne sont donc pas adaptatifs. Si le processus venait à changer, il faudrait les reconcevoir entièrement. Les agents cognitifs, eux, sont plus flexibles car ils reposent sur la modélisation organisationnelle humaine, ce qui leur donne un environnement d'action plus large. On considère qu'ils sont capables d'apprendre tant qu'ils restent dans ce cadre. Cependant si ce cadre venait à changer, ils ne seraient pas en mesure d'appréhender ces changements de manière automatique. Comme pour les agents réactifs, on peut donc considérer qu'ils ne sont pas adaptatifs.

La neuvième propriété est le **bénévolat**. Les agents qui possèdent cette propriété s'entraident les uns les autres pour remplir les objectifs des organisations. Dans SNOTRA, chaque agent poursuit ses objectifs personnels sans regard pour les objectifs des autres agents. Ils ne sont donc pas bénévoles.

La dixième propriété est la **rationalité**. Chaque agent du système possède un, ou des, plans d'actions bien définis en fonction de leurs objectifs ou des objectifs de l'organisation. Tous les agents du système sont donc rationnels.

La onzième propriété est la **flexibilité**, c'est-à-dire que l'agent est capable dynamiquement d'adapter ses actions en fonction des changements de l'environnement. Comme abordé lors de la propriété sur l'adaptabilité, les agents cognitifs du système sont capables de s'adapter en fonction du changement du contexte organisationnel des acteurs métier qu'ils suivent. Ils sont donc flexibles dans ce cadre organisationnel.

La douzième propriété est la **persistance**. Dans SNOTRA, chaque agent assure la continuité de ses actions jusqu'à ce qu'il ait atteint ses propres objectifs et ceux de l'organisation à laquelle il appartient. Ils sont donc persistants.

La treizième propriété est la **personnalité**. Dans certains systèmes multi-agents, les agents sont structurés à partir d'une architecture BDI (Beliefs Desire & Intentions). Dans ce genre d'architecture

les agents possèdent une 'personnalité' et peuvent même présenter des états émotionnels. Dans SNOTRA, les intentions des agents sont décrites à travers leurs objectifs mais ils ne possèdent pas de personnalité qui décrirait leurs croyances ou leurs états émotionnels. Ils ne possèdent donc pas cette propriété.

La quatorzième et dernière propriété est l'**ubiquité** qui correspond au fait d'être présent à différents endroits en même temps. Cette propriété se retrouve dans les agents cognitifs. En effet, de par leurs missions, ils sont constamment en interface et en interaction simultanée avec les acteurs métier et les agents réactifs pour pouvoir supporter le processus de management des connaissances des agents réactifs et le processus de prise de décision de l'organisation humaine.

	ACC	AIC	AEC	APC	AMP	AC	AMC	AMT
Autonomie	●	●	●	●	●	●	●	●
Réactivité	●	●	●	●	●	●	●	●
Pro-activité					●	●	●	●
Habileté sociale	●	●	●	●	●	●	●	●
Gérer les objectifs de l'organisation	●	●	●	●	●	●	●	●
Interface visuelle (IHM)				●	●	●	●	●
Aspect cognitif					●	●	●	●
Adaptabilité								
Bénévolat								
Rationalité	●	●	●	●	●	●	●	●
Flexibilité					●	●	●	●
Persistance	●	●	●	●	●	●	●	●
Personnalité								
Ubiquité					●	●	●	●

Tableau 13: Propriétés des agents de SNOTRA

SNOTRA propose donc des agents possédant certaines des propriétés agents identifiées à travers la littérature, exception faite pour les propriétés liées à l'état interne de l'agent, comme ses croyances, intentions, etc. Ainsi, vis-à-vis d'autres SMA, un système conçu avec DOCK a la capacité de prendre en compte les mécanismes de création, de partage et d'évaluation des connaissances qui peuvent être réalisés par les utilisateurs. De plus, vis-à-vis d'autres systèmes à base de connaissances, un tel système est proactif quant à la réutilisation des connaissances puisqu'il est en mesure de replacer les connaissances et informations captées dans un contexte défini à travers le modèle organisationnel utilisé. Ce dernier point assure une cartographie de contexte et une traçabilité de la connaissance, point qui est un axe de progrès identifié dans les approches actuelles de conception de systèmes à base de connaissances [Verhagen et al. 2012] .

IV.2 Analyse comparative de DOCK avec d'autres approches de conception de SMA

Nous présentons dans cette section une comparaison de l'approche DOCK avec d'autres approches de conception de SMA reconnues au niveau de la communauté scientifique. Les approches citées ici comme point de comparaison de DOCK sont les approches :

- Ingenias [Pavón et al. 2005]

- Operetta [Aldewereld & Dignum 2011]
- VOM [Garcia et al. 2009; Criado et al. 2009]
- MOISE+ [Hubner et al. 2007]
- OMACS/O-MaSE [DeLoach 2009; DeLoach 2004]
- TROPOS [Bresciani et al. 2004]

Ces approches ont été présentées et brièvement discutées dans le Chapitre 2 sur l'état de l'art des méthodologies de conception de SMA.

Les critères d'évaluation pour comparer ces différentes approches ont été choisis en fonction de critères utilisés dans un ensemble d'analyses déjà réalisées dans la littérature [Cristina et al. 2007; Akbari 2010; Gómez-Rodríguez & González-Moreno 2010; Dam & Winikoff 2004]. Les sept approches de conception sont donc évaluées et comparées ici sur un ensemble de quatre catégories de critères : les **Caractéristiques des Agents**, le **Langage de Modélisation**, le **Processus de Développement Logiciel**, et le **Pragmatisme** de la méthodologie proposée. Ces critères ont été sélectionnés parmi des analyses antérieures afin de mettre en valeur les points forts et les points à développer de l'approche DOCK telle que présentée dans ces travaux.

Caractéristiques des Agents : Les concepts des approches orientées agents incluent la définition des agents et de leurs caractéristiques comme l'autonomie, l'adaptabilité, les croyances, les intentions, les objectifs, les rôles etc. Deux catégories de caractéristiques sont à considérer. La première rassemble les concepts généraux liés aux agents tels que l'autonomie, la réactivité, la pro-activité, l'habileté sociale, et l'orientation objectifs. La seconde rassemble les concepts dits latéraux des agents, tels que les croyances, les désirs et les intentions. Ces caractéristiques ont été évaluées pour le système multi-agent SNOTRA dans le Tableau 13.

Cadre de Modélisation : Cette catégorie permet d'évaluer les méthodologies et langages fournis par chaque approche pour permettre au concepteur de SMA de modéliser leurs systèmes. Lorsqu'une approche présente un langage de modélisation efficace, les concepteurs peuvent réaliser, de manière autonome et répétitive, l'analyse du besoin, les spécifications et la conception de différents SMA. Cette catégorie regroupe trois critères. Premièrement un critère ergonomique, qui propose d'évaluer la facilité de compréhension et d'utilisation des notations et des modèles des différentes approches. Un second critère évalue le degré de prise en compte et de modélisation du concept de connaissance par l'approche. Nous appelons ce critère «l'orientation connaissance ». Ce critère est spécifique à la conception de systèmes à base de connaissance, et a été rajouté à cette liste pour traiter cet aspect. Finalement, le dernier critère concerne la traçabilité et met en valeur les dépendances entre les différents modèles, ou langages, utilisés par l'approche. Ce critère met ainsi en valeur la facilité de réingénierie qu'apporte l'approche de conception.

Processus de Développement Logiciel : Cette catégorie rassemble les principales phases d'un cycle classique de conception d'un logiciel selon Berard [Berard 2002]. L'objectif est ainsi d'identifier comment chaque approche propose de supporter les différentes phases de conception logicielle. Six phases sont considérées ici : La modélisation d'entreprise, l'analyse du besoin, la conception, l'implémentation et les tests. La comparaison reste macroscopique à ce niveau mais permet d'avoir un premier aperçu des écarts et similitudes entre les différentes approches.

Pragmatisme : Cette catégorie permet d'évaluer la maturité générale de chaque approche par rapport à sa capacité à être diffusée et utilisée par des concepteurs qui ne sont pas les créateurs de ces approches. Trois critères principaux la composent. Le premier critère évalue la présence ou non d'outils supports pour guider les concepteurs. Ensuite, le critère de compétences requises permet d'évaluer si l'approche nécessite des compétences spécifiques pour ceux qui souhaitent la mettre en

œuvre. Finalement, le critère de domaine d'application spécifique permet de montrer si l'approche est spécifique à un type d'application pour les SMA ou si au contraire, elle permet de concevoir des SMA qui peuvent être appliqués à différents environnements et types d'applications. Le Tableau 14 rassemble la synthèse des évaluations des différentes approches sur les critères cités ci-dessus.

Critère	INGENIAS	OperettA (with Opera framework)	VOM	MOISE+	OMACS/ O-MaSE	TROPOS	DOCK
Caractéristiques des Agents							
Concepts Généraux	++	+	++	++	++	+	++
Concepts Latéraux	++	+	++	+	/	+	--
Cadre de Modélisation							
Ergonomie	+	-	/	+	+	++	++
Orientation Connaissances	-	+	-	+	+	-	++
Traçabilité	/	++	-	/	++	+	+
Processus de Développement Logiciel							
Modélisation d'entreprise	++	++	++	-	+	-	++
Analyse du besoin	+	+	/	+	+	+	+
Conception	+	+	+	+	+	+	+
Implémentation	+	+	-	++	+	+	-
Tests	-	+	--	+	+	-	--
Pragmatisme							
Outils Supports	++	++	--	++	++	++	--
Compétences requises	-	-	+	+	-	-	++
Domaine spécifique	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Oui (SIBC)

Tableau 14 : Comparaison de DOCK avec d'autres approches de conception de SMA

(Notation: ++ Entièrement d'accord; + D'accord; / Pas assez clair pour être évalué; - Désaccord; -- Total Désaccord. En couleur apparaissent les évaluations qui ont été reprises d'analyses antérieures et sans couleur, apparaissent nos évaluations)

Par rapport à cette analyse, on observe que toutes les approches présentent de bons résultats sur l'ensemble des critères. En ce qui concerne DOCK, c'est l'approche qui est la plus orientée connaissances, ce qui a été la motivation de sa création. De plus l'approche permet aux concepteurs qui l'utilisent de spécifier des agents qui sont autonomes, réactifs, cognitifs, proactifs et orientés objectifs tout en faisant preuve d'habilité sociale (interactions humain-agent et agent-agent). Ces caractéristiques permettent aux agents de constituer des systèmes efficaces pour supporter les problématiques de management des connaissances. Les autres méthodes considèrent la connaissance comme une ressource, au même titre que des ressources matérielles. Cette considération permet de modéliser des échanges de connaissances mais aucunement l'ensemble des mécanismes liés au cycle

de vie de la connaissance. En ce sens, DOCK permet la conception de systèmes adaptés à ces problématiques. Le langage de modélisation proposé à travers DOCK est simple car il peut être décomposé en quatre modèles liés et qui englobent des notions faciles à appréhender, mais ce point n'est pas exclusif à DOCK comme constaté dans le Tableau 14. D'un point de vue couverture du processus de développement logiciel, DOCK couvre l'étape de modélisation d'entreprise en s'appuyant sur le modèle conceptuel KROM. Ce cadre de modélisation permet de couvrir une organisation sous trois domaines différents (la gestion de l'organisation, la gestion des connaissances et la gestion des compétences) ce qui permet à DOCK de bien adresser cette étape. De la même manière les étapes d'analyse du besoin et de conception sont couvertes par l'approche à travers le modèle conceptuel KROM. Pour finir, quand on la compare aux autres approches organisationnelles de conception de SMA, DOCK ne requiert pas la maîtrise de compétences spécifiques pour être utilisée et est bien orientée vers des applications de systèmes à base de connaissances (SBC) car son cadre conceptuel lui permet de mettre en évidence les connaissances et leurs relations avec différents constituants d'une organisation (l'activité, le rôle, les compétences, les livrables etc. (Cf. Chapitre 3)).

Cependant, à l'état actuel, l'approche présente encore des zones nécessitant des recherches et des mises en pratique complémentaires. Tout d'abord, la première lacune que rencontre l'approche pour son évaluation est, comme présenté précédemment, le fait qu'elle ne présente pas, aujourd'hui, de mise en œuvre pratique avec un SMA développé, utilisé et éprouvé par des utilisateurs finaux. Ce point est nécessaire pour évaluer la robustesse de la conception de tels systèmes avec DOCK. Aujourd'hui, SNOTRA reste au stade de système multi-agents en attente d'entrer dans une phase de conception détaillée puis d'implémentation. En lien avec ce dernier point, les phases avals à la conception préliminaire d'un système nécessitent d'être consolidée en étendant la méthodologie, notamment au travers d'outils supports pour les concepteurs, que ce soit pour la conception, l'implémentation mais aussi les tests des futurs systèmes. Finalement, l'approche DOCK ne prend pas en compte pour le moment les concepts latéraux dans les caractéristiques qu'elle permet d'attribuer aux agents. Ce point n'a pas été une problématique pour la spécification de SNOTRA, cependant, le système, tel que conçu aujourd'hui, est complètement dépendant de la modélisation de l'organisation humaine. La prise en compte de ces caractéristiques dans la conception du système peut permettre d'obtenir un système beaucoup plus flexible par rapport à des évolutions requises par l'organisation mais aussi permettre de traiter des problématiques organisationnelles plus complexes.

V. Conclusion

Concevoir et mettre en œuvre des systèmes à base de connaissances (SBC) reste aujourd'hui une entreprise difficile et consommatrice de ressources. Beaucoup de travaux s'accordent à dire que les premières approches de conception de SBC ont produit des systèmes qui ont du mal à imposer une véritable rupture technologique, mis à part dans certains grands groupes aéronautiques ou automobiles [Verhagen et al. 2012; Curran et al. 2010; Monticolo, Badin, et al. 2014; Bermell-Garcia et al. 2012]. Cependant, tous perçoivent les gains de performance potentiels que peut amener une meilleure gestion des connaissances à travers une organisation, de leur génération à leur réutilisation.

Dans la droite ligne de l'approche globale de management des connaissances et des compétences, proposée dans ces travaux de recherche, ce chapitre a présenté une approche de conception de SBC « intelligent », c'est-à-dire utilisant le paradigme agents. L'idée soutenue ici est qu'un système conçu avec ces propriétés sera plus adaptable, et considèrera mieux la connaissance dans son contexte organisationnel. De ce fait, le management du cycle de vie de la connaissance en sera plus efficace et les connaissances seront plus réutilisées car plus pertinentes et à jour. Dans un deuxième temps, l'approche DOCK a été mise en œuvre pour concevoir le système multi-agent SNOTRA qui a pour

objectif de supporter le processus de prise de décision dans les projets de conception, en assistant les utilisateurs dans leurs activités, par la capitalisation et la proposition de réutilisation de connaissances. Pour finir, DOCK a été comparée à d'autres approches reconnues de conception de systèmes multi-agents pour identifier ses points forts et les axes d'amélioration de l'approche.

EN BREF…

Enjeux de l'ingénierie des connaissances et apports des approches SMA

Dans un contexte mondial de plus en plus compétitif, les organisations commencent à se structurer en ayant recours à des approches de gestion des connaissances et notamment en implémentant des systèmes à base de connaissances (SBC). Cependant, ces systèmes peuvent parfois s'avérer incapables de capter toute la complexité liée au cycle de vie de la connaissance. En effet, la connaissance ne doit pas être réduite au rang d'objet stocké et manipulé. La connaissance est une représentation que se construit un individu à partir d'un ensemble d'informations dans un contexte donné.

Les recherches dans le domaine des Systèmes Multi-agents (SMA) permettent d'adresser ces problématiques en proposant des entités autonomes qui peuvent interagir entre elles et avec les utilisateurs pour proposer des systèmes distribués capables d'accomplir des tâches complexes en ayant recours à des mécanismes de collaboration. Cependant ces systèmes ne sont pas encore orientés connaissance. Ce chapitre a donc proposé une approche de conception de SMA prenant en compte le contexte organisationnel de la connaissance.

DOCK, une approche organisationnelle de conception de systèmes multi-agents pour l'ingénierie des connaissances

DOCK (**D**esign based on **O**rganization, **C**ompetences and **K**nowledge) se base sur le modèle KROM pour concevoir l'architecture fonctionnelle puis organique d'un SMA orienté ingénierie des connaissances. Elle compte quatre étapes :

- La modélisation de l'organisation humaine,
- La modélisation de l'organisation virtuelle,
- La description du modèle Agent,
- La description des interactions.

Conception du système multi-agents SNOTRA à l'aide de DOCK

Finalité de SNOTRA : Démontrer la pertinence de DOCK
Objectif de SNOTRA : Apporter une assistance aux acteurs métiers impliqués dans un processus de prise de décision en environnement de conception, par le partage et la réutilisation proactive de connaissances.
Sont détaillées dans cette partie :

- La modélisation de l'organisation Virtuelle [Agents Cognitifs et Réactifs]
- La description du modèle Agent [Allocation des rôles et organisation générale du système]
- La description des interactions [Diagramme de séquence et exemple d'interface utilisateur]

Analyse de l'approche de conception DOCK et discussion
Cette section revient sur DOCK pour en présenter une analyse comparative avec des approches de conception de SMA issues de la littérature. Il en ressort les points forts et les axes d'amélioration de l'approche telle que conçue aujourd'hui.

Chapitre 6

Evaluation de l'efficacité du cadre d'évolution proposé

Pendant de nombreuses années, la performance industrielle a été considérée comme dérivant de l'optimisation des ressources technologiques et matérielles (les machines, les stocks, etc.) des organisations [Boucher et al. 2007]. L'évolution des organisations vers des modes de fonctionnement plus transverses, flexibles et réactifs a progressivement amené les organisations à considérer leurs processus, leurs modes de management et plus récemment leur capital humain comme des leviers importants d'amélioration de leur performance. La performance d'une organisation découle de la combinaison de ces différents axes, et leur impact est par conséquent difficile à évaluer. Cet aspect est aujourd'hui une limite au développement d'approches de gestion des connaissances et des compétences dans les entreprises car ces dernières ont du mal à traduire et à évaluer l'impact opérationnel de ces actions à travers des indicateurs spécifiques.

Pour contribuer à l'investigation de cette problématique, ce chapitre propose d'évaluer la pertinence du cadre d'évolution présenté dans ce mémoire (les trois contributions précédentes) au travers d'une démarche de pilotage des compétences. De plus son intégration dans des processus de gestion des ressources humaines (GRH) est étudiée pour vérifier la pertinence de l'ensemble de ce cadre d'évolution. La première partie de ce chapitre présente plus en détail la problématique d'évaluation des performances rencontrée par les entreprises. La seconde partie présente la démarche de pilotage des compétences proposée pour vérifier la pertinence du cadre d'évolution. Pour finir, la troisième partie de ce chapitre présente trois expérimentations au travers des cas d'application menés chez Essilor.

Table des matières du Chapitre

I. PROBLEMATIQUE DE L'EVALUATION DE L'EFFICACITE DES ACTIONS MISES EN ŒUVRE 181
II. PILOTAGE DE L'EVOLUTION D'UNE ORGANISATION A TRAVERS L'EVOLUTION DES COMPETENCES DE SES ACTEURS 182
II.1 DESCRIPTION GENERALE DE L'APPROCHE 182
II.2 DESCRIPTION DES DIFFERENTES ETAPES DE L'APPROCHE 184
II.2.1 Identification des compétences 184
II.2.2 Utilisation et développement des compétences 185
II.2.3 Evaluation des compétences 186
II.3 COMMENT INTERFACER CETTE APPROCHE AVEC UN PROCESSUS DE GESTION DES RESSOURCES HUMAINES EXISTANT ? 187
II.3.1 Quels sont les différents cas de figure ? 187
II.3.2 Pourquoi interfacer cette approche à un processus RH existant ? 188
II.3.3 Comment interfacer cette approche à un processus RH existant ? 188
II.3.4 Synthèse 189
III. MISE EN ŒUVRE : PREMIERS RETOURS CONSOLIDES DE LA MISE EN ŒUVRE POUR L'INGENIERIE ESSILOR 190
III.1 EVALUATION DE L'EFFICACITE D'UNE ACTION [SCENARIO 1 / PERIMETRE 1] SELON ACKME 190
III.2 EVALUATION DE L'EFFICACITE D'UNE ACTION [SCENARIO 2 / PERIMETRE 2] SELON ACKME 192
III.3 EVALUATION DE L'EFFICACITE D'UNE ACTION [SCENARIO 3 / PERIMETRE 3] SELON ACKME 193
III.4 SYNTHESE 195
IV. CONCLUSION 195

« Pour progresser, il ne suffit pas de vouloir agir, il faut d'abord savoir dans quel sens agir »

Gustave Le Bon

I. Problématique de l'évaluation de l'efficacité des actions mises en œuvre

Plusieurs travaux soulignent le fait que les entreprises qui veulent être et rester compétitives doivent se mettre dans une posture d'apprentissage, d'acquisition et de développement des compétences. C'est une des conditions nécessaires pour pouvoir s'adapter à un environnement industriel qui est de plus en plus changeant avec des constantes de temps qui se raccourcissent [Linton & Walsh 2013; Boucher & Burlat 2003; Boucher et al. 2007; Ahmad & Schroeder 2003].

Au travers des trois contributions présentées dans ce mémoire, (KROM (Chapitre 3), ACKME (Chapitre 4) et DOCK (Chapitre 5)), nous avons proposé des moyens permettant aux organisations de lancer des actions d'évolution sur trois axes : gestion de l'organisation, gestion des connaissances et gestion des compétences. La nature organisationnelle des connaissances et compétences les lie profondément à l'organisation qui les met en œuvre ; à ce titre, elles constituent des leviers d'efficacité adaptés car elles sont à la fois spécifiques à chaque organisation (ce qui les rend difficilement imitables) et en même temps leurs modes de gestion sont diffusables (par exemple, possibilité de transfert entre sites d'un grand groupe).

Cependant il faut pouvoir qualifier et quantifier l'impact des actions d'évolution mises en œuvre sur la performance générale de l'organisation. Or, du fait que les connaissances et les compétences sont des actifs intangibles, étroitement liés aux acteurs et aux organisations qui les mettent en œuvre, leur contribution est difficilement exprimable à travers des indicateurs opérationnels. De plus, ces actions d'évolutions sont rarement circonscrites à un périmètre restreint aux compétences et aux connaissances. En effet, comme nous l'avons mis en évidence à travers KROM, la gestion et l'évolution de ces deux actifs font appel à de nombreux autres éléments constituant une organisation, comme par exemple, les processus et activités réalisés, les rôles requis, les missions et objectifs adressés. Nous pourrions ajouter les outils et guides de conception, les brevets détenus, l'amélioration des conditions de travail… Chacun de ces éléments peut faire l'objet d'autres actions d'optimisation ne relevant pas du cadre de la gestion des connaissances et des compétences. Cela implique que le gain de performance perçu au final est dilué sur de multiples éléments dont certains sont déjà mesurés avec des indicateurs spécifiques (par exemple, les retards projets, la qualité produit, etc.).

De nombreux travaux se sont donc intéressés à l'évaluation de la performance des actions de gestion des connaissances et des compétences dans les organisations [Lee et al. 2005; Harzallah et al. 2006; Boucher et al. 2007; Wang & Wang 2012; Lorino 2003; Michaelis et al. 2015; Kim et al. 2010]. Plusieurs points de vue peuvent être pris : du contrôle précis d'éléments tangibles (exemple : nombre de documents échangés sur une plateforme collaborative), à la gestion des risques en terme de perte du « capital de connaissances », en passant par l'évaluation de la capacité à innover ou de la montée en compétence d'une organisation. Tous ces moyens de mesure ont leurs avantages et leurs inconvénients, mais restent des outils possibles à disposition des organisations. Aujourd'hui il n'existe pas de consensus quant à la meilleure méthode de mesure à adopter, et ce, du fait de la diversité des portées opératoires de ces différents cadres d'évaluation.

Dans notre cas, les évolutions mises en œuvre peuvent aborder trois axes : la gestion de l'organisation, la gestion des connaissances et la gestion des compétences. Les deux premiers axes sont la plupart du temps bien décrits à travers les organisations avec des indicateurs d'activités et des indicateurs d'utilisation des différents systèmes informatiques. Le parti pris pour évaluer les apports des évolutions proposées à travers le cadre d'ACKME, est de reposer notre évaluation sur le troisième axe. Ainsi, l'évaluation de la montée en compétence de l'organisation est utilisée comme

évaluation globale de la performance des actions mises en œuvre. En effet, la définition de la compétence insiste sur la notion de mise en œuvre, donc d'impact sur la performance de l'organisation. De plus, cela permet de faire le lien avec le cadre conceptuel KROM, où la compétence est reliée à l'activité et au rôle, qui sont eux-mêmes directement reliés à la connaissance et au domaine de l'organisation (Processus, Mission, Organisation).

Aujourd'hui, les entreprises confient la plupart du temps la responsabilité de l'évaluation des compétences à des départements de ressources humaines dédiés qui pilotent la gestion des compétences dans son ensemble et notamment la partie acquisition de compétences par les équipes (exemples : sessions de formations, tutorats, coaching, etc.) en collaboration avec les directeurs de départements (ou services). On trouve ainsi des approches types, comme par exemple la gestion prévisionnelle des emplois et des compétences (GPEC). Cependant, ces approches sont bien souvent menées de façon macroscopique sur une entreprise ou un département entier et ne se traduisent pas en axes de management opérationnels des compétences pour les responsables d'équipes. Toutes les entreprises ne sont pas similaires sur ce point. Certaines possèdent un ou des départements de gestion des ressources humaines dédiés, d'autres possèdent des départements partagés avec d'autres organisations et pour finir, d'autres n'en possèdent pas (c'est le cas des TPE). Or le cadre d'évolution des organisations proposée dans ce travail de recherche au travers des différentes contributions, est destiné à être mis en œuvre par tout type d'organisation, relativement à sa maturité.

Pour rester cohérent avec cette diversité, nous proposons ici une approche d'évaluation du cadre d'évolution proposé dans ce travail de recherche au travers de la mise en œuvre d'une démarche de pilotage des compétences mettant en valeur les liens et synergies entre une vision managériale de l'évolution d'une organisation (par exemple un directeur de département) et une vision ressources humaines de l'évolution des compétences de l'organisation. Cette approche peut être utilisée par une organisation qui désire structurer sa gestion des compétences.

Afin d'être en adéquation avec les axes poussés dans ce travail de recherche, la suite de ce chapitre présente, de plus, des recommandations et des bonnes pratiques pour faciliter au mieux l'intégration de ces exigences d'évaluation des compétences pour les organisations ayant déjà des processus de gestion des ressources existants.

II. Pilotage de l'évolution d'une organisation à travers l'évolution des compétences de ses acteurs

Connaissances et compétences sont deux éléments reconnus de la performance d'une organisation dans la communauté scientifique du Génie Industriel [Ahmad & Schroeder 2003; Stal-Le Cardinal 2009]. Dans les entreprises, cette prise de conscience se généralise lentement. Ces deux éléments sont souvent considérés de façon indépendante dans leur mise en œuvre. Ainsi l'évaluation des performances des actions mises en œuvre dans ces deux domaines est souvent réalisée de façon indépendante pour chaque domaine. L'objectif ici est de vérifier que le cadre d'évolution ACKME permet de définir un pilotage de l'évolution d'une organisation au travers de l'évolution des compétences opérationnelles de ses acteurs.

II.1 Description générale de l'approche

Le management des compétences englobe un ensemble de pratiques qui visent à développer les compétences des individus et des équipes de manière optimale [Harzallah et al. 2006]. Plusieurs travaux se sont déjà intéressés au lien entre connaissance et compétence et ont notamment identifié que l'association de ces deux éléments contribuait à construire l'avantage compétitif d'une entreprise

[Belkadi et al. 2007; Denford 2013; Berio & Harzallah 2007; Rauffet et al. 2014; Easterby-Smith & Prieto 2008]. Sur la base de ces travaux, nous avons proposé dans ce mémoire une démarche d'évolution d'organisation (ACKME) basée sur la relation entre connaissance et compétence et leur impact organisationnel sur la structure même de l'organisation. Afin d'évaluer la performance des actions entreprises, nous proposons d'utiliser une démarche intégrée de management des compétences comme outil de pilotage, de suivi et d'évaluation de la conduite du changement. Le cycle présenté dans la Figure 49 vient donc en support au cadre d'évolution complet en fournissant un moyen d'évaluer et de contrôler ce qui est identifié et mis en œuvre à travers KROM-ACKME-DOCK. Ce lien est possible par le biais de KROM et de la modélisation d'entreprise qui en découle. En effet, les différents modèles issus de KROM sont utilisés dans ACKME et dans DOCK pour faire le diagnostic de la situation initiale, et proposer cadre conceptuel solide à la mise en œuvre des évolutions identifiées. Ces mêmes modèles, ou en tout cas les éléments qu'ils supportent peuvent être utilisés dans la première phase de cette démarche compétence.

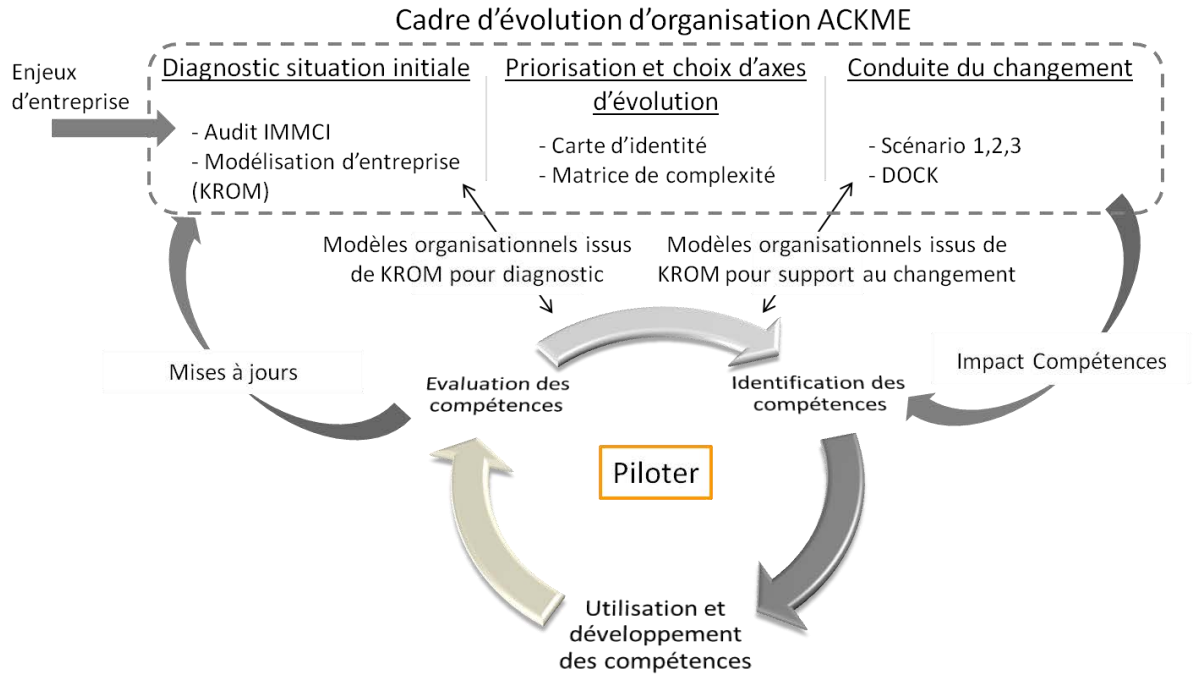


Figure 49: Cadre de pilotage de l'évolution d'une organisation

La phase de pilotage s'appuie elle aussi sur un cycle. En effet, sur la base des travaux de Stenlund et Hörte [Stenlund & Hörte 1999], Berio et Harzallah [Berio & Harzallah 2005], et Sefiani et al [Sefiani et al. 2013], le parti pris dans ces travaux de recherche consiste à considérer un processus de management des compétences autour de trois étapes principales :

- L'identification des compétences,
- L'utilisation et le développement des compétences,
- L'évaluation des compétences (sous-entendu l'évaluation de leur acquisition),

L'étape *d'identification des compétences* comprend tous les moyens permettant d'identifier, d'une part, les compétences disponibles dans une organisation, et d'autre part, les compétences requises pour qu'elle puisse mener à bien ses missions et activités avec le niveau de performance attendu. Ce sont ces éléments qui permettent de faire le lien avec le cadre d'évolution et KROM notamment.

Ensuite, l'étape *d'utilisation et de développement des compétences* contribue à intégrer au sein de l'organisation, la définition et la mise en œuvre de plans d'actions nécessaires pour répondre aux exigences d'acquisition de compétences. Ces actions regroupent tous les moyens permettant d'apporter les connaissances, les compétences et les comportements nécessaires aux acteurs de l'organisation pour leur permettre de réaliser leurs activités dans des conditions optimales. Les connaissances, les compétences et les comportements sont transmis par divers moyens tels que des formations, des actions de tutorat ou la mise en situation sur des actions spécifiques tels que des projets d'innovation ou de prospective.

Enfin, l'étape *d'évaluation des compétences* permet d'évaluer l'efficacité des actions mises en œuvre au travers de l'évaluation de l'acquisition des compétences par les acteurs lors de leur mise en œuvre en situation professionnelle. A ce stade, les référentiels de compétences sont mis à jour sur une base individuelle et collective.

En fonction des résultats d'évaluation, des besoins en termes de développement de compétence sont remontés pour constituer une des entrées d'un nouveau cycle de conduite du changement au travers d'ACKME.

II.2 Description des différentes étapes de l'approche

Afin d'apporter plus de précision sur le déroulement des trois étapes du cycle de management des compétences proposé, cette section décrit plus en détail chacune de ces étapes, et notamment les outils supports qui peuvent être utilisés.

II.2.1 Identification des compétences

Cette approche permet d'évaluer une partie seulement de l'ensemble du panel des compétences que l'on peut rencontrer dans une organisation. En effet, comme expliqué précédemment la performance est liée à une situation opérationnelle spécifique. Ainsi pour l'évaluer, il faut avoir des moyens de mesures factuels et précis. Par rapport à ces contraintes, les compétences considérées ici sont les compétences techniques mises en œuvre lors des activités d'ingénierie identifiées. Concernant la compétence organisationnelle d'une organisation, celle-ci est une résultante de la méthode complète. Si une organisation arrive à mettre en œuvre le cadre de pilotage proposé précédemment, et à instaurer une dynamique pour avoir un cercle vertueux d'amélioration continue, l'organisation développera sa compétence organisationnelle.

Cette étape d'identification des compétences repose donc sur les compétences techniques mises en œuvre par les acteurs de l'organisation étudiée. Pour identifier ces compétences, la démarche (Cf. Figure 50) consiste à repartir du cadre conceptuel proposé dans ce travail de recherche pour identifier les connaissances et compétences. Ainsi la modélisation issue de KROM permet de détailler les différents processus de l'organisation, en explicitant les différentes activités réalisées (Modèle de processus). Ces dernières font intervenir différents rôles mobilisant des connaissances et mettant en œuvre des compétences (Modèle d'activité). Ces informations sont ensuite consolidées (Modèle de rôle) afin de définir des rôles, requis pour mener à bien les différentes activités. L'enchainement de ces modèles permet ainsi d'obtenir une véritable cartographie des connaissances et compétences mobilisées.

A la suite de cette première identification, la liste de domaines de connaissances et des compétences associées est complétée par rapport aux différents scénarios mis en œuvre avec ACKME. Ainsi en fonction des scénarios, des évolutions peuvent être notées sur les connaissances mobilisées, les compétences mises en œuvre ou les rôles à jouer. Pour garder une vue permettant de

piloter et de vérifier le bon déroulement des évolutions prévues, certains de ces éléments sont consolidés et synthétisés dans une matrice de compétences, outil qui permettra le suivi tout au long de la boucle de pilotage. Cette matrice permet d'avoir une vue de synthèse des différentes compétences techniques détenues par les différents acteurs de l'organisation et le niveau de maîtrise requis pour tenir les différents rôles identifiés.

Cette matrice permet de mettre en correspondance les compétences et les acteurs d'une organisation en attribuant un niveau de maîtrise pour chaque couple [Compétence/Acteur]. Pour ce faire, une échelle d'évaluation à quatre niveaux est proposée :

1. Connaît les basiques des activités dans ce domaine de connaissance.
2. Peut réaliser des activités dans ce domaine, mais sous contrôle.
3. Maîtrise les activités de ce domaine et est autonome dans leur mise en œuvre.
4. Maîtrise les activités de ce domaine et est en mesure de proposer des évolutions dans le domaine.

De plus avec la notion de rôle, la matrice permet de mettre le niveau de compétence requis et ainsi présenter de façon synthétique les écarts dans l'organisation entre le requis et l'acquis (Cf. Figure 50).

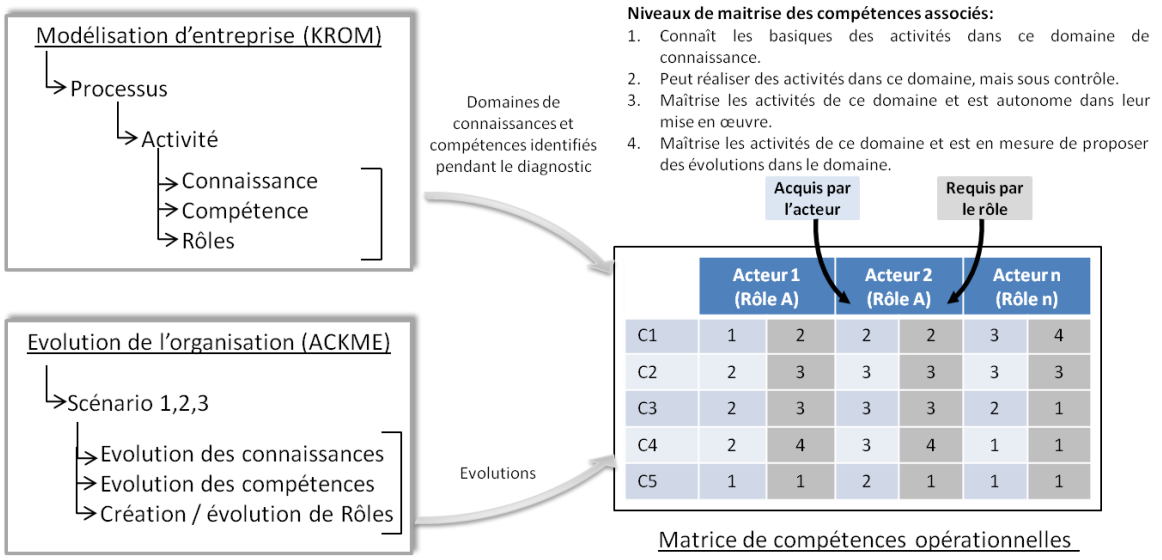


Figure 50 : Démarche d'identification des compétences au travers des matrices de compétence

L'identification des compétences se fait au niveau du management des équipes. Ainsi les responsables d'équipes, avec l'aide potentielle des ressources humaines et de départements supports, sont en charge d'identifier les compétences de leurs équipes. Cette identification se fait donc par analyse de l'écart entre le niveau acquis (le niveau actuel de chaque acteur) et le niveau requis (le niveau de compétence à atteindre pour chaque acteur pour être en phase avec les évolutions planifiées à travers ACKME). Cet écart entre acquis et requis donne lieu à l'identification d'un ensemble d'actions de développement de compétences.

II.2.2 Utilisation et développement des compétences

En lien avec l'étape précédente, l'écart qu'il peut exister entre le requis et l'acquis en termes de compétence traduit ici l'impact des actions d'évolution entreprises à travers ACKME sur les

compétences. Cette seconde étape d'utilisation et de développement des compétences est en partie incluse dans la conduite du changement opérée à travers le scénario choisi (pour les scénarios 2 et 3). Cependant, nous la replaçons aussi ici dans cette boucle de pilotage, car des actions complémentaires peuvent être requises. Premièrement, à travers les termes utilisation et développement des compétences, on peut inclure toute la partie acquisition de nouvelles compétences qui, dans le cas d'un scénario 2 ou 3, est déjà prise en compte en amont. On retrouve donc ici toutes les méthodes et outils qui vont permettre aux équipes d'acquérir de nouvelles connaissances en vue de monter en compétence. On peut notamment lister les actions de formation, de tutorat, d'embauche interne et externe, ainsi que de mise en œuvre de projets exploratoires.

Cette étape regroupe aussi les éléments liés au management et au suivi de ces actions d'acquisition ainsi qu'à la définition d'actions de mise en œuvre des compétences pour validation des acquis. Le rôle du responsable d'équipe (éventuellement en collaboration avec un expert du domaine concerné) est donc primordial dans cette étape. Il doit notamment définir avec les membres de ses équipes leurs objectifs individuels d'acquisition de connaissances, les moyens qui sont à leur disposition et les attendus en termes de mise en œuvre des connaissances acquises pour pouvoir juger d'une acquisition de compétence. Si ces éléments ne sont pas mis en œuvre, l'évaluation de la montée en compétence qui suivra sera difficile à réaliser car les attendus ne seront pas clairement définis en amont.

II.2.3 Evaluation des compétences

Pour Le Boterf, la compétence est synonyme d'un savoir agir reconnu [Le Boterf 2000]. Par savoir agir, il entend notamment *« être capable de répondre à des prescriptions ouvertes dans des situations professionnelles plus larges et plus complexes »*. De ce fait, une compétence est considérée comme acquise lorsque l'acteur qui la met en œuvre est capable de tirer parti d'un ensemble de ressources à sa disposition pour mettre en œuvre des actions spécifiques dans un cadre qui peut être différent de celui dans lequel on lui a transmis les connaissances relatives à cette compétence.

Pour que cette mise en œuvre soit réussie, cela implique donc que l'acteur soit dans un cadre organisationnel qui lui « permette de ». C'est ce point qui justifie notre parti pris de dire qu'à travers l'évaluation de la montée en compétences des membres d'une équipe, on évalue de même que tous les autres éléments qui ont évolué (organisation, compétences, connaissances) contribuent à fournir un niveau de performance reconnu. Pour ce faire, sur la base des résultats de cette mise en œuvre et des objectifs définis lors des deux étapes précédentes, les responsables et leurs équipes peuvent évaluer de manière factuelle une acquisition de compétence au travers de mises en situation concrètes contribuant à l'activité de l'organisation. Cependant, cette étape d'évaluation ne se réalise pas seulement dans le sens responsable → équipes. Cette étape se découpe en trois phases distinctes qui amènent à l'évaluation finale.

Premièrement, les acteurs concernés évaluent le cadre d'action dans lequel ils ont acquis, développé, puis mis en œuvre leur(s) compétence(s). Cette évaluation est un engagement des différents acteurs sur le fait qu'ils ont eu accès aux ressources de l'organisation qui leur étaient nécessaires pour acquérir et mettre en œuvre leur(s) compétence(s) ; qu'elles soient tangibles (équipement, software, etc.) ou intangibles (formations, tutorats, temps dédié, etc.). Cette première évaluation est importante car elle permet de déceler des problèmes dans l'évolution de la gestion de l'organisation et de la gestion des connaissances (au sens proposé par KROM dans le Chapitre 3).

Ensuite, la seconde phase consiste en l'évaluation de la situation de mise en œuvre de la compétence par le responsable hiérarchique. Celui-ci peut être aidé par d'autres acteurs ayant une position fonctionnelle (par exemple, le responsable du projet dans lequel l'acteur a mis en œuvre ses

compétences, le coach/l'expert qui a accompagné l'acteur tout au long de son acquisition de compétence, etc.). Cette phase traduit la performance reconnue. C'est donc l'indicateur de performance des actions d'évolution de l'organisation.

Finalement, pour compléter cette phase et éviter qu'elle soit biaisée du fait de la subjectivité de la personne qui évalue, la troisième et dernière phase de cette évaluation consiste à ce que le responsable et chaque membre de son équipe concerné par une évaluation, reprennent les différents éléments, arrivent à un consensus quant à l'acquisition ou non de la compétence, et en profitent pour lister les points à améliorer, concernant le cadre d'acquisition de la compétence (ressources, processus, supports, etc.). L'évaluation finale qui en découle est alors réintégrée dans la matrice de compétences. Ce support est ainsi l'un des outils à disposition du responsable d'équipes pour piloter et suivre les évolutions de l'organisation. Cette matrice mise à jour devient ainsi le point de départ de l'étape d'identification des compétences pour le prochain cycle. Les axes d'amélioration listés à cette étape constituent les éléments de l'étape d'ajustement de la Figure 49. Ces éléments peuvent ainsi être réintégrés dans un nouveau cycle d'évolution.

La vérification de l'adéquation du cadre d'évolution ACKME pour piloter l'évolution d'une organisation se fait donc au travers de l'évolution des compétences de ses acteurs. Pour être réalisé dans les meilleures conditions, ce pilotage de la conduite du changement, doit être synchronisé avec les processus de gestion des ressources humaines, s'ils existent au sein de l'organisation. La section suivante nous permet de vérifier que le cadre de pilotage proposé (Cf. Figure 50) peut s'interfacer à un processus de gestion des ressources humaines.

II.3 Comment interfacer cette approche avec un processus de gestion des ressources humaines existant ?

La section II.2 a présenté une approche de pilotage de l'évolution d'une organisation reposant sur le cadre d'évolution ACKME. Nous montrons ici que le processus de pilotage des compétences proposé peut s'interfacer aux processus de gestion des ressources humaines présents dans l'entreprise.

II.3.1 Quels sont les différents cas de figure ?

Cette approche de pilotage a vocation à s'appliquer à tout type d'organisation, tout comme le cadre d'évolution ACKME. Or ce pilotage concernant les compétences, cela peut entrainer des difficultés d'intégration avec un processus de GRH dans certaines organisations. Trois cas peuvent être distingués ici :

1. L'organisation n'a **pas de structure de gestion des ressources humaines** chargée de gérer le développement des compétences. L'intégration est facilitée car l'approche vient structurer une fonction manquante de l'organisation. L'apport est donc rapidement perçu par celle-ci.
2. L'organisation possède une **structure de gestion des ressources humaines dédiée** au développement des compétences. L'intégration passe par un travail conjoint avec ce département pour synchroniser l'approche aux échéances déjà mises en œuvre (exemple : entretien annuel, plan de formation, etc.), mais aussi par un travail d'explication et de support direct aux responsables d'équipes.
3. L'organisation possède une **structure de gestion des ressources humaines** chargée de gérer le développement des compétences qui se positionne en **support**. Cette structure peut être partagée entre plusieurs organisations (exemple d'une structure de gestion des

ressources humaines centralisée au niveau d'un groupe). L'intégration, comme pour le point précédent, passe par un travail conjoint avec ce département pour synchroniser l'approche aux échéances déjà mises en œuvre ainsi que par un travail d'explication et de support direct aux responsables d'équipes. Cependant, une complexité s'ajoute dans ce cas, car des échéances peuvent être conjointes à plusieurs organisations et nécessiter des ajustements généraux (ce qui était notre cas au sein d'ESSILOR).

La différence de complexité entre ces trois cas est importante à prendre en compte car elle va influencer la rapidité de mise en œuvre de l'approche complète d'évolution de l'organisation. Dans le premier cas, la mise en œuvre peut passer par le déploiement rapide d'outils comme les matrices de compétences, alors que dans le troisième cas, l'implémentation de ce pilotage est un projet de conduite du changement à lui seul (peut être considéré comme un scénario 2 dans ACKME).

II.3.2 Pourquoi interfacer cette approche à un processus RH existant ?

Se pose donc la question de l'objectif associé à l'intégration de l'approche dans un processus de gestion des ressources humaines existant, surtout dans les deux derniers cas décrits précédemment.

Premièrement, l'objectif est de donner toute sa légitimité à ce pilotage centré sur les compétences. La gestion des compétences est historiquement reliée dans les entreprises à des fonctions de gestion des ressources humaines. Il est donc normal que le pilotage des compétences proposé soit interfacé à un processus de GRH.

Deuxièmement, cela permet d'assurer qu'il n'y ait pas de redondance entre ce processus de contrôle par les compétences et des processus plus généraux de gestion des ressources humaines. L'objectif consiste notamment à ne pas apporter de la confusion au niveau des responsables d'équipes et à ne pas les mettre dans des positions les obligeant à faire plusieurs évaluations avec des formalismes et des objectifs différents pour des cibles différentes.

Finalement, cela permet de rendre opérationnels les processus de gestion des ressources humaines existants, en fournissant des outils de pilotage pour les responsables d'équipes (par exemple des matrices de compétences, des outils d'évaluation des formations, etc.), qui leur permettent d'aller dans le détail des compétences qu'ils souhaitent évaluer. Ces processus peuvent donc ainsi mieux répondre aux attentes opérationnelles des responsables d'équipes, notamment en proposant des moyens pour l'entreprise de maintenir l'adéquation entre ses ressources humaines et ses ambitions stratégiques.

II.3.3 Comment interfacer cette approche à un processus RH existant ?

Comme abordé rapidement lors de la présentation des différents cas de figure, l'intégration de cette boucle de contrôle à un processus de gestion des ressources humaines existant peut être plus ou moins difficile selon les cas de figure. Cette section n'a pas vocation à proposer une méthode d'intégration générique mais identifie certains outils de gestion des ressources humaines qui peuvent être présents dans une organisation et les mets en perspectives des trois phases de la boucle de pilotage proposée dans ce chapitre.

En effet, chaque organisation possède ses propres particularités concernant son processus de gestion des compétences. Cependant les grandes phases et outils se retrouvent de manière généralement partagée à travers les organisations.

- Pour l'identification, on retrouve notamment, la définition des objectifs individuels de chaque acteur qui est réalisée lors d'un entretien annuel avec son responsable. On

retrouve ensuite ce qui concerne la définition et la validation des plans de formation pour l'année.

- Pour le développement, on retrouve les différentes actions de développement des compétences usuelles (les formations, le tutorat, les mises en situation etc.)
- Pour l'évaluation, on retrouve les actions liées à l'évaluation des formations, ainsi que l'évaluation des actions réalisées dans l'année par chaque acteur avec leur responsable. Cette évaluation étant réalisée lors de la première partie de l'entretien annuel de l'année n+1.

Sur la base de ces éléments, il revient donc à chaque organisation de réaliser un travail d'analyse et d'intégration de la boucle de pilotage avec les départements de gestion des ressources humaines concernés, les directeurs de département et les managers d'équipe, pour définir le format le mieux adapté aux spécificités de l'organisation. La Figure 51 présente un exemple de cette intégration avec un processus de gestion des ressources humaines. Cette représentation met en valeur les rôles et responsabilités des différents acteurs, ce qui montre que ce processus est un processus intégré mettant en relation différents acteurs de l'organisation. De plus, cette représentation montre aussi le lien avec KROM et la modélisation d'entreprise qui en découle par la mention de l'utilisation des modèles comme support au déroulement des activités de ce processus de management des compétences. Le processus détaillé est présenté en Annexe D.

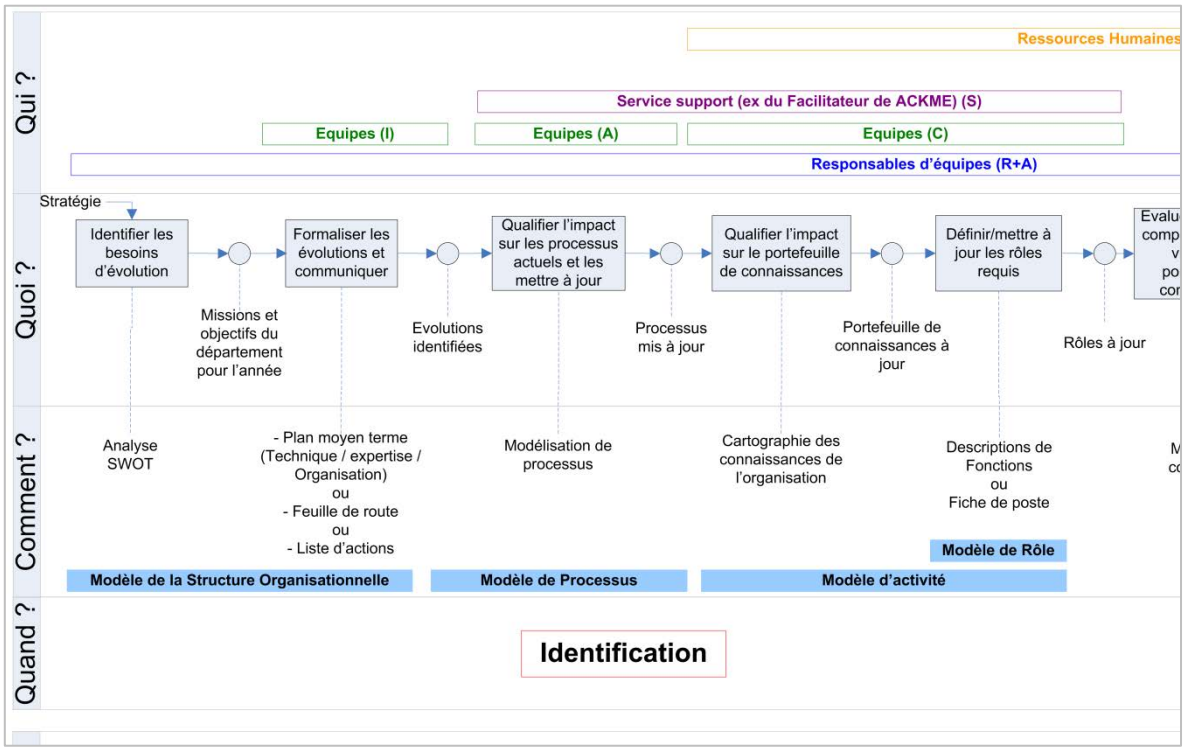


Figure 51 : Extraction du processus de gestion des compétences proposé.

II.3.4 Synthèse

Cette section a permis de vérifier la pertinence du cadre d'évolution de l'organisation ACKME proposé dans ce travail de recherche, en montrant sa capacité à faire le lien entre une vision management opérationnel du changement (Section II.1) et une vision management des ressources humaines impactées par ce changement (Section II.3). En effet, en repositionnant l'axe gestion des

compétences au niveau des ressources humaines, cela évite qu'il soit remplacé par des indicateurs opérationnels qui vont venir contrôler une performance sur des processus, des activités ou des délais, mais qui ne vont pas couvrir l'ensemble du spectre d'évolution de l'organisation tel que défini dans ACKME. Ainsi, par un pilotage opérationnel de l'évolution des compétences de ses acteurs, une organisation est en mesure d'évaluer les impacts d'amélioration des performances engendrés par les actions issues de la méthode ACKME, et ce, dans leur globalité.

III. Mise en œuvre : premiers retours consolidés de la mise en œuvre pour l'Ingénierie Essilor

Afin d'illustrer la mise en œuvre de la démarche de gestion des compétences et d'évaluer la performance des évolutions proposées dans le cadre des différents scénarios de ACKME, cette section propose de passer en revue trois expérimentations réalisées avec l'Ingénierie ESSILOR. Ces exemples constituent un échantillon représentatif des différents types d'actions possibles (diagonale de la matrice de complexité d'ACKME vue au Chapitre 4).

III.1 Evaluation de l'efficacité d'une action [Scénario 1 / Périmètre 1] selon ACKME

Ce cas d'étude concerne des connaissances et compétences techniques. La situation initiale était la suivante : dans une équipe technique, un acteur concentrait toute la connaissance et la compétence liée à un logiciel de calcul de données de taillage de verres de lunettes. Cet acteur possédait une double compétence, procédé et informatique, et avait entièrement développé ce logiciel qui était maintenant déployé et utilisé par des dizaines de clients différents à travers le monde. De ce fait, après une phase de développement et d'intégration, arrivait une phase de déploiement, de support et d'évolutions du logiciel. Cet acteur, dont les compétences principales étaient orientées développement passait donc une grande partie de son temps sur des problématiques de support. Afin de libérer cet acteur et pouvoir focaliser sa compétence de développement sur de nouvelles applications, il fut décidé d'identifier les actions d'évolutions nécessaires pour rendre ce changement possible.

Comme présenté au Chapitre 4, l'audit IMMCI a été réalisé au niveau de l'organisation Ingénierie et est donc le même pour les trois cas développés ici ; ces cas se déroulant dans différents départements de l'Ingénierie (pour rappel le score obtenu était : IMMCI = 1,5). Ici, le département technique considéré, est donc une « Structure organisationnelle Consciente » (niveau 2 du modèle de maturité). Par rapport à cette maturité, il peut donc engager de manière autonome des actions de type [Scénario 1/Périmètre 1]. Nous les avons tout de même accompagnés dans la démarche pour apporter une dimension méthode aux actions entreprises.

Après une analyse de la situation (modèle de la structure organisationnelle, modèle de processus et modèle de rôle), il est apparu que pour réaliser correctement les activités liées à ce logiciel de taillage, deux rôles principaux étaient requis : un rôle de développement et un rôle de support. Or l'acteur était le seul à endosser aujourd'hui ces deux rôles dans l'organisation. L'activité complète était donc à risque, car reposant sur un seul acteur. Le point bloquant, pour pouvoir transférer ses connaissances et compétences à d'autres acteurs, résidait dans le fait que le fonctionnement, et l'architecture même de ce logiciel n'étaient pas formalisés. Cette connaissance tacite qu'avait l'acteur devait donc être rendue explicite pour pouvoir être transférée à d'autres acteurs. Ce scénario d'évolution basé sur les connaissances et ne concernant qu'une seule organisation particulière correspond donc au couple [Scénario 1/Périmètre 1] sur la matrice de complexité d'ACKME.

En termes d'action, nous avons formalisé ces connaissances par le biais d'une modélisation fonctionnelle associant un formalisme SADT (pour la structure fonctionnelle du logiciel) et un réseau décisionnel (pour les séquences d'actions réalisées par le logiciel) pour arriver à 49 modèles représentés avec le logiciel Visio. Ces connaissances ont ainsi pu être partagées avec d'autres acteurs de l'organisation.

Pour évaluer la performance de l'action, nous avions évalué, en amont, avec le responsable d'équipe, le niveau général des différents acteurs de son équipe et défini les différents rôles et compétences nécessaires pour optimiser le fonctionnement de l'organisation. Deux autres évaluations ont été réalisées par la suite (aux années n+1 et n+2) afin de suivre la montée en compétence des équipes et d'identifier si l'écart entre compétences acquises et requises était résorbé. L'évolution a été synthétisée avec une matrice de compétences dont l'extraction qui nous intéresse est présentée sur la Figure 52.

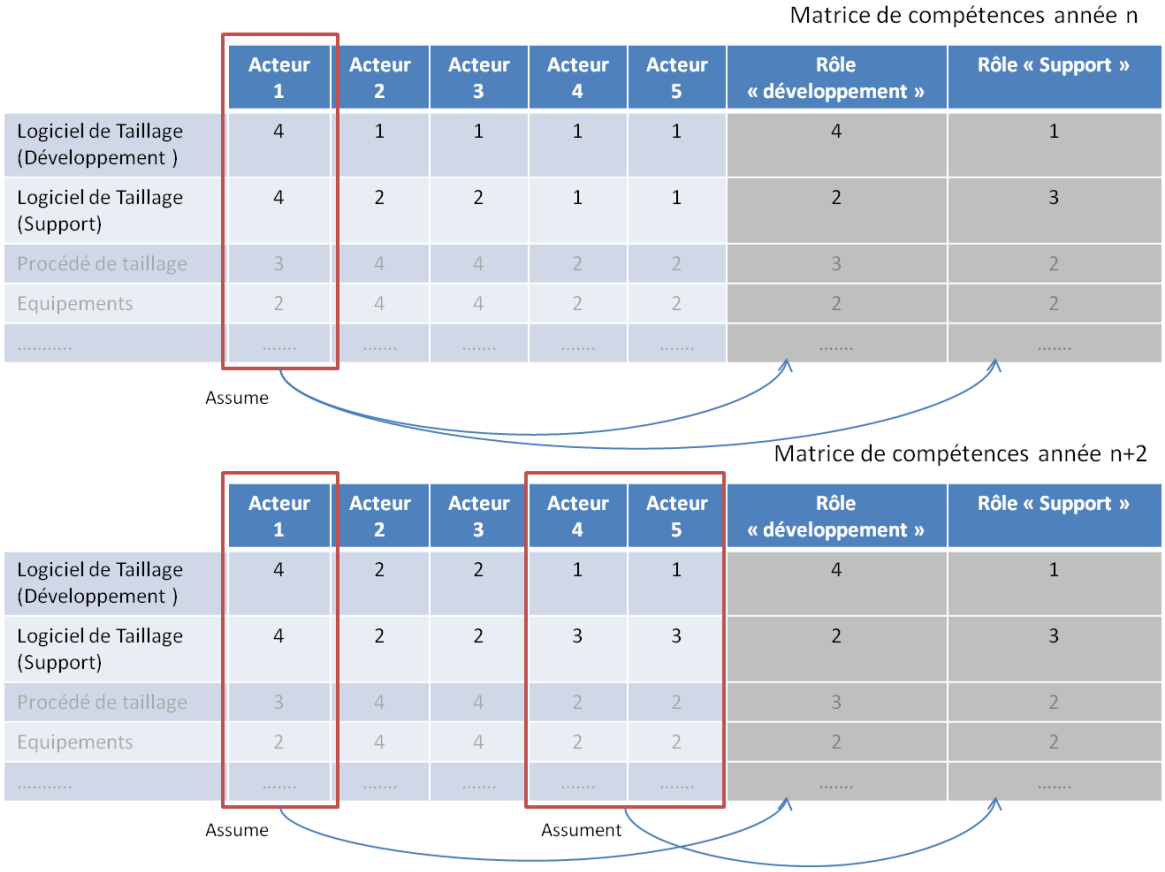


Figure 52 : Extraction de la matrice de compétences du département de taillage

En parallèle de cette évaluation, les fiches de poste (les rôles) des différents acteurs ont été mises à jour pour intégrer et valider ces changements. Le rôle de support identifié est maintenant assumé par les acteurs 4 et 5 (Cf. Figure 52). L'acteur qui a développé le logiciel reste aujourd'hui le responsable des évolutions majeures du logiciel, mais il est maintenant mieux épaulé au niveau de l'organisation car d'autres acteurs peuvent prendre en charge certaines actions sous sa supervision. Cela lui permet de se concentrer sur de nouvelles applications pour le reste de sa mission. L'objectif initial est ainsi atteint.

Ce cas de « transfert de connaissances » étant le plus simple dans la matrice de complexité présentée au Chapitre 3, nous nous concentrons maintenant sur l'explication d'un cas appartenant au scénario 2 avec un niveau de complexité 2.

III.2 Evaluation de l'efficacité d'une action [Scénario 2 / Périmètre 2] selon ACKME

Ce cas d'étude concerne des connaissances et compétences de gestion de projet. La situation initiale était la suivante : Le rôle du Chef de Projet dans l'organisation était peu visible et regroupait une grande hétérogénéité de profils ce qui pouvait laisser penser à des écarts entre les différents acteurs. De plus de multiples formations à la « gestion de projet » existaient à travers l'organisation, certaines étant bien adaptées à ses besoins et d'autres beaucoup moins. Pour montrer et valoriser la contribution opérationnelle de ses équipes, rationaliser son plan de formation et valoriser les perspectives d'évolution pour ce profil, la responsable de l'équipe des Chefs de Projet décida donc de lancer une action d'évolution permettant de redéfinir le rôle, les compétences et les responsabilités des Chefs de Projet dans l'organisation tout en rationalisant le portefeuille de formations associé.

Par rapport à l'évaluation de la maturité de l'organisation (IMMCI=1,5), il était recommandé de conduire cette action de type [Scénario 2/Périmètre 2] avec l'aide d'un Facilitateur. Cela a été le cas avec ce sujet, où deux Facilitateurs furent intégrés dès le début de l'étude.

Le rôle de Chef de Projet a donc été formalisé en prenant les différentes catégories du modèle de rôle proposé dans ce travail de recherche. Cette vue a été déclinée selon une vue matricielle en formalisant trois profils différents de Chef de Projet montrant une progression en terme de niveau de compétence, mais aussi de missions attribuées et de responsabilités. Ce travail a aussi permis de mettre en œuvre des matrices de compétences en formalisant les niveaux attendus en fonction des différents profils de Chef de Projet. Les actions mises en œuvre dans ce scénario ont donc été focalisées sur la mise en œuvre de tous les outils permettant à la responsable des Chefs de Projet de mettre en œuvre la boucle de pilotage complète (identification, développement et évaluation des compétences).

L'évaluation de ce scénario est donc décalée. En effet, on pourra vraiment statuer de l'efficacité des actions mises en œuvre lorsque la boucle de pilotage sera mise en œuvre sur plusieurs chantiers d'évolution et considérée comme pérenne. L'implémentation de ce scénario datant de moins d'un an lors de la rédaction de ce mémoire, nous n'avons qu'une prise de recul limitée pour évaluer son efficacité. Cependant, les premiers résultats obtenus sont encourageants. Premièrement, le portefeuille des formations a été rationalisé et adapté pour permettre un développement optimum des compétences des Chefs de Projet. Ainsi le portefeuille est passé d'une dizaine de formations, à trois formations pour correspondre à la progression des trois profils de Chef de Projet. Deuxièmement, les matrices de compétences et plus généralement la démarche complète ont pu être poussées à travers ces actions au niveau du département des ressources humaines, pour intégration. Troisièmement, les matrices ont été utilisées pour formaliser les premières évaluations de compétences avec ce nouveau système, suite aux différentes formations et définir des plans d'action pour les prochaines années ; notamment un plan d'action autour de la création d'une communauté de Chef de Projets pour le partage de connaissances. Finalement, l'ensemble de ces outils constitue un référentiel qui peut être utilisé pour identifier les personnes dans l'organisation Ingénierie qui auraient les compétences pour assurer le rôle de Chef de Projet. En effet, l'organisation compte pour le moment sur une dizaine de Chefs de Projet à temps plein. Ces derniers sont épaulés sur des sujets aux périmètres plus restreints pas des acteurs des métiers techniques qui assument alors un rôle de Chef de Projet Métier (l'équivalent du premier profil de Chef de Projet du référentiel). Le fait d'avoir réintégré ce mode de

fonctionnement au niveau du référentiel permet de détecter et de former de futurs Chefs de Projet pour anticiper les évolutions des ressources humaines.

Finalement, pour compléter cette illustration de l'approche, la section suivante présente un cas appartenant au niveau de complexité le plus élevé sur la matrice de complexité d'ACKME.

III.3 Evaluation de l'efficacité d'une action [Scénario 3 / Périmètre 3] selon ACKME

Ce cas d'étude, comme le premier, concerne des connaissances et compétences techniques, mais d'une organisation différente. La situation initiale était la suivante : Un département chargé d'industrialiser les données de fabrication des nouveaux produits se retrouvait face à des enjeux importants d'amélioration de son efficacité opérationnelle. Le nombre de nouveaux produits à industrialiser avait été multiplié par sept en six ans et cette dynamique allait s'accélérer, alors que le nombre d'acteurs dans l'équipe restait relativement stable et allait le rester. L'enjeu pour le département était donc d'améliorer la qualité des données liées aux produits que ses équipes produisaient. Ces données constituaient une part des consignes envoyées aux machines pour usiner point par point les surfaces des verres ainsi que leurs contours. L'objectif du département était donc d'augmenter son taux de « données exportées sans erreur » dès la première exportation de données pour diminuer le nombre d'itérations de conception, couteuses en temps et en ressources.

Pour répondre à cet objectif, après une analyse de l'enjeu et de ses impacts à travers les différentes dimensions d'ACKME (Carte d'identité et modélisation organisationnelle), le constat fut établi qu'il fallait faire évoluer l'organisation sur les trois dimensions du modèle :

- Sur la gestion de l'organisation, en révisant les missions du département et en restructurant le processus d'industrialisation et notamment les interactions, en son sein, entre les différentes équipes contributrices,
- Sur la gestion des connaissances, en identifiant plus clairement les activités du processus d'industrialisation, leurs livrables, les informations et les connaissances générées à chaque étape mais aussi les connaissances mobilisées pour réaliser ces différentes activités,
- Sur la gestion des compétences en identifiant les missions de chaque rôle, ce qui à nécessité d'identifier de nouveaux rôles et de nouvelles compétences à développer dans l'organisation pour pouvoir accélérer la réalisation du processus d'industrialisation.

Une action de ce type impacte donc l'organisation sur les trois dimensions mentionnées ci-dessus, ainsi que ses clients et partenaires sur leurs modes de fonctionnement et les livrables reçus. Elle est donc du type ([Scénario 3/Périmètre 3]). Par rapport à l'évaluation de la maturité de l'organisation (IMMCI=1,5), ce sujet était donc ambitieux, tant en termes d'effort à fournir que de risques à lever. Pour rappel, le score obtenu à l'IMMCI dépassant la médiane du niveau de maturité 2, il est admis que l'organisation peut, de manière occasionnelle, engager des actions à portée d'une organisation de maturité 3 (Cf. Chapitre4)). Le sujet a donc été défini comme la priorité du département, portée et soutenue par son responsable, et a impliqué la quasi-totalité des équipes du département (40-50 personnes), avec un Chef de Projet dédié pendant un an. De notre côté, nous avons été impliqués comme Facilitateur dédié tout au long de ce sujet.

Les livrables obtenus à travers ce chantier d'évolution sont multiples. Nous résumons les principaux d'entre eux ici :

Sur la partie gestion de l'organisation :

- Une clarification des missions du département selon trois catégories par niveau d'importance (Missions Principales, Missions Dérivées, Missions Périphériques),
- Une redéfinition du processus d'industrialisation, optimisant les interactions entre les différentes équipes impliquées. Notamment en veillant à favoriser une intégration amont des équipes pour identifier au plus tôt d'éventuels problèmes, ainsi que des revues de conception de type « Go/No Go avant export » (Cf. Chapitre 4, Figure 25). Ce point rejoint les travaux sur le processus de prise de décision présenté au Chapitre 4.

Sur la partie gestion des connaissances :

- Une redéfinition des éléments requis et des livrables pour chaque activité du nouveau processus d'industrialisation,
- Une cartographie des connaissances nécessaires pour chaque activité du processus,
- Une évolution technique des outils de gestion de base de données utilisés, ainsi que de leurs modes opératoires mis à jour.

Sur la partie gestion des compétences :

- Une redéfinition des rôles impactés en utilisant le modèle de rôle, ainsi que la définition d'un nouveau rôle,
- L'identification d'une nouvelle compétence à développer dans le département pour accélérer l'industrialisation : Compétence de Modélisation / Simulation pour éviter de mettre en œuvre systématiquement des plans de tests avec la réalisation de verres physiques.

Comme pour le premier cas présenté dans ce chapitre, l'évaluation des compétences a été effectuée en amont aux actions d'évolution, puis par l'année n+1 et l'année n+2. L'évolution est moins marquée qu'avec le scénario 1 car elle concerne un périmètre plus large. Cela se traduit par une augmentation générale du niveau de compétence des équipes sur différentes compétences. On peut constater notamment une reconfiguration des compétences des acteurs qui ont été identifiés comme endossant le nouveau rôle issu de ces travaux. Le point sur lequel le parallèle est important avec le scénario 1 concerne la nouvelle compétence de modélisation/ simulation, où, comme pour le scénario avec le logiciel de taillage, nous avons constaté que certains acteurs sont passés d'un niveau 1 de connaissance générale à un niveau 3 voire 4 pour l'un des acteurs de l'organisation. De plus cette compétence s'est aussi traduite par la description d'une mission spécifique qui a été réintégrée dans la fiche de rôle correspondante (Ingénieur Calcul).

Pour compléter cette évaluation sur la base de la montée en compétence des équipes, ce scénario a aussi fait l'objet d'un suivi avec des indicateurs d'activité dédiés, mis en place par l'organisation. Une amélioration nette de la performance de l'activité de l'équipe entière transparait de ces indicateurs. En effet, un an et demi après la mise en œuvre des actions listées ci-dessus, la qualité de la donnée produit délivrée par le département a augmenté de 40 %. Cette amélioration de performance opérationnelle a permis à l'organisation de faire face à des sollicitations toujours plus importantes en termes de nombres de produits à traiter et l'a encouragée à rester dans cette dynamique d'amélioration continue de manière autonome. La démarche est donc aujourd'hui entretenue par les managers, et les matrices de compétences sont utilisées pour valider l'adéquation entre les changements opérés et les ressources humaines disponibles dans l'organisation.

III.4 Synthèse

Ces trois cas de mise en œuvre permettent de vérifier la pertinence du cadre d'évolution proposé à travers ce travail de recherche. Nous avons choisi ces trois cas car ils sont représentatifs des différents scénarios de notre cadre d'évolution. Au travers de ce mémoire nous avons plusieurs fois étayé notre propos par des exemples issus des actions opérationnelles menées avec les équipes Ingénierie d'Essilor. Nous profitons de cette section pour présenter un résumé de ces différentes expérimentations en utilisant comme support la matrice de complexité d'ACKME (Cf. Figure 53).

Comme nous l'avons expliqué dans le second cas présenté dans cette fin de chapitre, les actions menées dans ce cadre d'évolution ont souvent une portée sur du moyen voire long terme. Ce point est important à prendre en compte dès les premières étapes de la mise en œuvre d'actions d'évolution pour bien cadrer l'aspect communication des résultats et adhésion des équipes.

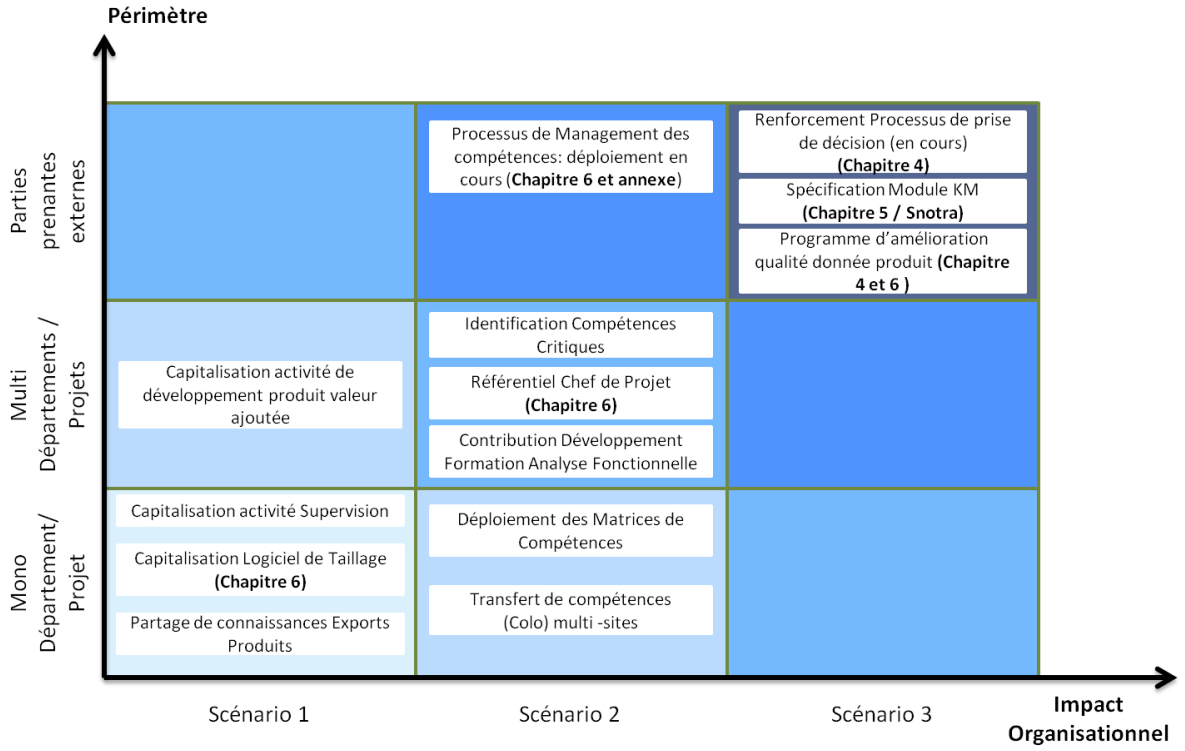


Figure 53 : Résumé des différentes contributions opérationnelles menées chez Essilor

IV. Conclusion

L'évaluation des performances d'une organisation est, et reste, un sujet difficile à traiter, surtout lorsque l'on met en œuvre des approches d'évolution de l'organisation à travers des actions sur les connaissances et les compétences des acteurs.

Dans ce chapitre, nous avons présenté une évaluation de l'efficacité du cadre d'évolution proposé à travers ce travail de recherche en se basant sur une démarche compétence. De plus, nous avons proposé des axes pour faciliter l'intégration de cette démarche dans un processus de gestion des ressources humaines. Ce dernier point permet de vérifier l'intégration de ce cadre d'évolution dans le

management de l'organisation en faisant le lien entre une vision managériale et une vision ressource humaine de la conduite du changement.

Le postulat proposé ici consiste à considérer qu'une compétence, acquise et mise en œuvre, traduit une performance reconnue. Ce postulat se trouve ainsi vérifié au travers des différentes mises en application de l'approche complète (dernière section de ce chapitre). Dans le cadre de l'évolution d'une organisation proposée par ACKME, la vérification de ce postulat implique que les éléments associés à la compétence ont aussi atteint le niveau de performance requis, donc que l'évolution de l'organisation a été efficace. La compétence est donc vue ici comme une composante « intégratrice » des différents éléments impactés par l'évolution d'une organisation. Ainsi, la pertinence et l'efficacité de mise en œuvre des trois contributions majeures proposées dans ce mémoire de thèse sont donc vérifiées.

Ce chapitre, en proposant une boucle de pilotage, complète ainsi la démarche d'évolution de l'organisation sur la base des connaissances et des compétences de ses acteurs. Pour rappel, KROM (Chapitre 3) a fourni le cadre conceptuel d'action et de modélisation d'entreprise. Ensuite, ACKME (Chapitre 4) a fourni un cadre de pilotage de l'évolution d'une organisation selon trois axes : la gestion de l'organisation, la gestion des connaissances et la gestion des compétences. Pour finir, DOCK (Chapitre 5) a, quant à lui, apporté une contribution spécifique au domaine de l'ingénierie des connaissances, tout en se basant lui aussi sur le cadre conceptuel KROM. Ce dispositif complet, avec la boucle de pilotage par les compétences, est aujourd'hui partiellement mis en œuvre chez Essilor. Des pilotes ont pu être mis en œuvre et le dispositif complet demande aujourd'hui à être rendu systématique dans les pratiques managériales de l'organisation Ingénierie.

EN BREF…

Problématique de l'évaluation de l'efficacité des actions mises en œuvre

La nature organisationnelle des connaissances et compétences les lie profondément à l'organisation qui les met en œuvre ; à ce titre, elles constituent des leviers d'efficacité adaptés car elles sont à la fois spécifiques à chaque organisation et en même temps leurs modes de gestion sont diffusables largement. Or, du fait que les connaissances et les compétences sont des actifs intangibles, étroitement liés aux acteurs et aux organisations qui les mettent en œuvre, leur contribution est difficilement exprimable à travers des indicateurs opérationnels.

Le parti pris ici pour évaluer les apports des évolutions proposées à travers le cadre ACKME, est d'utiliser l'évaluation de la montée en compétence de l'organisation comme vérification de l'efficacité des actions mises en œuvre.

Pilotage de l'évolution d'une organisation à travers l'évolution des compétences de ses acteurs

Nous avons proposé un cycle de pilotage de l'évolution d'une organisation basée sur les différents modèles et approches proposés dans ce travail de thèse et sur un cycle de gestion des compétences selon 3 étapes principales :

- L'identification des compétences
- L'utilisation et le développement des compétences
- L'évaluation des compétences

Pour finir cette section propose une discussion rapide sur l'intérêt de rapprocher ce cycle de pilotage des compétences avec un processus de gestion des ressources humaines.

Mise en œuvre : premiers retours consolidés de la mise en œuvre pour l'Ingénierie Essilor

Trois cas d'utilisation ont été discutés dans ce chapitre pour illustrer les impacts du cadre proposé :

- [Scénario 1, Périmètre 1] : Cas du transfert de connaissances dans une organisation.
- [Scénario 2, Périmètre 2] : Cas de la structuration de la boucle complète de gestion des compétences pour des profils de Chef de Projet.
- [Scénario 3, Périmètre 3] : Cas de l'évolution générale d'un département pour optimiser sa performance.

Ces différentes expérimentations montrent ainsi la pertinence associée à l'utilisation d'ACKME pour piloter l'évolution d'une organisation.

Conclusion

Conclusion Générale et Perspectives

Table des matières du Chapitre

I. CONCLUSION GENERALE **201**
I.1 DETAILS DES DIFFERENTES CONTRIBUTIONS DE CES TRAVAUX DE RECHERCHE 201
I.2 SYNTHESE DES CONTRIBUTIONS 203
II. PERSPECTIVES DE RECHERCHE **204**
II.1 MODELISATION D'ENTREPRISE ORIENTEE CONNAISSANCES ET COMPETENCES 204
II.2 INTEGRATION ET DEPLOIEMENT D'ACKME PAR SUPPORT INFORMATIQUE 205
II.3 VERS UNE INGENIERIE DES CONNAISSANCES A L'AIDE DU PARADIGME AGENT ET DU RECOURS AUX ONTOLOGIES 205
II.4 SMA ET MANAGEMENT OPERATIONNEL DES COMPETENCES INDIVIDUELLES 206

« La persévérance est au courage ce que la roue est au levier : c'est le renouvellement perpétuel du point d'appui. »

Victor Hugo

I. Conclusion générale

Ce travail de recherche a permis de proposer des contributions dans plusieurs domaines scientifiques liés à la problématique d'amélioration des performances des organisations par le management opérationnel de leurs connaissances et compétences. Les principaux domaines de contribution de ce travail de recherche sont : la modélisation d'entreprise, l'évolution des organisations, la gestion des connaissances, la gestion des compétences et les apports des systèmes multi-agents pour l'ingénierie des connaissances.

Les contributions proposées par ce travail de recherche sont les suivantes :

- un modèle conceptuel et une méthode de modélisation d'entreprise orientée connaissances et compétences (Chapitre 3),
- une cadre d'évolution des organisations sur la base du management de ses connaissances et compétences (Chapitre 4),
- une approche de conception de systèmes intelligents à base de connaissances (SIBC) à l'aide du paradigme agent, pour supporter les actions de partage et de réutilisation des connaissances dans les organisations (Chapitre 5).

I.1 Détails des différentes contributions de ces travaux de recherche

Ce mémoire est structuré en **six chapitres principaux** dont le détail est le suivant :

Le **Chapitre 1** de ce mémoire a permis de présenter, dans un premier temps, une étude bibliographique sur les particularités des organisations de conception ainsi que sur les leviers d'amélioration des performances couramment considérés par ces dernières. La seconde partie de ce chapitre a été orientée sur la modélisation d'entreprise, ses apports pour les organisations, ses objectifs et ses concepts généraux. Ce point a été complété par une classification des différentes méthodes de modélisation et des principaux cadres d'architecture d'entreprise existants. De là, la dernière partie de ce chapitre a présenté les concepts de connaissances et de compétences, leurs caractéristiques, ainsi que les approches de gestion des connaissances et des compétences les plus fréquemment rencontrées dans les organisations. L'apport de ce chapitre est de fournir au lecteur un panorama représentatif des concepts, processus, méthodes et outils permettant de faire évoluer une organisation sous l'angle connaissances et compétences.

Le **Chapitre 2** a présenté une seconde étude bibliographique focalisée sur les approches issues du domaine de l'intelligence artificielle (les systèmes multi-agents) et leurs apports pour la gestion des connaissances. La première partie de ce chapitre a permis d'identifier les apports et objectifs des systèmes à base de connaissances. Ensuite, le principe de fonctionnement des systèmes multi-agents et leurs apports à la gestion des connaissances ont été discutés. Pour finir, ce chapitre a présenté les principales méthodologies de conception de systèmes multi-agents développées à ce jour.

Le **Chapitre 3**, premier chapitre de contribution, a débuté par l'introduction de la démarche de recherche structurant l'ensemble de ce travail. Ensuite, le modèle conceptuel **KROM** a été présenté. Ce modèle est dédié à la modélisation des organisations sur la base des connaissances et des compétences. Il présente treize concepts pour modéliser une organisation en vue de favoriser la gestion de cette organisation, la gestion de ses connaissances et de ses compétences. Douze de ces treize concepts se répartissent sur trois domaines qui représentent trois grands points de vue pour considérer une organisation :

- Le domaine de gestion d'une organisation (en se limitant à sa raison d'être et sa structure),
- Le domaine de gestion des connaissances,
- Le domaine de gestion des compétences.

Le treizième concept, celui de l'acteur, articule ces trois domaines.

Sur la base de ce modèle conceptuel, la suite de ce chapitre a présenté la méthode de modélisation d'entreprise issue de KROM. Cette méthode consiste à représenter une organisation à partir de quatre modèles principaux couvrant les trois domaines de KROM :

- Le modèle de la structure organisationnelle (domaine de la gestion de l'organisation)
- Le modèle de processus (domaine de la gestion de l'organisation)
- Le modèle d'activité (domaine de la gestion des connaissances)
- Le modèle de rôle (domaine de la gestion des compétences)

Finalement, ce chapitre s'est terminé par une discussion sur les apports de la méthode de modélisation d'entreprise proposée et de son cadre de modélisation KROM.

Suite à la proposition de cette méthode de modélisation d'entreprise orientée connaissances et compétences, nous avons proposé au **Chapitre 4** un cadre d'évolution d'une organisation sur la base du management de ses connaissances et compétences. La première partie de ce chapitre a introduit la question de la caractérisation de la maturité d'une organisation, vis-à-vis de la mise en œuvre d'actions de gestion des connaissances et compétences. Cette caractérisation s'appuie sur le recours à trois éléments de diagnostic:

- Un modèle de maturité orienté connaissances et compétences sur quatre niveaux,
- Un audit et un calcul de l'Indice de Maturité du Management du Capital Intellectuel réalisé par l'organisation étudiée (IMMCI),
- Un positionnement de l'organisation par rapport à ces deux éléments.

Suite à ce premier point, la seconde partie de ce chapitre a permis de présenter plus en détail une méthode de préconisation de scénario d'évolutions appelée **ACKME** ; notamment en décrivant les trois temps principaux du déroulement de la méthode, à savoir :

- L'identification de l'état initial de l'organisation (Audit IMMCI + Modélisation organisationnelle issue de KROM),
- Le challenge de l'organisation (Carte(s) d'identité(s) des enjeux prioritaires) et la caractérisation de la complexité de mise en œuvre des scénarios potentiels (Matrice de complexité + Proposition de scénarios),
- La mise en œuvre du ou des scénarios retenus (3 scénarios possibles).

La méthode ACKME a ensuite été illustrée, dans la suite de ce chapitre, par la mise en œuvre sur un cas industriel Essilor. ACKME a ainsi été appliquée sur un scénario amenant à la définition d'un processus de prise de décision en environnement projet dans un département Ingénierie. Pour finir, le chapitre s'est conclu sur une analyse critique des limites et enjeux de l'approche qui peuvent se résumer en deux axes principaux : les limites et enjeux humains, et les limites et enjeux technologiques.

Suite à cela, il a été décidé dans ces travaux de recherche de consolider la partie proposition d'actions pour la gestion des connaissances. En ce sens, le **Chapitre 5** a proposé une troisième contribution, axée sur la conception de systèmes à base de connaissances, pour supporter le partage et leur réutilisation des connaissances dans les organisations. La première partie de ce chapitre a décrit, les enjeux rencontrés par les démarches et approches d'ingénierie des connaissances, ainsi que les apports des approches reposant sur le paradigme agent étudié au chapitre 2. Sur cette base, la seconde partie de ce chapitre a présenté **DOCK**, une approche organisationnelle de conception de systèmes multi-agents pour l'ingénierie des connaissances. DOCK intègre les préceptes de modélisation issus de KROM, afin de concevoir l'architecture fonctionnelle puis organique d'un SMA orienté ingénierie des connaissances. Afin d'illustrer l'application de DOCK sur un cas industriel, la troisième section de ce chapitre a décrit la conception avec DOCK du système multi-agents SNOTRA. L'objectif de ce système est d'apporter une assistance aux acteurs métiers impliqués dans un processus de prise de décision en environnement de conception, par le partage et la réutilisation proactive de connaissances. Cette application a permis d'illustrer les différentes étapes de conception proposées par l'approche DOCK. Pour finir, ce chapitre a proposé une discussion sur l'approche proposée DOCK vis-à-vis des approches de conception de SMA les plus utilisées par la communauté scientifique d'Intelligence Artificielle. L'objectif étant de montrer les avantages et les points à améliorer de l'approche dans son état actuel.

Le **Chapitre 6** a proposé une mise en perspective des trois contributions présentées à travers ces travaux de recherche en proposant d'évaluer l'efficacité du cadre d'évolution proposé et de vérifier son intégration avec des processus de gestion des ressources humaines. Pour ce faire, la première partie de ce chapitre a mis en avant la problématique d'évaluation de l'efficacité des actions de management des connaissances et des compétences rencontrée par les organisations. En effet, du fait que les connaissances et les compétences sont des actifs intangibles, étroitement liés aux acteurs et aux organisations qui les mettent en œuvre, leur contribution est difficilement mesurable. A ce titre le parti pris présenté dans la seconde partie de ce chapitre a été de proposer d'évaluer cette performance au travers de l'évaluation de l'évolution des compétences des acteurs de l'organisation. Cette étape a repris un cycle de gestion des compétences selon 3 étapes principales :

- L'identification des compétences
- L'utilisation et le développement des compétences
- L'évaluation des compétences

Finalement, cette proposition d'évaluation par les compétences a été illustrée au travers de trois exemples mis en œuvre au niveau de l'Ingénierie d'Essilor. Ces exemples ont été choisis de manière à couvrir de façon représentative le panel des scénarios d'évolution pouvant être mis en œuvre à travers ACKME. Ils montrent ainsi la pertinence associée à l'utilisation d'un cycle de gestion des compétences pour évaluer l'efficacité du cadre d'évolution des organisations proposé.

I.2 Synthèse des contributions

Ces travaux de recherche ont permis d'apporter une contribution à la problématique de l'amélioration des performances des organisations au travers de la mise en œuvre d'actions de gestion des connaissances et des compétences. D'un point de vue recherche, les différentes contributions de ces travaux touchent à :

- La place de la connaissance et de la compétence dans le domaine de la modélisation d'entreprise,

- L'identification et la caractérisation d'actions de gestion des connaissances et des compétences adéquates en fonction de la maturité des organisations,
- Les apports des approches orientées agents pour l'ingénierie des connaissances, notamment pour le partage et la réutilisation de ces dernières.

D'un point de vue application industrielle, les différentes contributions de ces travaux et leur mise en œuvre au travers des exemples présentés dans ce mémoire, mais aussi au travers des autres travaux d'ingénierie réalisés avec les équipes de l'Ingénierie d'Essilor, ont notamment permis :

- De mener des chantiers opérationnels de capitalisation et de partage de connaissances pour plusieurs organisations différentes tout en restant dans un cadre conceptuel défini (ACKME),
- De fournir des descriptions détaillées des activités et livrables des différentes organisations par l'intermédiaire de modèles communs (modèles de processus),
- D'accompagner l'évolution de l'organisation, des connaissances et des compétences d'un département d'une cinquantaine de personnes réparties sur trois sites internationaux,
- De construire des référentiels de compétences opérationnels permettant aux managers d'équipes d'identifier les personnes ayant les compétences requises pour endosser des rôles spécifiques, et ainsi permettre à l'organisation d'anticiper et de piloter opérationnellement le développement des compétences requises (exemple du référentiel de Chef de Projet).

Ces différentes contributions sur le plan industriel participent donc à l'amélioration des performances de l'organisation ainsi que de sa capacité d'adaptation et donc d'innovation.

Le travail réalisé durant ces trois années de thèse est le résultat de la combinaison des attentes de l'entreprise et des attentes scientifiques dans l'optique de trouver un optimum opérationnel. Ainsi l'approche d'évolution des organisations n'est pas encore optimale ; des approfondissements à plusieurs niveaux restent à faire. La section suivante s'attache à détailler ces perspectives.

II. Perspectives de recherche

Un travail de recherche sur 3 ans ne peut pas approfondir pleinement l'ensemble des thèmes abordés par le sujet proposé. Il faut le considérer comme une contribution à un ou à plusieurs domaines de recherche, fournissant des résultats pertinents et permettant d'alimenter de nouveaux travaux dans la même voie ou dans des voies connexes. Nous espérons à travers nos travaux avoir apporté une contribution qui permettra à d'autres d'explorer plus en détail certains enjeux et verrous scientifiques et d'apporter, à leur tour, leur contribution. Nous présentons par la suite quatre pistes de recherche issues de ce travail.

II.1 Modélisation d'entreprise orientée connaissances et compétences

A travers ce travail de recherche, nous avons montré la pertinence de l'intégration des concepts de connaissance et de compétence ainsi que leur dynamique dans la modélisation d'entreprise (Chapitre 3). Leur prise en compte dès les premières phases de modélisation permet de ne plus les considérer seulement comme des ressources statiques de l'entreprise, mais bien comme des concepts dynamiques à part entière dont la gestion implique la prise en compte de plusieurs autres éléments d'une entreprise (processus, activités, rôles, responsabilités, etc.). Le postulat poussé dans ces travaux est que la performance de l'entreprise découle de cette prise en compte globale.

Cependant, nous rejoignons aussi Vernadat [Vernadat 2002a] sur le fait que la modélisation d'entreprise est aujourd'hui un domaine qui présente de nombreuses méthodes de modélisation et de nombreux cadres d'architecture, ce qui nuit à leur visibilité et à leur diffusion. La méthode de modélisation supportée par KROM fournit des éléments qui pourraient s'intégrer dans un cadre d'architecture d'entreprise à part entière. En effet, au travers de ses trois domaines, KROM offre une représentation des connaissances de l'entreprise qui peut être appliquée à la gouvernance, à l'organisation, aux processus métiers, à la production technique et à l'exploitation informatique, offrant ainsi une architecture d'entreprise basée sur les connaissances et compétences. De ce fait, de futurs travaux dans le domaine pourraient s'appliquer à continuer cette initiative en convergeant vers un langage de modélisation comme UEML [Vernadat 2002b] pour proposer un langage unifié et des cadres d'architecture considérant la dynamique de gestion des connaissances et des compétences au même titre que les autres mécanismes qui confèrent sa capacité d'évolution à une organisation.

II.2 Intégration et déploiement d'ACKME par support informatique

Lors de nos travaux de conception de la démarche ACKME, nous avons identifié en fin de Chapitre 4, les enjeux et limites de l'approche pour en définir deux catégories principales : les enjeux et limites humaines et les enjeux et limites technologiques. La première catégorie reste à charge de chaque organisation qui déploie la démarche, de par la spécificité même de fonctionnement de chacune d'entre elles. La seconde catégorie, quant à elle, fournit plusieurs éléments d'évolution dans l'optique de rendre ACKME plus intégrée et facilement déployable dans plusieurs organisations. En effet, ACKME repose sur trois grandes étapes que sont :

- Le diagnostic de la situation initiale (Modélisation d'entreprise et Audit IMMCI)
- La priorisation et le choix des axes d'évolutions (Carte d'identité et matrice de complexité)
- La conduite du changement (déroulement des scénarios)

Ces trois étapes sont conduites, aujourd'hui, de façon relativement manuelle. Un axe d'évolution consiste donc à considérer les différents moyens et supports pouvant être mis en place pour consolider la démarche et l'intégrer dans un outil. Ce dernier permettrait à l'organisation de piloter son évolution et d'apprendre des différentes actions mises en œuvre pour faciliter la conduite du changement à venir. Ainsi en mettant en corrélation l'audit IMMCI, les actions mises en œuvre et la modélisation d'entreprise, un futur système d'aide au changement pourrait fournir des préconisations d'actions adaptées à l'organisation et à ses objectifs d'évolution. Pour ce faire, on peut penser à avoir recours à des techniques de type Raisonnement à Partir de Cas (RàPC) [Aamodt & Plaza 1994; Roldan Reyes et al. 2015; Riesbeck & Shank 1989] pour créer une base de cas évolutive sur les scénarios mis en œuvre, ainsi que d'utiliser les technologies agents pour faire les corrélations entre les différents éléments (Audit, niveau de maturité, modélisation d'entreprise, scénarios, etc.), raisonner et proposer des évolutions de manière proactive. Le système complet pourrait fournir ainsi un assistant au pilotage de la transformation de l'entreprise en vue d'améliorer ses performances.

II.3 Vers une ingénierie des connaissances à l'aide du paradigme agent et du recours aux ontologies

Dans ces travaux de recherche, nous avons proposé de prendre en compte au plus tôt les aspects connaissance et compétence dans la conception de systèmes à base de connaissances. Pour ce faire,

nous avons utilisé le paradigme agent pour proposer une méthode de conception de SMA orientés vers la gestion des connaissances des organisations humaines.

Plusieurs études [Lahoud et al. 2012; Monticolo et al. 2012; Liu & Jiang 2013; Garcia et al. 2009] ont déjà montré que les SMA sont capables de gérer une grande quantité d'informations. On peut donc envisager la prise en compte par un SMA dédié à la gestion des connaissances de plusieurs organisations ayant une structure et un mode de fonctionnement différents mais partageant des connaissances similaires. L'approche de conception DOCK pourrait donc faire l'objet de consolidation pour lui permettre de prendre en compte cette complexité supplémentaire dans la conception de SMA ainsi que de consolider les aspects implémentation, test et outils supports qui sont aujourd'hui les axes principaux de développement de DOCK.

En plus de ce premier point de développement, il est important d'identifier comment les SMA conçus avec DOCK peuvent s'appuyer sur une ou des ontologies du ou des domaines supportés pour donner aux agents réactifs une meilleure vue des connaissances manipulées et ainsi leur apporter un plus grand éventail d'actions. En effet, l'ontologie permet de spécifier une certaine compréhension d'un domaine donné [Uschold & Gruninger 1996; Gruber 1993; Guarino & Giaretta 1995; Charlet 2004]. L'ontologie peut ainsi fournir une sémantique et un vocabulaire détaillé pour décrire les objets du ou des domaines aux agents et ainsi faciliter l'annotation et la recherche de connaissances pour les utilisateurs.

Dans le cadre de la capitalisation des connaissances, l'ontologie peut être utilisée pour l'annotation des ressources. De plus, les travaux sur la recherche d'informations à partir des ontologies avec des mécanismes, tels que le calcul des distances sémantiques et des distances ontologiques, apportent d'autres perspectives qui pourraient améliorer l'efficacité du travail des agents dans les systèmes de gestion des connaissances conçus avec DOCK.

II.4 SMA et management opérationnel des compétences individuelles

L'une des difficultés majeures lors de la mise en œuvre d'une approche de gestion des connaissances et/ou des compétences en entreprise reste l'évaluation de son impact sur la performance de l'organisation. Comme présenté à travers ces travaux, la performance est une notion difficile à aborder dans sa globalité. De ce fait, elle est souvent évaluée au travers d'indicateurs génériques qui sont adaptés pour répondre à des points de vue et des objectifs spécifiques à chaque organisation. Afin de dépasser cette problématique de « personnalisation » de la notion de performance, nous avons proposé dans ces travaux de recherche, d'évaluer l'efficacité du cadre d'évolution proposé en se basant sur l'évaluation de la montée en compétence des acteurs de l'organisation.

Le postulat défendu dans ces travaux est de considérer qu'une compétence, acquise et mise en œuvre, produit une performance reconnue. Cela implique que les éléments associés à la compétence ont aussi atteint le niveau de performance requis, donc que l'évolution de l'organisation a été efficace. La compétence est donc vue ici comme une composante « intégratrice » des différents éléments impactés par l'évolution d'une organisation (Processus, activités, rôles, connaissances, missions, etc.) [Bonjour & Micaëlli 2010].

Cependant, ces différents éléments font partie, par extension, des éléments supportés par le SMA conçu selon la méthode DOCK. Ce SMA peut donc apporter un outil et un suivi des actions d'évaluation identifiées dans le processus de management des compétences. Il peut ainsi proposer une aide factuelle lors des points de rencontre entre un manager d'équipe et ses collaborateurs pour

évaluer la montée en compétence des différents acteurs de l'organisation. Mais ce lien peut aussi se faire dans l'autre sens ; notamment en ayant recours au SMA pour aider à mettre en œuvre les différentes actions de montée en compétence. Par exemple, le SMA peut être utilisé pour recommander, de manière proactive, des connaissances aux utilisateurs en fonction des compétences qu'ils doivent acquérir.

L'investigation de ces différentes perspectives permettrait donc, à terme, de proposer une offre complète permettant aux organisations de mettre en œuvre ACKME, tout en s'appuyant sur un ou des systèmes multi-agents. Ces systèmes offriraient ainsi une assistance proactive aux organisations pour piloter leur évolution, la gestion de leurs connaissances et la gestion de leurs compétences opérationnelles, dans le but d'augmenter leurs performances.

Glossaire

A

ACKME (Approach for Competences and Knowledge Management Enhancement)	ACKME est une méthode d'aide à l'évolution d'une organisation au travers du management de ses connaissances et compétences. ACKME est la seconde contribution de ce travail de recherche	……97
Acteur	Un Acteur est une personne ou une équipe physique. Un acteur appartient à une ou plusieurs organisation(s), réalise des activités et assume un ou plusieurs rôles pour y parvenir.	……76
Activité	L'activité est la transformation, au cours du temps et dans un contexte donné d'intrants (concrets ou abstraits) en extrants répondant à un objectif défini, tout en respectant des contraintes extérieures et en mobilisant différentes ressources. Elle est une étape élémentaire d'un processus et elle se décompose en un ensemble de tâches élémentaires réalisées par un individu ou un groupe d'individus [Vernadat 2002b; Lorino 2003].	……31
Agent	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 [Jennings and Wooldridge 1998] & [Ferber and Gutknecht 1998].	……58
Architecture	L'architecture est « l'organisation fondamentale d'un système, incorporée dans ses composants, leurs rapports entre eux et l'environnement, et les principes régissant sa conception et son évolution» [ANSI/IEEE Std-1471- 2000].	……36
Architecture d'entreprise	L'architecture d'entreprise est « la logique structurante pour les processus métiers et l'infrastructure informatique, reflétant les exigences d'intégration et de standardisation du modèle opératoire de l'entreprise. Elle fournit une vision à long terme des processus, des systèmes et des technologies de l'entreprise, afin que les projets individuels puissent construire des capacités et non pas simplement répondre à des besoins immédiats » [Ross, J. W., Weill, P., & Robertson 2006].	……37

C

Compétence — La compétence est une combinaison de connaissances, savoir-faire, expériences et comportements s'exerçant dans un contexte précis. Elle se constate lors de sa mise en œuvre en situation professionnelle à partir de laquelle elle peut être validée [MEDEF 2002]. ……42

Connaissance — La connaissance est une représentation que se (re-)construit un individu à partir d'un ensemble d'informations dans un contexte donné. ……41

D

DOCK (Design based on Organization, Competences and Knowledge) — DOCK est une approche organisationnelle de conception de SMA orientés vers des applications d'ingénierie des connaissances. DOCK est la troisième contribution de ce travail de recherche ……143

Domaine d'interaction *(Concept de KROM)* — Le domaine d'interaction englobe toutes les actions et situations qui peuvent conduire un acteur, à travers le rôle qu'il occupe, à interagir avec d'autres acteurs ayant le même rôle ou des rôles différents. ……79

G

Gestion des compétences — La gestion des compétences recouvre l'ensemble des pratiques destinées à mobiliser et à développer les compétences des individus et des groupes, afin de réaliser la mission de l'entreprise et d'améliorer les performances des collaborateurs [Beirendonck 2006]. ……46

Gestion des connaissances — La gestion des connaissances regroupe toutes les méthodologies, méthodes et outils permettant de supporter le cycle de vie des connaissances, et les combiner dans les processus, produits et organisations afin de créer de la valeur. ……44

GRH (Gestion des Ressources Humaines) — La gestion des ressources humaines ou GRH, recouvre l'ensemble des pratiques mises en œuvre pour administrer, mobiliser et développer les ressources humaines impliquées dans l'activité d'une entreprise ou d'une organisation. ……179

I

IMMCI (Indice de Maturité d'une organisation vis-à-vis du Management de son Capital Intellectuel)	L'IMMCI est un indicateur de la maturité d'une organisation sur le plan de sa gestion des connaissances et des compétences. Il est proposé dans ce travail comme un élément de la phase de diagnostic d'ACKME	……104

K

KBE (Knowledge Based Engineering)	Le KBE, traduit par Conception à Base de Connaissances, est une discipline associant un système à base de connaissances à des activités de conception en vue de les faciliter, notamment par la conception assistée par ordinateur.	……17
KBS (Knowledge Based System)	Le KBS, traduit par Système à Base de Connaissances (SBC), est un programme informatique qui utilise une base de connaissance et raisonne afin de résoudre des problèmes complexes.	……57
KROM (Knowledge Reuse Organizational Model)	KROM est un modèle organisationnel d'entreprise qui a pour but d'expliciter les liens entre connaissances, compétences et organisation. KROM est la première contribution de ce travail de recherche	……71

L

Livrable *(Concept de KROM)*	Le livrable est la sortie matérielle de l'activité. Derrière cette notion, on considère bien sûr les éléments physiques mais aussi les éléments plus intangibles comme des données ou des résultats bruts. Cet élément est spécifique à l'activité dont il provient. Il est donc difficilement réutilisable en l'état dans un contexte différent de celui de l'activité qui l'a produite.	……78

M

Mission *(Concept de KROM)*	La mission correspond à ce qui est accompli par l'organisation. Ainsi une organisation peut accomplir une à plusieurs missions. Ce sont ces dernières qui donnent un cadre directeur et le sens de leurs contributions aux équipes appartenant à l'organisation. Ces dernières peuvent contribuer de manière ponctuelle ou continue à une ou plusieurs missions définies par l'organisation	……77
MME (Méthode de Modélisation d'Entreprise)	Une MME fournit la description de l'organisation des processus d'un système soit dans le but de les simuler pour comparer divers scénarios, soit dans le but de les analyser et de les restructurer pour améliorer la performance du système.	……32

Mode opératoire *(Concept de KROM)*	Voir Schéma d'action	……78

O

Objectif *(Concept de KROM)*	Un objectif définit un but à atteindre pour l'organisation. Il incarne donc la raison d'être de celle-ci. Une organisation vit et perdure par les objectifs qu'elle doit remplir	……77
Ontologie	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 [Hadzic et al. 2009]. Elle constitue donc un cadre unifié à différents points de vue qui sert de base à la communication entre les systèmes et les utilisateurs [Gandon 2002].	……62
Organisation (au sens agent)	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 [Dignum et al. 2004].	……60
Organisation (au sens commun)	L'organisation est définie ici comme une entité structurée et clairement identifiée, qui se compose d'un ensemble d'acteurs partageant des objectifs et des moyens communs. Ce peut être une équipe, un département, une communauté. Elle est en effet un tout qui peut se décomposer en organisations de plus petites tailles selon un principe récursif. Cette décomposition prend fin lorsque que l'on arrive à l'élément unitaire de l'organisation qu'est l'individu.	……76

P

Processus	Le processus est un ensemble d'activités reliées entre elles par des flux d'information ou de matière significatifs qui se combinent pour fournir un produit matériel ou immatériel important et bien défini [Lorino 2003]. Un processus d'entreprise doit permettre de répondre à une mission générique que la stratégie d'entreprise a formulée [AFIS 2009].	……31

R

Responsabilité *(Concept de KROM)*	La responsabilité définit l'ensemble des règles organisationnelles, qu'elles soient tacites ou explicites, qui définissent comment se déroulent les interactions entre les rôles à travers la réalisation des différentes activités. Cela englobe notamment les relations de hiérarchie qui se dessinent entre les différents rôles impliqués dans la réalisation d'un processus.	……79

Rôle *(Concept de KROM)*	Le Rôle est la représentation de la position fonctionnelle d'un acteur au sein d'une organisation. Plusieurs rôles peuvent être définis par une même organisation, et la définition d'un même rôle peut aussi être partagée entre plusieurs organisations. Un rôle est défini par un ensemble d'attributs : la connaissance, le schéma d'action, la compétence, la responsabilité et le domaine d'interaction.	……78

S

SBC (Système à Base de Connaissances)	Un SBC est un programme informatique qui utilise une base de connaissance et raisonne afin de résoudre des problèmes complexes. *(Voir aussi KBS)*	……57
Schéma d'action	Le schéma d'action (ou mode opératoire) correspond à la combinaison de l'ensemble des éléments que les acteurs mobilisent pour réaliser l'activité. Pour partager, mutualiser et réutiliser ces expériences, les acteurs peuvent formaliser un schéma d'action communément accepté et mis en œuvre au travers de procédures ou modes opératoires formels	……78
SIBC (Système Intelligent à Base de Connaissances)	Un SIBC est une déclinaison d'un SBC utilisant le paradigme agent pour utiliser des connaissances et raisonner par rapport à son environnement.	……67
SMA (Système Multi-Agents)	Un SMA est un système informatique composé d'un ensemble d'agents, situés dans un certain environnement et interagissant selon certaines relations.	……18
SNOTRA	Système multi-agents proposé dans ce travail pour supporter le cycle de gestion des connaissances sur un processus de prise de décision pour les projets de conception.	……143
Structure Organisationnelle	La structure organisationnelle correspond à la structure opérationnelle de l'organisation. Elle englobe tous les éléments qui permettent de structurer l'organisation comme les modes de travail, des rôles, des notes d'organisation, etc. Une même organisation peut ainsi évoluer pour adopter une nouvelle structure organisationnelle desservant mieux ses objectifs opérationnels ou s'appuyer sur plusieurs structures [Robbins and Judge 2013].	……102

Références

AAMODT, A. & PLAZA, E., 1994. Case-based reasoning: Foundational issues, methodological variations, and system approaches. *AI communications*, 7(1), pp.39–59.

ABDUL-JALAL, H., TOULSON, P. & TWEED, D., 2013. Knowledge Sharing Success for Sustaining Organizational Competitive Advantage. *Procedia Economics and Finance*, 7(Icebr), pp.150–157.

ABECKER, A., BERNARDI, A. & VAN ELST, L., 2003. Agent technology for distributed organizational memories. In *Proceedings of the 5th International Conference On Enterprise Information Systems*. Angers, FRANCE, pp. 3–10.

ACGPS, 1993. *Dictionnaire de la gestion de la production et des stocks* Québec/Amé., (AGPS) Association Canadienne pour la Gestion de la Production et des Stocks (HEC) Ecoles des Hautes Etudes Commerciales.

ACUÑA, S.T. & JURISTO, N., 2004. Assigning people to roles in software projects. *Software - Practice and Experience*, 34(7), pp.675–696.

AFIS, 2009. Découvrir et comprendre l'Ingénierie Système. In *Ouvrage collectif préparé par le Groupe de Travail Ingénierie Système, Association Française d'Ingénierie Système*. Version 3. pp. 1–259.

AFNOR, 1995. *Analyse fonctionnelle - L'analyse fonctionnelle outil interdisciplinaire de compétitivité. FD X50-101. Décembre 1995*,

AFNOR, 2011. *Management par la valeur - Analyse fonctionnelle, caractéristiques fondamentales. NF X50-100. Novembre 2011*,

AHMAD, S. & SCHROEDER, R.G., 2003. The impact of human resource management practices on operational performance: recognizing country and industry differences. *Journal of Operations Management*, 21(1), pp.19–43.

AKBARI, O.Z., 2010. A survey of agent-oriented software engineering paradigm : Towards its industrial acceptance. *Journal of Computer Engineering Research*, 1(2), pp.14–28.

ALDEWERELD, H. & DIGNUM, V., 2011. OperettA : Organization-Oriented Development Environment M. Dastani et al., eds. *Lecture Notes in Computer Science (Languages, Methodologies, and Development Tools for Multi-Agent Systems)*, 6822, pp.1–18.

AMICE, 1995. *CIMOSA - Open System Architecture for CIM* 2nd ed. Esprit Consortium AMICE, ed., New York: Springer Berlin Heidelberg.

ANDRADE, J. ET AL., 2010. A Knowledge-Based System for Knowledge Management Capability Assessment Model Evaluation. *WSEAS TRANSACTIONS on COMPUTERS*, 9(5), pp.506–515.

ANSI/IEEE STD-1471-, 2000. *Recommended Practice for Architectural Description of Software-Intensive Systems.*,

ARGENTE, E., BOTTI, V. & JULIAN, V., 2009. Organizational-oriented methodological guidelines for designing virtual organizations. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 5518 LNCS(Part 2), pp.154–162.

ARGENTE, E., JULIAN, V. & BOTTI, V., 2006. Multi-Agent System Development Based on Organizations. *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, 150(3), pp.55–71.

BADKE-SCHAUB, P. & GEHRLICHER, A., 2003. Patterns of decision in design : Leaps, Loops, Cycles, Sequences and Meta-processes. In *14th International Conference on Engineering Design (ICED03)*. STOCKHOLM, pp. 313–314.

BAIZET, Y., 2004. *La gestion des connaissances en conception : application à la simulation numérique chez Renault-DIEC*. Université Joseph Fourier .

BALJAK, V. ET AL., 2012. S-CLAIM: An Agent-based Programming Language for AmI, A Smart-Room Case Study. *Procedia Computer Science*, 10, pp.30–37.

BARNEY, J., 1991. Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of management*, 17(1), pp.99–120.

BATTILANA, J. ET AL., 2010. Leadership competencies for implementing planned organizational change. *Leadership Quarterly*, 21(3), pp.422–438.

BAUMARD, P., 1996. Organizations in the Fog : An Investigation into the Dynamics of Knowledge. In B. Edmondson & A. Moingeon, eds. *Organizational Learning and Competitive Advantage*. London, pp. 74–91.

BEIRENDONCK, L., 2006. *Tout compétents ! Le management des compétences dans l'entreprise* De Boeck, ed., France.

BEKHTI, S., 2003. *DYPKM, Un processus dynamique de définition et de réutilisation de mémoires de projets*. Thèse de Doctorat, Université de Technologie de Troyes.

BEKHTI, S. & MATTA, N., 2003. A formal approach to model and reuse the project memory. *Journal for universal computer science*, 6, pp.12–22.

BELKADI, F. ET AL., 2012. A meta-modelling framework for knowledge consistency in collaborative design. *Annual Reviews in Control*, 36(2), pp.346–358.

BELKADI, F., 2006. *Contribution au pilotage des compétences dans les activités de conception : De la modélisation des situations à la caractérisation des compétences*.

BELKADI, F., BONJOUR, E. & DULMET, M., 2007. Competency characterisation by means of work situation modelling. *Computers in Industry*, 58(2), pp.164–178.

BELKADI, F., BONJOUR, E. & DULMET, M., 2006. Modelling framework of a traceability system to improve knowledge sharing and collaborative design. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*. pp. 355–364.

BENDER, S. & FISH, A., 2000. The transfer of knowledge and the retention of expertise: the continuing need for global assignments. *Journal of Knowledge Management*, 4(2), pp.125–137.

BENNOUR, M. & CRESTANI, D., 2007. Using competencies in performance estimation: From the activity to the process. *Computers in Industry*, 58(2), pp.151–163.

BERARD, E.V., 2002. Object-Oriented Design. In *Encyclopedia of Software Engineering*.

BERGMANN, R., KOLODNER, J. & PLAZA, E., 2005. Representation in case-based reasoning. *The Knowledge Engineering Review*, 20(03), p.209.

BERIO, G. & HARZALLAH, M., 2005. Knowledge management for competence management. *Journal of Universal Knowledge Management*, 0(1), pp.21–28.

BERIO, G. & HARZALLAH, M., 2007. Towards an integrating architecture for competence management. *Computers in Industry*, 58(2), pp.199–209.

BERIO, G. & VERNADAT, F.B., 1999. New developments in enterprise modelling using CIMOSA. *Computers in Industry*, 40, pp.99–114.

BERLINER, C. & BRIMSON, J.., 1988. *Cost Management for Today's Advanced Manufacturing: The CAM-I Conceptual Design* Harvard Bu., Boston.

BERMELL-GARCIA, P. ET AL., 2012. A framework for management of Knowledge-Based Engineering applications as software services: Enabling personalization and codification. *Advanced Engineering Informatics*, 26(2), pp.219–230.

BLOOM, B.S. ET AL., 1956. *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals: Handbook I, cognitive domain* B. S. Bloom, ed., David McKay Company.

BOISSIER, O. & DEMAZEAU, Y., 1996. ASIC: An architechture for social and individual control and its application to computer vision. *Distributed Software Agents and Applications, Lecture Notes in Computer Science*, 1069, pp.135–149.

BONIFACIO, M., BOUQUET, P. & TRAVERSO, P., 2002. Enabling distributed knowledge management: Managerial and technological implications. *Novatica and Informatik/Informatique*, 3(1), pp.23–29.

BONJOUR, E., 2008. *Contributions à l'instrumentation du métier d'architecte système : de l'architecture modulaire du produit à l'organisation du système de conception*.

BONJOUR, E., DULMET, M. & LHOTE, F., 2002. An internal modeling of competency, based on a systemic approach, with socio-technical systems management in view. In *Systems, Man and Cybernetics, 2002 IEEE International Conference*. p. 6 pp.

BONJOUR, E., GENESTE, L. & BERGMANN, R., 2014. Enhancing experience reuse and learning. *Knowledge-Based Systems journal*, 68, pp.1–3.

BONJOUR, E. & MICAËLLI, J., 2010. Design Core Competence Diagnosis : A Case From the Automotive Industry. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 57(2), pp.323–337.

BOOCH, G., 1991. *Object Oriented Design with Application*, Redwood City, CA, USA: Benjamin-Cummings Publishing Co.

LE BOTERF, G., 2000. *Construire les compétences individuelles et collectives*, Paris: Editions d'Organisation.

LE BOTERF, G., 2002. *Ingénierie et évaluation des compétences* 4ème ed., Paris, France: Editions d'Organisation.

BOTTI, V. & GIRET, A., 2008. *ANEMONA: A multi-agent methodology for Holonic Manufacturing Systems*, London: Springer London.

BOUCHER, X., 1999. *Contribution méthodologique pour la gestion de filières métiers dans un contexte d'Ingénierie Concourante*. Thèse de doctorat, Université d'Aix, Marseille III.

BOUCHER, X. ET AL., 2007. Formalisation and use of competencies for industrial performance optimisation : a survey. *Computers in Industry*, 58(2), pp.98–117.

BOUCHER, X. & BURLAT, P., 2003. Vers l'intégration des compétences dans le pilotage des performances de l'entreprise. *Journal Europeen des Systemes Automatises*, 37(3), pp.363–390.

BOYATZIS, R.E.., 1982. *The Competent Manager: A Model for Effective Performance* John Wiley., New York.

BRAMS, G.., 1984. *Réseaux de Petri : Théorie et Pratique*, Masson.

BRESCIANI, P. ET AL., 2004. Tropos: An agent-oriented software development methodology. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 8(3), pp.203–236.

BREUKER, J. & VAN DE VELDE, W., 1994. *CommonKADS Library for Expertise Modelling, Reusable Problem Solving Components (Frontiers in Artificial Intelligence and Applications)* J. Breuker & W. Van de Velde, eds., Ios Pr Inc (January 1, 1994).

BROWN, J.S. & DUGUID, P., 1991. Organizational learning and communities-of-practice: Toward a unified view of working, learning, and innovation. *Organization Science*, 2(1), p.40−57.

BUDD, T., 1991. *An Introduction to Object-Oriented Programming*,

CANOS, L. & LIERN, V., 2004. Some fuzzy models for human resource management. *International Journal of Technology, Policy & Management*, 4(4), p.1.

CARLEY, K.M., 2002. Computational organization science: a new frontier. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99 Suppl 3(1), pp.7257–7262.

CERVENKA, R. & TRENCANSKY, I., 2007. *AML : The Agent Modeling Language, A comprehensive Approach to Modeling Multi-Agent Systems*, Berlin: Birkhäuser Verlag AG, Basel • Boston • Berlin.

CHARLET, J., 2004. L'ingénierie des connaissances , entre science de l'information et science de gestion. *Entre la connaissance et l'organisation, l'activité collective <sic_00000805>*.

CHELLA, A. & COSSENTINO, M., 2004. From passi to agile passi: Tailoring a design process to meet new needs. In *Intelligent Agent Technology, 2004.(IAT 2004). Proceedings. IEEE/WIC/ACM*.

CHU, M.-T., KRISHNAKUMAR, P. & KHOSLA, R., 2012. Mapping knowledge sharing traits to business strategy in knowledge based organisation. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 25(1), pp.55–65.

CIGREF, 2008. *L'Architecture d'Entreprise : Un cadre global de coopération pour les acteurs de l'entreprise*,

CMMI PRODUCT TEAM, 2010. *CMMI for Development, Version 1.3*, Pittsburgh, Pennsylvania.

COOPER, D. & LA ROCCA, G., 2007. Knowledge-based Techniques for Developing Engineering Applications in the 21st Century. In *7th AIAA Aviation Technology, Integration and Operations Conference*. Belfast, Northern Ireland, pp. 1–22.

CORKILL, D. & LANDER, S., 1998. Diversity in Agent Organizations. *Object Magazine*, 8(4), pp.41–47.

COSSENTINO, M., 2005. From requirements to code with the PASSI methodology. In *Agent-Oriented Methodologies*. pp. 79–106.

CRIADO, N. ET AL., 2009. Designing virtual organizations. In Y. Demazeau et al., eds. *Advances in Intelligent and Soft Computing*. pp. 440–449.

CRISTINA, G., ISERN, D. & MORENO, A., 2007. *RESEARCH REPORT Software Engineering Methodologies to Develop Multi-Agent Systems : State-of-the-art*, Tarragona, Espagne.

CURRAN, R. ET AL., 2010. A multidisciplinary implementation methodology for knowledge based engineering: KNOMAD. *Expert Systems with Applications*, 37(11), pp.7336–7350.

CURRIE, W.L., 2003. A knowledge-based risk assessment framework for evaluating web-enabled application outsourcing projects. *International Journal of Project Management*, 21, pp.207–217.

CURTIS, B., HEFLEY, W. & MILLER, S., 2001. *People Capability Maturity Model (P-CMM) Version 2.0*, Pittsburgh, Pennsylvania.

DAM, K.H. & WINIKOFF, M., 2004. Comparing Agent-Oriented Methodologies. *Agent-Oriented Information Systems Lecture Notes in Computer Science*, 3030, pp.78–93.

DAMODARAN, L. & OLPHERT, W., 2000. Barriers and facilitators to the use of knowledge management systems. *Behaviour &Information Technology*, 19(6), p.405−413.

DAVENPORT, T.H. & PRUSAK, L., 1998. *Working knowledge: How organizations manage what they know*, Boston, MA: Harvard Business School Press.

DEFELIX, C., 2003. Ce que gérer les compétences veut dire. In A. M. Guenette, M. Rossi, & J. C. Sardas, eds. *Compétences et connaissances dans les organisations, SEES et Revue Economique et Sociale*. pp. 121–128.

DELOACH, S., 2004. The MaSE Methodology. In F. Bergenti, M.-P. Gleizes, & F. Zambonelli, eds. *Methodologies and Software Engineering for Agent Systems*. Springer US, pp. 107–125.

DELOACH, S.A., 2009. OMACS: A Framework for Adaptive, Complex Systems. In V. Dignum, ed. *Handbook of Research on Multi-Agent Systems : Semantics and Dynamics of Organizational Models*. pp. 76–104.

DEMAZEAU, Y., 1995. From interactions to collective behaviour in agent-based systems. In *Proceedings of the 1st. European Conference on Cognitive Science*. pp. 117–132.

DENFORD, J.S., 2013. Building knowledge : developing a knowledge-based dynamic capabilities typology. *Journal of Knowledge Management*, 17(2), pp.175–194.

DEPARTEMENT OF DEFENSE, 2007. *DoDAF 1.5 Volume I - Definitions and guidelines*,

DIGNUM, V., 2004. *A Model for Organizational Interaction : Based on Agents, Founded in Logic*. Thèse de Doctorat, Universiteit Utrecht.

DIGNUM, V., DIGNUM, F. & MEYER, J.-J., 2004. An agent-mediated approach to the support of knowledge sharing in organizations. *The Knowledge Engineering Review*, 19(02), pp.147–174.

DIGNUM, V. & IGI GLOBAL, 2009. *Handbook of Research on Multi-Agent Systems : Semantics and Dynamics of Organizational Models* V. Dignum, ed., New York: Information Science Reference.

DOLŠAK, B. & NOVAK, M., 2011. Intelligent decision support for structural design analysis. *Advanced Engineering Informatics*, 25(2), pp.330–340.

DONNADIEU, G. ET AL., 2003. L'Approche systémique: de quoi s'agit-il ? *AFSCET*, pp.1–11.

DOUMEINGTS, G. ET AL., 1992. *GIM: GRAI Integrated Methodology, a methodology for designing CIM systems*, Bordeaux, France.

DRYER, D. A. ET AL., 2007. DoDAF limitations and enhancements for the Capability Test Methodology. *SpringSim '07 Proceedings of the 2007 spring simulation multiconference*, 3, pp.170–176.

DUFFY, A.H.B., 1995. Ensuring competitive advantage with design coordination. *Strojniski Vestnik-Journal of Mechanical Engineering*, 41(9-10), pp.319–341.

EASTERBY-SMITH, M. & PRIETO, I.M., 2008. Dynamic Capabilities and Knowledge Management: an Integrative Role for Learning? *. *British Journal of Management*, 19(3), pp.235–249.

EHMS, K. & LANGEN, M., 2002. Holistic Development of Knowledge Management with KMMM ®. *Siemens AG*, pp.1–8.

VAN ELST, L., DIGNUM, V. & ABECKER, A., 2004. Towards agent-mediated knowledge management. In L. Van Elst, V. Dignum, & A. Abecker, eds. *Agent-mediated knowledge management*. Springer, pp. 1–30.

ERMINE, J. ET AL., 1996. MKSM : Méthode pour la gestion des connaissances. *Ingénierie des systèmes d'information, AFCET-Hermès*, 4(4), pp.541–575.

ERMINE, J.L., 2000. Ingénierie des connaissances : Méthode MASK. In *Ingénierie des connaissances*. pp. 1–9.

ERMINE, J.L. ET AL., 1996. Ingénierie des systèmes d'information. *AFCET-Hermès*, 4(4), pp.541–575.

ESTEVA, M. ET AL., 2001. On the Formal Specification of Electronic Institutions. In F. Dignum & C. Sierra, eds. *Agent Mediated Electronic Commerce*. Lecture Notes in Computer Science. Springer Berlin Heidelberg, pp. 126–147.

FATHALLAH, A., 2011. *Modélisation d'' entreprise : Proposition d ' une démarche de construction et de validation de modèles réalisant la cohérence des systèmes de l''entreprise*.

FERBER, J., 1995. *Les Systèmes Multi-Agent : Vers une intelligence collective* Dunod, ed.,

FERBER, J., 1999. *Multi-Agent Systems: An Introduction to Distributed Artificial Intelligence* Addison-We., London.

FERBER, J. & GUTKNECHT, O., 1998. A meta-model for the analysis and design of organizations in multi-agent systems. In *Proceedings International Conference on Multi Agent Systems*. Paris, pp. 128–135.

FERBER, J., GUTKNECHT, O. & MICHEL, F., 2003. From Agents to Organizations : An Organizational View of Multi-agent Systems. In *4th International Workshop on Agent-oriented Software Engineering IV, AOSE*. Melbourne, Australia, pp. 214–230.

FERBER, J., MICHEL, F. & BÁEZ, J., 2005. AGRE: Integrating environments with organizations. In D. Weyns, V. D. Parunak, & F. Michel, eds. *Environments for multi-agent systems*. Springer, pp. 48–56.

FERBER, J., STRATULAT, T. & TRANIER, J., 2009. Towards an integral approach of organizations in multi-agent systems : the MASQ approach. In V. Dignum, ed. *Handbook of Research on Multi-Agent Systems : Semantics and Dynamics of Organizational Models*. pp. 51–75.

FITZPATRICK, E.L. & ASKIN, R.G., 2005. Forming effective worker teams with multi-functional skill requirements. In *Computers and Industrial Engineering*. pp. 593–608.

FREEZE, R. & KULKARNI, U., 2005. Knowledge Management Capability Assessment : Validating a Knowledge Assets Measurement Instrument. In *Proceedings of the 38th Annual Hawaii International Conference on System Sciences HICSS38 05*. IEEE Computer Society, pp. 1–10.

FULLER, S., 2002. Knowledge Management Foundations. *Knowledge Management*, 35(3), pp.366–367.

GALBRAITH, J.R., 1977. *Organization Design* Reading. Addison-Wesley, ed., MA.

GALBRAITH, J.R., 2012. The Evolution of Enterprise Organization Designs. *Journal of Organization Design*, 1(2), pp.1–13.

GALLAGHER, S. & HAZLETT, S.., 2000. Using the knowledge management maturity model (KM3) as an evaluation tool. In *Conference on Knowledge Management Concepts and Controversies*. Warwick, pp. 1–31.

GANDON, F., 2002. *Distributed Artificial Intelligence and Knowledge Management : Ontologies and Multi-Agent Systems for a Corporate Semantic Web*. Thèse de Doctorat, Université de Nice-Sophias Antipolis.

GANDON, F., BERTHELOT, L. & DIENG-KUNTZ, R., 2002. A Multi-Agent Platform for a Corporate Semantic Web. In C. Castelfranchi & W. . Johnson, eds. *AAMAS 2002, 6th International Conference on Autonomous Agents, 5th International Conference on Multi-Agents Systems, 9th International Workshop on Agent Theories Architectures and Languages*. Bologna, Italy, pp. 1025 – 1032.

GARCIA, E., ARGENTE, E. & GIRET, A., 2009. A modeling tool for service-oriented open multiagent systems. *Principles of Practice in Multi-Agent Systems Lecture Notes in Computer Science*, 5925, pp.345–360.

GASSER, L., 2001. Perspectives on organizations in multi-agent systems. *Multi-Agent Systems and Applications Lecture Notes in Computer Science*, 2086, pp.1–16.

GÓMEZ-RODRÍGUEZ, A.M. & GONZÁLEZ-MORENO, J.C., 2010. Comparing agile processes for agent oriented software engineering. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*. pp. 206–219.

GOURC, D., 2006. *Vers un modèle général du risque pour le pilotage et la conduite des activités de biens et de services : Propositions pour une conduite des projets et une gestion des risques intégrées*. Habilitation à Diriger des Recherches, Institut Nationnal Polytechnique de Toulouse.

GRABOT, B. & HOUE, R., 2009. Operational Competence Management Comparison of Industrial Frameworks. In *INCOM'09*. Moscow, Russian Federation.

GRANT, R., 1996. Toward a knowledge-based theory of the firm. *Strategic management journal*, 17(Special Issue: Knowledge and the Firm), pp.109–122.

GRIZARD, A. ET AL., 2007. A peer-to-peer normative system to achieve social order. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 4386 LNAI, pp.274–289.

GRUBER, T.R., 1993. A Translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge Acquisition*, 5(April), pp.199–220.

GRUER, P. ET AL., 2002. Short Survey A formal framework for multi-agent systems analysis and design. *Expert Systems with Applications*, 23, pp.349–355.

GRUNDSTEIN, M., 2004. De la capitalisation des connaissances au management des connaissances dans l'entreprise. In I. Boughzala & J. Ermine, eds. *Management des connaissances en entreprise*. pp. 25–54.

GRUNDSTEIN, M., 2005. MGKME: a model for global knowledge management within the enterprise. In *ICICKM'05 2nd International Conference on Intellectual Capital, Knowledge Management and Organisational Learning*. DUBAI, pp. 201–211.

GRUNDSTEIN, M., ROSENTHAL-SABROUX, C. & PACHULSKI, A., 2003. Reinforcing Decision Aid by Capitalizing on Company's Knowledge. *European Journal of Operational Research*, (145), pp.256–272.

GUARINO, N. & GIARETTA, P., 1995. Ontologies and Knowledge Bases: Towards a Terminological Clarification. *Towards Very Large Knowledge Bases. Knowledge Building and Knowledge Sharing*, 1, pp.25–32.

GUIZZARDI, R., AROYO, L. & WAGNER, G., 2004. Agent-oriented knowledge management in learning environments: A peer-to-peer helpdesk case study. In L. van Elst, V. Dignum, & A. Abecker, eds. *Agent-Mediated Knowledge Management*. pp. 57–72.

GUIZZARDI, R.S.S., 2006. *Agent-oriented Constructivist Knowledge Management*. Thèse de Doctorat, University of Twente, the Netherlands.

HADJ-HAMOU, K. & CAILLAUD, E., 2004. Cooperative Design: a Framework for Competency Based Approach. In *5th International Conference on Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering, IDMME'04*. Université de Bath, 5-7 avril.

HADZIC, M. ET AL., 2009. *Ontology-Based Multi-Agent Systems*, Springer.

HAMMADI, M., CHOLEY, J.-Y. & MHENNI, F., 2014. A multi-agent methodology for multi-level modeling of mechatronic systems. *Advanced Engineering Informatics*, 28(3), pp.208–217.

HANSEN, C.T. & ANDREASEN, M.M., 2004. A Mapping of Design Decision-Making. In *8th International Design Conference, Design 2004*. Dubrovnik, pp. 1409–1418.

HAREN, V., 2011. *TOGAF Version 9.1* 10th New e., Van Haren Publishing.

HARZALLAH, M., 2000. *Modélisation des aspects organisationnels et des compétences pour la réorganisation d'entreprise industrielles*. Thèse de doctorat, Université de Metz.

HARZALLAH, M., BERIO, G. & VERNADAT, F., 2006. Modelling and Analysis of individual competencies to improve industrial performances. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part A: Systems and Humans*, 36, pp.187–207.

HARZALLAH, M. & VERNADAT, F., 2002. IT-based competency modeling and management: from theory to practice in enterprise engineering and operations. *Computers in Industry*, 48(2), pp.157–179.

HATCHUEL, A. & WEIL, B., 2002. La théorie CK: Fondements et usages d'une théorie unifiée de la conception. In *International Conférence in the sciences of Design*. Lyon, FRANCE, pp. 1–24.

HAUSE, M., 2006. The SysML Modelling Language. In *Fifteenth European Systems Engineering Conference*. p. 12.

HENDERSON-SELLERS, B. & GIORGINI, P., 2005. *Agent-Oriented Methodologies* B. Henderson-Sellers & P. Giorgini, eds., Idea Group Publishing (June 28,2005).

HINDS, P.J., PATTERSON, M. & PFEFFER, J., 2001. Bothered by abstraction: The effect of expertise on knowledge transfer and subsequent novice performance. *Journal of Applied Psychology*, 86, p.1232−1243.

HLAOITTINUN, O., BONJOUR, E. & DULMET, M., 2008. A multidisciplinary team building method based on competency modelling in design project management. , 3(3), pp.163–175.

HOLSAPPLE, C. & WHINSTON, A., 1996. *Decision Support Systems: A Knowledge Based Approach*, West Publishing.

HORLING, B. & LESSER, V., 2005. A survey of multi-agent organizational paradigms. *The Knowledge Engineering Review*, 19(04), pp.281–316.

HOUÉ, R., GRABOT, B. & GENESTE, L., 2006. Competence management for business integration. In *12th IFAC Symposium on INformation COntrol problems in Manufacturing, INCOM, IFAC/IEEE/IFIP*. Saint-Etienne, France, May.

HUBNER, J.F.J., SICHMAN, J.J.S. & BOISSIER, O., 2007. Developing organised multiagent systems using the MOISE+ model: programming issues at the system and agent levels. *International Journal of Agent-Oriented Software Engineering*, 1(3-4), pp.370–395.

IGLESIAS, C. A, GARIJO, M. & VELASCO, J.R., 1998. Analysis and Design of Multiagent Systems Using MAS-CommonKADS*. *Intelligent Agents IV Agent Theories, Architectures, and Languages, Lecture Notes in Computer Science*, 1365, pp.313–327.

IGLESIAS, C.A., GARIJO, M. & GONZALEZ, J.C., 1999. A Survey of Agent-Oriented Methodologies. In J. Müller, M. P. Singh, & A. S. Rao, eds. *5th International Workshop on Intelligent Agents V : Agent Theories, Architectures, and Languages (ATAL'98)*. Paris, France: Springer Verlag, pp. 317–330.

INCOSE, 2012. *Systems Engineering Handbook: A Guide for System Life Cycle Processes and Activities* C. Haskins, ed.,

IRIBARNE, L. ET AL., 2014. OntoTrader: An Ontological Web Trading Agent Approach for Environmental Information Retrieval. *TheScientificWorldJournal*, 2014, pp.1–25.

ISERN, D., SÁNCHEZ, D. & MORENO, A., 2011. Organizational structures supported by agent-oriented methodologies. *The Journal of Systems & Software*, 84(2), pp.169–184.

ISO 19440:2007, 2007. *Enterprise Integration - Constructs for enterprise modelling*,

ISO/IEC 15288, 2008. *Systems and software engineering – System life cycle processes* Second Edi. International Organization for Standardization, ed., Geneva.

JABROUNI, H. ET AL., 2011. Continuous improvement through knowledge-guided analysis in experience feedback. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 24(8), pp.1419–1431.

JANKOVIC, M., STAL-LE CARDINAL, J. & BOCQUET, J.-C., 2010. Collaborative Decision-making in Design Project Management A Particular Focus on Automotive Industry. *Journal of Decision Systems*, 19(1), pp.93–116.

JENNINGS, N.R. & WOOLDRIDGE, M.J., 1998. *Agent Technology Foundations, Applications, and Markets* N. R. Jennings & M. J. Wooldridge, eds., New York: Springer.

JIA, T., 1998. *Vers une meilleure gestion des ressources d'un groupe autonome de fabrication*. Thèse de doctorat en sciences de l'ingénieur, Université de Tours.

JOHNSON, G. ET AL., 2014. *Stratégique (10e édition)* Pearson.,

JOKINEN, T., 2005. Global leadership competencies: a review and discussion. *Journal of European Industrial Training*, 29(3), pp.199–216.

JOSE, A., MARIELA, C. & FRANCISCO, H., 2007. A Methodology to Specify Multiagent Systems. *Agent and Multi-Agent Systems: Technologies and Applications Lecture Notes in Computer Science*, 4496, pp.92–101.

JUN, H.B., KIRITSIS, D. & XIROUCHAKIS, P., 2007. Research issues on closed-loop PLM. *Computers in Industry*, 58(8-9), pp.855–868.

JUSSUPOVA-MARIETHOZ, Y. & PROBST, A.R., 2007. Business concepts ontology for an enterprise performance and competences monitoring. *Computers in Industry*, 58(2), pp.118–129.

KARRAY, M.-H., CHEBEL-MORELLO, B. & ZERHOUNI, N., 2014. PETRA: Process Evolution using a TRAce-based system on a maintenance platform. *Knowledge-Based Systems*, 68, pp.21–39.

KHOURY, G.R. & SIMOFF, S.J., 2004. Enterprise architecture modelling using elastic metaphors. *Proceedings of the first Asian-Pacific conference on Conceptual modelling - Volume 31*, pp.65–69.

KIM, D.Y., KUMAR, V. & MURPHY, S.A., 2010. European Foundation for Quality Management Business Excellence Model: An integrative review and research agenda. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 27(6), pp.684–701.

KJAERGAARD, A., KAUTZ, K. & NIELSEN, P.A., 2008. Making sense of Project Management. In P. Nielsen, ed. *Software Processes & Knowledge*. Aalborg, Denmark: Software Innovation Publisher, pp. 71–87.

KLUSCH, M., 1999. *Intelligent Information Agents: Agent-based Information Discovery and Management in the Internet*, New York: Springer-Verlag.

DE KORVIN, A., SHIPLEY, M.F. & KLEYLE, R., 2002. Utilizing fuzzy compatibility of skill sets for team selection in multi-phase projects. *Journal of Engineering and Technology Management - JET-M*, 19(3-4), pp.307–319.

KRAFT, B. & NAGL, M., 2007. Visual knowledge specification for conceptual design: Definition and tool support. *Advanced Engineering Informatics*, 21(1), pp.67–83.

KRUGER, C. & SNYMAN, M., 2005. Formulation of a strategic knowledge management maturity model. *SA Journal of Information Management*, 7(2), pp.1–14.

KUMAR, S., 2014. A knowledge based reliability engineering approach to manage product safety and recalls. *Expert Systems with Applications*, 41(11), pp.5323–5339.

KURIAKOSE, K.K. ET AL., 2010. Knowledge Management Maturity Models – A Morphological Analysis. *Journal of Knowledge Management Practice*, 11(3), pp.1–10.

LAHOUD, I. ET AL., 2012. A multi-sources knowledge management system. In *14th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing (INCOM'12), IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)*. Bucharest, Romania, pp. 1177–1183.

LANG, A. & PIGNEUR, Y., 1999. Digital trade of human competencies. *Proceedings of the 32nd Annual Hawaii International Conference on Systems Sciences. 1999. HICSS-32. Abstracts and CD-ROM of Full Papers*, Track5.

LANKHORST, M.M., 2004. Enterprise architecture modelling—the issue of integration. *Advanced Engineering Informatics*, 18(4), pp.205–216.

LEBOTERF, G., 2002. *Ingénierie et évaluation des compétences, 4ème édition* Edition d'organisation, ed.,

LEE, K.C., LEE, S. & KANG, I.W., 2005. KMPI: Measuring knowledge management performance. *Information and Management*, 42, pp.469–482.

LEE, M.R. & CHEN, T.T., 2012. Revealing research themes and trends in knowledge management: From 1995 to 2010. *Knowledge-Based Systems*, 28, pp.47–58.

LERCH, C. ET AL., 2003. Aspects cognitifs et conatifs de la compétence collective dans le milieu hospitalier. In *Actes de la 1ère conférence francophone en gestion et ingénierie des systèmes hospitaliers GISEH, 17-18 janvier2003*. Lyon, FRANCE, pp. 522–531.

LEVETT, G.P. & GUENOV, M.D., 2000. A methodology for knowledge management implementation. *Journal of Knowledge Management*, 4(3), pp.258–270.

LÉVY-LEBOYER, C., 2009. *La gestion des compétences 2ème Edition* Editions d'Organisation, ed.,

LEY, T., 2006. *Organizational Competency Management : A Competence Performance Approach - Methods, Empirical Findings and Practical Implications*, Shaker verglas, Aachen.

LEY, T. & ALBERT, D., 2003. Identifying employee competencies in dynamic work domains: methodological considerations and a case study. *Journal of Universal Computer Science*, 9(12), pp.1500–1518.

LIAO, C., CHUANG, S.-H. & TO, P.-L., 2011. How knowledge management mediates the relationship between environment and organizational structure. *Journal of Business Research*, 64(7), pp.728–736.

LIEBERS, A. & KALS, H.J.J., 1997. Cost Decision Support in Product Design. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 46(1), pp.107–112.

LINTON, J. & WALSH, S., 2013. The effect of technology on learning during the acquisition and development of competencies in technology-intensive small firms. *International journal of entrepreneurial behaviour & research*, 19(2), pp.165–186.

LISSANDRE, M., 1991. *Maitriser SADT*, Armand Colin.

LIU, T. & JIANG, Z., 2013. Distributed Output-Feedback Control of Nonlinear Multi-Agent Systems. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 58(11), pp.2912–2917.

LIU, Y. & HARDING, J., 2009. Editorial for the special issue of knowledge discovery and management in engineering design and manufacturing. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 20(5), pp.499–500.

LOBEL, S.A., 1990. Global Leadership Competencies: Managing to a Different Drumbeat. *Human Resource Management*, 29(1), pp.39–47.

LORINO, P., 2003. *Méthodes et pratiques de la performance: le pilotage par les processus et les compétences* 3ème ed., Editions d'Organisation.

LUCIA, A.D. & LEPSINGER, R., 1999. *The Art and Science of Competency Models: Pinpointing Critical Success Factors in Organizations*, Jossey-Bass.

MACCORMACK, A., BALDWIN, C. & RUSNAK, J., 2012. Exploring the duality between product and organizational architectures: A test of the "mirroring" hypothesis. *Research Policy*, 41(8), pp.1309–1324.

MAES, P., 1994. Agents that reduce work and information overload. *Communications of the ACM*, 37(7), pp.30–40.

MAHER, M. LOU & DE SILVA GARZA, A.G., 1997. Case-based reasoning in design. *IEEE Expert-Intelligent Systems and their Applications*, 12(2), pp.34–41.

MALVACHE, P. & PRIEUR, P., 1993. Mastering Corporate Experience with the REX Method, Management of Industrial and Corporate Memory. In *ISMICK'93*. Compiègne, France, pp. 33–41.

MCEWAN, A.M. & SACKETT, P., 1998. The human factor in CIM systems: worker empowerment and control within a high-volume production environment. *Computers in Industry*, 36(1-2), pp.39–47.

MEDEF, 2002. L'influence des contextes nationaux sur le management par les compétences. *Cahiers du MEDEF, Objectif compétences, des pratiques européennes innovantes*, p.90.

MEDINA, R. & MEDINA, A., 2014. The project manager and the organisation's long-term competence goal. *International Journal of Project Management*, 32(8), pp.1459–1470.

MESMER-MAGNUS, J.R. & DECHURCH, L. A, 2009. Information sharing and team performance: a meta-analysis. *The Journal of applied psychology*, 94(2), pp.535–46.

MEYER, M.H. & UTTERBACK, J.M., 1993. The product family and the dynamics of core capability. *MIT Sloan Management Review*, 34(3), pp.29 – 47.

MICAËLLI, J. & BONJOUR, É., 2011. Are Skill Design Structure Matrices New Tools for Automotive Design Managers ? In *New Trends and Developments in Automotive Industry*. INTECH Open Access Publisher, p. 394.

MICHAELIS, B., WAGNER, J.D. & SCHWEIZER, L., 2015. Knowledge as a key in the relationship between high-performance work systems and workforce productivity. *Journal of Business Research*, 68(5), pp.1035–1044.

MIDLER, C., 1993. *L'auto qui n'existait pas - Management de projet et transformations de l'entreprise*, Paris, France: InterEditions.

MIKOS, W.L. ET AL., 2011. A system for distributed sharing and reuse of design and manufacturing knowledge in the PFMEA domain using a description logics-based ontology. *Journal of Manufacturing Systems*, 30(3), pp.133–143.

MINSKY, M., 1975. A framework for representing knowledge. In P. H. Winston, ed. *The Psychology of Computer Vision*. McGraw-Hill, pp. 211–277.

LE MOIGNE, J.., 1999. *La modélisation des systèmes complexes* Dunod, ed.,

MONOSTORI, L., VANCZA, J. & KUMARA, S.R.T., 2006. Agent-Based Systems for Manufacturing. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 55(2), pp.697–720.

MONTICOLO, D., BADIN, J., ET AL., 2014. A meta-model for knowledge configuration management to support collaborative engineering. *Computers in Industry*, 66, pp.11–20.

MONTICOLO, D. ET AL., 2008. A multi-agent system for building project memories to facilitate the design process. *Integrated Computer-Aided Engineering*, 15(1), pp.3–20.

MONTICOLO, D., MIHAITA, S., ET AL., 2014. An agent-based system to build project memories during engineering projects. *Knowledge-Based Systems*, 68, pp.88–102.

MONTICOLO, D., LAHOUD, I. & BONJOUR, E., 2012. SemKnow: A Multi-Agent Platform to manage distributed knowledge by using ontologies. In *The 2012 IAENG International Conference on Artificial Intelligence and Applications (ICAIA 2012)*. Hong Kong.

MORADI, M., 2009. *Gestion des connaissances et modélisation d'entreprise ; Contribution à un cadre méthodologique unifié*. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux 1.

MÜLLER, R. & TURNER, R., 2010. Leadership competency profiles of successful project managers. *International Journal of Project Management*, 28(5), pp.437–448.

NASA, 2007. *NASA Systems Engineering Handbook*, NASA.

NGUYEN, V.V., HARTMANN, D. & KÖNIG, M., 2012. A distributed agent-based approach for simulation-based optimization. *Advanced Engineering Informatics*, 26(4), pp.814–832.

NONAKA, I., HIRATA, T. & TOYAMA, R., 2007. Managing flow: A process theory of the knowledge based firm. *Hitotsubashi Business Review*, 55(3), pp.84–96.

NONAKA, I. & TAKEUCHI, T.H., 1995. *The Knowledge-Creating Compagnies : How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation* Oxford Uni.,

NOVINS, P. & ARMSTRONG, R., 1998. Choosing your spots for knowledge management. *Perspectives on Business Innovation*, pp.45–52.

OLDHAM, K. ET AL., 1998. MOKA-A Methodology and tools Oriented to Knowledge-based engineering Applications. In *Proceedings of the Conference on Integration in Manufacturing*. Göteborg, Sweden, pp. 198–207.

OTTER, M. & ELMQVIST, H., 2000. Modelica: Language, Libraries, Tools, Workshop and EU-Project RealSim. *Simulation News Europe*, (December), pp.3–8.

PADGHAM, L. & WINIKOFF, M., 2003. Prometheus: A methodology for developing intelligent agents. In *Agent-Oriented Software Engineering III*. Springer, pp. 174–185.

PARADEISE, C. & LICHTENBERGER, Y., 2001. Compétence, compétences. *Sociologie du Travail*, 43(1), pp.33–48.

PARLIER, M., 1997. Les enjeux et les ambivalences de la gestion des compétences. *Connexions*, 70(2), pp.47–65.

PARUNAK, H.V.D. & ODELL, J., 2002. Representing Social Structures in UML. In *Agent Oriented Software Engineering II: Lecture Notes on Computer Science*. pp. 1–16.

PAVON, J., GOMEZ-SANZ, J. & FUENTES-FERNANDEZ, R., 2005. The INGENIAS Methodology and Tools. In *Agent-Oriented Methodologies*. pp. 236–276.

PEPIOT, G., 2005. *Modélisation des entreprises sur la base des compétences*. Thèse de doctorat, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.

PEPIOT, G. & CHEIKHROUHOU, N., 2008. A fuzzy approach for the evaluation of competences. *International Journal of Production Economics*, 112(1), pp.336–353.

PÉPIOT, G., CHEIKHROUHOU, N. & FURBRINGER, J., 2007. UECML : Unified Enterprise Competence Modelling Language. *Computers in Industry*, 58, pp.130–142.

PERRIN, J., 1999. *Pilotage et évaluation des processus de conception*, L'harmattan.

PLAZA, E., 2005. Cooperative reuse for compositional cases in multi-agent systems. *Case-Based Reasoning, Research and Development, 6th International Conference, on Case-Based Reasoning, ICCBR 2005, Chicago, IL, USA, August 23-26, 2005, Proceedings*, 01, pp.1–16.

POTES RUIZ, P., KAMSU FOGUEM, B. & GRABOT, B., 2014. Generating knowledge in maintenance from Experience Feedback. *Knowledge-Based Systems*, 68, pp.4–20.

PRAHALAD, C.K., HAMEL, G. & JUNE, M.A.Y., 1990. The Core Competence of the Corporation D. Hahn & B. Taylor, eds. *Harvard Business Review*, 68(3), pp.79–91.

PRAT, N., AKOKA, J. & COMYN-WATTIAU, I., 2012. An MDA approach to knowledge engineering. *Expert Systems With Applications*, 39(12), pp.10420–10437.

PRAX, J.-Y., 2012. *Le Manuel du Knowledge Management : Mettre en réseau les hommes et les savoirs pour créer de la valeur (3ème édition)* Polia. Dunod, ed.,

PREECE, A. ET AL., 2000. The KRAFT architecture for knowledge fusion and transformation. *Knowledge-Based Systems*, 13((2-3)), pp.113–120.

PREVOT, F. ET AL., 2010. Perspectives fondées sur les ressources. Proposition de synthèse. *Revue française de gestion*, 36(204), pp.87–103.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2008. *Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)* Fourth Edi., Project Management Institute, Inc.

RAŠULA, J., VUKSIC, V.B. & STEMBERGER, M.I., 2012. The impact of knowledge management on organisational performance. *Economic and Business Review*, 14(2), pp.147–168.

RAUFFET, P., DA CUNHA, C. & BERNARD, A., 2014. A dynamic methodology and associated tools to assess organizational capabilities. *Computers in Industry*, 65(1), pp.158–174.

RAULT-JACQUOT, V., 1993. *Contribution à la valorisation du patrimoine technologique de l'entreprise : Proposition d'une approche de l'inventaire et de l'évaluation des compétences*. Thèse de Doctorat en Génie Industriel, I.N.P. Loraine, Nancy.

RIESBECK, E. & SHANK, R., 1989. *Inside Case-Based Reasoning*, Lawrence Erlbaum associates.

ROBBINS, S.P. & JUDGE, T. A., 2013. *Organizational Behavior*, Pearson Education.

ROCCA, G. LA, 2012. Knowledge based engineering: Between AI and CAD. Review of a language based technology to support engineering design. *Advanced Engineering Informatics*, 26(2), pp.159–179.

ROLDAN REYES, E. ET AL., 2015. Improvement of online adaptation knowledge acquisition and reuse in case-based reasoning: Application to process engineering design. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 41, pp.1–16.

ROSE, B., ROBIN, V. & CAILLAUD, E., 2006. Comment répondre aux challenges de la gestion des compétences en conception collaborative de produits ? In *La Semaine de la Connaissance, groupe C2EI*. Nantes, France 26 - 30 juin.

ROSS, J. W., WEILL, P., & ROBERTSON, D.C., 2006. *Enterprise Architecture as Strategy : Creating a Foundation for Business Execution*, Harvard Business Review Press.

RUMBAUGH, J., BLAHA, M. & PREMERLANI, W., 1991. *Object-oriented modeling and design* 1st ed., Prentice Hall.

RUMBAUGH, J., JACOBSON, I. & BOOCH, G., 1999. *The Unified Modeling Language Reference Manual* J. Rumbaugh, I. Jacobson, & G. Booch, eds., Addison-Wesley.

SALINESI, C. & THEVENET, L.-H., 2008. Entreprise Architecture, des problèmes pratiques à l'innovation. *Nouveaux challenges dans les SI*, 13, pp.75–105.

SANCHEZ, R., HEENE, A. & THOMAS, H., 1996. *Dynamics of competence-based competition : theory and practice in the new strategic management*, Pergamon.

SARDAS, J. & LEFEBVRE, P., 2004. Théories des organisations et interventions dans les processus de changement. In J. Sardas & A. Guenette, eds. *Conception et Dynamique des Organisations : Sait-on piloter le changement ?*. Paris: L'harmattan.

SCHEKKERMAN, J., 2003. *How to Survive in the Jungle of Enterprise Architecture Frameworks: Creating or Choosing an Enterprise Architecture Framework* 2nd ed., Trafford Publishing.

SCHREIBER, G. ET AL., 2000. *Knowledge Engineering and Management: The CommonKADS Methodology*, Cambridge, MA, USA: MIT Press.

SCHREIBER, G., 1992. *Pragmatics of the knowledge level*. PhD Thesis, University of Amsterdam, Department of Social Science Informatics.

SCHWARTZ, D.G., 2011. An Aristotelian View of Knowledge for Knowledge Management. In D. G. Schwartz & D. Te'eni, eds. *Encyclopedia of Knowledge Management*. pp. 39–48.

SEFIANI, N. ET AL., 2013. Towards a Methodology for Requisite Competence Identification. *European Journal of Scientific Research*, 107(4), pp.486–499.

SERRAFERO, P., 2002. Cycle de vie, maturité et dynamique de la connaissance: des informations aux cognitons de l'Entreprise Apprenante. *Revue Ensam*.

SERRAFERO, P. ET AL., 2006. De la mémoire projet à la compétence métier: vers la synthèse de connaissances métier en ingénierie robuste des produits/process. In *6th International conference on Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering (IDMME'06)*. Grenoble.

SHAN, L. & ZHU, H., 2004. CAMLE : A Caste-Centric Agent Modelling Language and Environment. In *3rd International Workshop on Software Engineering for Large-Scale Multi-Agent Systems, SELMAS'2004*. Edinburg, United Kingdom, pp. 1–13.

SHEN, W., 2003. Editorial of the special issue on knowledge sharing in collaborative design environments. *Computers in Industry*, 52(1), pp.1–3.

SICHMAN, J.S., DIGNUM, V. & CASTELFRANCHI, C., 2005. Agents Organizations: A Concise Overview. *Journal of the Brazilian Computer Society (JBCS)*, 11(Special Issue on Agents Organizations, 1), pp.3–8.

SIMONIN, J., 2009. *Conception de l'architecture d'un système dirigée par un modèle d'urbanisme fonctionnel*. Thèse de doctorat, Université de Rennes.

SLESS, L. ET AL., 2014. Forming coalitions and facilitating relationships for completing tasks in social networks. In International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems, ed. *Proceedings of the 2014 international conference on Autonomous agents and multi-agent systems*. Paris, France, pp. 261–268.

SOSA, M.E., EPPINGER, S.D. & ROWLES, C.M., 2004. The Misalignment of Product Architecture and Organizational Structure in Complex Product Development. *Management Science*, 50(12), pp.1674–1689.

SPEK, R.V.D. & SPIJKERVET, A., 1997. Knowledge management: Dealing intelligently with knowledge. In *Knowledge management and its integrative elements*. CRC Press, pp. 31–59.

SPENCER, L.M. & SPENCER, S.M., 1993. *Competence at Work: Models for Superior Performance* John Wiley., New York.

SPENDER, J.-C. & GRANT, R.M., 1996. Knowledge and the firm: Overview. *Strategic Management Journal*, 17, p.5−9.

STAL-LE CARDINAL, J., 2009. *Approche systémique de la prise de décision en entreprise*. Habilitation à Diriger des Recherches, Ecole Centrale Paris.

STENLUND, K. & HÖRTE, S.., 1999. Competence Accounting: Methods for Measuring and Valuing Key Competencies. In *European Operations Management Association VI International Annual Conference "Managing Operations Networks."* Venice, pp. 7–8.

STOKES, M., 2001. *Managing Engineering Knowledge; MOKA: Methodology for Knowledge Based Engineering Applications* Professional Engineering Publishing Limited, ed., London: Professional Engineering Publishing Limited.

STUDER, R., BENJAMINS, V.R. & FENSEL, D., 1998. Knowledge engineering: Principles and methods. *Data & Knowledge Engineering*, 25(1-2), pp.161–197.

TAMM, T. ET AL., 2011. How Does Enterprise Architecture Add Value to Organisations? *Communications of the Association for Information Systems*, 28(1), pp.140–168.

TARDIEU, H., COLLETTI, R. & ROCHFELD, A., 1985. *La méthode MERISE - Tome 1: Principes et outils*, Editions d'Organisation.

TOMIYAMA, T. ET AL., 2009. Design methodologies: Industrial and educational applications. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 58(2), pp.543–565.

TORKKELI, M. & TUOMINEN, M., 2002. The contribution of technology selection to core competencies. *International Journal of Production Economics*, 77(3), pp.271–284.

TOUZI, J. ET AL., 2009. A model-driven approach for collaborative service-oriented architecture design. *International Journal of Production Economics*, 121, pp.5–20.

TSAI, H.-T., MOSKOWITZ, H. & LEE, L.-H., 2003. Human resource selection for software development projects using Taguchi's parameter design. *European Journal of Operational Research*, 151(1), pp.167–180.

TSAI, H.H., 2013. Knowledge management vs. data mining: Research trend, forecast and citation approach. *Expert Systems with Applications*, 40(8), pp.3160–3173.

TSENG, T.-L. (BILL) ET AL., 2004. Novel approach to multi-functional project team formation. *International Journal of Project Management*, 22(2), pp.147–159.

TSUI, E., GARNER, B.. & STAAB, S., 2000. The role of Artificial Intelligence in Knowledge Management. *Knowledge-Based Systems*, 13(5), pp.235–239.

TURBAN, E., 1992. *Expert Systems and Applied Artificial Intelligence* Macmillan., New York.

ULMER, J.S., 2011. *Approche générique pour la modélisation et l'implémentation des processus*. Thèse de doctorat, Université de Toulouse.

UNIVERSITY OF TORONTO, C., 2015. Goal Oriented Requirement Language (GRL). *http://www.cs.toronto.edu/km/GRL*, Accessed A. Available at: http://www.cs.toronto.edu/km/GRL [Accessed January 1, 2015].

USCHOLD, M. & GRUNINGER, M., 1996. Ontologies: Principles, methods and applications. *Knowledge Engineering review*, 11(2), pp.93–136.

VERCOUTER, L., 2010. *Contribution à la flexibilité et à la robustesse des systèmes multi-agents - Une approche fondée sur le contrôle social et l'adaptation dynamique*. Habilitation à Diriger des Recherches, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint Etienne.

VERCOUTER, L. & MARET, P., 2012. Introducing Web Intelligence for communities. *Web Intelligence and Agent Systems*, 10(1), pp.91–92.

VERCOUTER, L. & MULLER, G., 2010. L.I.A.R.: Acheving Social Control In Open And Decentralized Multiagent Systems. *Applied Artificial Intelligence*, 24(8), pp.723–768.

VERGNAUD, G., 1996. Au fond de l'action, la conceptualisation. In J.-M. Barbier, ed. *Savoirs théoriques et savoirs d'action*. Paris, France: Presses Universitaires de France.

VERHAGEN, W.J.C. ET AL., 2012. A critical review of Knowledge-Based Engineering: An identification of research challenges. *Advanced Engineering Informatics*, 26(1), pp.5–15.

VERNADAT, F., 2002a. Enterprise modeling and integration (EMI): Current status and research perspectives. *Annual Reviews in Control*, 26 I, pp.15–25.

VERNADAT, F., 2002b. UEML: towards a unified enterprise modelling language. *International Journal of Production Research*, 40(17), pp.4309–4321.

VERNADAT, F.B., 1996. *Enterprise Modeling and Integration: Principles and Applications*, London: Springer.

VILLEMEUR, A., 1997. *Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels*. Eyrolles & EDF, eds., Collection : Direction des études et recherches d'Electricité de France (EDF): Eyrolles.

WALSH, S. & LINTON, J.D., 2002. The measurement of technical competencies. *Journal of High Technology Management Research*, 13(1), pp.63–86.

WANG, Z. & WANG, N., 2012. Knowledge sharing, innovation and firm performance. *Expert Systems with Applications*, 39(10), pp.8899–8908.

WEBER, R., AHA, D.W. & BECERRA-FERNANDEZ, I., 2001. Intelligent lessons learned systems. *Expert Systems with Applications*, 20(1), pp.17–34.

WHEELWRIGHT, S.C. & CLARK, K.B., 1992. *Revolutionizing Product Development: Quantum Leaps in Speed, Efficiency, and Quality*, New York: Free Press.

WHELTON, M., BALLARD, G. & TOMMELEIN, I., 2002. A knowledge management framework for project definition. *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, 7, pp.197–212.

WILLIAMS, T.J., 1994. The Purdue enterprise reference architecture. *Computers in Industry*, 24(2-3), pp.141–158.

WOOLDRIDGE, M., 2009. *An Introduction to Multiagent Systems (Second Edition)* John Wiley., Glasgow.

WOOLDRIDGE, M., 1999. Intelligent Agents. In G. Weiss, ed. *Multiagent Systems – A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*. pp. 27–78.

WOOLDRIDGE, M., 2002. *Introduction to Multiagent Systems*, John Wiley & Sons Ltd.

WOOLF, H., 1990. *Webster's New World Dictionary of the American Language* G. and C. Merriam:, ed., New York.

WORLEY, J.H. ET AL., 2005. Implementation and optimisation of ERP systems: A better integration of processes, roles, knowledge and user competencies. *Computers in Industry*, 56(6), pp.620–638.

WORLEY, J.H. ET AL., 2002. Role, skill and knowledge: Introducing human resources in BPR. In *9th International Multi-Conference on Advanced Computer Systems-Conference on Production System Design, Supply Chain management and Logistics*. 23-25 octobre, Pologne.

WORLEY, J.H., 2003. *Vers une meilleure prise en compte des ressources humaines dans les processus d'entreprise : Connaissances, Rôles et Compétences*. Thèse de doctorat, INP de Toulouse.

ZACHARIAS, V., 2009. The agile development of rule bases. In W. Wojtkowski et al., eds. *Information systems development – challenges in practice, theory and education Volume 1*. New-York, NY, USA: Springer US, pp. 93–104.

ZACHMAN, J. A., 1987. A framework for information systems architecture. *IBM Systems Journal*, 26(3), pp.276–292.

ZACLAD, M. & GRUNDSTEIN, M., 2001. *Ingénierie et capitalisation des connaissances* Hermes Sci. M. Zaclad & M. Grundstein, eds., Paris.

ZAMBONELLI, F., JENNINGS, N.R. & WOOLDRIDGE, M., 2003. Developing Multiagent Systems : The Gaia Methodology. *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology (TOSEM)*, 12(3), pp.317 – 370.

ZAMBONELLI, F., WOOLDRIGE MICHAEL & JENNINGS NICHOLAS, 2001. 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.

ZARIFIAN, P., 2001. *Le modèle de la compétence: Trajectoire historique, enjeux actuels et propositions* Editions Liaisons, ed.,

ZHANG, M.J. & LADO, A.A., 2001. Information systems and competitive advantage: A competency-based view. *Technovation*, 21(3), pp.147–156.

ZHENG, W., YANG, B. & MCLEAN, G.N., 2010. Linking organizational culture, structure, strategy, and organizational effectiveness: Mediating role of knowledge management. *Journal of Business Research*, 63(7), pp.763–771.

Annexes

Annexe A

Audit IMMCI

Nous présentons dans cette annexe le détail de l'Audit IMMCI (Indice de Maturité du Management du Capital Intellectuel). Cet audit se compose d'un questionnaire principal auquel les différentes personnes sondées doivent répondre sur une échelle de 1 à 4. Ce questionnaire comporte 30 questions réparties selon trois domaines liés au cadre d'évolution d'entreprise ACKME : la gestion de l'organisation, la gestion des compétences et la gestion des connaissances. Ces trois domaines sont eux-mêmes divisés en deux catégories. Les questions sont réparties uniformément selon ces catégories (5 questions par catégorie). Un système de pondération des différentes pratiques permet, en amont de la diffusion de l'audit, de le paramétrer par rapport à l'existant et aux objectifs de l'organisation. Une fois toutes les réponses recueillies, un résultat global est proposé ainsi que le détail graphique par catégorie. Le résultat de l'audit permet de placer l'organisation sur la grille de maturité proposée dans ACKME selon le résultat obtenu. De ce résultat, dépendent les recommandations qui seront faites à l'organisation par rapport à la mise en œuvre de ces actions d'évolutions retenues.

Dans une optique de diffusion plus large de l'audit et un besoin de retours rapides auprès des personnes sondées, nous avons aussi commencé de réfléchir à des recommandations d'actions à mettre en œuvre pour chaque question de l'audit ayant recueilli des scores 0 ou 1 au niveau de l'audit. Ces éléments n'ont pas été mis en œuvre pour le moment, et sont ici à titre indicatif pour donner au lecteur une idée du rendu possible si ces éléments étaient mis en œuvre dans un système logiciel d'audit et de recommandations d'actions pour les organisations ne voulant pas se lancer dans la démarche complète ACKME.

Questionnaire IMMCI

Echelle de Notation	
Oui; pratique efficace et pérenne	4
Oui ; pratique efficace	3
Oui mais nécessite d'être amélioré	2
Je ne sais pas / Initiatives sporadiques	1
Non	0

Questions	**Note**	**Poids** ***(wi)***
Pratiques de gestion de l'organisation		
Organisation Adaptée		
1. Procède-t-on à une analyse régulière (au moins une fois par an) des pratiques de gestion des connaissances et des compétences de l'organisation ?		0,033333 33
2. Est-ce que l'organisation se base sur des processus opérationnels connus, partagés et mis à jour régulièrement ? (Ex : Processus de gestion de projet, Processus d'Industrialisation, etc.)		0,033333 33
3. Est-ce que l'organisation incite et permet à ses collaborateurs de formaliser leurs connaissances et leurs résultats opérationnels ?		0,033333 33
4. Est-ce que l'organisation fait signer des contrats de collaboration à ses contractants externes en stipulant les règles de fonctionnement en terme de Propriété Intellectuelle ?		0,016666 67
5. Est-ce que l'organisation cherche à avoir des profiles hétérogènes ? (Multi-compétences)		0,016666 67
Adaptabilité Organisationnelle et Culture		
6. Est-ce que les évolutions de l'organisation (Réorganisation, changement d'activité, etc.) prennent en compte l'optimisation de l'utilisation des connaissances et des compétences ?		0,016666 67
7. Est-ce que la définition des objectifs annuels de l'organisation prend en compte les besoins d'évolution des connaissances et des compétences ?		0,05
8. Existe-t-il une stratégie de gestion des connaissances et des compétences poussée par la direction et déclinée en axes opérationnels à travers les unités organisationnelles ?		0,083333 33
9. Est-ce que l'organisation favorise les initiatives personnelles et l'acquisition de nouvelles connaissances et compétences pour ses collaborateurs ?		0,016666 67
10. Est-ce que l'organisation reconnait et met en valeur l'impact du développement des connaissances et des compétences sur ca capacité à Innover?		0,033333 33
Pratiques de Gestion des compétences		
Gestion des Ressources Humaines		

11. Est-ce que l'organisation utilise des outils basiques d'identification des Compétences comme des Matrices de compétences ou des descriptions de fonctions (Orientées compétences) ?		0,033333 33
12. La gestion des compétences repose-t-elle sur un processus formalisé et partagé qui couvre l'identification, l'utilisation et l'évaluation des compétences (Techniques et comportementales)?		0,05
13. Est-ce que les managers identifient des plans d'actions pour développer et valoriser les compétences de leurs collaborateurs chaque année ?		0,016666 67
14. Est-ce que l'acquisition des compétences est évaluée après les sessions de formation par la mise en pratique de ces dernières sur des sujets définis à l'avance ? A-t-on recours à un processus, des outils spécifiques pour ce faire ?		0,033333 33
15. Est-ce que les compétences des collaborateurs sont évaluées chaque années par leurs managers et est-ce que des points régulier s avec les RHs sont planifiés afin de consolider ces informations ?		0,033333 33
Reconnaissance des Compétences		
16. Est-ce que l'organisation est capable de pouvoir un poste rapidement avec une personne ayant les compétences adéquates (Interne ou externe à l'organisation) ?		0,033333 33
17. Existe-t-il un système de valorisation des collaborateurs qui utilisent et développement leur compétences pour innover et optimiser leur environnement de travail (Promotions, bonus, partages de profits, etc.) ?		0,033333 33
18. Est-ce que l'organisation profite des recrutements pour optimiser son pôles de compétences en prévision des activités futures ? (Créativité, innovation, connaissances, travail en équipe, etc.) ?		0,033333 33
19. Est-ce que l'organisation est capable d'allouer des compétences clés à des projets stratégiques sur la base d'éléments factuels ? (Matrices de compétences, Rôles, etc.)		0,05
20. Est-ce que des parcours de carrière en fonction des compétences sont identifiés, partagés et valorisés ?		0,016666 67
Pratiques de gestion des connaissances		
Interne : Capitalisation, partage et réutilisation des connaissances		
21. Est-ce que l'organisation à recours à des outils de capitalisation comme des livre de connaissances, des retours d'expériences, des bases de connaissances etc. ?		0,033333 33
22. Est-ce que l'organisation favorise le partage de connaissances à travers des évènements collaboratifs réguliers, des communautés de pratiques, ou d'autres outils collaboratifs ?		0,033333 33
23. Est-ce que l'organisation compte sur des "praticiens" de la gestion des connaissances (Ingénieur en gestion des connaissances; Responsables de la gestion des connaissances, Service dédié, etc.) ?		0,033333 33
24. Existe-t-il un cycle de gestion des connaissances connu, partagé et suivi à travers l'organisation (ex: identifier, préserver, valoriser, actualiser) ?		0,016666 67
25. Est-ce que l'organisation utilise un logiciel unique au service du management des connaissances ou un système de gestion des connaissances basé sur un ensemble d'outils connectés entre eux ?		0,05
Externe : Intelligence économique et assimilation de ces connaissances		

26. Est-ce que l'organisation utilise des outils ou des pratiques d'intelligence économique, de veille et de benchmarking ?		0,033333 33
27. Est-ce que l'organisation possède des "praticiens" de l'intelligence économique, un réseau de personnes ou un département dédié à cette fonction ?		0,033333 33
28. Existe-t-il un ou des système(s) efficace(s) permettant aux équipes d'assimiler largement les connaissances provenant de cette veille externe?		0,05
29. Est-ce que les éléments identifiés par l'intelligence économique sont effectivement exploités par la direction comme une source d'information pour aider à la définition de la stratégie de l'entreprise et prendre des décisions ?		0,033333 33
30. Est-ce que les équipes ont l'opportunité de contribuer, d'échanger et de réagir sur les éléments identifiés ?		0,016666 67
Total		1

Calcul de l'IMMCI:

Soit n le nombre de pratiques recensées
IMMCI : Indice de Maturité du Management du Capital Intellectuel
wi : Le poids attribué à une pratique $(\sum_{i=1}^{n} wi=1)$
pi : La valeur de la pratique tirée de l'audit $0 \leq pi \leq 4$

$$IMMCI = \sum_{i=1}^{n} wi \times pi$$

Analyse des résultats

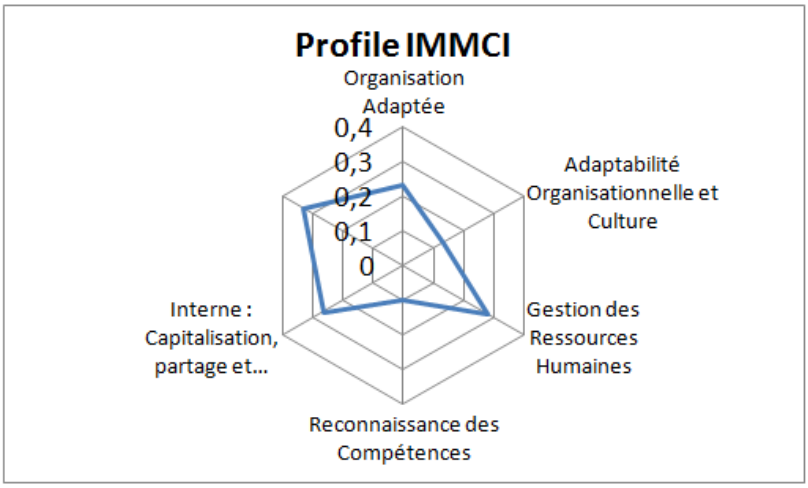
Positionnement sur la grille de Maturité proposée avec ACKME

Structure Organisationnelle Stratège	Structure Organisationnelle Guidée	Structure Organisationnelle Consciente	Structure Organisationnelle Tacite
IMMCI ≥3 Médiane 3.5	1,6≤IMMCI <3 Médiane 2,3	1,2≤IMMCI <1,6 Médiane 1,4	IMMCI <1,2 Médiane 0,6
Organisation qui pilote sa stratégie de développement des connaissances et des compétences au regard de ses objectifs de performances, de son capital intellectuel et des évolutions de son environnement.	Organisation qui a expérimenté des actions de management des connaissances et des compétences et qui en a éprouvé les résultats. Cette organisation cherche donc à généraliser les initiatives passées en définissant une structuration et une approche globale.	Organisation qui commence d'être sensibilisée aux problématiques de gestion des connaissances et des compétences et qui, de ce fait commence de mettre en œuvre des chantiers localisés pour travailler sur ces domaines	Organisation qui n'est pas « éveillée » aux questions de gestion des connaissances ou des compétences. Elle se concentre sur ses objectifs opérationnels à courts termes.

Présentation détaillées des résultats et tendances

Indice de Maturité du Management du Capital Intellectuel

Organisation Adaptée	0,23333333
Adaptabilité Organisationnelle et Culture	0,13333333
Gestion des Ressources Humaines	0,28333333
Reconnaissance des Compétences	0,1
Interne : Capitalisation, partage et réutilisation des connaissances	0,26666667
Externe : Intelligence économique et assimilation des connaissances	0,33333333



IMMCI

1,35

Proposition de recommandations d'actions adressant les questions ayant recueilli des réponses 0 ou 1 à l'audit

Pratiques de gestion de l'organisation	
Organisation Adaptée	
1	Mettre en œuvre une revue régulière des pratiques de gestion des connaissances et des compétences et communiquer sur leur avancement. Comité de pilotage.
2	-Formaliser les processus de l'organisation en ayant recours à des approches de modélisation d'entreprise (SADT, BPMN, UML ,autres) -Faire le lien avec les démarches qualité potentiellement en place dans l'organisation
3	Mettre en place des formats de capitalisation adaptés aux besoins identifiés (Retours d'expérience projet, Livre de connaissances techniques, rapports techniques structurés, etc.)

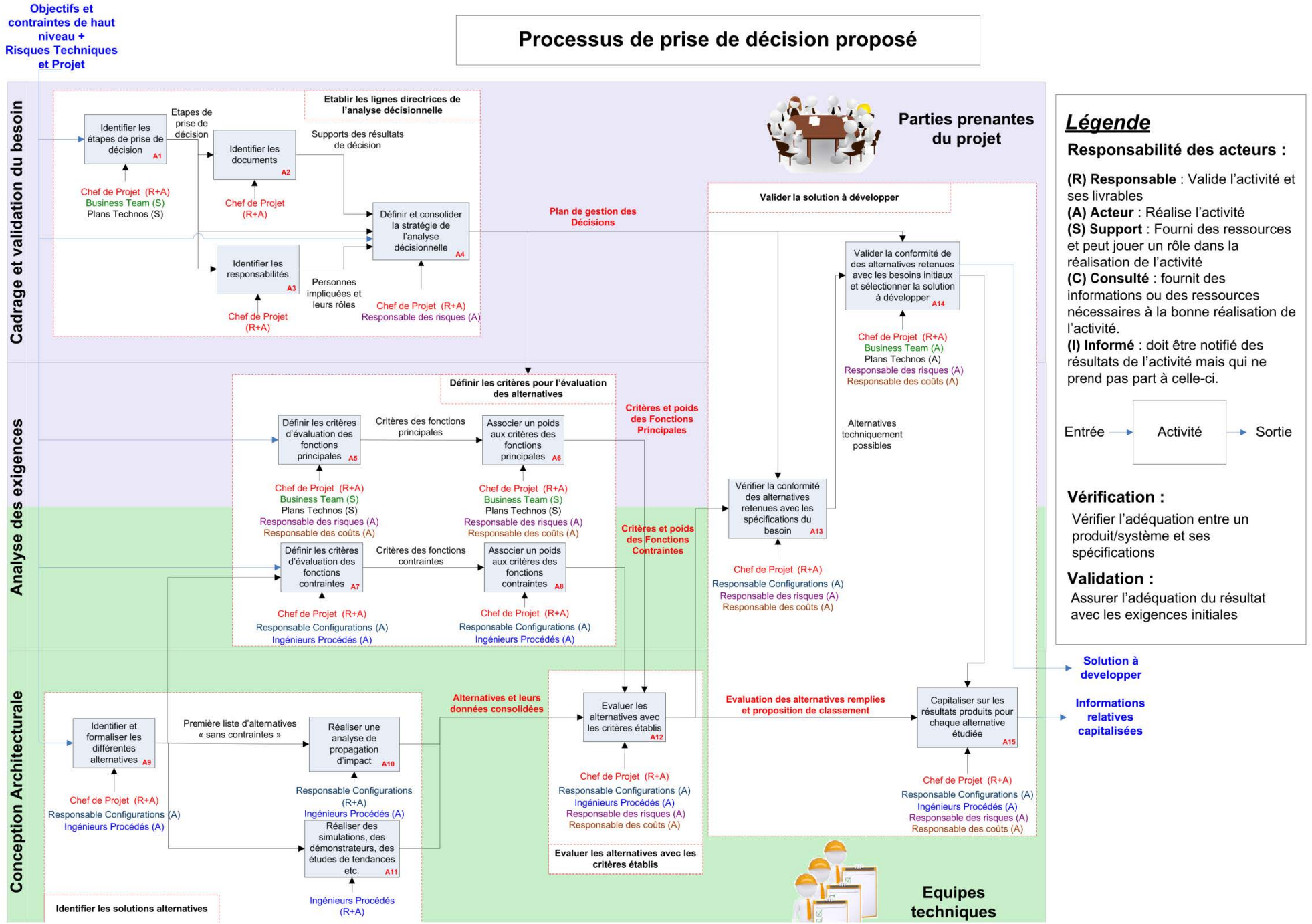
4	Intégrer l'aspect Propriété Intellectuelle dans les contrats. Se rapprocher du service Propriété Intellectuelle s'il existe, ou de l'INPI ou autre organisme certifié pour la protection Intellectuelle.
5	Identifier les compétences nécessaire, les compétences en devenir, celles mise en œuvres par nos concurrents directs et indirects, etc.
Adaptabilité Organisationnelle et Culture	
6	-Mettre en place un processus permettant de systématiquement prendre en compte l'optimisation des connaissances et les compétences dans les évolutions de l'organisation. - A minima, challenger les managers des différentes entités sur l'adéquation entre les évolutions de l'organisation et les connaissances et compétences des équipes
7	Qualifier l'impact des objectifs annuels sur les connaissances et les compétences de l'organisation. Par exemple en demandant d'inclure ces éléments dans les feuilles de route de l'organisation et de ses entités
8	Aider l'organisation à définir et à suivre sa stratégie de management des connaissances et des compétences. (Qui, quoi, quand, comment, où, pourquoi) + quels moyens de suivi ?
9	Organiser des challenges innovation; Organiser des évènements de partage de connaissances (Présentations, séminaires, etc.) ; Organiser des évènements de type "Award"; Aménager le temps de travail des collaborateurs pour leur laisser du temps pour partager leur connaissances (lors des projets, sur des thématiques spécifiques, etc.)
10	Organiser des challenges innovation; Organiser des évènements de type "Award". Re-communiquer vers les équipes sur l'impact de leur connaissances et compétences sur les innovations de l'organisation.
Pratiques de Gestion des compétences	
Gestion des Ressources Humaines	
11	Mettre en œuvre les premiers outils d'identification des Compétences (Matrices de compétences, Fiches de fonction, etc.)
12	- Formaliser et partager un processus de management des compétences, (Identification, Utilisation et Evaluation des compétences techniques et comportementales). - Faire le lien avec les processus de gestion des ressources humaines d'ils existent (plan de formation, recrutement, etc.)
13	Aider les managers à définir des plans d'actions pour développer et valoriser chaque année les compétences de leurs collaborateurs (Plan de formation, coaching, tutorat, sujets spécifiques, etc.). Peut être fait avec l'aide du service des ressources humaines si existant.
14	Mettre en œuvre un processus et des outils d'évaluation de l'acquisition des compétences sur des cas concrets de mise en pratique des compétences. Peut être fait à l'issu d'une formation et de la mise en pratiques des compétences liées à celle-ci. Echange Manager / Collaborateur
15	Faire évaluer les compétences des équipes par leurs managers chaque année. Etablir un suivi des progressions de manière consolidée (au niveau d'un service Rh par exemple)
Reconnaissance des Compétences	
16	-Réaliser une cartographie des rôles dans l'organisation à mettre en regard avec les compétences identifiées. Identifier les liens de compétences entre rôles. Partager ces résultats dans l'organisation -Identifier si le processus de recrutement est adapté à l'organisation d'aujourd'hui
17	Mettre en place un système de valorisation des collaborateurs qui utilisent et développement leur compétences pour innover et optimiser leur environnement de travail (Promotions, bonus, partages de profits, etc.)

18	-Réaliser une cartographie des rôles dans l'organisation à mettre en regard avec les compétences identifiées. Identifier les liens de compétences entre rôles. Partager ces résultats dans l'organisation -Identifier si le processus de recrutement est adapté à l'organisation d'aujourd'hui
19	-Mettre en œuvre les premiers outils d'identification des Compétences (Matrices de compétences, Fiches de fonction, etc.) '-Réaliser une cartographie des rôles dans l'organisation à mettre en regard avec les compétences identifiées. Identifier les liens de compétences entre rôles. Partager ces résultats dans l'organisation
20	Réaliser une cartographie des rôles dans l'organisation à mettre en regard avec les compétences identifiées. Identifier les liens de compétences entre rôles. Partager ces résultats dans l'organisation
Pratiques de gestion des connaissances	
Interne : Capitalisation, partage et réutilisation des connaissances	
21	Mettre en œuvre un premier niveau d'outils de capitalisation des connaissances (Livre de connaissances, retours d'expériences, bases de connaissances, etc.)
22	Identifier et organiser des actions de partage de connaissances adapté à l'organisation actuelle (évènements collaboratifs réguliers, séminaires, communautés de pratiques, outils collaboratifs, etc.)
23	Formaliser et ouvrir des missions, rôle, postes autour de la gestion des connaissances (Ingénieur en gestion des connaissances; Responsables de la gestion des connaissances, Service dédié, etc.)
24	Formaliser un cycle de gestion des connaissances (ex : identifier, préserver, valoriser, actualiser), est voir comment le mettre en œuvre dans les processus, outils disponibles.
25	-Identifier quelle stratégie en termes d'outils de gestion d'information est les plus adaptée à l'organisation pour capitaliser, partager et réutiliser les connaissances. -Mettre en œuvre l(es) outil(s) les mieux adapté(s) pour avoir un système intégré de gestion des connaissances
Externe : Intelligence économique et assimilation de ces connaissances	
26	Mettre en œuvre et structurer des pratiques d'intelligence économique, de veille et de benchmarking
27	Formaliser et ouvrir des missions, rôle, postes autour de l'intelligence économique (Un réseau de personnes, un service dédié, etc.)
28	Favoriser l'assimilation des connaissances provenant de la veille externe. (Processus, évènements, sujets dédiés, missions spécifiques, etc.)
29	Mieux exploiter les éléments identifiés par l'intelligence économique pour aider à la définition de la stratégie de l'entreprise et prendre des décisions
30	Mettre en place un système permettant aux équipes de contribuer, d'échanger et de réagir sur les éléments identifiés par les actions de veille économique

Annexe B

Processus de prise de décision proposé

Nous présentons dans cette annexe le détail du processus de prise de décision proposé dans le Chapitre 4 et servant de support à l'organisation des agents cognitifs au Chapitre 5.Le processus proposé ici est celui utilisé par l'organisation humaine. Les acteurs sont des acteurs humains contrairement à l'exemple proposé au Chapitre 5 ou les acteurs humains sont remplacés par des acteurs virtuels : Les agents cognitifs. Ce processus permet de formaliser les principales activités de la prise de décision dans les projets de conception. Il montre notamment que la prise de décision, activité finale du processus, est rendue possible par des activités préparatoires faisant intervenir les différents acteurs de l'organisation, afin de donner aux décideurs les informations nécessaires à la prise de décision.

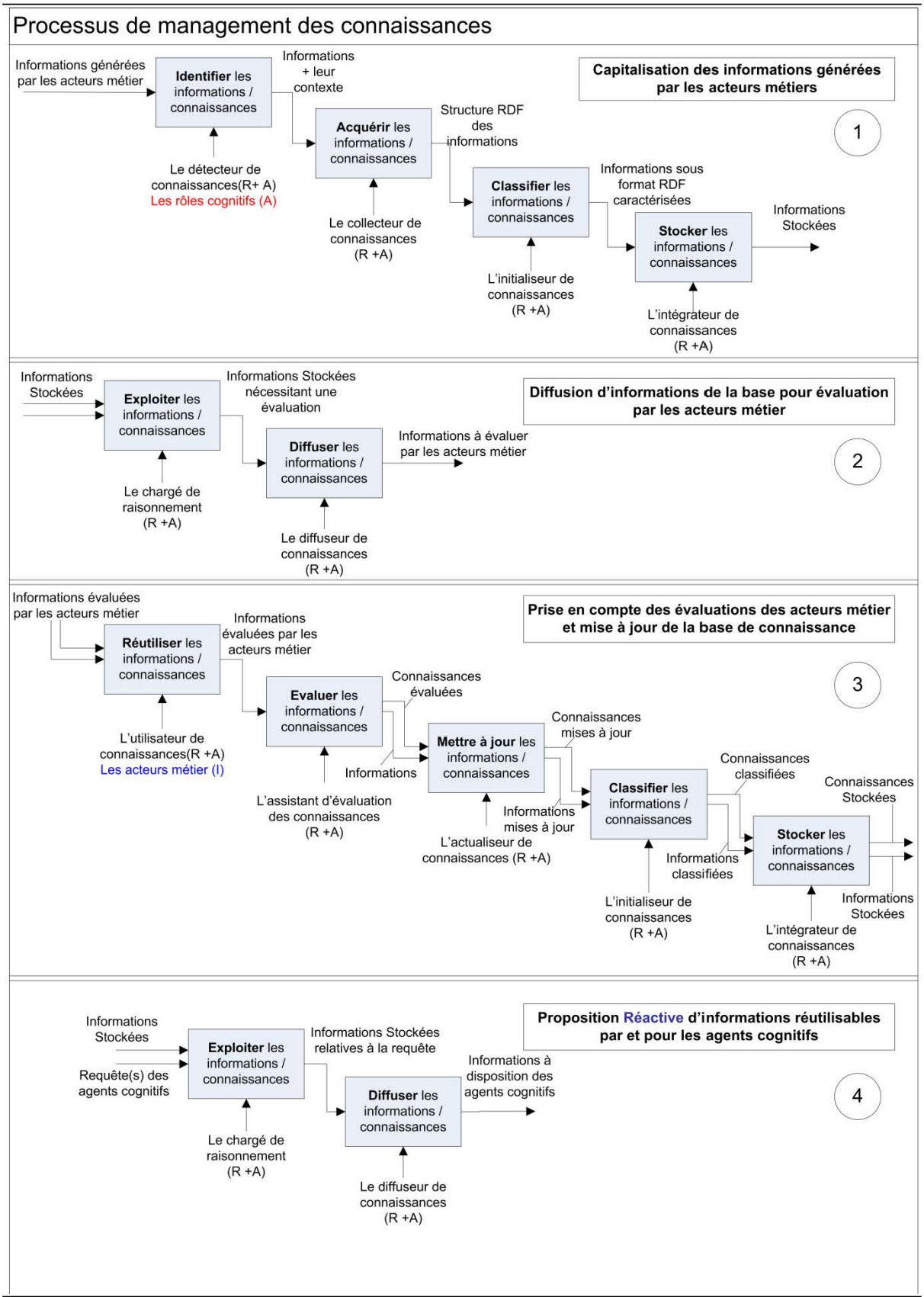

Processus de prise de décision proposé
Objectifs et contraintes de haut niveau + Risques Techniques et Projet
Cadrage et validation du besoin
Analyse des exigences
Conception Architecturale
Etablir les lignes directrices de l'analyse décisionnelle
Identifier les étapes de prise de décision A1
Etapes de prise de décision
Identifier les documents A2
Supports des résultats de décision
Définir et consolider la stratégie de l'analyse décisionnelle A4
Identifier les responsabilités A3
Personnes impliquées et leurs rôles
Chef de Projet (R+A)
Business Team (S)
Plans Technos (S)
Responsable des risques (A)
Parties prenantes du projet
Plan de gestion des Décisions
Valider la solution à développer
Valider la conformité de des alternatives retenues avec les besoins initiaux et sélectionner la solution à développer A14
Business Team (A)
Responsable des coûts (A)
Définir les critères pour l'évaluation des alternatives
Définir les critères d'évaluation des fonctions principales A5
Critères des fonctions principales
Associer un poids aux critères des fonctions principales A6
Critères et poids des Fonctions Principales
Définir les critères d'évaluation des fonctions contraintes A7
Critères des fonctions contraintes
Associer un poids aux critères des fonctions contraintes A8
Critères et poids des Fonctions Contraintes
Alternatives techniquement possibles
Vérifier la conformité des alternatives retenues avec les spécifications du besoin A13
Responsable Configurations (A)
Ingénieurs Procédés (A)
Identifier et formaliser les différentes alternatives A9
Première liste d'alternatives « sans contraintes »
Réaliser une analyse de propagation d'impact A10
Responsable Configurations (R+A)
Réaliser des simulations, des démonstrateurs, des études de tendances etc. A11
Ingénieurs Procédés (R+A)
Identifier les solutions alternatives
Alternatives et leurs données consolidées
Evaluer les alternatives avec les critères établis A12
Evaluer les alternatives avec les critères établis
Evaluation des alternatives remplies et proposition de classement
Capitaliser sur les résultats produits pour chaque alternative étudiée A15
Solution à developper
Informations relatives capitalisées
Equipes techniques
Légende
Responsabilité des acteurs :
(R) Responsable : Valide l'activité et ses livrables
(A) Acteur : Réalise l'activité
(S) Support : Fourni des ressources et peut jouer un rôle dans la réalisation de l'activité
(C) Consulté : fournit des informations ou des ressources nécessaires à la bonne réalisation de l'activité.
(I) Informé : doit être notifié des résultats de l'activité mais qui ne prend pas part à celle-ci.
Entrée
Activité
Sortie
Vérification :
Vérifier l'adéquation entre un produit/système et ses spécifications
Validation :
Assurer l'adéquation du résultat avec les exigences initiales

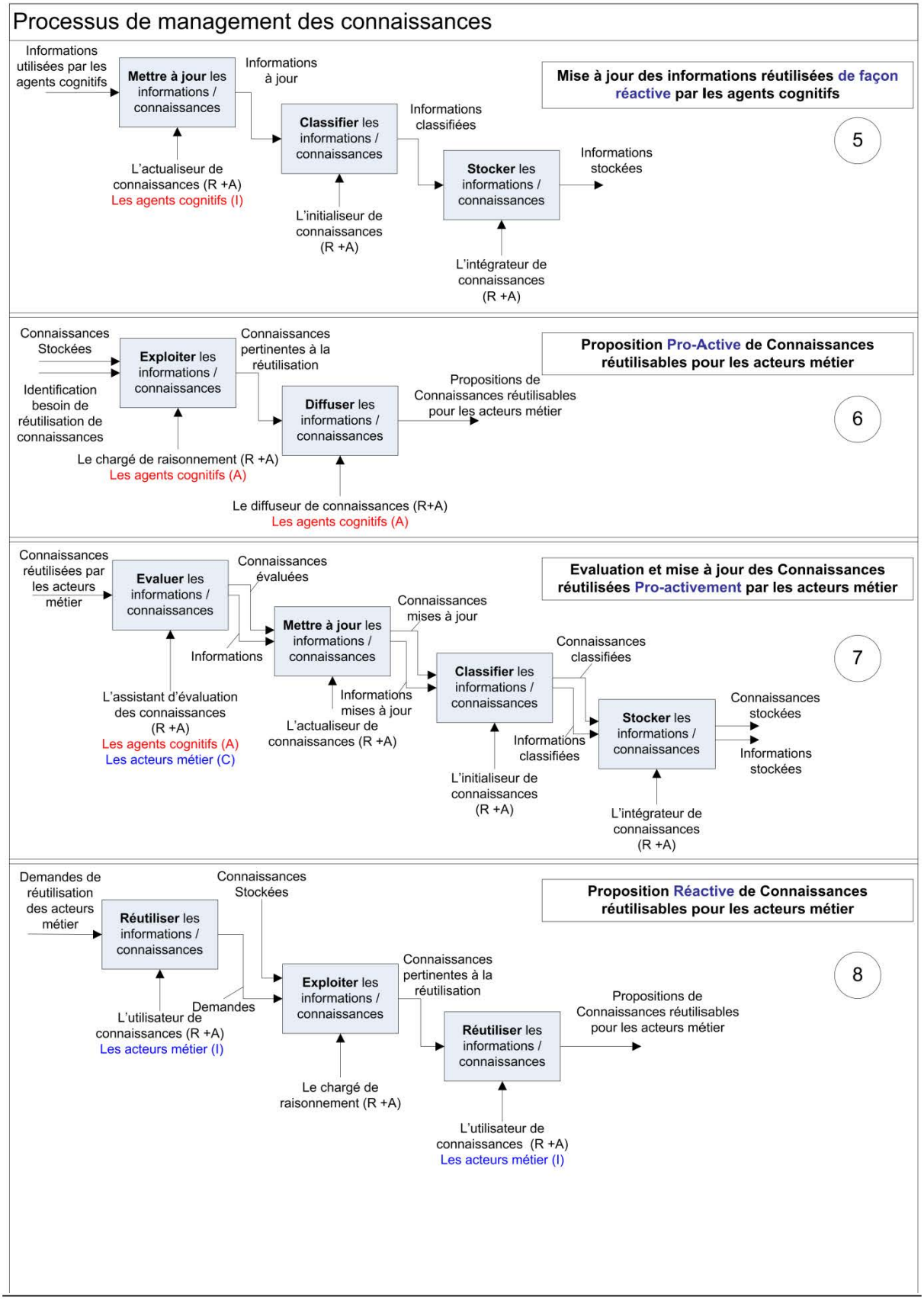
Annexe C

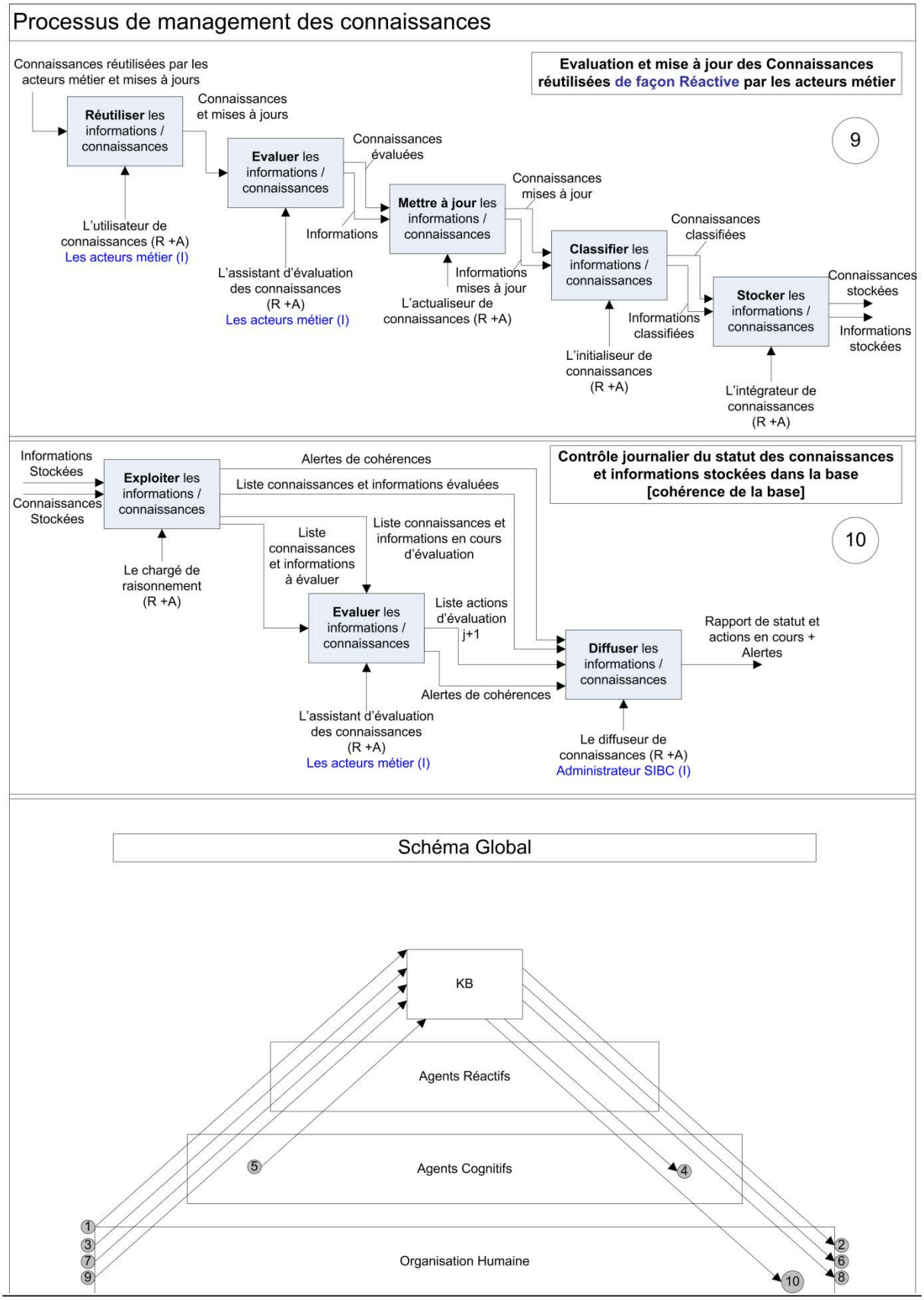
Processus de management des connaissances défini pour le SMA SNOTRA

Nous présentons dans cette annexe le détail du modèle du processus de management des connaissances. Ce processus est commun entre les agents réactifs et les agents cognitifs. De par sa position d'interface entre nos deux organisations d'agents, ce processus ne peut être décrit de façon simple avec notre modèle de processus issus de KROM. Il est donc décliné en dix sous-processus qui font appel de façons différenciées aux neuf étapes du cycle de management des connaissances utilisé dans ce travail de recherche.

Ces dix sous-processus permettent de formaliser le fonctionnement de la partie réactive de notre SMA tout au long de la vie d'un sujet et du cycle de management des connaissances. Les agents cognitifs sont aussi impliqués dans ce processus, à la différence près que leur instanciation peut changer sans impact sur le processus (ie. on peut changer l'organisation des agents cognitifs pour les adapter à une nouvelle organisation, sans que cela n'ait d'impact sur leur fonctionnement relatif à ce processus de management des connaissances).


Processus de management des connaissances
Informations générées par les acteurs métier
Identifier les informations / connaissances
Informations + leur contexte
Acquérir les informations / connaissances
Structure RDF des informations
Classifier les informations / connaissances
Informations sous format RDF caractérisées
Stocker les informations / connaissances
Informations Stockées
Le détecteur de connaissances(R+ A)
Les rôles cognitifs (A)
Le collecteur de connaissances (R +A)
L'initialiseur de connaissances (R +A)
L'intégrateur de connaissances (R +A)
Capitalisation des informations générées par les acteurs métiers
1
Informations Stockées
Exploiter les informations / connaissances
Informations Stockées nécessitant une évaluation
Diffuser les informations / connaissances
Informations à évaluer par les acteurs métier
Le chargé de raisonnement (R +A)
Le diffuseur de connaissances (R +A)
Diffusion d'informations de la base pour évaluation par les acteurs métier
2
Informations évaluées par les acteurs métier
Réutiliser les informations / connaissances
Informations évaluées par les acteurs métier
Evaluer les informations / connaissances
Connaissances évaluées
Mettre à jour les informations / connaissances
Connaissances mises à jour
Classifier les informations / connaissances
Connaissances classifiées
Stocker les informations / connaissances
Connaissances Stockées
L'utilisateur de connaissances(R +A)
Les acteurs métier (I)
L'assistant d'évaluation des connaissances (R +A)
Informations
Informations mises à jour
L'actualiseur de connaissances (R +A)
Informations classifiées
L'initialiseur de connaissances (R +A)
Informations Stockées
L'intégrateur de connaissances (R +A)
Prise en compte des évaluations des acteurs métier et mise à jour de la base de connaissance
3
Informations Stockées
Requête(s) des agents cognitifs
Exploiter les informations / connaissances
Informations Stockées relatives à la requête
Diffuser les informations / connaissances
Informations à disposition des agents cognitifs
Le chargé de raisonnement (R +A)
Le diffuseur de connaissances (R +A)
Proposition Réactive d'informations réutilisables par et pour les agents cognitifs
4


Processus de management des connaissances
Informations utilisées par les agents cognitifs
Mettre à jour les informations / connaissances
Informations à jour
Classifier les informations / connaissances
Informations classifiées
Stocker les informations / connaissances
Informations stockées
L'actualiseur de connaissances (R +A)
Les agents cognitifs (I)
L'initialiseur de connaissances (R +A)
L'intégrateur de connaissances (R +A)
Mise à jour des informations réutilisées de façon réactive par les agents cognitifs
5
Connaissances Stockées
Identification besoin de réutilisation de connaissances
Exploiter les informations / connaissances
Connaissances pertinentes à la réutilisation
Diffuser les informations / connaissances
Propositions de Connaissances réutilisables pour les acteurs métier
Le chargé de raisonnement (R +A)
Les agents cognitifs (A)
Le diffuseur de connaissances (R+A)
Les agents cognitifs (A)
Proposition Pro-Active de Connaissances réutilisables pour les acteurs métier
6
Connaissances réutilisées par les acteurs métier
Evaluer les informations / connaissances
Connaissances évaluées
Mettre à jour les informations / connaissances
Connaissances mises à jour
Classifier les informations / connaissances
Connaissances classifiées
Stocker les informations / connaissances
Connaissances stockées
Informations stockées
Informations
L'assistant d'évaluation des connaissances (R +A)
Les agents cognitifs (A)
Les acteurs métier (C)
Informations mises à jour
L'actualiseur de connaissances (R +A)
Informations classifiées
L'initialiseur de connaissances (R +A)
L'intégrateur de connaissances (R +A)
Evaluation et mise à jour des Connaissances réutilisées Pro-activement par les acteurs métier
7
Demandes de réutilisation des acteurs métier
Réutiliser les informations / connaissances
Connaissances Stockées
Exploiter les informations / connaissances
Connaissances pertinentes à la réutilisation
Réutiliser les informations / connaissances
Propositions de Connaissances réutilisables pour les acteurs métier
Demandes
L'utilisateur de connaissances (R +A)
Les acteurs métier (I)
Le chargé de raisonnement (R +A)
L'utilisateur de connaissances (R +A)
Les acteurs métier (I)
Proposition Réactive de Connaissances réutilisables pour les acteurs métier
8


Processus de management des connaissances
Evaluation et mise à jour des Connaissances réutilisées de façon Réactive par les acteurs métier
9
Connaissances réutilisées par les acteurs métier et mises à jours
Réutiliser les informations / connaissances
Connaissances et mises à jours
L'utilisateur de connaissances (R +A)
Les acteurs métier (I)
Evaluer les informations / connaissances
Connaissances évaluées
L'assistant d'évaluation des connaissances (R +A)
Les acteurs métier (I)
Informations
Mettre à jour les informations / connaissances
Connaissances mises à jour
Informations mises à jour
L'actualiseur de connaissances (R +A)
Classifier les informations / connaissances
Connaissances classifiées
Informations classifiées
L'initialiseur de connaissances (R +A)
Stocker les informations / connaissances
Connaissances stockées
Informations stockées
L'intégrateur de connaissances (R +A)
Contrôle journalier du statut des connaissances et informations stockées dans la base [cohérence de la base]
10
Informations Stockées
Connaissances Stockées
Exploiter les informations / connaissances
Le chargé de raisonnement (R +A)
Alertes de cohérences
Liste connaissances et informations évaluées
Liste connaissances et informations à évaluer
Liste connaissances et informations en cours d'évaluation
Evaluer les informations / connaissances
Liste actions d'évaluation j+1
Alertes de cohérences
L'assistant d'évaluation des connaissances (R +A)
Les acteurs métier (I)
Diffuser les informations / connaissances
Rapport de statut et actions en cours + Alertes
Le diffuseur de connaissances (R +A)
Administrateur SIBC (I)
Schéma Global
KB
Agents Réactifs
Agents Cognitifs
Organisation Humaine
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

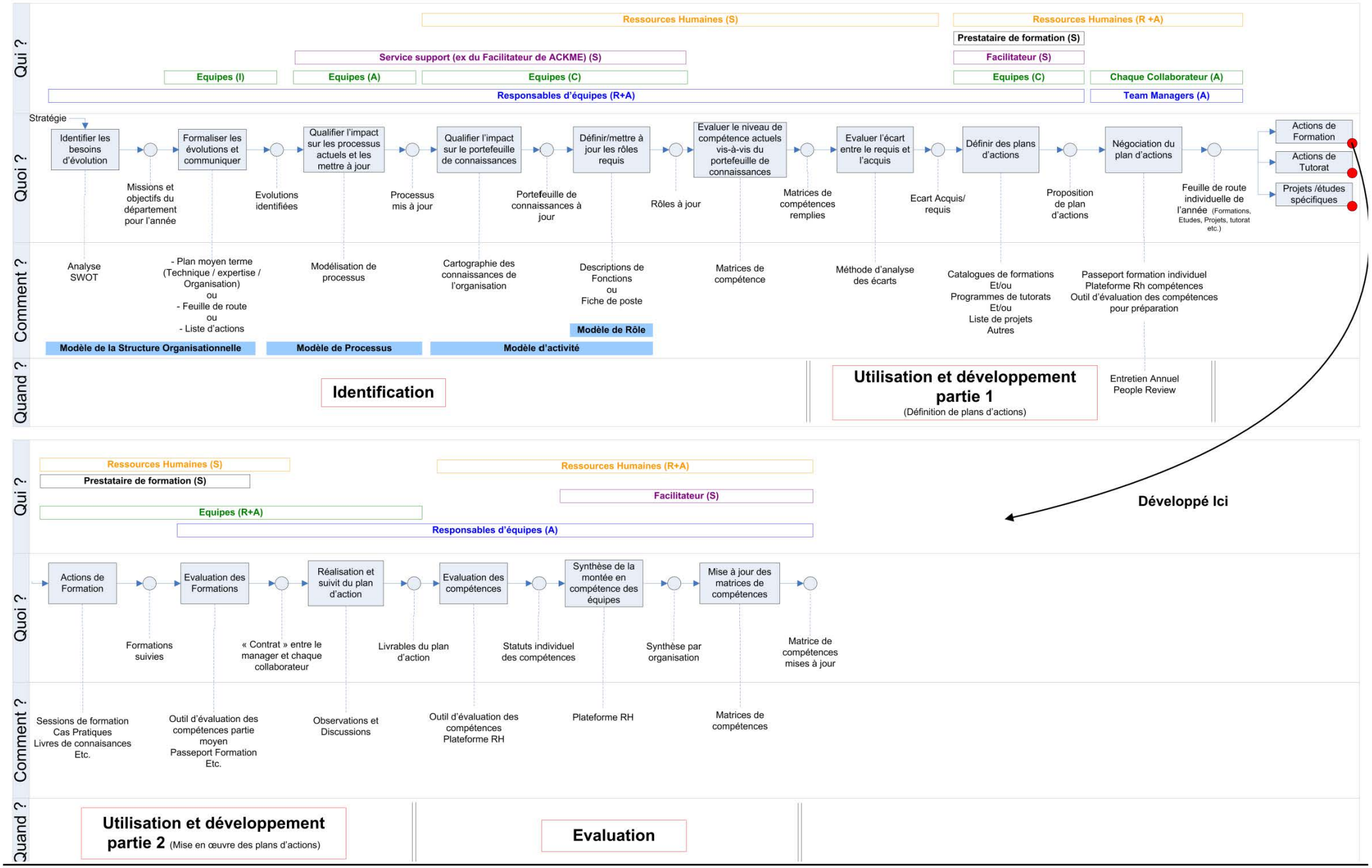
Annexe D

Processus de management des compétences

Nous présentons dans cette annexe le détail du processus de management des compétences proposé en illustration dans le Chapitre 6. Ce processus met en valeur des activités de management des compétences réparties sur trois étapes : L'identification des compétences, l'utilisation et le développement des compétences et enfin l'évaluation des compétences.

L'objectif de ce processus est de montrer l'intégration du cadre d'évolution de l'organisation présenté dans ce travail de recherche avec des pratiques de gestion des ressources humaines. Afin de mieux répondre aux attentes opérationnelles des responsables d'équipes, ce processus identifie et met en relation des moyens pour l'entreprise de maintenir l'adéquation entre ses ressources humaines et ses ambitions stratégiques. La première partie du processus formalise notamment l'apport de la modélisation organisationnelle issue de KROM pour identifier les compétences acquises et requises par l'entreprise pour atteindre ses ambitions. Ainsi la mise en œuvre de ce processus de management des compétences permet de vérifier l'adéquation et la pertinence de notre cadre d'évolution au travers de l'évaluation de la montée en compétences des acteurs de l'organisation.

Processus de management des compétences



Nos Publications

Conférences internationales avec actes

Julien Girodon, Davy Monticolo, Eric Bonjour and Maggy Perrier, *KROM: An Organizational Meta-Model oriented to knowledge: A case from Ophthalmic Industry*. In the Eight International Conference on Signal Image Technology and Internet Based Systems (SITIS), Naples, Italy, 25-29 November 2012, pp. 845-851.

Audrey Depeige and Julien Girodon, *Knowledge Portfolio Optimization: a Multi-Criteria Competency-Driven Approach for Enhanced Innovation Capabilities.* In the Seventh European Conference on Intellectual Capital, Technical University of Cartagena, Cartagena, Spain 9-10 April 2015, pp. 72-79.

Julien Girodon, Davy Monticolo and Eric Bonjour, *How to design a Multi Agent System dedicated to Knowledge Management; the DOCK approach*, in the International Conference on Artificial Intelligence, Electrical & Electronics Engineering, Kuala Lumpur, Malaysia, May 2015.

Journaux internationaux avec comité de lecture

Julien Girodon, Davy Monticolo, Eric Bonjour and Maggy Perrier, (2015). *An organizational approach to design an Intelligent Knowledge-based system: Application to the decision-making process in design projects. Advanced Engineering Informatics*, 29(3), pp.696–713.

Résumé / Abstract

Proposition d'une approche d'amélioration des performances des organisations par le management opérationnel de leurs connaissances et compétences

Ce travail de thèse, réalisé dans le cadre d'une convention CIFRE avec l'entreprise Essilor et le laboratoire ERPI de l'Université de Lorraine, propose un cadre d'évolution des organisations basée sur le management opérationnel des connaissances et des compétences. Nous avons mis en valeur les mécanismes organisationnels de partage et de mise en œuvre des connaissances et compétences en environnement de conception, afin de proposer des modèles, méthodes et outils permettant aux acteurs et organisations d'améliorer leurs performances. Quatre aspects ont été développés dans ce travail, dont trois contributions et une évaluation de l'efficacité du cadre d'évolution proposé :

- L'élaboration d'une méthode de modélisation d'entreprise basée sur le modèle conceptuel KROM et de sa déclinaison en modèles opérationnels. Cette méthode vise à expliciter les liens organisationnels des concepts de connaissance et de compétence afin de les rattacher à leurs contextes de mise en œuvre.
- La définition d'un cadre global d'évolution d'une organisation sur la base du management de ses connaissances et compétences. Ce cadre d'évolution comprend une caractérisation et une évaluation de la maturité des organisations dans leurs pratiques de gestion des connaissances et des compétences, ainsi qu'une méthode d'évolution des organisations reposant sur la proposition de scénarios d'actions d'amélioration : la méthode ACKME.
- La proposition d'une approche organisationnelle de conception de Systèmes Multi-agents (SMA) appelée DOCK, permettant de spécifier des SMA adaptés aux enjeux rencontrés par les approches d'ingénierie à base de connaissances, à savoir la prise en compte et la gestion du cycle de vie de la connaissance.
- Une évaluation de l'intérêt du cadre d'évolution mis en œuvre (les trois contributions précédentes) sur la base de l'évaluation des compétences des acteurs de l'organisation. Cette évaluation repose d'une part sur la possibilité d'intégrer le cadre d'évolution dans une approche globale de pilotage du changement dans l'organisation et d'autre part, sur des expérimentations menées au sein du service Ingénierie d'Essilor.

Mots clés : Modélisation d'Entreprise, Ingénierie des Connaissances, Gestion des Compétences, Systèmes Multi-Agents, Amélioration des Performances, Evolution des Organisations, Génie Industriel

Proposing a performance improvement approach to organizations by the operational management of their knowledge and competences

This research, carried out under a PhD "CIFRE" with the company ESSILOR and the ERPI Laboratory of the Lorraine University, proposes a framework to make organizations evolve, based on the operational management of knowledge and competences. We have enhanced the organizational mechanisms of sharing, and the use of knowledge and competences within the design environment, in order to propose models, methods and tools allowing actors and organizations to improve their performances. Four key elements have been developed in this research, including three contributions and an assessment of the efficiency of the proposed development framework:

- The development of an enterprise modeling method based on the conceptual model KROM and its translation into operational models. This method aims to clarify the organizational links of the knowledge and competence concepts in order to link them to their implementation contexts.
- The definition of a global framework to make an organization evolve based on the management of its knowledge and competence assets. This evolution framework includes a characterization and an assessment of the organizations' maturity in their knowledge and competences management practices, as well as a method to make organizations change, based on the proposal of scenario of improvement actions: the ACKME method.
- The proposal of an organizational approach to design Multi-agent systems (MAS) called DOCK, allowing the designer to specify MAS oriented toward the issues faced by knowledge engineering approaches, namely the recognition and management of the knowledge life cycle.
- An assessment of the value of the implemented framework (the three previous contributions) based on the assessment of the competences of the actors within the organization. This evaluation is based, on one hand, on the possibility to integrate the evolution framework into a global steering approach to make the organization evolve, and on the other hand, on experiments led within the Engineering department of Essilor.

Keywords: Enterprise Modeling, Knowledge Engineering, Competences Management, Multi-Agents Systems, Performance Improvement, Organizations Evolution, Industrial Engineering