



HAL
open science

**Une approche collaborative de gestion des connaissances
- Application à une PME du secteur de l'ingénierie
mécanique**

Cyril Beylier

► **To cite this version:**

Cyril Beylier. Une approche collaborative de gestion des connaissances - Application à une PME du secteur de l'ingénierie mécanique. Sciences de l'ingénieur [physics]. Université Joseph-Fourier - Grenoble I, 2007. Français. NNT: . tel-00185772

HAL Id: tel-00185772

<https://theses.hal.science/tel-00185772>

Submitted on 7 Nov 2007

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

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

THESE
présentée par

Cyril BEYLIER

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR
DE L'UNIVERSITE JOSEPH FOURIER - GRENOBLE 1

Discipline : Génie Industriel
Soutenue publiquement le 16 Octobre 2007

**Une approche collaborative de gestion des
connaissances**

Application à une PME du secteur de l'ingénierie mécanique

Composition du Jury :

Président :	C. McMAHON	Professeur, Université de Bath.
Rapporteurs :	A. BERNARD	Professeur, Ecole centrale de Nantes.
	M. GARDONI	Professeur, INSA de Strasbourg.
Directeurs :	F. VILLENEUVE	Professeur, Université J. Fourier de Grenoble.
	F. POURROY	Maître de Conférences, Université J. Fourier de Grenoble.
Examineur :	T. BALLE	Président Directeur Général, ANTECIM.

Thèse préparée au sein du
Laboratoire G-SCOP (Sciences pour la Conception, l'Optimisation et la Production de Grenoble)

REMERCIEMENTS

C'est à l'issue d'une réunion des anciens élèves organisée par l'UFR de mécanique de Grenoble au cours de laquelle j'ai discuté avec Franck POURROY et François VILLENEUVE de mes activités professionnelles actuelles, que l'idée de faire une thèse a commencée à se dessiner. Du temps s'est écoulé depuis ces premières discussions et de nombreuses rencontres ont influencées de près ou de loin cette aventure humaine et scientifique.

Tout d'abord, je tiens à remercier les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer les résultats de mon travail de recherche. Merci à Chris McMAHON de m'avoir fait l'honneur d'être le président du jury. Je remercie également Alain BERNARD et Mickaël GARDONI, les rapporteurs de ces travaux qui, grâce à leurs points de vues critiques et constructifs, ont su me faire prendre du recul sur mon travail.

Parmi eux, je tiens à remercier sincèrement Franck POURROY et François VILLENEUVE, qui sont à l'initiative de ces travaux, tant pour leurs enseignements scientifiques que pour leurs qualités humaines. Sans excès de modestie, je pense, Franck et François, que vous avez fortement contribué, chacun à votre manière et avec des points de vues complémentaires, au succès de ces travaux ;-).

L'entreprise ANTECIM, initialement notre terrain industriel de recherches, est devenue un partenaire important au fil de ces trois années. Je tiens particulièrement à remercier Thierry BALLE, son PDG, dont l'esprit d'entreprendre l'a conduit à ouvrir les portes de cette PME au milieu de la recherche. Je le remercie aussi pour la confiance qu'il m'a portée et la réactivité dont il a fait preuve pendant ces trois ans. Toute l'équipe d'ANTECIM a été impliquée dans ces travaux depuis les premières réflexions jusqu'à leur mise en œuvre sur le terrain. Les commentaires et conseils de Delphine, Fred, Antonin, Pierre-Olivier... ont rendu cette expérience industrielle passionnante et très riche en enseignements.

Les membres du projet ISOCELE ont aussi apporté leurs regards et idées sur ces travaux. Sans oublier les autres, je remercie plus particulièrement Alain MILLE du LIRIS avec qui nous avons souvent interagi autour des systèmes à base de traces.

Je remercie également tous les membres du pôle CI du laboratoire G-SCOP et par la même occasion ceux du feu laboratoire 3S pour l'ambiance chaleureuse qui n'en reste pas moins scientifique qu'ils parviennent à créer au quotidien (et ce même après notre « délocalisation » vers le centre ville). Je garderai un excellent souvenir des nombreuses discussions le midi autour d'un bon casse-croûte et de celles du soir autour d'une ou deux bonnes bières... J'espère, moi aussi, rester dans votre réseau de connaissances.

Je termine par une profonde pensée à mes proches et ma famille pour leur soutien sans faille, leurs relectures dans l'urgence et les valeurs qu'ils ont su m'inculquer. Enfin (last, but not least), je te remercie de tout cœur, Céline, d'être là.

" La connaissance est une fortune qui n'appauvrit pas celui qui en offre "
Citation inscrite au-dessus de l'entrée de la bibliothèque Mahmoud
Chinguetti - Mauritanie

TABLE DES MATIERES

Liste des Figures	6
Liste des Tables.....	8
Glossaire.....	9
Introduction	13
Problématique générale	13
Le contexte des travaux de recherche	14
Thèse défendue et contributions identifiées	15
La construction de notre méthodologie de recherche intervention	16
Le plan du manuscrit	19
Chapitre I. L'assistance des activités de calcul dans un contexte de sous-traitance.....	21
1. Caractéristiques et évolutions du métier du calcul	21
1.1 Le déroulement des projets de calcul	22
1.2 Activités, acteurs et tâches du métier du calcul	24
1.3 Les enjeux actuels dans le domaine du calcul.....	26
1.4 Un panorama des recherches sur l'assistance au métier du calcul.....	26
1.4.1 Intégrer le calcul dans les processus de conception	27
1) La formation des concepteurs aux activités de calcul opérationnel.....	27
2) Faciliter les interactions entre concepteurs et ingénieurs calcul	28
1.4.2 Standardiser la gestion des données de calcul.....	30
1.4.3 Approches de gestion des connaissances en calcul.....	33
1) De la traçabilité à la capture du raisonnement	33
2) La définition de méthodes de référence pour l'analyse de cas similaires	34
1.4.4 L'automatisation d'activités de calcul.....	37
2. Caractéristiques et enjeux d'un prestataire de services en ingénierie dans un contexte d'entreprise virtuelle.....	39
2.1 Les spécificités des entreprises de service	39
2.2 La multiplicité des relations avec les clients.....	40
2.3 La réactivité un enjeu incontournable	42
2.4 L'importance et les limites des démarches qualité des prestataires de service	42
3. Positionnement de notre approche de recherche	43
Chapitre II. L'analyse des activités d'ANTECIM	45
1. L'entreprise ANTECIM	45
2. La Fiche de Suivi d'affaires.....	46
2.1 Un point d'entrée pour l'analyse des activités d'ANTECIM.....	46
2.2 La mise en place d'un système de suivi d'affaires.....	47
3. Le cycle de vie d'une affaire	50

4. Les caractéristiques du bureau de calcul	52
4.1 Une forte diversité des clients et des projets de calcul.....	53
4.2 Les difficultés de création et de gestion des procédures	55
4.3 Des usages et une gestion hétérogènes des objets techniques au cours des projets ...	56
4.3.1 Les données spécifiques et formelles aux projets de calcul	56
1) Le devis et les données d'entrée.....	56
2) La note de calcul et les livrables du projet.....	57
3) Les modèles de simulation	57
4.3.2 Les objets informels qui supportent la réalisation des projets	58
4.4 Des collaborateurs sources d'informations et de connaissances.....	61
5. Synthèse et Problématique industrielle	62
Chapitre III. Un point sur la gestion de connaissances et ses applications industrielles. 65	
1. La gestion des connaissances : Problématique et évolutions.....	66
1.1 Des difficultés liées à la nature des connaissances	66
1.1.1 Dynamiques de création de connaissances.....	67
1.1.2 Le rôle des informations.....	69
1.2 Les connaissances sont aussi liées aux actions	70
1.3 L'importance du contexte sur les actions et le partage de connaissances.....	71
1.4 L'importance des acteurs dans le processus de gestion de connaissances.....	72
1.5 Les évolutions de la gestion des connaissances	74
2. Approches et systèmes de gestion de connaissances.....	75
2.1 Les approches orientées vers la codification.....	76
2.2 Les approches orientées vers la personnalisation.....	82
2.3 Les approches mixtes	85
2.4 L'acceptation des systèmes de gestion de connaissances	86
2.4.1 Des facteurs organisationnels.....	87
2.4.2 L'intégration de l'approche dans les pratiques	87
2.4.3 Des facteurs liés aux rôles des acteurs	87
2.5 La qualité des informations	88
3. Une relation entre gestion des connaissances et types d'entreprise.....	91
3.1 Des approches différentes selon le type d'entreprise.....	91
3.2 Les caractéristiques particulières des PME.....	91
3.2.1 Une tendance à partager les connaissances par socialisation	92
3.2.2 Une nécessité de minimiser les coûts humains et des infrastructures	92
3.2.3 Des difficultés supplémentaires pour impliquer des ingénieurs de la connaissance	92
3.2.4 Des projets hétérogènes, difficiles à classifier, et de courte durée.....	93
3.3 Des systèmes à customiser en fonction des entreprises	93
4. Synthèse.....	95

Chapitre IV. Proposition d'une approche de gestion des connaissances basée sur la collaboration 97

1. Une approche collaborative de gestion des connaissances 98

1.1 Les *Informations Support* un lien vers les connaissances 98

1.2 La clé de voûte de l'approche : La trace des usages et des évolutions des Informations Support..... 100

1.3 Les grandes lignes de l'approche 102

2. Objectifs et concepts de notre approche de gestion des connaissances 103

2.1 Permettre la formalisation des connaissances par les ingénieurs eux-mêmes 103

2.1.1 Formaliser une description sur les informations manipulées 103

2.1.2 Relier au fil de l'eau les connaissances aux informations manipulées 105

2.1.3 Supporter et suivre l'évolution des connaissances formalisées 105

2.2 Permettre un partage et une validation progressifs d'*Informations Support* non finalisées..... 106

2.2.1 Trois types d'espaces de travail 107

1) Espace privé 107

2) Espace de proximité 107

3) Espace public de l'entreprise..... 107

2.2.2 La mise en œuvre des espaces de travail..... 108

2.3 Encourager les échanges interpersonnels et l'accès aux experts..... 108

2.3.1 Faciliter l'identification des experts..... 108

2.3.2 Encourager les interactions entre les acteurs..... 109

2.4 Permettre l'évaluation de la qualité du contenu du système de gestion des connaissances 110

2.4.1 Une définition de la maturité correspondante à notre approche..... 111

2.4.2 La maturité des *Informations Support*..... 111

1) Le processus de développement des Informations Support 112

2) Un modèle d'évaluation de la maturité des Informations Support..... 113

2.4.3 La maturité des pratiques 114

2.5 Intégrer l'approche dans les activités de l'organisation 115

3. Synthèse..... 116

Chapitre V. Vers un système de gestion de connaissances adapté au métier du calcul et intégré dans la structure de l'entreprise 119

1. Un retour sur les besoins observés sur le terrain pour instancier notre approche au métier du calcul 119

1.1 Quelles sont les Informations Support pour le métier du calcul ? 120

1.2 Dans quels contextes ces *Informations Support* sont-elles utilisées au cours des projets de calcul ? 120

2. L'outil KALIS : Un support au partage de connaissances..... 124

2.1 Une présentation générale de KALIS..... 124

2.2 Le fonctionnement de KALIS 126

2.3 La formalisation de connaissances sur les *Informations Support* 127

2.3.1 L'ajout et la description d'informations.....	128
2.3.2 La Trace des usages, le dispositif d'indexation des <i>Informations Support</i>	129
2.4 Le partage progressif d' <i>Informations Support</i> et la mise en relation des acteurs	131
2.4.1 La recherche d' <i>Informations Support</i>	131
2.4.2 Les espaces de travail et les vitrines.....	131
2.5 Les Traces d'évolution du contenu	133
2.5.1 Les annotations, un moyen léger de documenter les <i>Informations Support</i>	133
2.5.2 Le wiki, un dispositif de documentation et de modification des <i>Informations Support</i>	134
2.5.3 La construction des Traces d'évolution	136
2.6 L'évaluation de la maturité des <i>Informations Support</i>	137
3. L'intégration de KALIS dans les processus de l'entreprise.....	139
3.1 Intégration dans les pratiques des ingénieurs.....	139
3.2 Intégration dans le système de management de la qualité	140
4. Un scénario d'utilisation de KALIS adapté au métier du calcul	141
4.1 Création et formalisation de connaissances	141
4.2 Collaboration, partage, réutilisation de connaissances.....	143
4.3 La gestion dynamique du contenu de KALIS	146
5. Synthèse.....	147
Chapitre VI. Déploiement de l'approche chez ANTECIM et retour d'expérience	149
1. Le déploiement de l'approche chez ANTECIM	149
1.1 Une approche pragmatique de développement du système	149
1.2 Un déploiement progressif de l'approche	151
1.3 L'animation et le suivi de l'approche.....	151
2. L'observation de la mise en usage de notre approche au sein d'ANTECIM.....	153
2.1 L'utilisation de KALIS.....	154
2.1.1 L'évolution et l'utilisation de son contenu.....	154
2.1.2 Le partage des <i>Informations Support</i>	156
2.2 Les types d' <i>Informations Support</i>	158
2.2.1 Les types d' <i>Informations Support</i> contenus dans KALIS.....	158
2.2.2 L'utilisation des différents types d' <i>Informations Support</i>	159
2.2.3 Le partage des différents types d' <i>Informations Support</i>	160
2.3 Le dispositif de formalisation de connaissances	161
2.3.1 Comment les <i>Informations Support</i> sont-elles décrites ?.....	161
2.3.2 Comment les <i>Informations Support</i> évoluent-elles ?	163
3. Bilan de l'approche pour le fonctionnement du bureau d'études	166
3.1 La validation technique des concepts de l'approche.....	166
3.2 L'impact de KALIS sur le plan opérationnel	167
3.3 L'impact de l'approche sur le plan stratégique	168
3.3.1 Les impacts sur la fiabilité	168
3.3.2 Les impacts sur la réactivité	169
4. Synthèse.....	169

Chapitre VII. Une prise de recul sur notre méthode de recherche	171
1. La recherche en conception, un processus complexe et itératif	171
2. Notre approche de recherche intervention	172
2.1 Description chronologique du déroulement de nos travaux.....	173
2.1.1 Période 1 : Observation participante, Analyse et Modélisation des activités du Bureau d'études (Octobre 2004 - Mars 2005).....	173
2.1.2 Période 2 : Spécification, Prototypage et Développement de KALIS (Juillet - Septembre 2005)	174
2.1.3 Période 3 : Mise en usage de KALIS (Octobre 2005 - Janvier 2006).....	175
2.1.4 Période 4 : Expérimentation et nouvelle observation participante (Février - Août 2006).....	176
2.1.5 Période 5 : Analyse, modélisation et spécification (Novembre 2006-Janvier 2007).....	176
1) De l'analyse et la modélisation du partage d'informations vers la redéfinition des espaces de travail	177
2) De l'analyse et la modélisation de l'évolution des Informations Support à la spécification d'un dispositif d'évaluation de la maturité (Novembre 2006-Janvier 2007).....	179
2.2 Prise de recul sur notre approche	180
3. Synthèse.....	181
Conclusion.....	183
Synthèse des travaux.....	183
Contributions et limites identifiées	185
Perspectives.....	187
Références Bibliographiques	189

Liste des Figures

Figure 1 Le cycle de la recherche intervention [Boujut et Tiger, 2002]	17
Figure 2 Le cadre proposé par DRM [Blessing et Chakrabarti, 2002]	18
Figure 3 La réalisation d'un projet de calcul.....	23
Figure 4. Flux de demandes de simulation possibles [Blanco et Pourroy, 2005]	41
Figure 5 Modèle de données de la fiche de suivi	48
Figure 6 Copie d'écran de la fiche de suivi.....	49
Figure 7 Actigramme IDEF0 du processus de réalisation d'une affaire	52
Figure 8 Spirale de conversion de connaissances et processus self-transcendantal [Nonaka et Takeushi, 1995].....	68
Figure 9 Les quatre fonctions des systèmes de gestion des connaissances selon [Balmisse, 2005].....	76
Figure 10 La problématique de la capitalisation des connaissances dans les organisations [Grundstein, 2000].	77
Figure 11 Observation de l'activité des concepteurs [Matta et al., 2002].....	79
Figure 12 Knowledge repository vs Knowledge network [Bush et Tiwana, 2005].....	84
Figure 13 Le principe de notre approche mixte	101
Figure 14 Le concept de vitrine [Beylier et al., 2006b]	110
Figure 15 Les principaux concepts de notre approche ascendante [Beylier et al., 2007]	117
Figure 16 Domaines scientifiques implémentés dans KALIS	122
Figure 17 Contexte, activités et Informations Support	124
Figure 18 Principe de fonctionnement de KALIS [Beylier et al., 2006b]	125
Figure 19 Une vue de la page principale de KALIS	126
Figure 20 Ajout et description d'une Information Support.....	128
Figure 21 Description du contexte d'utilisation.....	130
Figure 22 Association des Informations Support avec leur contexte d'utilisation	130
Figure 23 La gestion des espaces de travail.	132
Figure 24 Les espaces de travail et la vitrine.	132
Figure 25 La visualisation d'une Information Support et les annotations associées	134
Figure 26 Description détaillée et historique.	136
Figure 27 Le suivi des évolutions des Informations Support.....	137
Figure 28 Les indicateurs de maturité associés à une Information Support.....	138
Figure 29 Capture automatique du contexte du projet et de l'étude	139
Figure 30 Document qualité rempli lors de la vérification d'une étude.....	140
Figure 31 Ajout et description d'une information.....	142
Figure 32 Description du contexte d'utilisation.....	143
Figure 33 Support de vérin à expertiser	143
Figure 34 Affichage des informations filtrées.....	144

Figure 35 Résultat de recherche	144
Figure 36 Description détaillée et historique	145
Figure 37 Niveau de maturité de la feuille de calcul après sa première évolution.....	146
Figure 38 L'évolution et l'utilisation du contenu de KALIS au 01/04/2007	154
Figure 39 Taux d'utilisation des Informations Support contenues dans KALIS au 01/04/2007	156
Figure 40 Le partage des Informations Support.....	157
Figure 41 Types d'Informations Support contenues dans KALIS au 01/04/2007	158
Figure 42 Proportion d'affaires apparaissant dans KALIS par rapport à celles traitées par ANTECIM au 01/04/2007.....	168
Figure 43 Modèle de méthodologie de recherche en conception [Prudhomme et al., 2005].	172
Figure 44 Déroulement de notre processus de recherche.....	173
Figure 45 L'évolution du contenu des espaces de travail [Beylier et al., 2006a]	178
Figure 46 Partage réel des Informations Support [Beylier et al., 2006a].....	178

Liste des Tables

Tableau 1 Typologie des études de calcul réalisées par ANTECIM.....	54
Tableau 2 Les principaux documents manipulés par les ingénieurs calcul [Beylier et al., 2006b].....	59
Tableau 3 Les descripteurs des Informations Support	105
Tableau 4 Cadre d'évaluation de la maturité d'une information support [Beylier et al., 2007]	114
Tableau 5 Cadre d'évaluation de la maturité des pratiques au sein de l'organisation	115
Tableau 6 Les descripteurs du contexte d'activité	121
Tableau 7 Une hiérarchisation des problèmes de gestion des Information Support chez ANTECIM.....	150
Tableau 8 Taux d'utilisation des Informations Support en fonction de leur type au 01/04/2007	159
Tableau 9 Types d'Informations Support utilisées pendant le processus de calcul au 01/04/2007.....	160
Tableau 10 Historique de l'évolution d'une Information Support : exemple d'une macro ...	165

Glossaire

Awareness :

La compréhension des activités des autres qui fournissent un contexte pour notre propre activité. [Dourish et Bellotti, 1992]

Bottom-up* ou *ascendante :

Avec une approche bottom-up, l'organisation du management des connaissances n'est plus hiérarchique mais autonome et horizontale. Les connaissances sont créées, gérées et partagées au niveau opérationnel. [Nonaka et Takeushi, 1995]

Codification :

Stratégie de gestion des connaissances qui vise à « transformer » les connaissances implicites en connaissances explicites. Elle est principalement basée sur des processus d'externalisation.

Conscience collective :

voir *Awareness*

Contributeurs* ou *Producteurs de connaissances :

Acteurs qui créent de nouvelles connaissances au cours de leurs activités.

Données Projet :

Objets techniques spécifiques au projet.

Espace Privé :

Espace de travail contenant des Informations Support gérées de façon individuelle. Ils révèlent des connaissances individuelles.

Espace de proximité :

Espace de travail contenant des informations partagées par un nombre restreint d'acteurs au sein de l'organisation. Il permet une gestion collective et décentralisée des Informations Support, et révèlent des connaissances partagées.

Espace Public :

Espace contenant des Informations Support validées et reconnues comme utiles pour l'entreprise. Il constitue le référentiel métier de l'entreprise, par conséquent, la fiabilité et la validité des Informations Support sont des aspects très importants. Il permet une gestion centralisée des Informations Support.

Fiche de Suivi :

Outil de suivi des affaires traitées par l'entreprise ANTECIM.

Gestion par affaire :

Elle s'articule autour d'une relation entre un demandeur et des fournisseurs ne faisant pas partie de la même organisation. Elle a pour objectif d'organiser et de suivre chaque affaire pendant tout son cycle de vie en tenant compte de ses dimensions temporelles et financières.

Information Support :

Objet ou information technique soutenant les ingénieurs pendant la réalisation de leurs activités.

Intermédiaires :

Acteurs chargés de choisir, préparer, documenter, adapter et maintenir les connaissances formalisées en fonction des situations de réutilisation possibles

Intervention sur une Information Support :

Action (Création, Modification, Documentation, Vérification, Validation) conduisant à l'évolution d'une Information Support.

KALIS :

Knowledge about Activities as a Link to Information Sharing

Knowledge Networks :

Systèmes de gestion des connaissances systèmes permettant de mettre en relation des personnes. Ils reposent sur une architecture sous forme de réseau en fournissant des « pointeurs » vers des personnes sources de connaissances pour d'autres.

Knowledge Repository :

Systèmes de gestion des connaissances offrant une structure centralisée capable de supporter divers types d'informations (bonnes pratiques, fiches thématiques, procédures...), et, qui sont mises à disposition des membres de l'organisation. Ces systèmes permettent de combiner dynamiquement plusieurs vues des informations qu'ils contiennent.

Maturité :

L'état d'une chose, d'une personne qui approche du point où elle a toutes ses qualités (définition du dictionnaire Hachette, édition 2006).

Mixte :

Approche de gestion des connaissances combinant les stratégies de codification et de personnalisation.

Niveau de maturité :

Renseigne les Contributeurs et les Utilisateurs sur la qualité et la fiabilité d'une Information Support. Il est défini à partir d'un ensemble d'indicateurs représentant les qualités intrinsèques, contextuelles et relationnelles de l'Information Support.

Personnalisation :

Stratégie de gestion des connaissances principalement centrée sur le partage de connaissances au travers d'interactions directes entre acteurs et passant souvent un processus de socialisation.

Processus :

Ensemble d'activités corrélées ou interactives qui transforme des éléments d'entrée en éléments de sortie (définition de la norme ISO 9000 :2000)

Qualité :

L'aptitude d'un ensemble de caractéristiques intrinsèques à satisfaire des exigences (définition de la norme ISO 9000:2000)

Réactivité industrielle :

L'aptitude d'un système à réagir rapidement à diverses perturbations, à se transformer conformément aux modifications de son environnement, à se mobiliser pour agir dans les délais les plus brefs. [Dauty et Larré, 2001]

Repository :

Système de stockage qui se distingue d'une base de données car il est spécifiquement destiné à faciliter la réutilisation de son contenu. Ces systèmes contiennent des informations hétérogènes (modèles, texte, règles de conception, ...) ainsi que d'autres fonctionnalités additionnelles [Szykman et al., 2000].

Top-down ou descendante :

L'approche top-down, est issue de la division du travail taylorienne qui passe par la mise en place de processus très formalisés de gestion des connaissances. La gestion des connaissances est organisée de façon centralisée au sein de l'organisation par un seul et même acteur. [Nonaka et Takeushi, 1995]

Traçabilité :

Aptitude à retrouver l'historique, la mise en œuvre ou l'emplacement de ce qui est examiné (définition de la norme ISO 9000:2000)

Trace d'usage :

Historique contenant des renseignements sur l'usage (la liste des utilisations effectives) des Informations Support. Chaque élément de cet historique précise notamment le contexte de l'activité en cours lors de l'utilisation de l'Information Support concernée.

Traces d'évolution :

Historique des actions (ou interventions) qui ont conduit à faire évoluer l'Information Support et sa description. Chacune des actions constituant cet historique est enrichie par des renseignements sur le contexte dans lequel elle s'est déroulée.

Utilisateurs ou Chercheurs de connaissances :

Acteurs qui ont besoin d'informations ou de nouvelles connaissances pour accomplir certaines activités.

Vitrine :

Dispositif permettant aux acteurs de visualiser une description partielle d'une information même s'ils ne peuvent pas y accéder.

Wiki :

Système de gestion de contenu de sites Web permettant aux utilisateurs (pas forcément spécialistes) d'éditer et de créer librement des pages à partir d'un simple navigateur internet.

Introduction

Problématique générale

La conception de produits commence généralement à partir d'une idée partiellement définie. Cette activité est complexe et itérative car l'élaboration de solutions techniques entraîne une évolution de la définition initiale du besoin. Le processus de conception se compose donc d'une succession de propositions de solutions techniques et de leurs évaluations ce qui nécessite des interactions entre acteurs de divers métiers. Ces interactions sont sources de création de connaissances sur les produits en cours de conception.

Le caractère interdisciplinaire de la conception de produit est un des facteurs de complexité de l'ingénierie mécanique. En effet, il est souvent considéré que les acteurs d'un même métier appartiennent à un même « monde » car ils ont en commun des connaissances, des logiques d'action et des échelles de grandeur particulières [Mer, 1998]. Ces caractéristiques propres à chaque métier rendent la collaboration entre acteurs de mondes différents complexe et souvent peu efficace pour les projets.

Or, lorsque ces contraintes dues à l'interdisciplinarité des projets de conception sont associées aux problématiques industrielles de coût, qualité, et délais, cela entraîne l'apparition de nouvelles formes d'organisations dans lesquelles les collaborations dépassent les frontières des entreprises. L'enjeu de l'*Entreprise Etendue* est de réunir les partenaires, les fournisseurs, les clients et les sous-traitants autour d'un même projet afin de profiter des meilleures compétences ou de répartir les coûts de conception [Browne et Zhang, 1999]. Cette forme d'organisation est appelée l'*Entreprise Virtuelle* [Ettighoffer, 1992], lorsque la collaboration, entre acteurs dispersés géographiquement, est limitée dans le temps et repose essentiellement sur l'utilisation des NTIC¹..

Cette dimension interentreprises augmente la complexité du processus de conception car les acteurs de mondes variés appartiennent à des entreprises qui ont des intérêts différents et parfois même divergents [Johansen et Björkman, 2003].

Dans ce domaine de l'ingénierie mécanique, nos travaux se concentrent sur le métier de la « simulation numérique » ou du « calcul »² qui représente un type d'acteur impliqué dans les processus de conception. La simulation numérique permet de prévoir le comportement mécanique du produit au cours de sa conception en tenant compte des usages et des situations qu'il connaîtra tout au long de son cycle de vie. Au cours du processus de conception de produits, le métier du calcul permet d'évaluer ou de valider les propositions de solutions

¹ Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication.

² Tout au long du manuscrit les termes « simulation numérique » et « calcul » sont associés au domaine du génie mécanique et utilisés sans aucune distinction. Nous utilisons plus volontiers le terme « calcul » car il nous paraît être le plus général que le terme « simulation numérique ».

techniques développées par les concepteurs. Il contribue ainsi à l'amélioration de la qualité des produits et à la maîtrise des coûts et délais des projets.

Par ailleurs, le métier du calcul est une activité qui requiert un savoir-faire important pour modéliser le comportement des produits. Pourtant, il apparaît au sein des groupes industriels que cette activité est souvent peu reconnue ou valorisée. Elle est souvent centralisée au sein de services spécialisés, voire même sous-traitée auprès d'entreprises prestataires de services.

C'est dans ce contexte de sous-traitance d'étude spécialisée dans le calcul que nos travaux de thèse se déroulent. Ces entreprises de services sont généralement des PME³ qui évoluent dans un milieu fortement concurrentiel et collaborent avec de nombreux donneurs d'ordres différents, ce qui leur impose de faire preuve d'une grande réactivité. Parallèlement à cela, l'augmentation de la complexité, du nombre d'études et du nombre de clients avec lesquels ces entreprises de services collaborent leurs imposent de structurer leurs processus et de fiabiliser les résultats de leurs prestations. Pour une PME, une difficulté supplémentaire se présente. Celle-ci est liée à la structure de l'entreprise, dans laquelle chaque acteur se doit d'être polyvalent et occupe souvent plusieurs rôles.

Ainsi, notre problématique porte sur l'amélioration de l'efficacité de ces bureaux d'études prestataires de services en définissant des outils et des méthodes adaptés à la structure de ces entreprises.

Le contexte des travaux de recherche

Nos travaux de recherche sont directement inclus au sein du projet de recherche ISOCELE⁴ qui a été soutenu et financé par la région Rhône-Alpes au cours de la période 2000-2003. Ce projet orienté sur le thème des STIC⁵ et de l'entreprise virtuelle, a regroupé des laboratoires de recherche et des acteurs du milieu industriel. Les travaux menés au cours de ce projet ont contribué à spécifier, construire et mettre en œuvre des systèmes d'informations dédiés à la conception collaborative dans le contexte d'entreprises virtuelles. Les résultats du projet concernent principalement trois niveaux :

- le niveau Inter-entreprises : Dans le cadre d'un même projet, les donneurs d'ordre impliquent aujourd'hui de plus en plus tôt leurs fournisseurs dans la conception de leurs produits. Le projet a posé les bases d'un guide méthodologique pour mener à bien cette réflexion au sein d'une entreprise.
- le niveau Inter-métiers : Dans le cadre d'un projet de conception, les informations échangées par les acteurs de la conception ne sont pas toutes du même niveau de maturité. Des modèles ont été proposés pour prendre en compte et gérer l'incertitude des données de conception à travers des indicateurs de maturité.

³ Petite et Moyenne Entreprise

⁴ Ingénierie des Systèmes d'information Ouverts pour la Conception Collaborative dans l'Entreprise virtuelle

⁵ Sciences et Techniques de l'Information et de la Communication

- le niveau Intra-métiers : Nos travaux se sont inscrits dans cette problématique avec l'optique de supporter la collaboration entre acteurs d'un même métier, dans un cadre multi-projets.

Plus particulièrement, nos travaux de thèse ont été menés en partenariat avec deux membres du projet ISOCELE : le laboratoire G-SCOP⁶ et l'entreprise ANTECIM.

Le pôle Conception Intégrée du laboratoire G-SCOP articule ses activités de recherche autour de l'intégration des métiers tout au long du cycle de vie du produit. Il est aussi engagé dans le développement de modèles, méthodes et outils destinés à faciliter la collaboration dans un contexte d'ingénierie concurrente.

La société ANTECIM, une entreprise de 20 personnes, est le partenaire industriel de nos travaux de recherche. Elle fournit, à d'autres entreprises industrielles ou de services, divers types de prestations de sous-traitance centrées autour du métier du calcul en conception mécanique. Les projets traités par cette entreprise l'amènent à côtoyer de nombreux clients et sont à l'origine de flux d'informations très variés. Ils concernent aussi bien le métier de la simulation numérique que les clients eux-mêmes et sont générateurs de nombreuses connaissances.

Au sein du laboratoire G-SCOP, nos travaux s'inscrivent dans la continuité des recherches débutées depuis plusieurs années ([Troussier, 1999], [Baizet, 2004], [Songis, 2003]...). Ces travaux sur l'intégration de la simulation numérique au sein du processus de conception ont impliqué de grands groupes industriels.

Nos travaux s'inscrivent dans la problématique de support à la collaboration entre acteurs d'un même métier que nous appliquons au sein d'un bureau d'étude sous-traitant spécialisé dans le calcul afin de définir des outils et des méthodes correspondant aux enjeux liés à leur position.

Thèse défendue et contributions identifiées

Cette thèse souligne la volonté des PME d'adopter et d'intégrer des démarches d'amélioration continue au sein de leurs pratiques. Ces bureaux d'études sous-traitant ont des activités fortement liées à la création de connaissances. Ainsi, nous proposons une méthode et un outil destinés à améliorer l'efficacité collective grâce à la mise en œuvre d'une démarche de gestion des connaissances.

Afin de renforcer la réactivité de ces bureaux d'études tout en respectant les impératifs de fiabilité des activités de calcul, notre démarche de gestion des connaissances repose principalement sur l'amélioration de la collaboration entre les ingénieurs. En effet, au sein de ces structures, il est difficile de mettre en œuvre des démarches classiques de capitalisation des connaissances qui imposent d'impliquer des ingénieurs de la connaissance pour formaliser les connaissances à l'aide de procédures ou bonnes pratiques.

⁶ Laboratoire des Sciences pour la Conception, l'Optimisation et la Production de Grenoble.

Face à cet obstacle, nous proposons une approche favorisant la collaboration pour permettre une formalisation et un partage progressif des connaissances. Ainsi, la gestion des connaissances proposée reste adaptée aux spécificités de ces bureaux d'études sous-traitants. Nos travaux s'inscrivent dans la continuité des récentes évolutions qui ont marqué le domaine du travail collaboratif assisté par ordinateur (CSCW⁷) [Agostini et al., 2000] :

- Plutôt qu'un travail automatique réalisé par le système, on cherche maintenant à proposer un support pour aider le travail des utilisateurs.
- D'une recherche pour l'interaction entre utilisateurs et supports informatiques, on cherche maintenant à développer l'interaction entre utilisateurs à travers les supports informatiques.

Les contributions de ces travaux de thèse se situent à plusieurs niveaux.

Tout d'abord, elles portent sur la définition d'une démarche de gestion collaborative de connaissances qui tient compte des spécificités des bureaux d'études sous-traitants.

KALIS⁸, l'outil support de cette démarche est une des contributions importantes de notre thèse car il montre la faisabilité de notre approche et il met en œuvre des concepts originaux. Il s'appuie sur le traçage des usages et des évolutions pour formaliser progressivement les connaissances. Son architecture est basée sur des espaces de travail et des vitrines ce qui permet d'autoriser un partage progressif des connaissances au sein de l'organisation. Enfin, il offre la possibilité aux acteurs d'évaluer la qualité de son contenu.

La mise en œuvre de KALIS, ainsi que son intégration au sein des activités quotidiennes des ingénieurs, et des processus de l'entreprise, apportent des résultats importants pour le domaine de la gestion des connaissances.

Enfin, les retours d'expérience obtenus par la mise en œuvre de KALIS chez ANTECIM montrent que lorsque ces systèmes s'intègrent dans les pratiques des acteurs, ils s'avèrent effectivement utilisés et impactent l'efficacité collective.

La construction de notre méthodologie de recherche intervention

La stratégie de recherche que nous avons mise en œuvre au cours de ces travaux de thèse peut être considérée comme une contribution pour le domaine de la recherche sur le processus de conception. En effet, elle a consisté à mettre en place un outil supportant les pratiques, le plus tôt possible, au sein du terrain industriel. Pour cela, nous avons introduit un système partiel, c'est-à-dire adressant une partie seulement des verrous identifiés. Puis, nous avons fait évoluer ses concepts en fonction des retours d'expérience dégagés du terrain.

Pour proposer des outils favorisant la collaboration entre acteurs sans alourdir leur activité quotidienne, nous nous sommes engagés dans une recherche intervention. Ce type de méthodologie se rapproche des recherches ethnographiques de la conception [Minneman, 1991]. Il entraîne une double activité du chercheur, car il nécessite une implication sur le terrain étudié et des prises de recul pour analyser les situations observées.

⁷ Computer Supported Cooperative Work

⁸ Knowledge about Activities as a Link to Information Sharing

Ce processus de recherche présenté sur la Figure 1 se compose de trois phases et se déroule de manière itérative :

- une phase d’observation participante au cours de laquelle le chercheur est intégré au terrain industriel et participe aux activités opérationnelles de l’entreprise. Il s’agit de comprendre et d’analyser les logiques et les stratégies développées au quotidien par les acteurs, pour en percevoir les limites. L’intégration du chercheur aux activités métier lui permet d’acquérir une légitimité vis-à-vis des acteurs. Ainsi, il peut observer précisément le déroulement de ces activités et notamment leur part d’informel.
- une phase d’intégration/intervention au cours de laquelle le chercheur propose et met en œuvre des solutions pour faire évoluer les méthodes de travail et les outils. Les systèmes et les méthodes développés s’appuient sur les résultats de l’observation des pratiques qu’ils ont pour objectif de supporter et de structurer.
- une phase de catalyse et d’accompagnement qui permet une mise en usage et une diffusion au sein de l’entreprise, tout en assurant un retour d’expérience sur les solutions proposées.

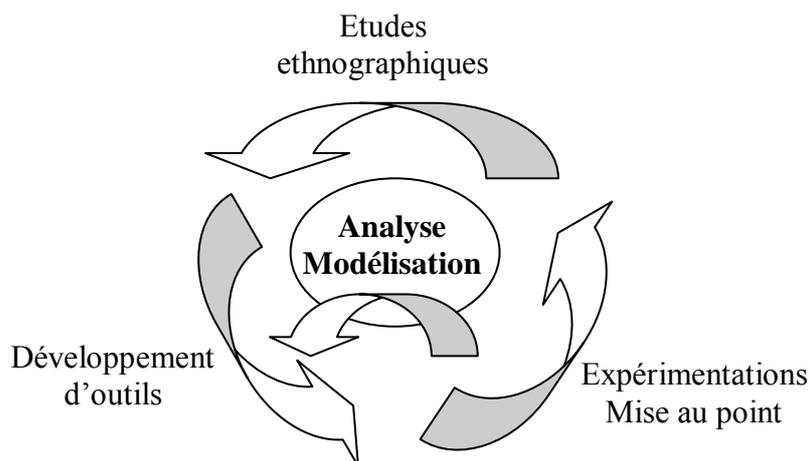


Figure 1 Le cycle de la recherche intervention [Boujut et Tiger, 2002]

Au cours d’une recherche intervention, l’implication du chercheur au sein du terrain qu’il étudie varie au cours du projet. Ainsi, la première phase nécessite une présence forte en entreprise dans le but d’être proche du terrain. Par la réalisation d’activités opérationnelles, le chercheur peut ainsi acquérir une certaine légitimité vis-à-vis des acteurs avec lesquels il collabore. Ceci lui permet aussi, de se positionner au plus près de l’action et des informations manipulées. Grâce à ses observations, il peut ainsi dégager des problématiques de recherche proches des situations de travail auxquelles sont confrontés les acteurs quotidiennement.

La question de la légitimité à acquérir au sein du terrain d’observation est primordiale pour la réalisation des activités de recherches de ce type, sans quoi le chercheur est considéré comme différent et inapte à comprendre. Dans ce cas, il peut seulement accéder à des informations superficielles ne permettant pas de mener une analyse précise des situations de travail ni d’en appréhender le contexte.

Au fur et à mesure de l'avancement du projet, la position du chercheur par rapport à son terrain d'étude évolue parce qu'il devient acteur du changement. Ainsi, la difficulté pour le chercheur est d'objectiver les perturbations qu'il crée tant sur les acteurs que sur le fonctionnement de l'organisation [Weil, 1999].

Pour Boujut et Tiger, la phase d'observation participante dure généralement une ou deux années auxquelles s'ajoute une année supplémentaire consacrée au développement d'outils. Ensuite, le temps nécessaire pour mettre en œuvre l'expérimentation des nouvelles situations porte la durée d'un cycle de recherche intervention à cinq ou six ans. Ainsi, ces auteurs proposent d'accomplir la troisième phase de ce processus de recherche intervention au cours de situations artificielles. Ces situations sont similaires à celles observées pendant la conception de produits et permettent d'analyser les pratiques apparues suite à la mise en place des nouveaux outils. De nouveaux concepts sont alors proposés et donnent lieu à de nouveaux développements d'outils, puis à de nouvelles expérimentations.

Blessing et Chakrabarti [Blessing et Chakrabarti, 2002] proposent une méthodologie de recherche en conception appelée DRM⁹ (cf. Figure 2). Elle se décline en quatre étapes dont certaines peuvent être menées en parallèle. Cette méthodologie est destinée à aider les chercheurs à clarifier leur étude, les méthodes à utiliser pour obtenir des résultats.

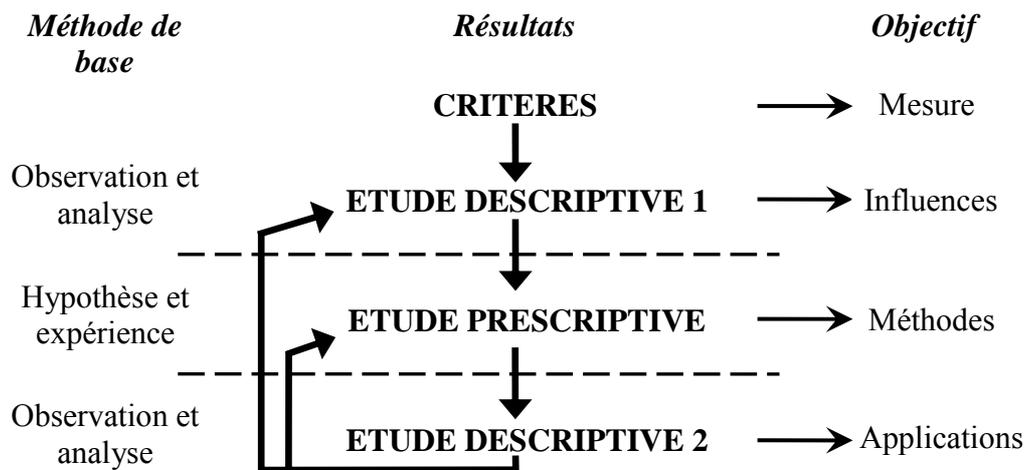


Figure 2 Le cadre proposé par DRM [Blessing et Chakrabarti, 2002]

La définition de critères a une grande importance pour toutes les étapes suivantes du projet de recherche car elle permet de préciser les objectifs de la recherche et d'en mesurer le succès.

La première étude descriptive (DS1) a pour objectif de construire un modèle de référence identifiant les facteurs qui influencent les critères.

L'étude prescriptive (PS) s'appuie sur l'étape précédente (DS1) pour proposer des concepts améliorant les pratiques des acteurs. Leur faisabilité est prouvée par le développement de prototypes adressant les facteurs définis au sein du modèle de référence. Les systèmes

⁹ Design Research Methodology

développés au cours de cette phase doivent contenir les éléments nécessaires pour mesurer les critères du projet de recherche.

La seconde étude descriptive (DS2) consiste à l'évaluation formelle des outils et méthodes développés pendant l'étude prescriptive. Au cours de cette phase l'évaluation se déroule avec deux objectifs complémentaires. Le premier concerne l'évaluation de l'impact de l'application sur les facteurs du modèle de référence. Le second point de vue vise à déterminer si l'application proposée contribue réellement aux critères de succès.

Pour Blessing et Chakrabarti [Blessing et Chakrabarti, 2002], la recherche intervention permet seulement de fournir des supports focalisés sur des solutions locales. DRM quant à elle s'appuie sur des cycles plus longs mais moins nombreux. A cause des contraintes temporelles, un travail de thèse couvre rarement les quatre étapes de cette méthodologie, il n'en traite généralement qu'une ou deux.

Au cours de ces travaux de thèse nous avons visé la mise en œuvre d'itérations de recherche intervention beaucoup plus courtes, afin d'aller jusqu'à nous appuyer sur les retours d'expérience obtenus pour proposer des systèmes correspondants aux pratiques.

Le plan du manuscrit

Le premier chapitre est divisé en deux parties qui établissent les bases de la problématique industrielle de nos travaux de recherche. La première dresse un état général des travaux actuels portant sur l'intégration du calcul au sein des processus de conception de produits. La seconde partie définit les enjeux des bureaux d'études prestataires de services. Ce chapitre conduit à l'identification des enjeux des entreprises de services spécialisées dans le calcul qui sont d'améliorer la fiabilité de leurs prestations et de paraître réactives vis-à-vis de leurs clients.

Le second chapitre présente nos observations de terrain au sein de l'entreprise ANTECIM. Il détaille les activités et les processus de cette entreprise et dresse une analyse fine des informations utilisées au cours des projets de calcul. Il montre notamment que certains objets potentiellement réutilisables sont fréquemment construits au cours des projets par les ingénieurs qui les partagent par la suite de façon informelle au sein de l'entreprise. Ces observations précisent notre problématique de recherche et nous conduisent à identifier que l'amélioration de la gestion des connaissances est un enjeu important pour ce type d'entreprises.

Le troisième chapitre présente les principes fondamentaux des méthodes de gestion des connaissances actuellement développées dans le domaine de la recherche et mises en œuvre dans le domaine industriel. Il montre les difficultés rencontrées pour gérer les connaissances au sein des organisations. Puis, il détaille les caractéristiques des différentes stratégies de gestion des connaissances. Nous mettons alors en évidence le manque de démarches de gestion des connaissances basées sur la collaboration. Enfin, nous montrons que la mise en œuvre d'une approche de gestion des connaissances doit tenir compte des spécificités des organisations.

Le quatrième chapitre présente les concepts de notre approche de gestion des connaissances destinée à améliorer la réactivité et à fiabiliser les activités accomplies au sein des bureaux d'études. Dans un premier temps, ce chapitre introduit les bases de notre approche de gestion des connaissances s'appuyant sur un ensemble d'informations support aux activités des ingénieurs autour desquelles nous avons développés des dispositifs de traçage des usages et des évolutions. Puis, nous décrivons les concepts supportant les objectifs principaux de notre approche collaborative de gestion des connaissances.

Le cinquième chapitre de ce manuscrit est consacré à l'instanciation de notre approche dans le cadre du métier du calcul et plus particulièrement au sein de l'entreprise ANTECIM. Puis, nous présentons les concepts de KALIS l'application développée dans le cadre de nos travaux, et nous décrivons comment nous avons défini son intégration au sein des pratiques quotidiennes des ingénieurs et au sein des processus de l'entreprise ANTECIM.

Le sixième chapitre décrit notre méthode de déploiement de la gestion des connaissances au sein du bureau d'études d'ANTECIM. Cette mise en usage sur un terrain industriel s'est déroulée de manière progressive. Parallèlement à cela, nous avons animé et suivi l'intégration de la démarche au sein du bureau d'études. Cette intégration sur un terrain industriel, nous permet d'évaluer nos propositions, d'une part en analysant le fonctionnement des concepts implémentés dans KALIS, et d'autre part en essayant de mesurer l'impact de notre approche sur le fonctionnement du bureau d'études d'ANTECIM.

En dressant un parallèle avec le cadre proposé par la méthode DRM (cf. Figure 2), il est possible de remarquer que le premier chapitre de ce manuscrit permet de préciser les critères de nos travaux de recherche. Les chapitres 2 et 3 se rapprochent de la première étude descriptive de cette méthodologie car ils portent sur les verrous observés sur le terrain et issus des recherches actuelles en gestion des connaissances. Les chapitres 4 et 5 s'apparentent à l'étude prescriptive pendant laquelle nous décrivons les concepts de notre approche et de nous outils puis nous définissons des scénarios théoriques de fonctionnement. Enfin, le sixième chapitre correspond à la seconde étude descriptive au cours de laquelle un retour d'expérience est donné sur la mise en application des concepts et sur le succès de l'approche par rapport aux critères de recherche formulés initialement.

Le dernier chapitre de ce manuscrit présente le déroulement chronologique de nos travaux de recherche et donne un retour d'expérience sur la méthodologie de recherche que nous avons suivie. Puis, il décrit les aspects de notre stratégie de recherche qui nous ont permis de réaliser un cycle de recherche intervention sur la durée de notre thèse.

Chapitre I. L'assistance des activités de calcul dans un contexte de sous-traitance

Une majorité des études des activités de conception se sont déroulées au sein de grands groupes industriels qui occupent souvent un rôle de donneur d'ordre. Ainsi, les problématiques propres aux plus petites entreprises qui interviennent comme sous-traitants au sein des processus de conception ont été peu explorées jusqu'à présent.

Ce chapitre dresse un état des démarches destinées à améliorer l'efficacité des activités de calcul dans le contexte de l'entreprise virtuelle en adoptant le point de vue des entreprises sous-traitantes spécialisées dans le calcul.

Nous nous appuyons sur la description du métier du calcul et de son intégration au sein des processus de conception pour définir ses enjeux actuels. Ensuite, nous identifions les caractéristiques particulières des sociétés prestataires de services spécialisées dans le calcul. Enfin, nous analysons dans quelles mesures les voies d'amélioration de l'efficacité des activités de calcul peuvent correspondre à ces organisations.

1. Caractéristiques et évolutions du métier du calcul

Le métier du calcul en mécanique permet d'évaluer numériquement le comportement physique de systèmes. Cette discipline se base sur des notions de physique et de mathématiques pour modéliser les phénomènes exercés sur les produits. Les outils de calcul permettent une idéalisation des caractéristiques physiques et géométriques d'un produit pour obtenir une estimation de son comportement réel. Lorsqu'il s'agit de réaliser des analyses complexes, les outils informatiques sont souvent basés sur des méthodes de type éléments finis et permettent de modéliser en trois dimensions (3D) la géométrie et le comportement du système étudié.

Au début des années 80, avec l'accroissement des moyens de traitement informatiques, l'industrie a commencé à utiliser les techniques d'analyse par éléments finis pour résoudre certains problèmes de conception. A cette époque, le métier du calcul en mécanique était strictement réservé aux experts ou spécialistes, seuls capables de manipuler les outils pour réaliser ces simulations. Aujourd'hui, l'évolution des moyens informatiques et la large variété des outils disponibles dans le commerce entraînent des recours toujours plus fréquents à la simulation numérique pour évaluer le comportement de systèmes mécaniques et résoudre des problèmes fortement variés. Par conséquent, les outils de calcul sont très largement utilisés, par des acteurs parfois non-spécialistes de ce métier.

Cette évolution se constate particulièrement dans le domaine de la conception de produits car l'appel à ces moyens de calcul permet de réduire les coûts de développement. En effet, la

possibilité de connaître le comportement d'un produit avant qu'il ne soit fabriqué permet de minimiser les coûts en réduisant le nombre de prototypes et de tests en conditions réelles. La simulation numérique permet de choisir et de développer des solutions optimisées, elle a donc un impact sur la qualité des produits conçus.

La simulation numérique devient aussi un outil d'aide à la décision efficace tout au long du cycle de vie d'un produit. En effet, prévoir le comportement d'un produit, ou estimer a posteriori la résistance mécanique de systèmes ayant subi des dégradations, deviennent des cas industriels fréquents pour lesquels la simulation est utile. Dans ces situations, la simulation numérique aide à envisager les futures actions de maintenance, ou à proposer des évolutions sur la conception initiale des produits altérés.

Les organisations industrielles ou de recherche utilisant la méthode des éléments finis au cours de leurs activités s'accordent sur le fait qu'il est nécessaire de mettre en place des procédures rigoureuses pour gérer leurs processus de simulation. Ceci a notamment donné lieu à la fondation, en 1983, de l'association NAFEMS¹⁰ dont l'objectif est de « *promouvoir l'utilisation sûre et efficace des éléments finis et des technologies associées* ». Aujourd'hui, c'est une communauté internationale indépendante regroupant plus de 700 entreprises adhérentes dans le monde.

La constante augmentation du nombre et de la complexité des calculs réalisés est une preuve incontestable de l'importance de la simulation numérique dans le domaine de l'ingénierie. L'industrialisation de ce métier devient un enjeu majeur car cette activité a des répercussions sur les coûts de développement des produits. Aussi, de nombreux travaux de recherche tentent d'améliorer la qualité des résultats des simulations tout en maîtrisant leur coût de mise en œuvre et leurs délais de réalisation. L'enjeu est donc d'améliorer la fiabilité de ces activités afin de permettre la réalisation des nombreux calculs aujourd'hui nécessaires pour concevoir un produit en respectant les contraintes industrielles actuelles.

A partir de quelques définitions issues de précédents travaux, nous allons décrire les rôles des acteurs en relation avec le métier du calcul et le déroulement des projets de calcul. Ceci nous permet de définir le vocabulaire que nous utilisons par la suite.

1.1 Le déroulement des projets de calcul

Il existe un guide de bonnes pratiques, reconnu dans le domaine du calcul, qui concerne la mise en place de systèmes de management de la qualité correspondant aux normes ISO 9001 [Beattie, 1995]. Ce guide décrit les étapes principales à réaliser lors du déroulement d'un projet de calcul :

- Une **revue de contrat** pendant laquelle les objectifs et les délais du projet sont formalisés.
- Une **planification** des activités et une allocation des tâches en fonction des compétences des acteurs du projet.
- La **réalisation de l'analyse** consistant à définir des stratégies d'analyse permettant de répondre au besoin.

¹⁰ National Agency for Finite Element Methods and Standards. <http://www.nafems.org>

- Une **vérification** du modèle et des résultats.
- La **rédaction de la documentation** permettant de fournir les résultats au client et d'archiver les données du projet. Cette documentation doit contenir suffisamment d'informations pour permettre de relancer l'analyse en obtenant les mêmes résultats.

Ces étapes mettent en évidence le fait que les acteurs du métier du calcul sont intégrés dans un ensemble plus vaste, dans lequel leurs actions ont des répercussions sur le déroulement des projets de conception. Par contre, ce guide décrit les étapes à suivre pour tenir compte des contraintes industrielles de qualité, coût et délais mais ne fournit pas de support méthodologique permettant de les respecter. De plus, cette décomposition ne détaille pas le déroulement de l'étape de réalisation de l'analyse.

La Figure 3 permet de figer le vocabulaire que nous emploierons dans la suite de ce manuscrit autour du métier du calcul.

Elle montre que la réalisation d'un **projet de calcul** se compose de multiples **études** décomposant le problème posé au départ en sous problèmes plus simples. Au cours de chaque **étude**, un **ingénieur calcul** réalise généralement plusieurs **calculs** ou **analyses**.

Certains calculs sont directement liés au problème étudié tandis que permettent de mettre au point le modèle et de valider certaines hypothèses. Il arrive fréquemment que les résultats d'une analyse conduisent à en réaliser une nouvelle ou à envisager une nouvelle étude.

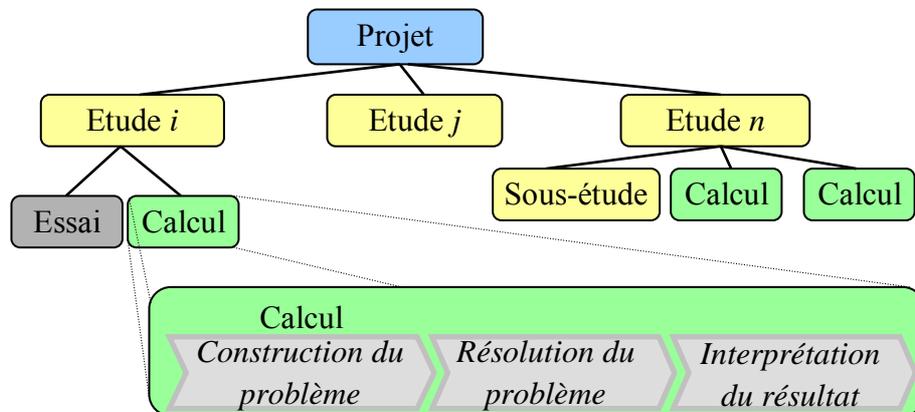


Figure 3 La réalisation d'un projet de calcul

Divers travaux ont analysé plus finement le processus de réalisation d'une *analyse*. Szabo [Szabo, 1996] distingue dans ce processus la construction d'un modèle théorique contenant la formulation du problème, puis d'un modèle réduit représentant le comportement du produit, et enfin d'un modèle numérique fournissant des informations quantitatives sur le comportement (contraintes, déplacements...). D'autres, plus focalisés sur l'utilisation des outils de calcul, décrivent ce processus par des étapes de pré-traitement, de simulation, de post-traitement et d'exploitation des résultats ([Charles, 2005], [Maus et Weber, 2005]....)

Nous distinguons trois grandes phases constituant le processus de *calcul* ou d'*analyse* (cf. Figure 3) :

- La *construction du problème* au cours de laquelle il s'agit, pour l'ingénieur calcul, de comprendre les spécificités du produit à étudier (formes du système, lois de comportement des matériaux...). Un but de simulation est alors formalisé et un modèle mécanique est construit afin de répondre au mieux à ce but de simulation.
- La *résolution du problème* est fortement dépendante de la capacité des outils à représenter les lois du modèle mécanique et de la capacité de l'utilisateur à les modéliser sur les outils (application des conditions aux limites, des efforts de chargement...). Le lancement de l'analyse sur l'outil permet d'obtenir un résultat.
- L'*interprétation des résultats* est une phase de prise de recul sur les résultats fournis par l'outil utilisé. Pendant cette phase l'ingénieur calcul vérifie si les objectifs de la simulation sont atteints. En fonction de la cohérence des résultats et des choix effectués au cours de la construction et de la résolution du problème, l'ingénieur calcul dresse une conclusion sur le comportement du système réel.

Au cours de ce processus, des hypothèses sont formulées pour évoluer d'une phase à l'autre. Ces hypothèses sont source d'erreurs et influencent le résultat final. Chaque calcul présente alors des spécificités liées à ces hypothèses et au système étudié.

Cela se traduit par l'acquisition de nouvelles connaissances sur la modélisation de problèmes physiques, sur les produits et les méthodes de calcul. Dans [Baizet, 2004], Baizet a ainsi identifié cinq catégories de connaissances techniques (théoriques, de processus, de modélisation, d'outil et de référence) mobilisées au cours de l'activité d'un ingénieur calcul.

1.2 Activités, acteurs et tâches du métier du calcul

Au cours de la conception d'un produit, divers types d'acteurs sont amenés à accomplir des activités de calcul. Ils sont souvent distingués en fonction de leur niveau de compétence ([Baizet, 2004], [Charles, 2005]...). Citons tout d'abord les concepteurs dont le domaine d'expertise principal n'est pas le métier du calcul, qui accomplissent des simulations numériques peu complexes et bien maîtrisées au sein de l'entreprise. Ensuite, il y a les experts du métier de la simulation numérique dont l'activité consiste à réaliser des simulations complexes ou à définir de nouveaux modèles, procédures et méthodes de simulation numérique.

Selon ses compétences, un individu peut parfois occuper plusieurs rôles et ainsi accomplir différentes activités comme du calcul ou de la conception.

Dans la suite de ce manuscrit, nous parlerons indifféremment d'*ingénieur calcul* ou d'*ingénieur d'étude* pour évoquer de manière générale un acteur réalisant les activités spécifiques au calcul.

Deux études de terrains industriels, chez Schneider Electric ([Troussier, 1999]) et chez Renault DIEC ([Baizet, 2004]), ont permis d'identifier trois types de situations industrielles pour lesquelles le calcul est généralement utilisé. Ces situations sont : l'aide au choix parmi différentes solutions de conception possibles, la validation d'une solution donnée et la

compréhension d'un comportement inattendu du produit. Certains considèrent également les situations dans lesquelles les calculs sont un moyen d'optimiser un produit en respectant au mieux les contraintes fixées par le cahier des charges. Enfin d'autres reportent celles où les calculs apportent un soutien à l'innovation en permettant de déterminer de nouvelles solutions de conception [Charles, 2005]. En perspective de cette décomposition, Baizet distingue les calculs encadrés par des normes ou des procédures internes à l'entreprise de ceux réalisés sans encadrement particulier (calculs libres) [Baizet, 2004].

Pourroy et al. distinguent le type d'activité et le type d'acteurs d'un projet en fonction de la complexité du problème (simple - complexe) et de la nature de l'expérience du bureau de calcul sur le sujet (opérationnel - exploratoire) [Pourroy et al., 2004]. Ainsi, en fonction de la complexité de l'étude et des compétences existant au sein de l'entreprise, les activités et les acteurs seront différents.

Baizet propose de distinguer trois types d'activités spécifiques au métier du calcul, ayant des contraintes et des objectifs différents [Baizet, 2004]. Les activités de *calcul opérationnel* sont caractérisées par l'utilisation exclusive de techniques entièrement éprouvées, qu'il s'agisse d'outils de simulation, de démarches de résolution ou de modèles du problème à simuler. Ces activités sont contraintes par les délais de réalisation et par la qualité et la pertinence des résultats fournis. Les activités de *calcul avancé* ont pour rôle le développement et la validation de nouveaux modèles de calcul pour les appliquer ultérieurement dans un contexte d'activités de calcul opérationnel. Leurs objectifs sont de mettre au point des modèles de calcul fiables et de définir des méthodes de travail pour maîtriser leurs délais de réalisation. Ces activités de *calcul avancé* apparaissent souvent en marge des projets de conception ou de calculs opérationnels. Dans la majorité des cas, les projets de *calcul avancé* sont réalisés lorsque l'entreprise doit traiter un nouveau type d'étude, mais parfois ils font suite à des difficultés rencontrées au cours de calculs opérationnels ou à des retours de la part des clients. Les activités de calcul de recherche et développement quant à elles visent, plus en amont, à développer de nouveaux supports de simulation tels que des outils, de nouveaux algorithmes de calcul, ou de nouveaux types d'éléments finis destinés aux activités de calcul avancé.

Les études de terrains réalisées sur le métier du calcul ont souvent mis en évidence le fait que la répartition des activités dépend de la structure des entreprises. Chez Schneider Electric, quelle que soit la complexité du problème de calcul à traiter, un acteur a en charge la totalité du processus. Au cours d'un même projet, les activités évoluent donc successivement de calcul de type R&D vers des calculs opérationnels. Chez Renault, le service calcul de la DIEC adopte plutôt une organisation par type d'activité séparant ceux qui mettent au point les modèles de ceux qui les mettent en œuvre dans les projets de conception.

Il est important de noter que ces études de terrain ont porté sur de grandes entreprises donneuses d'ordres. Les évolutions du milieu industriel et de ses enjeux font aujourd'hui intervenir de nouveaux acteurs dans le métier du calcul. Ce sont par exemple des sous-traitants intervenant comme fournisseurs de résultats de calcul pour ces grands donneurs d'ordres. Notre étude porte sur ces entreprises qui se différencient à première vue de leurs donneurs d'ordres par leurs modes d'organisation.

1.3 Les enjeux actuels dans le domaine du calcul

Le réseau FE-Net¹¹ [Fe-Net, 2005], soutenu par NAFEMS, a réalisé récemment une enquête mondiale sur l'utilisation de la simulation numérique au sein de plusieurs secteurs industriels¹². L'objectif était d'identifier des voies d'amélioration sur la qualité des applications industrielles et le niveau de confiance qui peut être placé dans les résultats issus des simulations par éléments finis. Les travaux menés au sein de ce réseau soulignent les enjeux actuels portant sur l'amélioration de la fiabilité des activités de calcul.

Parmi les secteurs industriels interrogés par le réseau Fe-Net, la majorité font appel aux simulations numériques dans l'objectif de réduire leurs coûts de développements de produits. Cette enquête révèle des enjeux communs aux différents secteurs, comme l'intégration plus large des techniques de simulation dans les processus d'ingénierie. Les acteurs de ce réseau soulignent notamment la récurrence des problématiques de contrôle et de mesure de la qualité des études par éléments finis, qui sont directement liées aux enjeux d'amélioration de la fiabilité des activités de calcul. Les autres enjeux identifiés concernent la catégorisation et l'analyse des matériaux récents, ainsi que la prise en compte des incertitudes dans les méthodes d'analyse.

A ceci s'ajoute le fait que chacun des secteurs industriels interrogés présente ses propres spécificités et définit des priorités différentes. Dans les domaines où la simulation numérique est fortement utilisée comme dans l'industrie automobile, les efforts s'orientent vers le développement d'outils et de méthodes d'analyse capables de fonctionner dans des environnements de conception distribués. Par contre, dans le domaine du génie civil le recours au calcul se heurte à des barrières notamment au niveau de l'adaptation des résultats des études par éléments finis aux normes techniques établies par les organismes de contrôle.

Ainsi, si de nombreux travaux de recherche sont focalisés sur la mise au point de nouvelles méthodes et outils de calcul, d'autres concentrent leurs efforts sur l'intégration de ces activités dans les processus industriels de conception de produits. Notre travail se place dans ce second domaine de recherche dont l'ambition est de proposer des dispositifs de soutien aux activités de simulation et à la collaboration interentreprises.

1.4 Un panorama des recherches sur l'assistance au métier du calcul

Cette partie présente un état des travaux de recherche portant sur l'assistance à la réalisation d'activités de calcul au sein des processus industriels de conception de produits. Dans ce contexte, les travaux actuellement menés portent sur l'intégration des activités de calcul en conception, sur l'amélioration de la gestion des données de calcul, sur la mise en place de démarches de gestion de connaissances pour le métier du calcul et enfin sur l'automatisation d'activités du processus de calcul.

¹¹ Consortium européen, regroupant 110 organisations dans 19 pays différents, financé par la communauté européenne, et dont les travaux s'articulent autour de l'exploitation et de la promotion des technologies des éléments finis dans les entreprises.

¹² Aéronautique, biomédical, génie civil, biens de consommation, automobile et transports, construction navale et offshore, systèmes pressurisés et de production de puissance, industrialisation et production.

1.4.1 Intégrer le calcul dans les processus de conception

L'enjeu principal de l'intégration de la simulation numérique en conception est de permettre l'accomplissement de calculs le plus en amont possible dans le processus de développement de produits, ainsi que de faciliter et de réduire la durée des itérations. L'objectif est de faire collaborer plus efficacement les concepteurs et les ingénieurs calcul pour optimiser les solutions de conception du produit.

1) La formation des concepteurs aux activités de calcul opérationnel

Cette catégorie de travaux se propose de supporter les concepteurs lors de la réalisation de certains calculs opérationnels en leur apportant un soutien méthodologique. Une enquête récente, basée sur un questionnaire, a été réalisée auprès d'entreprises bavaroises [Rieg et Koch, 2004]. Elle a mis en évidence le fait que les concepteurs ont principalement besoin d'effectuer des calculs en statique linéaire et que la majorité de ces calculs est accomplie au sein d'environnements de Conception Assistée par Ordinateur (CAO) 3D. En effet, les éditeurs de logiciels de CAO intègrent dans leurs versions actuelles des modules d'aide à la conception permettant d'effectuer du calcul par éléments finis. Par opposition aux outils destinés spécifiquement au calcul, complexes à mettre en œuvre, ces modules sont destinés aux concepteurs pour qu'ils puissent réaliser des calculs simples de manière intuitive et interactive. Les itérations entre calcul et conception s'effectuent alors de façon plus naturelle puisque ces activités sont réalisées par les mêmes acteurs et avec les mêmes outils.

Néanmoins, le fait de faire accomplir des calculs aux concepteurs présente quelques problèmes sur la fiabilité des simulations réalisées. En effet, selon les cas, les résultats de la simulation peuvent être fortement différents et conduire alors à une mauvaise conception du produit. Kurowski présente quelques types d'erreurs souvent commises lors de la construction de modèles pour le calcul [Kurowski, 1995]. Selon cet auteur, ces erreurs proviennent du fait que les outils de calcul par éléments finis sont considérés comme des extensions des modeleurs CAO. Or, même si ces outils partagent des similitudes superficielles, leur utilisation nécessite des connaissances théoriques et méthodologiques fortement différentes.

Plusieurs travaux ([Kurowski, 1995], [Troussier, 1999], [Eckard, 2000]...) s'accordent sur le fait qu'il n'est pas suffisant de former les concepteurs sur l'utilisation d'outils de calcul pour qu'ils puissent réaliser des calculs fiables. En effet, les concepteurs se concentrent fortement sur la modélisation géométrique du produit même lorsqu'ils utilisent des outils de calculs. Ils en viennent alors à négliger les aspects fondamentaux du métier du calcul. Les travaux présentés dans [Kurowski, 1995] et [Eckard, 2000] proposent d'orienter la formation des concepteurs vers des sujets théoriques liés à la méthode des éléments finis et l'utilisation des outils afin qu'ils soient capables d'accomplir des simulations pendant la conception.

D'autres approches ont pour objectif de fournir aux concepteurs des exemples de problèmes de calculs suffisamment documentés pour qu'ils soient compréhensibles et utilisables dans les situations appropriées [Szabo, 1996]. Par exemple, Troussier [Troussier, 1999] propose de compléter la formation des concepteurs en leur fournissant un répertoire de cas typiques

récoltés au fil des différents projets de calcul. Cette méthode s'articule autour de deux concepts : la structuration du processus et les Cas d'Ecole. Un dispositif de coopération est ainsi proposé pour supporter les échanges depuis la construction du problème jusqu'au retour sur la conception en permettant aux acteurs du calcul opérationnel de se baser sur des exemples d'études accompagnés d'une méthodologie d'utilisation.

Rieg et Koch [Rieg et Koch, 2004] proposent d'inclure dans les manuels de conception des supports d'aide à la modélisation et à la réalisation de calculs simples. Sur l'exemple du choix du type d'éléments, les auteurs montrent comment établir des comparatifs entre type d'éléments en confrontant les résultats à des mesures expérimentales. Ces comparaisons peuvent aider les concepteurs lors de la construction de leurs modèles de simulation. Mais, des difficultés peuvent survenir lorsqu'il s'agit de retrouver les cas précédemment étudiés dans un manuel pour ensuite se les approprier.

Pour pouvoir réaliser des calculs plus complexes (non linéaires, contact, fatigue...) en cours de conception, il est toujours nécessaire de recourir aux experts du calcul. Par conséquent, il est impératif d'organiser le processus de conception afin d'intégrer les activités de simulation. Dans ce cas, l'expert en simulation numérique doit intervenir au cœur du processus de conception et réaliser la liaison entre la conception et les essais [Kurowski, 1995]. Dans ce cas, la collaboration avec les concepteurs devient un aspect important qui est aujourd'hui au centre de certains travaux de recherche.

2) Faciliter les interactions entre concepteurs et ingénieurs calcul

Dans l'optique de faciliter la collaboration entre conception et calcul, il existe des approches de conception intégrée visant à prendre en compte les contraintes de chaque métier le plus tôt possible dans le processus de conception. Cette considération des contraintes métiers intervenant autour du produit permet d'identifier les conflits techniques au cours du processus de conception.

Dans ce cadre, Krikeb et al. [Krikeb et al., 2005] travaillent sur la relation entre les métiers de la simulation et de la conception pour intégrer les contraintes du calcul de structure dès la définition du produit. La démarche de ce travail s'appuie sur les informations définies dans le cahier des charges du produit (fonctions, type de liaison...) pour évaluer le comportement du produit dès les phases de conception préliminaire. Les contraintes formulées se traduisent par des estimations du comportement général du produit, la définition de relations géométriques, de caractéristiques de matériau, ... Le concepteur peut tenir compte de ces contraintes qui se préciseront au fur et à mesure de l'avancement du produit. Néanmoins, une telle approche reste difficile à mettre en œuvre car pendant les phases préliminaires, les contraintes fonctionnelles sur le produit sont souvent peu précises, voire même instables. Une telle approche présente des risques liés à la formalisation de contraintes calcul trop en amont dans le processus [Terwiesch et al., 2002]. La prise en compte de contraintes imprécises peut conduire à la conception de solutions peu optimales.

La facilitation des interactions entre concepteurs et ingénieurs calcul nécessite parfois le développement d'environnements spécifiques permettant aux acteurs d'échanger leurs fichiers, de communiquer leurs résultats et de coordonner leurs actions. Nous avons vu

précédemment que la conception se réalise de plus en plus dans un contexte d'entreprise virtuelle. Par conséquent, ces environnements permettent généralement de collaborer à distance.

Sun et Gramoll [Sun et Gramoll, 2002] proposent une architecture d'outil permettant la réalisation de calculs par éléments finis à distance. Dans cet environnement, la partie client effectue les calculs alors que la partie serveur gère la communication. Eynard et al. dans [Eynard et al., 2005], proposent aussi un environnement de collaboration asynchrone (voir la définition de [Johansen, 1991]), basé sur des technologies Web, avec lequel les moyens de calculs sont gérés par le serveur. Il permet de communiquer des informations grâce à un système de partage de fichiers et d'envoi de messages, de coordonner les activités entre les acteurs du projet grâce à un système de suivi de projet et de manipuler à distance des données CAO et de calcul. Ainsi, grâce à un navigateur Internet les acteurs peuvent exécuter, sur le serveur distant, le solveur d'un outil de calcul par éléments finis et visualiser ensuite les modèles de simulation et leurs résultats.

L'avantage de la gestion coté serveur des moyens de calculs est de pouvoir mutualiser les ressources entre plusieurs sites distants. Toutefois, cela peut aussi poser des problèmes de sécurisation des données et des accès.

Dans ce contexte, le projet européen SIMDAT¹³ développe une technologie générique de grille pour la résolution de problèmes complexes. En intégrant des services d'analyse, l'objectif est de permettre aux membres de diverses entreprises d'accéder aux informations géométriques et aux résultats de simulation du produit. Au cours de ce projet, plusieurs études industrielles ont été réalisées. Dans le domaine aéronautique par exemple, une grille a été mise en place pour fournir des services de calcul et de conception pendant la phase de développement d'un sous-ensemble. Dans le domaine automobile, ce projet travaille sur la mise en place d'un système collaboratif entre différents donneurs d'ordres et fournisseurs travaillant sur le même projet de conception.

Les outils proposés par ces travaux permettent aux acteurs de partager ou d'échanger les données du projet au travers des frontières de chaque métier. Elles sont ensuite manipulées par les experts de chaque métier avec des applications spécifiques. Or, selon la phase de conception (conceptuelle, préliminaire ou détaillée) différents types de calculs (aide au choix, validation) peuvent être à accomplir, et, par conséquent, faire appel à différentes applications métier. Dans ce contexte, Xiao et al. [Xiao et al., 2005] considèrent que l'intégration entre calcul et conception doit s'effectuer en tenant compte de deux aspects, c'est-à-dire en fonction des frontières métiers et des phases de conception. Pour cela, ils proposent un environnement permettant d'échanger des informations entre métiers offrant la possibilité de pouvoir changer les outils métier utilisés en cours de route.

Ces outils de collaboration à distance permettent effectivement aux concepteurs et aux ingénieurs calcul de communiquer facilement des résultats de simulation. Néanmoins, ils

¹³ <http://www.scai.fraunhofer.de/simdat.html>

n'offrent pas de support méthodologique aux acteurs leur permettant de garantir la fiabilité des calculs et leur qualité en termes de coûts et délais.

L'efficacité des interactions entre conception et calcul peut s'améliorer par réduction du nombre et de la durée des itérations entre les différents intervenants. Une telle réduction peut être atteinte en améliorant « l'awareness » des compétences et des capacités de chaque métier.

L'*awareness* est définie comme « la compréhension des activités des autres qui fournissent un contexte pour notre propre activité »¹⁴ [Dourish et Bellotti, 1992].

Le terme « awareness » est délicat à traduire en français, littéralement il signifie « conscience ». Dans la suite de ce manuscrit nous emploierons le terme **Conscience collective**.

Dans cette optique, Baizet propose de mettre en place des fiches de capabilité destinées à faciliter l'interaction entre les spécialistes du calcul et les concepteurs [Baizet, 2004]. Ces fiches regroupent des informations générales sur les projets de calcul opérationnel, et permettent ainsi d'avoir une vision globale des capacités de l'entreprise en matière de calcul. Grâce à ces fiches, les concepteurs peuvent connaître les ressources existantes, les délais et les informations nécessaires pour valider ou faire valider leurs solutions techniques par simulation numérique. Ces fiches de capabilité renseignent sur la qualité des calculs obtenus et sur leurs délais de mise en œuvre. Ainsi, la coopération entre concepteurs et ingénieurs calcul est améliorée car le transfert d'informations est plus efficace.

Les interactions entre concepteurs et ingénieurs calcul peuvent aussi être améliorées par l'uniformisation des méthodes de gestion des données de calcul avec celles de gestion des données de conception.

1.4.2 Standardiser la gestion des données de calcul

Face à l'augmentation du nombre de calculs réalisés au cours d'un projet de conception, de nombreux travaux de recherche visent à améliorer l'efficacité des processus d'ingénierie en améliorant la gestion des données de simulation : c'est le cas des approches de SDM¹⁵. Dans ce contexte, les actions de recherche concernent la documentation du processus de calcul et l'intégration des données de calcul dans les SGDT¹⁶.

Maus et Weber [Maus et Weber, 2005] constatent qu'à l'heure actuelle, la majeure partie de la documentation associée à un calcul est focalisée sur les résultats. Les seuls documents conservés sont les fichiers et la note de calcul. Malheureusement, ces documents ne contiennent pas suffisamment d'informations pour relancer une analyse complète. Inclure dans la documentation d'un calcul des informations relatives au processus permet de comparer plusieurs calculs ou de reproduire efficacement des simulations.

¹⁴ "Awareness is an understanding of the activities of others, which provides a context for your own activity" [Dourish et Bellotti, 1992]

¹⁵ Simulation Data Management.

¹⁶ Systèmes de Gestion de Données Techniques ou en anglais Product Data Management Systems (PDM).

Les auteurs proposent un dispositif enregistrant, dans des bases de données, les paramètres du modèle de simulation définis au cours d'une analyse. Ainsi, l'outil permet de conserver facilement l'historique des calculs lancés et des résultats obtenus.

Aifaoui et al. [Aifaoui et al., 2006] se basent sur le concept de *feature* permettant de définir des cycles d'analyse au cours du processus de conception en vue de pouvoir les réutiliser. Les *features* sont des entités paramétriques génériques caractérisant une classe d'analyse. Selon leurs types et leurs caractéristiques (domaine d'analyse, domaine de modélisation et type d'analyse), chaque classe d'analyse est hiérarchisée de manière descendante¹⁷ en vue être réutilisée par la suite.

La gestion de la cohérence et la documentation des données au cours du processus d'analyse sont les premières étapes vers la maîtrise des processus de calcul. Nous allons maintenant voir que d'autres travaux portent sur l'intégration des données de calcul au sein des outils actuels de gestion de données techniques. L'enjeu est de maintenir la cohérence des informations entre les métiers du calcul et de la conception. Les principales difficultés se situent au niveau des structures de données. En effet, les données de conception qui sont relatives au produit et à ses composants, sont différentes des structures de données de simulation destinées à modéliser le comportement du produit.

Joshi propose d'adapter les SGDT pour stocker au cours du projet de calcul les analyses accomplies sous forme d'objets appelés *Analysis Structure* [Joshi, 2004]. Le système offre deux possibilités aux utilisateurs pour réaliser la gestion des données de calcul. La première permet aux ingénieurs calcul de visualiser l'ensemble du projet de calcul, et ainsi de manipuler leurs données comme sur leurs propres disques durs. La seconde est une vue processus, destinée à guider le spécialiste lorsqu'il importe ses données dans l'espace projet du SGDT.

Cette intégration basée sur la réalisation d'interfaces logicielles spécifiques présente quelques verrous. En raison du nombre important d'outils de calcul existant dans le commerce et de leurs évolutions rapides, les interfaces à développer peuvent être multiples et non pérennes. Certains travaux s'appuient sur l'interopérabilité entre les outils en se basant notamment sur la norme STEP qui prescrit des formats neutres et normalisés.

Dans ce contexte d'interopérabilité, Charles [Charles, 2005] propose un Environnement de Gestion de Données de Simulation (EGDS) pour assurer cette gestion des données au niveau de chaque phase du processus de simulation (pre-processing, processing et post-processing). Cet environnement, lié à un SGDT, garantit la cohérence des données CAO / Simulation et des informations manipulées. L'EGDS contient des pièces ou composants essentiels ainsi que les entités qui constituent le modèle de calcul (maillage, caractéristiques matériau...).

La liaison entre l'EGDS et les SGDT est réalisée par une interface assurant une communication bidirectionnelle entre les deux outils.

¹⁷ Les nœuds parents contiennent les caractéristiques générales et les nœuds contiennent les singularités de chaque classe d'analyse.

Au NIST, Sudarsan et al. [Sudarsan et al., 2005] se basent sur les systèmes de PLM (Product Lifecycle Management), qu'ils considèrent comme étant capables de gérer toutes les informations d'une entreprise au travers du cycle de vie complet des produits. L'approche développée consiste à inclure dans un modèle générique les informations sur le produit, la logique de conception, les assemblages... Le modèle de base du système est le Core Product Model (CPM) auquel sont associés des modèles métiers comme le Design-Analysis Integration Model (DAIM) assurant la gestion des informations de calcul. La modélisation et la gestion de tous les aspects du cycle de vie d'un produit sont difficiles à accomplir et les propositions faites dans le cadre de ce projet sont encore en évolution.

Nous avons vu un ensemble de systèmes permettant de centraliser l'accès à certaines données d'entrée (les données matériau, les chargements...) et de visualiser des données de calcul et des résultats. Ces systèmes mettent en place une traçabilité des études accomplies au cours d'un projet de calcul.

La traçabilité est définie par la norme ISO comme « l'aptitude à retrouver l'historique, la mise en œuvre ou l'emplacement de ce qui est examiné » (ISO 9000:2000).

Ces environnements permettent ainsi de pouvoir répéter les mêmes analyses en obtenant des résultats identiques. Néanmoins, ils n'apportent qu'un soutien limité aux ingénieurs calcul lors de la réalisation de calculs et n'offrent pas de support de contrôle de la fiabilité des calculs.

C'est dans cet objectif que Klaas et Shephard dans [Klaas et Shepard, 2001], proposent des composants métiers à additionner aux outils traditionnels de CAO et de calcul. Ce travail poursuivi dans [Shephard et al., 2004] utilise un environnement de simulation pour la conception (Simulation Environment for Engineering Design-SEED) situé à l'interface entre les outils de conception, de calcul et de gestion de données. Il permet de définir des modèles de fidélité variable au cours du processus et d'influencer ainsi les solutions de conception. Pour cela, il s'appuie sur des procédures codifiées au sein d'un système expert qui permet d'appliquer automatiquement certaines règles de modélisation.

La constitution de tels environnements met en évidence les efforts destinés à structurer le processus d'analyse pour répondre aux problèmes de gestion de données, et rendre le processus de réalisation de calculs plus efficient. Cependant, ces approches, par ailleurs souvent très lourdes, ne répondent que partiellement aux problèmes de maîtrise de la fiabilité des analyses. Dans ce cadre, d'autres travaux tentent d'assister la réalisation d'analyses afin de répondre aux exigences de qualité de leurs clients en se basant sur des démarches de gestion des connaissances.

1.4.3 Approches de gestion des connaissances en calcul

Dans cette partie, l'idée générale de ces approches de gestion des connaissances est de permettre aux ingénieurs calcul de bénéficier d'un support guidant leur travail. Elles tentent de tirer profit des expériences acquises au cours de précédents projets de calcul pour accomplir de nouvelles études.

1) *De la traçabilité à la capture du raisonnement*

Il existe des approches visant à tracer la logique et les décisions prises au cours du processus de conception en observant les itérations entre concepteurs et ingénieurs calcul. Le projet VISP¹⁸ présente une approche considérant le processus de simulation comme un enchaînement itératif de questions et de réponses ([Andersson, 2004] et [Sellgren, 2004]). Le modèle relie des activités de modélisation et de simulation, ainsi que les résultats de simulation, à une question de technologie particulière et à un contexte caractérisant le produit étudié. Une telle méthodologie permet de tracer le processus de simulation et les liens entre objets de manière arborescente. Elle représente alors implicitement le raisonnement suivi au cours de l'étude.

En mettant en place de tels dispositifs de traçabilité, l'idée est de pouvoir réutiliser directement la totalité ou une partie des modèles et des résultats obtenus. D'autres approches traçant le processus de calcul visent à apporter un soutien méthodologique aux ingénieurs calcul en leur présentant un exemple de démarche. C'est notamment le cas de la méthode SG3C décrivant le déroulement d'un calcul grâce à six étapes [Troussier, 1999] qui permettent de représenter, par l'intermédiaire de liens chronologiques et de dépendance, l'évolution du processus de manière uniforme et structurée.

Le projet européen Clockwork¹⁹, propose quant à lui d'inclure la modélisation du raisonnement comme une partie intégrante de l'activité des acteurs. Ce projet, associant cinq centres de recherches européens et deux entreprises d'ingénierie, a concentré une partie de ses activités sur les problèmes de simulation numérique. Terminé en 2003, il a particulièrement contribué au partage et à la réutilisation de modèles de simulation dans un contexte de conception collaborative. Pour cela, il propose un outil appelé Clockwork Knowledge Management Tool (CKMT) permettant d'expliquer, de partager et de collaborer autour de plusieurs représentations d'un produit en facilitant l'accès à des exemples. Dans le domaine de la simulation [Zadrahah et al., 2003], l'approche est focalisée sur quatre étapes clés marquant le processus et les transitions entre ces étapes. L'idée qui en découle est d'associer la logique de raisonnement de l'ingénieur calcul avec les modèles construits lors de chacune de ces étapes, grâce au concept de monde. Les quatre mondes définis par cette méthode (le monde réel, conceptuel, idéal et simulé) s'apparentent à la décomposition du processus de calcul en plusieurs modèles simplifiés par des hypothèses faite par Szabo [Szabo, 1996]. Cette décomposition générique en mondes ou modèles est précisée par quatre ontologies contenant les concepts de chacun de ces mondes. La modélisation du raisonnement s'effectue grâce à

¹⁸ Financé par l'agence suédoise VINNOVA.

¹⁹ Creating Learning Organisations with Contextualised Knowledge-Rich Work Artifacts. Accessible sur internet à l'adresse suivante : <http://kmi.open.ac.uk/projects/clockwork>

ces ontologies décrivant les modèles manipulés au sein d'un monde et aux hypothèses formulées pour faire évoluer ces modèles d'un monde à l'autre. Des index sémantiques et des annotations permettent de manière formelle ou informelle de décrire les modèles manipulés dans ces mondes.

La mise en place de dispositifs de traçage du raisonnement de l'ingénieur calcul au cours d'un projet est un aspect difficile à mettre en œuvre. De tels dispositifs de traçabilité ne permettent pas toujours de disposer d'une formalisation suffisamment complète des informations manipulées pour être représentative de la réalité. En effet, la capture précise de l'ensemble des activités impose une rigueur particulière au cours du projet qui surcharge le travail des ingénieurs calcul déjà fortement concentrés sur leurs activités de calcul.

De plus, il est nécessaire de traiter ces traces d'activité dans le but de sélectionner et de formaliser les connaissances acquises pour les représenter sous une forme appropriée et enfin les « inscrire » dans des supports adéquats.

2) *La définition de méthodes de référence pour l'analyse de cas similaires*

Les approches présentées ici ont pour objectif de soutenir les ingénieurs calcul pendant la réalisation des projets de calcul en leur fournissant des exemples ou des méthodes de référence. Les outils proposés sont des bases de cas auxquelles sont associées des moyens de recherche et de sélection.

Mocko et al. considèrent que les modèles de calcul révèlent seulement une faible part des connaissances mises en œuvre au cours d'un calcul. Ils proposent un dispositif permettant la réutilisation de modèles d'analyse, dont l'objectif est de capturer la signification des modèles et de faciliter leur automatisation [Mocko et al., 2004a]. L'approche proposée est décomposée en deux activités : le développement du modèle et sa caractérisation. L'hypothèse principale de ce travail repose sur le fait que les experts développent deux types de connaissances simultanément au cours de la construction du modèle d'analyse. Les premières sont contenues dans le modèle de comportement. Les secondes, appelées méta-connaissances portent sur le modèle lui-même et concernent les hypothèses, le contexte et les limites du modèle de comportement. Un « repository » contenant ces deux types d'informations est proposé pour offrir aux utilisateurs la possibilité de rechercher des modèles de simulation selon différents critères (du type de produit, du domaine d'analyse...). Les utilisateurs peuvent alors accéder à la documentation théorique d'un modèle et à un outil informatique permettant d'instancier le modèle de simulation sélectionné.

Un « **repository** » est un système de stockage qui se distingue d'une base de données car il est spécifiquement destiné à faciliter la réutilisation de son contenu. Ces systèmes contiennent des informations hétérogènes (modèles, texte, règles de conception, ...) ainsi que d'autres fonctionnalités additionnelles [Szykman *et al.*, 2000]. Le terme « **repository** » peut être traduit par « dépôt », mais dans la suite du manuscrit nous conserverons le terme *repository* lorsque nous évoquerons ce type de systèmes.

Sur le problème précis de l'idéalisation²⁰ de modèles, Mocko et al. [Mocko et al., 2004b] proposent de capturer l'expertise des acteurs lorsqu'ils élaborent un modèle d'analyse (contexte, objectif, hypothèses simplificatrices...). La capture de l'expertise se traduit par une caractérisation des spécificités de chaque idéalisation mise en œuvre lors de la construction du modèle d'analyse. Une base de cas, associant les modèles de conception et les modèles d'analyse, est ainsi constituée. Les modèles d'analyses sont classifiés dans un espace d'idéalisation, distinguant les analyses en fonction du niveau et du type d'idéalisation apportée (géométrique, de comportement, et de conditions aux limites), au sein de modèles génériques (appelés templates). Les templates d'idéalisation offrent une hiérarchisation des associations entre modèles de conception et d'analyse, et offrent la possibilité d'appliquer plusieurs niveaux d'idéalisation sur un modèle de conception. Cette sélection des idéalizations est soutenue par des indicateurs tels que le temps de calcul, la précision des résultats, la pertinence du modèle...

Dans le même esprit, Benafid et al. [Benhafid et al., 2005] expliquent que le processus d'idéalisation peut être soutenu par l'expertise humaine, par l'apport de modèles hiérarchiques classifiant les idéalizations possibles, et par la qualification des influences de chaque idéalisation sur les résultats. Ils proposent alors une méthode d'aide à l'idéalisation permettant de mieux maîtriser l'impact des hypothèses sur la qualité du résultat final. A partir des résultats obtenus sur un cas de référence, l'objectif est d'aider à la modélisation de cas jugés similaires par l'ingénieur calcul. Pour les cas fréquemment rencontrés, des calculs spécifiques sont à accomplir pour construire un cas de référence contenant les paramètres nécessaires à l'idéalisation d'un problème. L'influence des hypothèses sur le résultat est alors formulée analytiquement grâce à la méthode des plans d'expérience. Une optimisation multicritères permet de déterminer, en fonction des contraintes de qualité et de coût, l'idéalisation adéquate à apporter sur un cas similaire. L'ingénieur calcul va alors construire son modèle de simulation à partir des idéalizations présentées dans le cas de référence.

L'identification des similitudes entre les problèmes peut cependant poser quelques difficultés. En effet, la configuration du produit peut être différente du cas de référence, ou encore seule une partie de l'analyse peut être intéressante pour le problème à résoudre. Il est donc parfois nécessaire d'adapter les modèles de référence aux nouvelles configurations du problème en ajoutant de nouveaux composants ou de nouvelles liaisons entre les composants du modèle. Udoyen et Rosen dans [Udoyen et Rosen, 2006] font l'hypothèse que la similarité entre les problèmes peut être identifiée en caractérisant le contexte physique d'un modèle. Ils proposent alors un formalisme de description de la logique contenue dans un modèle éléments finis auquel sont associés des règles d'inférences. Le formalisme permet de caractériser le contexte physique d'un modèle à partir de concepts spécifiant les éléments structurels, les matériaux, les chargements appliqués ainsi que les relations entre ces éléments. Des dispositifs d'indexation et de sélection permettent alors d'identifier et de réutiliser les modèles dans des contextes physiques similaires.

²⁰ Simplification du comportement (conditions aux limites, ...) ou de la géométrie d'un produit (formes, ...).

La construction d'exemples de référence est une activité difficile à accomplir car elle impose d'identifier et de formaliser les hypothèses, le contexte et les caractéristiques d'un problème pour les rendre réutilisables. Certains travaux se concentrent alors plus fortement sur l'aspect méthodologique du processus de réalisation d'un calcul. Ils proposent de décrire ce processus au sein de procédures ou de bonnes pratiques, dans l'idée de diffuser et de réutiliser les méthodes utiles aux experts.

Les procédures de calcul contiennent une description des méthodes de calcul à suivre pour réaliser une analyse ([Baizet, 2004], [Pourroy et al., 2004]...). Ces documents sont construits au cours d'activités de calcul avancé et destinés aux activités de calcul opérationnel. Les procédures de calcul contiennent une présentation qui se veut claire et chronologique de l'ensemble des actions à réaliser pour un calcul donné. Elles apportent un soutien méthodologique car elles guident l'ingénieur calcul au cours de toutes les étapes du processus. De cette manière, il est possible d'accomplir des analyses fiables et correspondantes aux besoins du projet.

De telles procédures imposent de formaliser et de valider toutes les activités accomplies par un acteur du calcul lors d'un projet. Par conséquent, elles sont utiles lorsque des calculs similaires sont fréquemment rencontrés. Par contre, la structuration de la totalité du processus de façon linéaire et séquentielle au sein d'un même document impose de suivre l'ensemble des actions pour accomplir une simulation donnée. Ainsi, l'utilisateur doit s'appropriier l'intégralité du document pour pouvoir résoudre le problème rencontré.

Dans l'idée de proposer des supports méthodologiques dont la structure est moins linéaire, Ammar et al. [Ammar *et al.*, 2005] ont identifié des supports au travers desquels il est possible de véhiculer ou d'exprimer des connaissances (l'exemple, la définition, la recommandation, la méthode et la règle). Dans le même esprit, McMahan et al. dans [McMahon *et al.*, 2004a] présentent un système d'information destiné à guider les ingénieurs calcul pendant la réalisation d'une étude. Ce système fournit des bonnes pratiques et des informations contextuelles au cours de la réalisation effective d'une analyse au travers d'un outil appelé Best Practice Adviser (BPA). Il fait partie d'un environnement plus important appelé INTEREST²¹ [Brown et al., 2004]. Le système est un Virtual Repository contenant des structures de données orientées objet permettant de décrire des activités, des objets physiques, des matériaux...

Le BPA effectue des recherches dans le Virtual Repository et fournit des informations générales et contextuelles, correspondantes à l'activité en cours, auxquelles sont associées une description des erreurs à éviter et des exemples de cas déjà traités.

Des liens sont établis entre le BPA et d'autres outils lui fournissant ainsi une description du contexte opérationnel. Dans ce cas, le contexte opérationnel est caractérisé par un outil de Workflow et un outil appelé Job Description System. Ces outils suivent l'accomplissement du processus d'analyse et transmettent au BPA des renseignements sur le contexte actuel.

Ainsi, le BPA fournit un support méthodologique pour accomplir des activités de calcul. Il permet aussi de partager et de rechercher des informations dans un contexte d'ingénierie collaborative. Pour Brown et al. une telle approche nécessite des efforts importants pour

²¹ INTegrated Environment for durability and RELiability design Support Tools.

adapter l'architecture au domaine considéré et ne permet pas de tirer des bénéfices à court terme [Brown et al., 2004].

Fournir aux ingénieurs calcul des exemples, des procédures ou des bonnes pratiques permet de garantir une certaine fiabilité des études accomplies grâce à la mise en œuvre de solutions déjà éprouvées et validées. Néanmoins, ces approches présentent quelques limites comme l'adaptation d'un problème de référence au cas particulier du projet en cours. D'autres difficultés peuvent être rencontrées pour identifier et formaliser les connaissances contenues dans un modèle de simulation pour qu'elles soient réutilisables. Par contre, lorsque les connaissances sur un problème donné sont suffisamment formalisées, et que le modèle de simulation est validé, il devient possible de mettre en œuvre des approches automatisant certaines activités de calcul.

1.4.4 L'automatisation d'activités de calcul

Les outils automatisant certaines activités du processus de simulation sont principalement basés sur des systèmes experts²² ou du raisonnement à partir de cas²³. Ces outils dits de Knowledge Based Engineering (KBE) stockent les bonnes pratiques dans des bases de règles. Grâce à des techniques d'intelligence artificielle, ils actionnent ces règles et automatisent certaines activités répétitives ou complexes.

La génération de modèles de simulation peut aussi être assistée par des outils basés sur des techniques dites de raisonnement à partir de cas. Ces techniques tentent de reproduire informatiquement le comportement humain lors de la résolution d'un problème, en considérant que dans ce cas, nous faisons naturellement appel à notre expérience [Aamodt et Plaza, 1994]. Hurley propose un outil d'assistance au maillage basé sur cette technique [Hurley, 1994], et Finn et Cunningham ont proposé un outil de génération de modèles de simulation [Finn et Cunningham, 1994].

Shephard et al. présentent un environnement appelé MEGA permettant le contrôle et la génération automatique de maillage à partir de géométries idéalisées [Shephard, 2000]. Cet environnement est composé de trois structures (un modèle géométrique, des attributs associés au modèle et un maillage). La génération automatique de maillage est basée sur des règles permettant de réaliser successivement des opérations modifiant l'état du modèle jusqu'à obtenir un maillage adapté et de qualité.

Dans leurs travaux, O'bara et al. [O'Bara et al., 2002] considèrent que l'application de procédures de simulation numérique par les concepteurs peut être efficace uniquement si elles sont automatisées. Une automatisation de la conversion d'un modèle de conception en un modèle de simulation est effectuée grâce à des procédures de maillage automatique construites à partir d'un système de gestion d'attributs. Ceci permet de manipuler des informations de haut niveau pour associer les chargements, les caractéristiques matériaux et les conditions aux limites.

²² Aussi appelés systèmes à base de connaissances, en anglais Knowledge-Based Systems

²³ En anglais Case-based Reasoning (CBR).

D'autres travaux, plus récents s'attachent à construire des systèmes experts capables de traiter l'idéalisation de la géométrie, la génération du maillage et le lancement de l'analyse [Boart *et al.*, 2006]. L'outil présenté dans ce travail permet de comparer différentes solutions de conception d'un composant particulier. Les auteurs de ce travail soulignent le gain de temps lié à la mise en œuvre d'une telle approche. En effet, dès la deuxième itération, le temps investi pour le développement du système expert est rentabilisé.

L'étape de vérification d'une analyse est aussi concernée par les systèmes experts destinés à identifier certaines erreurs sur un modèle d'analyse. Dans ce cas, les systèmes experts analysent les données d'entrée et les résultats et génèrent ensuite un rapport listant les erreurs survenues lors de la réalisation d'une analyse [Breitfeld et Kroplin, 1996]. D'autres travaux concernent le traitement des résultats issus de modèles éléments finis dans l'objectif de pouvoir faire évoluer automatiquement le modèle de conception [Pinfold, 2004].

La perspective d'une collaboration à distance s'étend aussi vers l'automatisation de calculs. Par exemple, Zhou *et al.* [Zhou *et al.*, 2003] présentent un outil permettant d'évaluer et de dépouiller à distance les résultats d'analyse de freins électromagnétiques. Ninan et Siddique offrent aux clients la possibilité de configurer directement les produits qu'ils désirent tout en vérifiant la faisabilité de leur configuration [Ninan et Siddique, 2004]. Sans connaissances techniques particulières, ils obtiennent un résultat sur la faisabilité de la configuration demandée en exécutant des calculs par éléments finis. Pour cela, l'application est basée sur des modèles contenant la géométrie du produit et les caractéristiques du calcul (conditions aux limites, application des chargements...).

De telles approches sont particulièrement intéressantes car elles améliorent la réactivité en diminuant la durée des itérations entre calcul et conception. Outre la mise au point de modèles de simulation, la création de tels outils nécessite la mise en place d'infrastructures adaptées basées sur des règles issues du savoir-faire d'experts. A ceci s'ajoute des développements spécifiques pour construire les interfaces avec l'utilisateur ou permettre le travail à distance. Enfin, nous avons constaté que les outils de KBE automatisent qu'une petite portion du processus de calcul. Les outils automatisant des calculs complets paraissent réalisables uniquement lorsque le type de produit varie peu ou lorsque le client est récurrent.

Les outils de KBE nécessitent un coût de développement important qui se rentabilise sur des problèmes récurrents bien structurés et formalisés. De plus, les évolutions et la maintenance de la cohérence des règles, faisant fonctionner ces outils, ne peuvent être accomplies sans l'intervention de spécialistes. Enfin, la mise en place de ces outils peut se heurter à certaines barrières sociales [Hallam *et al.*, 2002] comme la crainte du chômage, le manque de confiance dans les résultats obtenus...

Nous avons vu que le rôle du calcul est aujourd'hui important dans le secteur industriel pour traiter des problèmes de plus en plus nombreux et de complexité croissante. A ceci s'ajoute le fait que les évolutions des outils de calcul actuels ont tendance à donner l'illusion que cette activité est simple. Néanmoins, les résultats issus des calculs ne sont pas toujours fiables et les

interactions entre concepteurs et ingénieurs calcul engendrent certaines difficultés dues à la distance géographique et au fait qu'ils n'appartiennent pas à la même entreprise.

A ceci s'ajoute le fait que ce métier s'intègre dans le processus global de conception. Il doit alors respecter ces contraintes et s'adapter aux évolutions des modes de collaboration interentreprises. Dans le contexte industriel actuel, les donneurs d'ordre impliquent dans leurs processus d'ingénierie les équipementiers et sous-traitants. Ces derniers prennent une part de plus en plus importante dans la conception et la validation de sous-ensembles.

Dans le domaine de la recherche les travaux actuels portant sur l'intégration du calcul en conception, la standardisation des données de conception, la gestion des connaissances et l'automatisation des activités de calcul ont été principalement développées pour assister les activités des grands donneurs d'ordres. A l'heure actuelle, il semble que peu de travaux de recherche aient analysé les processus d'ingénierie avec le point de vue des sous-traitants. Cette thèse se place dans ce contexte et pour cela nous allons analyser les caractéristiques de ces prestataires de services en ingénierie.

2. Caractéristiques et enjeux d'un prestataire de services en ingénierie dans un contexte d'entreprise virtuelle

Pour faire face aux impératifs industriels de qualité, de coûts et de délais, les intervenants des projets de conception se spécialisent souvent dans des métiers précis dont le métier du calcul est un exemple [Mehta, 2000]. Au sein des grands groupes, ceci se traduit par la constitution de services centralisés et spécialisés, et par l'appel à la sous-traitance auprès de bureaux d'études, eux aussi, spécialisés sur ce métier. Cette tendance se constate dans le monde industriel par la recrudescence des bureaux d'études prestataires de services. En effet, le secteur de l'ingénierie et des études techniques, comptait en 2004, environ 32 000 sociétés²⁴ fournissant des services aux entreprises.

A cause de leur nombre important, une forte concurrence existe entre ces bureaux d'études sous-traitants pour obtenir des projets auprès de leurs donneurs d'ordres et tenter de les fidéliser. En se spécialisant dans des métiers précis comme le calcul de structures, l'objectif de ces sociétés est de se différencier de leurs concurrents en fournissant des prestations ciblées et en apportant une expertise spécifique.

2.1 Les spécificités des entreprises de service

La majorité des entreprises de services peuvent être qualifiées de petites entreprises selon les critères de la recommandation européenne (2003/361/CE) entrée en vigueur en 2005²⁵.

Dans le domaine des sciences de gestion, la spécificité des PME fait débat depuis de nombreuses années. Néanmoins, l'idée d'une spécificité de gestion de la PME s'est largement imposée même s'il apparaît une diversité de leurs modes de gestion.

²⁴ « Les entreprises des services en 2004 » - Résultats de l'enquête annuelle d'entreprise réalisée par l'INSEE N° 28 éco - fév 2007.

²⁵ Définition des PME accessible sur Internet à l'adresse suivante :

http://ec.europa.eu/enterprise/enterprise_policy/sme_definition/index_fr.htm

Julien [Julien, 1994] définit les spécificités des PME par une taille petite, une centralisation de la gestion, une faible spécialisation, une stratégie intuitive ou peu formalisée et des systèmes d'informations peu complexes.

D'autres auteurs comme [Torres, 1998] relativisent le caractère spécifique des PME en considérant que le modèle de gestion classique de la PME ne tient pas compte de certaines pratiques. En effet, dans certains cas, les spécificités de gestion des PME tendent à disparaître pour donner lieu à des modes de gestion beaucoup plus proches de ceux de la grande entreprise. C'est par exemple le cas de PME qui mettent en place des démarches de management de la qualité [Messeghem, 2001].

Selon Kraaijenbrink et al. [Kraaijenbrink et al., 2006], ce n'est pas la taille qui rend les petites entreprises différentes des grandes. La taille plus petite des PME fait simplement qu'elles ont moins d'économie d'échelle et moins de ressources. Elles ont, néanmoins, d'autres avantages comme la réactivité.

Bien que les sociétés de service soient majoritairement des petites entreprises qui fournissent des produits immatériels, elles ont aussi d'autres caractéristiques particulières car la majorité de leurs employés sont diplômés, leurs clients sont traités de manière individuelle, leurs processus de production sont peu standardisés et fortement basés sur le travail d'équipe [Sveiby, 1997].

Les sociétés de service en ingénierie réalisent, pour leurs clients, des études uniques ou spécifiques qui les conduisent aussi à interagir avec des fournisseurs. Leur fonctionnement s'apparente au mode de « gestion par affaire » défini par Lattanzio dans [Lattanzio, 2006].

Pour cet auteur, la « *gestion par affaire* » s'articule autour d'une relation entre un demandeur et des fournisseurs ne faisant pas partie de la même organisation. Elle a pour objectif d'organiser et de suivre chaque affaire pendant tout son cycle de vie en tenant compte de ses dimensions temporelles et financières.

Elle permet ainsi à ces entreprises de s'adapter aux multiples configurations que peuvent prendre les projets qu'elles réalisent pour leurs clients.

2.2 La multiplicité des relations avec les clients

Selon les activités réalisées par le sous-traitant, il est possible de distinguer la sous-traitance dite de capacité de celle de spécialité. Dans le premier cas, les donneurs d'ordres recourent à la sous-traitance dite de capacité pour gérer un afflux de commandes auquel ils ne peuvent faire face seuls, ou pour garder en réserve une partie de leurs propres capacités d'étude ou de production. La sous-traitance est dite de spécialité, lorsque le donneur d'ordres, estimant que les compétences lui font défaut, s'adresse à un « spécialiste » qui dispose des équipements et des compétences nécessaires.

Cette distinction des activités de sous-traitance est souvent utilisée dans le domaine de la production. Elle est aussi valable pour les bureaux d'études fournissant des services aux entreprises.

Lorsqu'un client dispose d'un bon niveau de compétences dans un domaine le sous-traitant réalise généralement des études règlementées par un cahier des charges précis. Il arrive même que certains clients spécifient aux sous-traitants la totalité du processus de calcul allant jusqu'à fournir un modèle de note de calcul indiquant la forme et la présentation des résultats. Dans ce cas, peu d'autonomie est laissée au sous-traitant. La relation est alors de la sous-traitance dite de capacité. A l'opposé, lorsque le client ne dispose pas des compétences nécessaires pour réaliser une étude sur un produit, il lui arrive de déléguer la totalité du projet au sous-traitant qui intervient alors en tant que spécialiste.

La relation entre le client et le sous-traitant dépend aussi de leur mode de collaboration. La Figure 4 représente différentes situations d'intégration des acteurs de la simulation au sein des processus de conception. Par exemple, le sous-traitant peut détacher un membre du bureau d'études en prestation chez un client et, dans ce cas, l'ingénieur est intégré aux projets et aux équipes de conception de l'entreprise cliente. Dans d'autres situations, les projets sont réalisés au sein du bureau d'étude du sous-traitant. Le fournisseur responsable de la conception d'un sous-système peut aussi sous-traiter une partie des éléments de qualification du composant ou du sous-ensemble dont il a la charge.

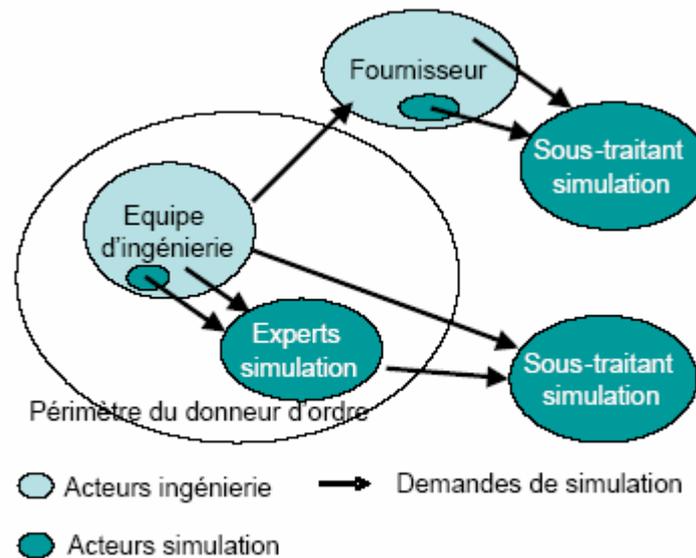


Figure 4. Flux de demandes de simulation possibles [Blanco et Pourroy, 2005]

Dans ce contexte, concepteurs et ingénieurs calcul ne travaillent pas systématiquement pour la même entreprise et peuvent aussi accomplir leurs activités au sein de sites industriels géographiquement distants. A ce titre, nous avons observé, au cours d'une étude de terrain, que les types et la fréquence des échanges d'informations varient et posent des difficultés techniques et organisationnelles pour les sous-traitants [Beylier, 2004]. En effet, les donneurs d'ordres communiquent généralement le minimum d'informations pour permettre au sous-

traitant de répondre au besoin. Par conséquent, ces derniers n'ont pas toujours une vision globale des projets de leurs clients. La réactivité devient alors une qualité indispensable pour ces bureaux d'études prestataires de services.

2.3 La réactivité un enjeu incontournable

Selon Dauty et Larré [Dauty et Larré, 2001], la *réactivité industrielle* représente l'aptitude d'un système à réagir rapidement à diverses perturbations, à se transformer conformément aux modifications de son environnement, à se mobiliser pour agir dans les délais les plus brefs.

En d'autres termes, elle consiste à adapter systématiquement la capacité et les compétences de « production » aux aléas non prévisibles. La réactivité industrielle dépend de la réflexivité interne de l'entreprise, et des relations entre donneurs d'ordres et sous-traitants.

D'un point de vue interne à l'entreprise, la maîtrise des compétences et de ses connaissances techniques est un levier important de réactivité. Pour les sociétés de service, l'hétérogénéité des études réalisées et des clients leurs impose d'être capable de mobiliser leurs compétences efficacement. Dans ce cadre, un nombre important de travaux porte sur la gestion des connaissances et des compétences au sein de ces entreprises [Apostolou et Mentzas, 1999].

D'un point de vue externe, la visibilité des activités du donneur d'ordre permettrait au sous-traitant de répondre de manière plus réactive et mieux ciblée. En effet, elle leur apporterait une vision à plus long terme des projets à réaliser et des relations avec un client donné. Or, actuellement, les sous-traitants sont souvent contraints d'accomplir les études au coup par coup. Ce manque de visibilité rend difficile la mise au point de méthodes de travail et l'achat d'outils spécifiques aux activités et aux produits des clients qui permettraient d'améliorer l'efficacité de ces sous-traitants.

Pour Larré et Dauty, les démarches qualité apparaissent comme un dispositif d'optimisation des relations de sous-traitance. En effet, elles améliorent la transparence et la visibilité des systèmes de conception et de production ce qui facilite la coordination [Dauty et Larré, 2001]. Par conséquent, de nombreuses entreprises mettent en place de telles démarches de management de la qualité.

2.4 L'importance et les limites des démarches qualité des prestataires de service

Les procédures de standardisation, de certification et de normalisation constituent les bases des démarches visant à assurer la fiabilité et l'efficacité. Ces démarches qualité sont très appréciées dans les relations interentreprises car elles établissent une certaine confiance entre les partenaires. En effet, une organisation certifiée par ces normes donne confiance à ses clients, en revendiquant sa capacité à leur fournir des produits respectant certains critères de manière régulière et systématique.

Pour les entreprises, obtenir une certification est le moyen privilégié de faire connaître la qualité de leur organisation auprès de leurs clients et de leurs fournisseurs [Sessi, 2000]. Ainsi, le partenariat interentreprises est encouragé par les normes ISO 9001:2000 qui sont un critère de sélection des distributeurs et des prestataires de services [Sessi, 1998]. Néanmoins, pour les sous-traitants, la certification est une condition nécessaire mais non suffisante pour accéder à certains marchés. En effet, les normes ISO 9001:2000 ne garantissent ni la qualité des produits, ni le respect des coûts et des délais. Or ces critères sont particulièrement importants dans les relations interentreprises.

La série de normes internationales sur les systèmes de management de la qualité ISO 9001:2000 [Afnor, 2000] considère la manière dont l'entreprise maîtrise ses processus en vue d'obtenir la qualité voulue et de satisfaire ses clients.

Un **processus** est considéré comme un « *ensemble d'activités corrélées ou interactives qui transforme des éléments d'entrée en éléments de sortie* » [Afnor, 2000].

Les versions antérieures à 2000 étaient basées sur le principe « *On définit par écrit ce que l'on doit faire, et on fait ce que l'on a écrit.* » Cela a conduit à des systèmes qualité très administratifs avec souvent un système de gestion documentaire très lourd et très centralisé.

Avec l'approche processus de la version 2000 de la norme ISO 9001, le formalisme s'est assoupli en imposant moins de se conformer à des procédures mais en privilégiant l'efficacité des processus. Ce formalisme assoupli permet d'adopter une vision transversale, d'ignorer les frontières métiers et de décentraliser plus facilement la gestion des documents.

Grâce à cette approche processus, ce système de management de la qualité revendique son adaptation à toutes les tailles d'entreprises. Bellaïche et al. [Bellaïche et al., 2005] expliquent cependant que les PME rencontrent des difficultés à mettre en place de telles démarches. En effet, elles disposent de ressources limitées en personnel, ne peuvent pas y consacrer beaucoup de temps, et jugent les coûts d'accompagnement et de mise en place prohibitifs. Pour ces auteurs, les petites structures ont besoin d'outils simples, de démarches modulables en fonction de leurs particularités, de leurs contraintes, et de leurs impératifs.

3. Positionnement de notre approche de recherche

Ce chapitre a mis en évidence l'importance du métier du calcul au cours du processus de conception de produit. Ce métier, comme de nombreux autres, doit s'adapter aux contraintes de coût, de délai et de qualité imposées par la mise sur le marché de nouveaux produits. Il est aussi impacté par les évolutions organisationnelles de la conception comme l'apparition de l'entreprise virtuelle pour laquelle la collaboration entre métiers s'effectue aussi au travers des frontières des entreprises et parfois sur des courtes durées. Au sein du processus de conception, le calcul intervient pour valider les solutions de conception. Cette position de fournisseur vis-à-vis de la conception pousse de plus en plus de grands groupes à externaliser cette activité et fait que de nombreux sous-traitants se sont spécialisés dans le métier du calcul.

Jusqu'à présent, la majeure partie des études de terrain menées en recherche a porté sur l'analyse des activités de calcul et de conception au sein de grands groupes. Or, il semble que les sous-traitants spécialisés font face à des difficultés différentes de celles de leurs donneurs d'ordres. En effet, ils traitent des projets de calculs souvent uniques, sur des produits variés, et pour des donneurs d'ordres appartenant à divers secteurs industriels. Ces entreprises se doivent d'être réactives et de structurer leurs activités pour rester compétitives.

D'un point de vue interne à l'entreprise, la maîtrise des coûts, qualité et délais des activités de calcul sont donc des enjeux importants. Pour assister la réalisation de ces activités, nous avons distingué dans les travaux de recherche quatre catégories de leviers d'actions.

L'intégration du calcul dans les processus de conception peut s'effectuer par la formation des concepteurs au métier du calcul. Néanmoins, les concepteurs peuvent seulement traiter des calculs simples. Par conséquent, des dispositifs sont aussi développés pour faciliter les interactions entre concepteurs et ingénieurs calcul.

La standardisation des données de calcul se traduit généralement par la mise en place d'environnements complexes garantissant la cohérence entre les données de calcul et celles de conception.

Les approches de gestion des connaissances tentent principalement d'apporter une réponse aux problèmes de fiabilité en soutenant la réalisation des calculs sur le plan méthodologique. Pour cela, certains travaux essayent de capturer la logique du déroulement du processus de calcul et d'autres proposent de définir des méthodes destinées à assister et fiabiliser les activités de calcul opérationnel.

Enfin, il existe des travaux portant sur le développement d'outils permettant d'automatiser certains calculs (KBE, CBR). Ces outils peuvent automatiser des activités précises du processus de calcul comme le maillage, tandis que d'autres s'avèrent être efficaces pour traiter des calculs complets lorsque les études sont récurrentes et portent sur des produits similaires.

Dans l'objectif d'évaluer les possibilités d'adaptation de ces leviers d'action au contexte d'une entreprise de services, nous menons dans le chapitre suivant une investigation des activités d'ANTECIM, société de services spécialisée dans le domaine du calcul. Pour cela, nous avons adopté une démarche de recherche intervention permettant de mener une étude fine des activités informelles.

Chapitre II. L'analyse des activités d'ANTECIM

Après avoir présenté les travaux menés dans le domaine du calcul, nous avons souligné, dans le chapitre précédent, que les enjeux pour les sous-traitants spécialisés dans le calcul concernent l'amélioration de la fiabilité de leurs prestations et de leur réactivité

Dans le cadre du projet ISOCELE, nos activités ont principalement porté sur l'analyse du fonctionnement de ces bureaux d'études sous-traitants afin de comprendre leurs difficultés et leurs pratiques. Ainsi, notre étude de terrain chez ANTECIM s'est appuyée sur une méthodologie de recherche intervention pour analyser la collaboration entre les acteurs de l'entreprise et sur celles de l'entreprise avec ses clients.

Au cours de notre thèse, nous avons alterné les périodes d'observation participante sur le terrain et de prise de recul au laboratoire. La proximité géographique entre notre laboratoire et l'entreprise a permis d'ajuster la fréquence et la durée de ces périodes en entreprise. Ainsi, nos périodes d'observation participantes ont eu des objectifs progressifs. Dans un premier temps, nous avons analysé le fonctionnement de l'entreprise dans sa globalité puis nous avons affiné nos observations sur la collaboration au sein du bureau d'études pour aller jusqu'aux informations échangées.

Nous décrivons dans ce chapitre le fonctionnement de l'entreprise ANTECIM ainsi que les résultats de nos observations de terrain. Enfin, nous nous appuyons sur les voies d'amélioration identifiées au premier chapitre concernant les activités des sous-traitants spécialisés dans le calcul, et sur nos observations de terrain, pour préciser la problématique de nos travaux et le choix de notre approche.

1. L'entreprise ANTECIM

ANTECIM est une PME rhônalpine de quinze personnes dont l'activité principale est centrée sur le dimensionnement et l'analyse du comportement des systèmes mécaniques. Elle propose différentes prestations dans le domaine de la conception de produits mécaniques à destination d'autres entreprises industrielles ou de service. Elles s'étendent de la réalisation d'une simple étude sur un produit ou d'un calcul sur cahier des charges, à la maîtrise d'œuvre d'un projet complet impliquant calculs, conception, essais et réalisation. Les projets qu'elle réalise l'amènent à côtoyer de nombreux clients exerçant dans des secteurs industriels diversifiés (industrie des biens d'équipement, automobile ou secteur de l'énergie). Le nombre important de clients et la diversité de leurs secteurs d'activité présentent des contraintes pour ces sous-traitants forcés de s'adapter aux conditions imposées par leurs donneurs d'ordres.

Au sein de l'entreprise ANTECIM, chaque projet est particulier car le client, le produit, les délais et les acteurs impliqués varient. D'un point de vue interne à l'entreprise, chaque projet est géré indépendamment des autres. Ces projets sont centraux puisqu'ils concernent et impliquent tous les services de l'entreprise (du service commercial à la comptabilité en passant par le bureau d'études). Ainsi, au sein de l'entreprise, ces projets de calculs sont appelés « affaires » et leur mode de gestion s'apparente fortement à la *gestion par affaire* [Lattanzio, 2006] car chaque affaire s'intègre dans les projets des clients et fait aussi parfois appel à des fournisseurs.

Cette entreprise connaît actuellement une évolution de l'envergure des affaires qu'elle réalise car elle s'occupe de plus en plus de la maîtrise d'œuvre de projets complets. Elle n'intervient plus comme simple sous-traitant ou fournisseur d'études mais devient aussi cliente d'autres entreprises. A ceci s'ajoute le fait qu'elle est soumise à un turnover important, caractéristique du métier du calcul. Elle emploie du personnel scientifique et technique qualifié dont une part importante d'ingénieurs, mais avec souvent peu d'expérience. Comme beaucoup de petites structures, elle rencontre des difficultés à recruter des experts. Ces différents facteurs lui imposent de mieux structurer l'organisation interne de ses activités afin de rester réactive vis-à-vis des demandes de ses clients.

Lattanzio a montré au travers d'une enquête menée auprès de PME-PMI de 30 à 350 personnes que 60% des entreprises interrogées rencontrent des problèmes de communication entre leurs différents services entraînant une défaillance en matière de gestion de projet [Lattanzio, 2006]. En raison du nombre d'affaires réalisées en parallèle au sein de l'entreprise ANTECIM, le manque de suivi transversal des affaires pourrait conduire à une mauvaise planification des affaires et au non respect des délais de livraison.

2. La Fiche de Suivi d'affaires

Une gestion des affaires efficace nécessite un suivi précis de l'évolution temporelle et financière du déroulement des affaires. Compte tenu du nombre d'intervenants sur chaque affaire, il est nécessaire d'avoir un outil central à l'entreprise assurant le suivi et la coordination des activités. Pour structurer la communication entre les différents services, l'entreprise ANTECIM a mis en place un outil de suivi d'affaires appelé *fiche de suivi*.

Lors de notre première période d'observation participante, l'objectif était de comprendre le fonctionnement global de l'entreprise. Nous avons utilisé ce document de suivi des affaires dans l'idée de profiter de sa position centrale pour analyser et comprendre le fonctionnement de l'entreprise.

2.1 Un point d'entrée pour l'analyse des activités d'ANTECIM

Au sein d'ANTECIM, le suivi des affaires s'effectuait par l'intermédiaire d'un document informatique (un fichier texte) situé dans un répertoire du réseau de l'entreprise. La consultation de la totalité de ce document offrait un accès à l'ensemble des affaires de l'année en cours. Pour avoir une vision transversale de l'avancement des affaires en cours, il était

alors nécessaire de connaître leurs identifiants et de parcourir dans le document les fiches d'affaires correspondantes.

Au sein du document chaque affaire était représentée par une fiche structurée sous forme d'un tableau permettant d'avoir une vision rapide et synthétique au sujet de deux types d'informations :

- **Informations générales sur l'affaire :** Ces informations identifient une affaire grâce à des attributs particuliers (nom, numéro d'identification...).
- **Evènements survenus au cours de l'affaire :** Au sein d'ANTECIM, chaque intervenant sur une affaire ajoute dans la fiche des évènements de différents types en fonction de ses activités. Pour chacun de ces évènements ajoutés dans le fichier, la date et l'auteur apparaissaient pour faciliter les interactions et la coordination.

Ce document contenait des renseignements sur le déroulement, les problèmes techniques rencontrés et les relations avec le client au cours d'une affaire. Par conséquent, il nous offrait un accès pour analyser le fonctionnement de l'entreprise sous ces deux points de vue. Ainsi, nous avons mené nos observations et nos interviews à partir des éléments notés dans les fiches d'affaire.

En raison de l'évolution de l'effectif et de la structure de l'entreprise, la taille du document devenait trop importante à cause du nombre croissant d'affaires traitées par la société. A cause des contraintes de taille du fichier, les accès à ce document devenaient impossibles du fait de la durée trop importante d'ouverture. Les accès concourants pour éditer la fiche de suivi étaient impossibles sur un tel document partagé. En conséquence, les acteurs renseignaient les fiches d'affaire périodiquement, ce qui entraînait parfois certains dysfonctionnements.

L'outil de suivi n'assurait plus sa fonction principale qui était de fournir aux utilisateurs une vision en temps réel de l'ensemble des affaires traitées par l'entreprise. De même, l'observation des activités de l'entreprise devenait plus difficile pour nous car les acteurs devenaient de plus en plus réfractaires à l'utilisation de ce document dans son état actuel.

Face à ce besoin opérationnel et à l'opportunité d'accès à l'ensemble des affaires de l'entreprise pour les analyser, nous avons décidé de faire évoluer ce document afin de le rendre plus facilement accessible.

2.2 La mise en place d'un système de suivi d'affaires

Nous avons choisi de réaliser un outil proche de l'existant (par sa forme et ses concepts de base) car il était bien adapté aux modes de gestion d'affaires en place au sein de l'entreprise et car cela permettait de faciliter son déploiement et sa prise en main par les employés.

Nos objectifs par rapport à ce nouvel outil n'étaient pas de définir des concepts innovants, mais plutôt de créer un environnement pour obtenir des indications sur la collaboration entre l'entreprise et ses clients ainsi qu'au sein de l'entreprise. Par ailleurs, en mettant en place un tel dispositif au sein de l'entreprise l'objectif était de renforcer notre légitimité car c'est un facteur important pour les démarches de recherche intervention.

Pour permettre les accès concourants aux informations, cette nouvelle version de la fiche de suivi est basée sur une architecture trois tiers qui permet les accès concourants aux

informations à partir d'un navigateur Internet. Les informations de chaque affaire sont affichées sous la forme de pages HTML²⁶ générées dynamiquement à partir des informations contenues dans une base de données.

La Figure 5 est un diagramme UML²⁷ représentant le modèle relationnel de données de la nouvelle version de la fiche de suivi. La base de données contient une liste des employés identifiés par leurs initiales (*LesEmployes*) et une liste des clients de l'entreprise avec leurs coordonnées (*LesClients*). La table *LesAffaires* contient les informations générales sur chaque affaire (nom, client, délais, temps alloué...). Ces informations identifient chaque affaire réalisée pour un client donné. Les informations détaillées correspondant aux événements et aux actions (création, envoi de document, suivi...) sont ajoutées par les intervenants sur une affaire. Cette table *LesEvtAff* regroupe tous les événements d'une affaire depuis sa création jusqu'à sa sauvegarde. Il est possible d'associer à chaque événement un lien vers un document archivé dans le répertoire de l'affaire. Cette association entre un document et l'évènement correspondant permet de conserver une certaine traçabilité du déroulement du projet.

Pendant une affaire, les heures effectuées par chaque employé sont mémorisées dans la table *PointageDesHeures*. Comptabiliser le temps passé sur chaque affaire permet d'obtenir un indicateur financier et sa comparaison avec le nombre d'heures allouées permet d'effectuer un suivi précis des affaires en cours.

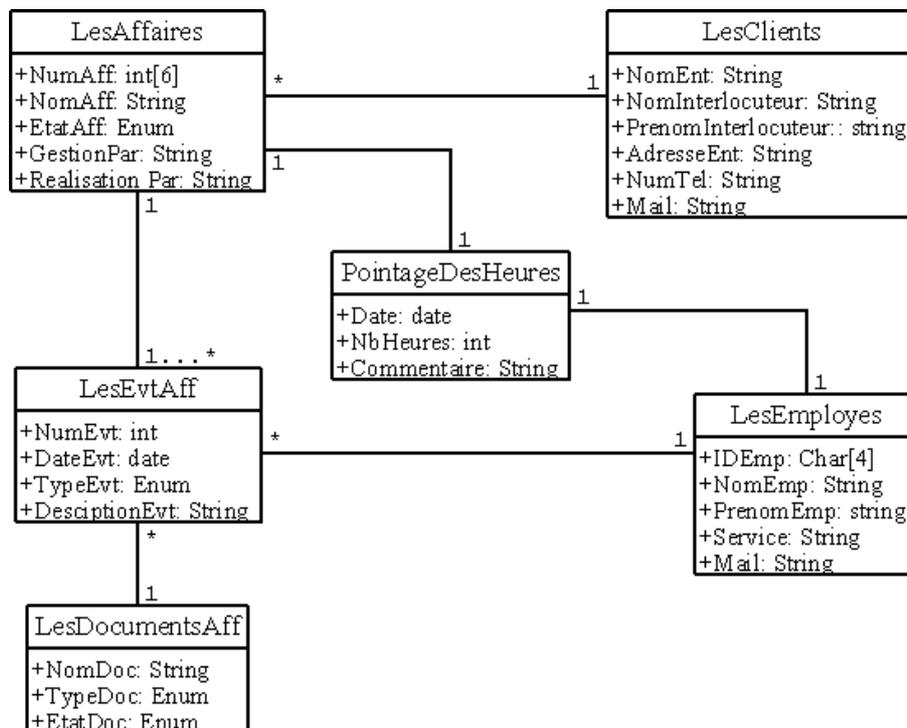


Figure 5 Modèle de données de la fiche de suivi

²⁶ HyperText Markup Language, Pour plus de renseignements, voir <http://www.w3.org>

²⁷ Unified Modeling Language. Pour plus de renseignements, voir <http://www.uml.org>

La maîtrise des spécifications de cet outil nous a permis d'ajouter des fonctionnalités supplémentaires qui apportent une aide aux dirigeants du bureau d'études concernant le suivi des projets et qui facilitent aussi les activités d'observation accomplies par le chercheur sur le terrain. Par exemple, un moteur de recherche fonctionnant à partir de mots clés permet d'accéder au contenu avec différents points de vue tels que la visualisation des derniers évènements ajoutés, ce qui facilite le suivi transversal des affaires. Il facilite aussi les activités de recherche en permettant par exemple de trier les affaires par client

La structure de chaque fiche d'affaire est fortement similaire à celle du précédent document à laquelle nous avons ajouté des indications temporelles de suivi actualisées dynamiquement (cf. Figure 6, zones entourées en pointillés). Pour suivre l'avancement des affaires, un indicateur s'actualise automatiquement en fonction des actions effectuées et des évènements ajoutés par les intervenants sur une affaire. La mise en évidence de l'état d'avancement d'une affaire permet d'aider à la coordination des intervenants.

Renseignements sur l'affaire N°070XXX

[Accueil] [Recherche] [Aide]

[Première] [Précédente] [60] [Suivante] [Dernière]

Décal de l'affaire 070XXX

	Début de l'étude	Fin de l'étude	Livraison
Planifié		04/01/2007	04/01/2007
Réel	10/01/2007	17/01/2007	17/01/2007
Durée en jours	7	-13	X

Bilan de l'affaire 070XXX

Temps alloué	Temps passé	Reste à faire
17	14	

[Contexte] [Feuille de pointage] [Docs Qualité]

[Explorer]



Renseignements sur l'affaire			
Numéro de l'affaire		070XXX	
Nom d'affaire		CALCULS ...	
Type d'Affaire		Calcul	
Nom Entreprise		X	
Nom de l'Interlocuteur		X	
Etat de l'Affaire		Facturée	Archivée
		Pas Sauvegardée	

Date	Auteur	Type	Description de l'action	Document	Actions
Réception de Documents					
04/01/2007	X1	Demande client	Aucun	Aucun	✘
24/01/2007	X2	Bon de commande	Réception BDC_070XXX_00_a	Aucun	✘
Envoi de Documents					
17/01/2007	X3	NTE finale	NDC_070XXX_00_a envoyée	Aucun	✘
31/01/2007	X2	Facture finale	Envoi FA_070XXX_00_a	Aucun	✘
Actions					
17/01/2007	X3	Demande de vérification	NDC_070XXX rédigée et à vérifier	Aucun	✘
17/01/2007	X4	Validation	NDC_070XXX_00_a vérifiée	Aucun	✘

Figure 6 Copie d'écran de la fiche de suivi

Ce nouvel outil supporte les anciennes pratiques et apporte des possibilités de suivi plus avancées, considérant les dimensions temporelles et financières de chaque affaire. Il permet d'établir des statistiques sur les affaires réalisées sous divers points de vue, comme le respect des délais, le temps passé sur les affaires par rapport au temps estimé au départ...

Comme il existe de nombreux outils de gestion de projet standards (commerciaux ou open source) permettant de définir l'enchaînement de tâches techniques et de répartir la charge de travail du bureau d'étude entre les intervenants, nous n'avons pas implémenté de telles fonctionnalités. Cette fiche de suivi n'offre donc aucune possibilité de planification des affaires.

A l'heure actuelle, cette fiche de suivi est utilisée quotidiennement par les différents services de l'entreprise. Elle offre aux acteurs internes à l'entreprise un support facilitant les interactions asynchrones au cours des affaires et permet ainsi de coordonner les activités entre les services. Cet outil spécifique, simple à mettre en œuvre, est aujourd'hui très utile pour une structure comme ANTECIM car il permet un suivi précis de l'avancement et les coûts réels de chaque affaire.

Cette nouvelle version de la fiche de suivi a par ailleurs contribué à rendre explicites les processus de réalisation d'affaires. De cette manière, cet outil supporte les démarches qualité ISO 9001:2000 en place dans l'entreprise car il aide à la formalisation des processus stratégiques et à leur évaluation.

En plus de la structuration des processus et de la communication interservices qu'il apporte, cet outil est, pour le chercheur en entreprise, une réelle opportunité d'investiguer finement les activités réalisées sur le terrain, en accédant à l'ensemble des projets réalisés avec divers points de vue (client, type d'affaire, respect des délais...). Lors du déploiement de la *Fiche de Suivi*, nous avons fortement interagi avec les membres d'ANTECIM. Grâce à cela, nous avons pu établir une relation de confiance avec les acteurs de l'entreprise. De plus, ces interactions avec les personnes impliquées dans chaque affaire, nous ont permis de découvrir leur métier et de comprendre précisément les activités de l'entreprise.

Cet outil a nécessité une durée de développement informatique relativement courte (un mois à temps plein plus quelques interventions ponctuelles pendant notre période d'observation participante) compte tenu de l'amélioration qu'il apporte tant pour les activités de l'entreprise que pour nos activités de recherche.

3. Le cycle de vie d'une affaire

La fiche de suivi permet de formaliser le processus de réalisation d'une affaire que nous représentons par l'actigramme IDEF0 de la Figure 7.

En amont du commencement effectif d'une affaire, il existe une activité commerciale consistant à démarcher et suivre les interactions avec les clients. Elle permet de cibler des opportunités de projets, de connaître les attentes et les méthodes de travail des clients. La **création de l'affaire** se concrétise par la réception de demandes clients. La forme et le contenu de ces demandes varient fortement en fonction des clients. Elles peuvent en effet se concrétiser par un simple appel téléphonique, ou par un appel d'offre détaillé, mettant en concurrence plusieurs sous-traitants.

Une affaire commence par une **pré-étude** dont la finalité est d'établir une proposition commerciale contenant une description technique et le montant financier de la prestation. Pendant cette phase, les acteurs du service *commercial* et du bureau d'étude sont mobilisés pour définir les caractéristiques, le contenu et le déroulement de la prestation. Cette activité est souvent basée sur l'expérience des acteurs utilisant comme références des exemples

d'études antérieures, qu'ils estiment similaire à l'affaire à réaliser. Ces similitudes se situent généralement au niveau du client, des produits à étudier ou du domaine de calcul concerné et de sa complexité. Autour de cette proposition commerciale, il y a des négociations et des ajustements entre les commerciaux et le client portant sur les conditions de la prestation. L'affaire peut se terminer à cette étape si le client ne choisit pas ANTECIM pour effectuer l'étude. Dans le cas où la proposition d'ANTECIM est retenue, une commande et des informations techniques plus précises, aussi appelées *données d'entrée*, sont envoyées par le client. Le type et la nature de ces données d'entrées varient fortement en fonction des affaires, des clients, et surtout de l'expérience de collaboration entre le donneur d'ordre et ANTECIM.

C'est pendant la **réalisation du projet** que les moyens et les ressources du bureau d'études sont principalement engagés. Une réunion, dite d'enclenchement d'affaire, est alors initiée dans l'objectif de choisir les intervenants de l'affaire en fonction de leurs compétences, de leur charge de travail actuelle, et parfois même, de la volonté du client.

D'une manière générale, il est possible de distinguer plusieurs rôles au cours d'une affaire (parfois occupés par la même personne). Tout d'abord le *chargé d'affaire* s'occupe de la gestion générale de l'affaire et des relations avec le client. Il suit parfois plusieurs affaires en parallèle. Sauf cas exceptionnels, la partie technique d'une affaire est généralement réalisée par un ingénieur occupant alors le rôle d'*ingénieur d'étude* dont la responsabilité est de traduire les exigences des clients au sein de modèles de calcul et d'en interpréter les résultats. La réponse au client se concrétise par la réalisation d'une note de calculs contenant les hypothèses et la description du ou des modèles de simulation ayant conduit aux conclusions finales. La réalisation d'une étude est souvent soumise à de fortes contraintes de délai, ce qui laisse peu de latitude pour accomplir des activités de calcul avancées conduisant à mettre au point des méthodes de simulation.

L'étude technique est aussi marquée par des phases de **vérification**. Elles sont réalisées par un membre du bureau d'étude qui délaisse ses affaires en cours pour vérifier le contenu technique de l'affaire concernée. Lors d'un projet de calcul, les vérifications vont porter sur les hypothèses qui ont permis de passer du système réel au modèle de simulation, puis sur l'analyse des résultats et sur la note de calcul contenant la réponse au client. La tâche du *vérificateur* consiste donc à s'approprier le contenu d'un projet en interagissant avec l'*ingénieur d'étude*. Au cours de ces vérifications, les choix de modélisation sont critiqués et remis en cause, et il est fréquent d'observer des échanges d'idées et de solutions techniques entre l'ingénieur d'étude et le vérificateur. Cette étape est très importante car elle permet d'identifier certaines erreurs et vise ainsi à garantir la fiabilité des études réalisées. A ceci s'ajoute le fait que la collaboration entre ingénieurs calcul est bénéfique pour le fonctionnement du bureau d'études car elle permet un partage de connaissances sur les problèmes rencontrés par les ingénieurs et la validation de certaines bonnes pratiques. Néanmoins, les contraintes de délai limitent le temps alloué pour réaliser ces tâches au cours d'une affaire.

Lorsque l'étude est terminée, la phase d'après-vente consiste à la **livraison** et au **suivi** de la prestation par le client, et parfois à ajuster et modifier les études réalisées.

La fin de la partie technique d'une affaire déclenche d'autres activités au sein de l'entreprise. La **facturation** de l'affaire est réalisée par le service *comptable*. Lorsque toutes les activités

sur une affaire sont terminées l'**archivage** de l'affaire est réalisé par un membre du service *administratif*. C'est cette dernière étape qui marque la fin du processus de réalisation d'une affaire.

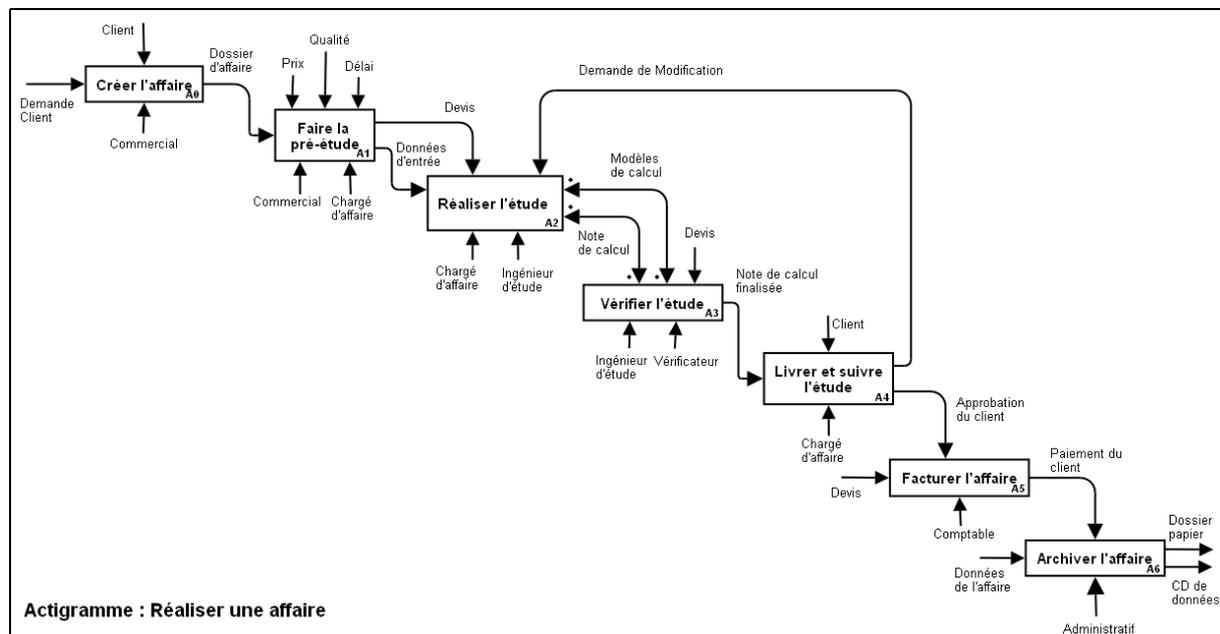


Figure 7 Actigramme IDEF0 du processus de réalisation d'une affaire

Nous avons noté chez ANTECIM des écarts importants de durée entre les affaires. Les études techniques réalisées par cette entreprise peuvent s'étaler de quelques jours à plusieurs mois et impliquent plus ou moins d'acteurs. Néanmoins, la durée entre la création d'une affaire et son archivage est souvent bien plus longue que la partie liée à l'étude technique. A ceci s'ajoute le fait que l'entreprise réalise un nombre important d'affaires en parallèle. Il apparaît alors crucial pour une entreprise travaillant dans ce domaine d'être capable de s'adapter à ces durées d'affaire souvent inégales, et d'assurer la cohérence et la transmission des informations tout au long du cycle de vie des affaires qu'elle réalise. Cette transmission des informations doit s'effectuer entre les intervenants d'un même métier et aussi entre les services de l'entreprise.

La décomposition du processus d'affaire établie à partir de la fiche de suivi permet d'avoir une vision globale qui reste cependant trop macroscopique pour mettre en évidence les types de calculs réalisés au cours d'une affaire. Nous avons alors porté notre étude de terrain sur le fonctionnement du bureau d'études de l'entreprise afin d'analyser plus finement les actions réalisées pendant la partie technique d'une affaire.

4. Les caractéristiques du bureau de calcul

Pour réaliser l'observation participante des activités et des informations manipulées au cours de ces projets, nous avons occupé le rôle d'ingénieur d'étude pendant une durée d'environ six mois. Cette implication aux activités opérationnelles de l'entreprise nous permet d'identifier

les principaux problèmes de gestion des informations de calcul rencontrés par les acteurs du bureau d'études.

4.1 Une forte diversité des clients et des projets de calcul

L'autonomie d'ANTECIM varie selon le client et parfois même selon le type d'étude réalisé et la compétence du client sur les problèmes de calcul à traiter.

Les modes de collaboration sont souvent conditionnés par les méthodes de travail et le secteur d'activité des clients. Par exemple, dans le domaine du génie civil, les échanges de données sont souvent constitués par des plans papier alors que pour l'automobile par exemple, les données sont souvent des fichiers CAO 3D. Les outils de communication varient eux aussi. Dans le cas le plus simple, l'envoi d'informations est réalisé par fax, alors qu'il faut parfois accéder à des plates-formes ou portails d'échanges spécifiques aux clients. Les sous-traitants comme ANTECIM doivent s'adapter à ces méthodes d'échanges et disposer des outils adaptés permettant par exemple de convertir certains fichiers de CAO 3D vers des formats neutres comme IGES ou STEP. L'hétérogénéité des formats échangés affecte aussi les activités du sous-traitant car selon les cas, les méthodes et le temps nécessaires pour la modélisation peuvent varier.

Nous avons souligné au chapitre précédent qu'il est important pour une telle entreprise de bien connaître les clients avec lesquels elle est amenée à travailler. En effet, l'expérience de l'entreprise sur les produits et les méthodes de collaboration des clients évoluent au fur et à mesure des affaires récurrentes ce qui augmente sa réactivité.

Néanmoins, lors d'une étude de terrain au sein d'ANTECIM, Pourroy et al. [Pourroy et al., 2004] ont constaté que ce sont souvent les mêmes ingénieurs qui réalisent le même type d'affaire. Lorsque les clients prennent l'habitude de collaborer avec un même ingénieur, leurs échanges contiennent de plus en plus d'implicite. Ce mode de fonctionnement présente à très brève échéance des avantages indéniables en termes d'efficacité et de rentabilité pour les deux parties. Cependant, il pose des difficultés notamment lorsqu'un ingénieur est indisponible, et parfois, des problèmes lorsque le spécialiste ne fait plus partie de l'entreprise et que plus personne n'est capable d'accomplir l'étude dans les délais impartis.

Du fait de la forte diversité de ses clients, les projets réalisés par ANTECIM sont, eux aussi, très diversifiés. Le Tableau 1 permet de caractériser les types de calcul réalisés par ANTECIM à partir de la grille d'analyse proposée par Baizet [Baizet, 2004]. Les cases grisées indiquent que la majeure partie des études porte sur la validation des produits des clients. En effet, la plupart du temps les calculs d'aide au choix de conception sont réalisés par les clients d'ANTECIM car ils sont liés à des questions stratégiques et aux impératifs de délais de conception. De même, les calculs de compréhension ne constituent pas la majeure partie des activités d'ANTECIM car ils sont sources de création de connaissances souvent stratégiques sur les produits et sont donc souvent réalisés par les clients lorsqu'ils disposent des compétences nécessaires.

	Compréhension produit	Aide au choix produit	Validation Produit
Normalisé			
Procédure			
Libre			

Tableau 1 Typologie des études de calcul réalisées par ANTECIM

C'est lorsqu'ils ne disposent pas de ces compétences que les clients sous-traitent ces études de compréhension et d'aide au choix. Dans ces cas là, le client laisse une autonomie importante au sous-traitant. Ceci se traduit pour ANTECIM par la réalisation de ces calculs de manière libre. En contrepartie cela lui impose d'avoir des connaissances précises sur les produits et les activités des clients afin de modéliser correctement le comportement des produits ou d'orienter la conception de manière pertinente. Il se pose alors au sous-traitant le problème du choix des ingénieurs capables de réaliser des activités de calcul avancé. Ils doivent disposer de fortes compétences en calcul, et des connaissances sur les produits des clients pour accomplir une étude complète sans guide méthodologique.

Suivant les cas, les calculs de validation du produit, réalisés par ANTECIM, peuvent être guidés par une norme, une procédure ou être effectués librement. Le choix de la méthode de travail dépend des compétences du client en calcul, des objectifs de l'étude et de la compétence du sous-traitant sur le problème.

Deux cas de figure peuvent se présenter lorsque la réalisation de calculs de validation est guidée par des procédures. Si le client maîtrise complètement le problème à étudier, il arrive qu'il impose au sous-traitant ses propres procédures précisant en détail la méthode de modélisation, le maillage et les éléments à utiliser, ce qui laisse très peu d'autonomie au sous-traitant²⁸. Par contre, lorsque le client est récurrent et que les produits étudiés sont similaires, il arrive aussi qu'ANTECIM dispose d'une forte compétence technique sur le sujet et qu'elle formalise ses méthodes de travail au sein de procédures internes.

Dans le cas d'études récurrentes réglementées par une norme, la principale difficulté est l'adéquation entre les modèles éléments finis et les prescriptions des normes. En effet, elle impose parfois de mettre au point des outils spécifiques pour faire correspondre les modèles de calculs aux prescriptions des normes techniques.

La diversité des secteurs des clients d'ANTECIM pose des difficultés vis-à-vis de la mise en œuvre de ces normes. En effet, chaque secteur industriel a des attentes particulières et ses propres savoir-faire vis-à-vis du métier du calcul [Fe-Net, 2005]. Cette constatation se retrouve chez ANTECIM, pour qui chaque client impose d'utiliser des normes techniques spécifiques à son secteur industriel. Ces normes techniques régissant la conception des produits sont très souvent différentes selon les secteurs et les pays dans lesquels le produit sera utilisé. Leur connaissance et leur maîtrise sont des points cruciaux pour le sous-traitant qui doit alors adapter et mettre au point ses méthodes de calcul en fonction des préconisations des normes techniques.

²⁸ On se trouve dans une situation de sous-traitance de capacité.

Ainsi, dans beaucoup d'affaires l'activité des ingénieurs comporte des activités de calcul avancé, et d'autres plus opérationnelles. En effet, au cours des affaires, il arrive que les ingénieurs mettent au point de nouvelles méthodes de calcul pour répondre aux spécificités des attentes des clients. Ces activités dites de calcul avancé conduisent fréquemment à la création d'outils spécifiques aux problèmes à traiter comme des macros de calcul, des feuilles excel, etc. Des modèles de calcul annexes sont aussi parfois créés pour valider certaines hypothèses.

L'organisation interne du bureau d'études d'ANTECIM répartit les ingénieurs par affaire. Par conséquent, il est difficile de distinguer les activités opérationnelles de celles plus avancées, et donc sources de création de connaissances. Ceci rend difficile la mise au point de procédures de réalisation de calcul et la validation de méthodes de travail pour les rendre applicables à l'ensemble du bureau de calcul.

4.2 Les difficultés de création et de gestion des procédures

Des procédures ont été mises en place au sein d'ANTECIM pour rendre certains types d'études opérationnelles plus efficaces en termes de coût, de délais et de fiabilité. C'est par exemple le cas de certains calculs de potences de lignes de télésièges, ou de structures artificielles d'escalade. Ces procédures sont généralement spécifiques aux produits des clients et décrivent la totalité des actions à accomplir pour réaliser une étude complète. Chez ANTECIM, elles se présentent sous la forme de pages dans un intranet décrivant les pratiques de l'entreprise sur un type de problème précis [Pourroy et al., 2004].

Leur définition impose d'avoir des connaissances stables et validées sur le produit, les méthodes de choix de conception et d'analyse des résultats. Leur mise au point nécessite de mener des interviews et d'observer les activités des experts de l'entreprise. En effet, sans leur intervention, il est difficile de comprendre leurs choix, de connaître les outils utilisés et le principe des solutions mises en œuvre. Néanmoins, ces experts ne sont pas toujours capables d'exprimer la validité globale des modèles de calcul qui mêlent souvent un nombre important de paramètres.

La mise au point de telles procédures nécessite donc un investissement en temps important, correspondant à la mobilisation des experts et à la formalisation des méthodes de travail. Or, ces procédures ont parfois un taux de réutilisation incertain et fortement dépendant des relations entre ANTECIM et le client concerné. De plus, ces activités de formalisation sont souvent réalisées au cours d'actions ponctuelles (stages d'élèves ingénieurs,...) car peu de ressources sont disponibles pour élaborer ce type de procédures et car il est difficile de soustraire les experts des projets qu'ils accomplissent compte tenu de leurs impératifs de délai. Ces difficultés de création de procédures sont aussi apparues au cours de l'étude de Baizet chez Renault-DIEC [Baizet, 2004]. Il a en effet constaté à leur sujet des usages hétérogènes et une faible formalisation des méthodes de travail montrant que les acteurs préféreraient partager leurs méthodes oralement.

Cependant, en analysant plus en détails le contenu de procédures existantes, nous avons noté qu'elles font référence à de nombreuses informations techniques. Nous avons alors porté notre observation sur ces informations manipulées, pour comprendre leur rôle au sein des activités de l'entreprise et les obstacles liés à leur utilisation.

4.3 Des usages et une gestion hétérogènes des objets techniques au cours des projets

Au sein d'ANTECIM, il existe trois types de répertoires contenant les informations d'une affaire. Il y a le répertoire officiel de l'affaire contenant les documents informatiques de référence qui est placé sur le réseau de l'entreprise et qui est sauvegardé quotidiennement. Il y a des répertoires informels situés sur les ordinateurs des ingénieurs. Enfin, il y a le dossier de l'affaire contenant les documents papier de l'affaire.

Lors de la réalisation d'une affaire, les ingénieurs utilisent leurs répertoires de travail qui se composent d'une multitude de fichiers informatiques comme les modèles réalisés, les fichiers de chargement, les données fournies par le client... Ces fichiers sont souvent modifiés et leur gestion est peu formelle. Lors de l'archivage dans le répertoire officiel, l'ingénieur d'étude sélectionne les documents officiels spécifiés par le système de management qualité de l'entreprise (devis, note de calcul et les modèles de calcul associés). Il laisse alors dans son répertoire de travail certaines informations non prises en compte dans le système qualité (images, modèles de calcul non présentés dans la note de calcul...).

Au cours de nos périodes d'observation participante, nous avons analysé ces deux types de documents au sein de quelques projets que nous avons sélectionnés.

4.3.1 Les données spécifiques et formelles aux projets de calcul

Au sein d'ANTECIM, les données projet sont, par exemple, des données d'entrée (plans, cahier des charges...), souvent fournies par le client, ou des livrables comme la note de calcul. Ces informations évoluent en fonction du contexte et de l'avancement du projet (délais, demandes client...).

1) Le devis et les données d'entrée

Les devis sont très importants pour la réussite de chaque affaire car ils contiennent l'estimation du travail à réaliser et conditionnent le déroulement d'une affaire.

Les devis contiennent une partie financière regroupant les délais et le prix de la prestation et une annexe de description technique de la prestation, qui concerne plus particulièrement les acteurs du bureau d'études. Cette partie technique est généralement définie en fonction d'autres affaires similaires. Pour rédiger un devis, il est donc utile d'identifier les similitudes entre le problème à traiter et certaines affaires de référence. Le rédacteur du devis doit aussi savoir quelles difficultés ont été rencontrées au cours de ces affaires et connaître les outils existant dans l'entreprise pour spécifier au client une estimation de la capacité de l'entreprise en termes de prix, délais et qualité.

Lorsque l'ingénieur d'étude est différent de celui qui a rédigé l'annexe technique, le commencement d'une affaire, est généralement basé sur l'analyse de cette partie du devis et des données d'entrée fournies par le client. Cela permet de comprendre le travail à effectuer et parfois même de décomposer l'affaire en plusieurs sous études.

2) La note de calcul et les livrables du projet

Dans la plupart des cas, les notes de calcul sont les seuls livrables fournis aux clients. En effet, ces derniers ne disposent pas toujours des moyens humains et/ou techniques permettant d'utiliser les modèles de calcul. Les notes de calcul présentent alors de manière détaillée les hypothèses conduisant au modèle de simulation, les résultats et les conclusions. Ces informations sont a priori suffisantes pour représenter la solution finale du problème traité et pour reproduire à l'identique un calcul donné.

Néanmoins, les notes de calculs ne sont pas exhaustives, voire même très incomplètes, quant à la description de la totalité des activités ayant conduit à définir la réponse au client. Elles occultent généralement les calculs réalisés pour valider certaines hypothèses ou ceux n'ayant pas répondu à l'objectif de simulation. Or, dans un souci de fiabilisation des activités des bureaux d'études, ces calculs sont importants car ils contiennent des connaissances de processus et renforcent ainsi l'expérience des ingénieurs [Baizet, 2004].

3) Les modèles de simulation

Au cours d'une affaire, un nombre important de calculs est réalisé. Ceux-ci permettent à l'ingénieur d'étude de répondre au client, mais aussi de valider certaines hypothèses qu'il formule sur le comportement du produit ou certains choix de modélisation.

Les modèles de calcul contiennent les hypothèses faites pour passer du problème réel au modèle de simulation. Néanmoins, ces hypothèses sont difficilement interprétables car elles ne sont pas directement associées aux modèles. La réutilisation des modèles de calcul est complexe car leur contenu est uniquement accessible par l'outil de calcul utilisé pour les construire. Il est parfois difficile de savoir a posteriori quels calculs ont été réalisés sur un modèle donné. Une mauvaise gestion de ces modèles de simulation conduit parfois à ne plus savoir quel modèle a été utilisé pour traiter un problème donné ni quelles hypothèses ont permis de les construire.

De nombreux modèles de calculs créés pendant les affaires d'ANTECIM n'apparaissent pas dans la réponse au client. Nous avons constaté que certains modèles sont conservés dans le répertoire de travail des ingénieurs. Seuls les modèles officiels ayant conduit au résultat final sont archivés dans le répertoire officiel de l'affaire et identifiés dans le système qualité. Les connaissances et hypothèses associées à un modèle de simulation sont, quant à elles, très peu formalisées car aucun support approprié n'existe. Formaliser dans un support spécifique s'ajoutera au travail des ingénieurs déjà fortement concentrées sur la modélisation du problème physique, par leurs interactions avec les clients et le respect des délais. Du fait de la faible formalisation des hypothèses associées à un modèle de simulation, leur réutilisation par

un tiers est toujours difficile sans l'intervention de celui qui les a mis au point. D'ailleurs, elle est même parfois source d'erreurs.

La majorité des cas de réutilisation de modèles de simulation rencontrés au sein d'ANTECIM concerne les phases de vérification. En effet, le vérificateur d'une étude réussit cette appropriation grâce à la proximité de l'acteur qui a réalisé le modèle. La collaboration entre le vérificateur et l'ingénieur d'étude, permet de remettre en question les hypothèses non ou mal formulées et d'accéder à la méthode de modélisation adoptée au cours de l'étude.

Au sein du bureau de calcul d'ANTECIM, nous avons aussi identifié d'autres types d'objets qui sont fréquemment utilisés par les ingénieurs d'étude pendant la réalisation des projets. Ces objets apparaissent très importants pour le fonctionnement du bureau d'étude car ils sont largement partagés entre les ingénieurs.

4.3.2 Les objets informels qui supportent la réalisation des projets

Les ingénieurs d'étude utilisent certaines informations qui ne sont pas directement liées à l'étude en cours, mais simplement utiles pour accomplir leur travail. Elles sont en quelque sorte des ressources pour la réalisation des activités du projet. Ces objets peuvent être des feuilles de calcul, des normes, des procédures (cf. Tableau 2)... Par exemple, un ingénieur peut se servir d'une feuille de calcul spécifique pour interpréter les résultats d'un calcul en fonction d'une norme technique. De la même manière, il est fréquent que les ingénieurs se basent sur les normes pour fixer les critères d'un calcul donné ou récupérer des données matériaux. En cela, ces objets sont porteurs de connaissances formalisées et révèlent implicitement des savoir-faire des ingénieurs qui les utilisent.

Type d'information	Description
Les Macro de calcul	Ce sont des fichiers textes utilisables lors d'un calcul pour accomplir une tâche spécifique sur leurs outils de calcul. Ces fichiers sont répartis dans l'entreprise et échangés entre les ingénieurs en fonction de leurs besoins.
Les feuilles de calcul	Ce sont des objets utilisés pour certaines activités de calcul qui sont souvent créés pendant la réalisation d'une affaire.
Les procédures de calcul	Ce sont des documents décrivant la méthode de réalisation d'une tâche particulière [Baizet, 2004].
Les normes techniques	Elles contiennent les règles relatives à la réalisation d'études dans un domaine donné. Elles sont utilisées sur demande explicite du client ou utilisées comme support par les ingénieurs pour réaliser certains calculs. Dans le métier du calcul, il est parfois difficile de mettre en œuvre un calcul par éléments finis basé sur des normes, car les règles qu'elles contiennent doivent être interprétées pour correspondre aux résultats fournis par les outils de calcul.
Les données matériau	Ces informations sont récurrentes à chaque affaire, certaines données matériau peuvent être obtenues dans les normes techniques, sur Internet, fournies par le client ou un fournisseur...
Sites Internet	Les sites Internet utilisés par les ingénieurs peuvent être de tous types et fournir des informations dans divers domaines.
Documents scientifiques ou techniques	Ces informations souvent issues de sources différentes permettent de renseigner les ingénieurs sur des aspects techniques ou scientifiques. Elles se présentent principalement sous la forme de livres ou de documents papier (articles scientifiques).

Tableau 2 Les principaux documents manipulés par les ingénieurs calcul [Beylier et al., 2006b]

Bien que ces objets soient très importants pour le métier du calcul, au sein d'ANTECIM, aucune politique de gestion précise n'est définie. Ils ne sont pas identifiés dans le système qualité de l'entreprise et aucune règle d'archivage ne les concerne.

Certaines normes et de la documentation technique sont à disposition des ingénieurs dans une armoire. Au sein de celle-ci, la recherche d'informations est difficile à cause de la redondance des documents, du manque de mise à jour et de l'hétérogénéité de leur contenu. Il est aussi très difficile pour un ingénieur de savoir qui de ses collègues a déjà utilisé telle norme ou telle information, et a donc déjà une certaine expérience autour de cet objet. A ceci s'ajoute le fait que certaines informations comme des macros ou des feuilles de calcul stockées dans des dossiers de cette bibliothèque sont fortement décontextualisées : elles sont présentes, mais on ne connaît ni les circonstances de leur création, ni le besoin auquel elles répondent. Faute d'informations contextuelles rares sont les personnes capables d'en expliquer le fonctionnement, d'exprimer leurs limites, les risques ou les gains liés à leur utilisation.

Des classeurs contenant des résultats d'études théoriques sur des problèmes particuliers de calcul existent aussi au sein de cette bibliothèque. Nos interviews avec les membres du bureau d'études montrent que le contenu de ces classeurs n'est jamais utilisé car la plupart des ingénieurs sont arrivés après leur création, ils « n'en ont donc jamais entendu parler ». D'ailleurs, certaines études contenues dans ces classeurs ne sont plus directement utilisables car la version des outils de calcul a évolué en apportant avec elle de nouvelles méthodes de travail.

Au sein du bureau d'études, ces objets sont souvent gérés de manière individuelle. Ils sont généralement construits au coup par coup, en fonction des besoins des ingénieurs au cours de leurs projets. Ainsi, les experts disposent souvent d'un répertoire contenant un nombre important de ces objets construits au fur et à mesure des affaires réalisées. Au cours des nouveaux projets, ils piochent dans ces répertoires personnels qu'ils se sont structurés selon leur propre logique pour réutiliser certains objets.

Cette méthode d'archivage présente quelques avantages à court terme mais elle trouve rapidement ses limites dans le temps car elle diminue les possibilités de réutilisation et la *Conscience collective* au sein de l'entreprise. Parfois même, certains objets identiques sont reconstruits à chaque projet. En plus de la perte de temps occasionnée par les nouvelles créations, il y a une augmentation des risques d'erreurs commises pendant leur création dus à leur manque de validation.

Malgré cette gestion individuelle, certains de ces objets sont effectivement partagés entre les ingénieurs du bureau d'études. Les documents papiers sont photocopiés et les documents informatiques sont dupliqués dans les répertoires personnels de chacun. Ces multiples versions se retrouvent aussi parfois stockées plusieurs fois dans les répertoires personnels et dans des rubriques différentes. Lorsque des modifications sont effectuées sur un de ces objets, aucun suivi des évolutions n'est possible. Il est alors difficile voire même impossible de savoir qu'elle est la version de référence, ce qui est néfaste pour la fiabilité des activités accomplies.

Outre les difficultés de gestion des évolutions sur la durée, les photocopies et les fichiers contenus dans les répertoires personnels sont souvent difficiles à retrouver. En effet, ils manquent souvent d'une description permettant de les identifier rapidement et cela diminue encore les possibilités de réutilisation.

Le manque de description de ces objets est aussi la cause de pertes de temps et de difficultés de réutilisation. Par exemple, pour utiliser certaines macros, ou feuilles de calcul construites par un collaborateur, il est généralement impératif de contacter son créateur ou un ingénieur connaissant leur fonctionnement. Lorsque plus personne dans le bureau d'étude ne sait utiliser un objet donné, il faut étudier son contenu en se basant, lorsque cela est possible, sur d'autres documents théoriques voire même des notes de calcul d'affaires précédentes pour comprendre et valider son fonctionnement. Dans certaines situations extrêmes, il est trop difficile de se

réappropriés ces objets, la solution est alors d'en mettre au point de nouveaux pour accomplir l'affaire en cours.

Lorsque les ingénieurs partagent ces objets, ils discutent autour des problèmes qu'ils rencontrent pendant leurs activités et échangent alors certaines astuces ou méthodes leur facilitant le travail. Pendant ces phases de collaboration, ils partagent par discussion des connaissances sur ces objets et avec cela d'autres connaissances relatives aux méthodes de travail. Ces discussions sont bénéfiques pour la fiabilisation des activités car elles participent à la formation des ingénieurs et à la conservation du savoir-faire de l'entreprise.

Ces observations montrent que le partage informel de ces objets est un vecteur efficace de diffusion des bonnes pratiques au sein du bureau d'études qui nécessite d'être encouragé et mieux structuré. Ainsi, une meilleure gestion de ces objets favorisant leur partage et leur réutilisation apparaît comme un moyen d'améliorer la fiabilité des calculs.

4.4 Des collaborateurs sources d'informations et de connaissances

Le travail d'un ingénieur calcul peut sembler fortement individuel, néanmoins, des phases de collaboration sont fréquemment observées (entre spécialistes ou entre spécialistes et novices) pour résoudre un problème précis. Par exemple, sur le forum Xansys [Xansys, 2007], un nombre important d'utilisateurs du logiciel de calcul par éléments finis Ansys partagent leurs connaissances sur les outils et les méthodes de résolution de certains problèmes.

Au sein du bureau d'études, le partage et la réutilisation de ces informations sont fortement facilités par la proximité entre les ingénieurs d'études. Cette proximité est fortement liée à l'organisation spatiale du bureau d'études en espace ouvert. Cette proximité favorise les interactions, et de cette manière, les phases de collaboration s'initient souvent de manière informelle et sont focalisées sur des questions précises relatives au métier du calcul.

Une comparaison des équipes de Recherche & Développement de petites entreprises avec celles des plus grandes, révèle des pratiques spécifiques au sein des petites structures [Steinheider et Al-Hawamdeh, 2004]. Elles se retrouvent aussi dans le comportement et l'organisation de l'équipe d'ingénieurs calculs du bureau d'études d'ANTECIM. En effet, les projets impliquent des équipes de taille réduite, dont l'autonomie de gestion²⁹ et la proximité spatiale³⁰ sont importantes.

Ainsi, ces pratiques de collaboration entre ingénieurs calcul observées chez ANTECIM renforcent de précédentes observations de terrains réalisées au sein d'autres entreprises ([Troussier, 1999], [Mer, 1999], [Baizet, 2004]). Au sein des équipes d'ingénieurs calcul, les compétences se recouvrent fortement et le problème de la communication inter-métiers ne se pose pas. Dans de telles équipes, les connaissances spécifiques au métier ont une importance sociale particulière parce que les ingénieurs évaluent les compétences de leurs collègues d'un point de vue de leurs connaissances et de leurs compétences métier [Mer, 1999].

²⁹ Pour les prises de décisions techniques et la collaboration.

³⁰ Les membres sont souvent réunis dans le même bâtiment voire la même salle.

Il est alors possible de dire que les équipes d'ingénieurs calculs, et par extension certaines équipes métier, partagent certaines similitudes avec les communautés de pratique comme leur autonomie de gestion. En effet, leurs membres « *partagent une préoccupation, un ensemble de problèmes, ou une passion à propos d'un sujet, et qui approfondissent leurs connaissances et expertise dans ce domaine en interagissant de manière régulière* »³¹ [Wenger et al., 2002]. Même si les membres d'une équipe métier ont des pratiques similaires, elles ont aussi des différences avec les communautés de pratique [Wenger, 1998].

- Les relations d'autorité dans les communautés émergent par la pratique alors que dans une équipe métier elles sont imposées par la hiérarchie. Ainsi les membres peuvent avoir différents niveaux d'implication dans les activités de la communauté.
- Les frontières des équipes métier sont beaucoup moins flexibles que celles des communautés de pratique dont les membres collaborent parfois avec des individus appartenant à d'autres entreprises.
- Les processus des équipes métier sont souvent définis par l'organisation alors que les communautés développent elles-mêmes leurs propres processus.

Au travers d'une analyse progressive des activités de l'entreprise et du fonctionnement du bureau de calcul, nous avons mis en évidence dans cette partie que chaque affaire traitée chez ANTECIM est source de connaissances sur le client, ses produits et ses méthodes de travail. Elles permettent aussi la mise au point de méthodes de calcul grâce à la collaboration entre les ingénieurs mais qui restent difficilement formalisables au sein de procédures. Au cours de ces affaires, la frontière floue entre activités de calcul opérationnel et avancé entraîne la création d'objets potentiellement réutilisables dans d'autres affaires.

5. Synthèse et Problématique industrielle

Comme nombre d'entreprises intervenant comme sous-traitants dans les projets de conception, cette société se doit d'être réactive. Ceci lui impose d'améliorer ses activités internes et d'optimiser ses relations avec ses clients. Sa spécialisation dans le domaine du calcul lui impose aussi de veiller à la fiabilité des résultats qu'elle fournit.

Nous avons vu dans ce chapitre que les clients de l'entreprise ANTECIM sont traités de manière individuelle, que ses processus de production sont généralement basés sur le travail d'équipe et peu standardisés à cause de la diversité des projets de calculs à traiter. Les affaires réalisées par ANTECIM se déroulent dans différentes configurations de relations de sous-traitance, et leur durée moyenne est assez réduite (inférieure à une année) et fortement variable d'une affaire à une autre.

Compte tenu des moyens d'assistance aux activités de calculs identifiés au premier chapitre et des observations de terrain présentées dans celui-ci, il apparaît que les approches de gestion des connaissances semblent les plus pertinentes pour ce type d'entreprises. Certes, ces

³¹ "Communities of practice are groups of people who share a concern, a set of problems, or a passion about a topic, and who deepen their knowledge and expertise in this area by interacting on a on going basis." (page 4) [Wenger et al., 2002]

approches peuvent apporter une réponse aux problèmes liés au turnover. Mais surtout, elles offrent la possibilité de mettre en place des supports méthodologiques, et peuvent alors aider ces sociétés de services à fournir des études fiables et adaptées aux exigences de leurs clients.

Les possibilités d'action portant sur l'intégration dans la conception du produit semblent difficiles à mettre en place à cause de la variabilité des données projet échangées avec les clients et du fait qu'elles évoluent peu pendant leur étude chez ANTECIM.

En raison de leur position de sous-traitant, il est difficile pour ces prestataires en ingénierie de déployer des environnements de gestion de données de calculs. En effet, pour s'avérer efficaces et utiles, de tels outils doivent interagir avec les SGDT de leurs donneurs d'ordres. Ceci peut poser des difficultés lorsque le sous-traitant travaille pour de multiples donneurs d'ordres tous équipés de systèmes de gestion de données différents. De plus, à l'heure actuelle, ces environnements sont peu adaptés à la taille et à l'organisation des petites entreprises [Hicks et al., 2006].

Enfin, la diversité des projets de calculs traités par ces sous-traitants, rend difficile le développement de systèmes de KBE automatisant certains calculs complets. Par contre, dans le cas de projets récurrents pour un client donné, il peut être intéressant pour ces petites entreprises, de développer des outils automatisant certaines activités. Il leur faut pour cela, identifier et formaliser leurs méthodes de travail et avoir une vision à long terme des relations avec ce client, ce qui est souvent difficile.

Dans ce contexte de forte diversité des projets de calcul, nous avons vu que la mise en place de procédures de calcul est souvent complexe car elle demande un investissement important, parfois peu rentable à cause des incertitudes liées à leurs réutilisations. Pour s'avérer efficace, l'approche de gestion des connaissances proposée doit s'intégrer dans les pratiques d'ingénierie quotidiennes et favoriser les pratiques collaboratives entre les ingénieurs du bureau de calcul. Nous avons notamment souligné que les ingénieurs partagent et réutilisent de façon informelle un nombre important d'objets techniques qui facilitent l'accomplissement des projets en cours. De plus, les phases de collaboration observées autour de leur partage contribuent à la diffusion des bonnes pratiques. Nous allons maintenant dresser un état de l'art du domaine de la gestion des connaissances dans l'objectif de proposer par la suite des solutions à cette problématique industrielle.

Chapitre III. Un point sur la gestion de connaissances et ses applications industrielles

La gestion des connaissances peut répondre à divers objectifs et concerner divers champs de recherche comme la psychologie, l'informatique, les sciences du management, les sciences organisationnelles, l'ingénierie... Chacun de ces domaines aborde ce thème avec des ambitions différentes, donc de multiples définitions se retrouvent dans la littérature.

Ce chapitre a pour objectif d'étudier les différentes approches existant en gestion des connaissances et leurs mises en œuvre sur le terrain. Nous ne proposons pas de nouvelle définition de la gestion des connaissances mais nous essayons plutôt d'identifier les caractéristiques et les enjeux des approches existantes. De nombreux travaux récents analysent en détail les notions de « *gestion des connaissances* » et de « *connaissances* » (voir par exemple [Baizet, 2004; Labrousse, 2004; Longueville, 2003]).

Jaime, dans [Jaime, 2005], a recensé un nombre important de travaux de recherche sur la gestion des connaissances. Parmi eux, certains l'abordent comme un moyen d'appliquer la stratégie de l'entreprise. D'autres la considèrent comme un processus conduisant à créer et accroître l'utilisation de connaissances, ou destiné à faciliter le partage de connaissances. Face à cette multitude d'approches et de définitions, Jaime propose de la définir comme « *l'ensemble des mesures destinées à accroître l'efficacité des activités réalisées par une organisation, par une meilleure utilisation des connaissances existantes au sein et en dehors de l'organisation* »³².

La définition de Jaime souligne que l'enjeu de la gestion des connaissances est de maîtriser l'utilisation des connaissances internes et externes à l'organisation pour accroître son efficacité. Ce souci d'efficacité anime de nombreuses démarches d'amélioration continue comme les démarches qualité.

Nous avons vu précédemment que les bureaux d'études prestataires de service en ingénierie ont notamment un mode de gestion par affaire et collaborent avec de nombreux clients sur des projets souvent uniques et pour lesquels ils doivent être particulièrement réactifs. Ceci impose d'améliorer leurs fonctionnements internes et d'optimiser les relations avec leurs clients. Ainsi, dans notre contexte les enjeux de la gestion des connaissances portent sur l'efficacité et la *fiabilité* des activités accomplies au cours de projets par des acteurs d'un même métier. La maîtrise des compétences internes à l'entreprise et la combinaison des talents des ingénieurs sont aussi des leviers de *réactivité* qui peuvent être améliorés grâce à la gestion des connaissances en la focalisant sur les projets et les métiers qu'elle supporte.

³² *The collection of measures intended at increasing the efficiency of the activities performed by an organization through the better utilization of the knowledge assets existing inside and outside the organization.*

Nous montrons dans ce chapitre que la gestion des connaissances doit tenir compte des spécificités de ce type d'entreprises. Nous analysons la problématique de la gestion des connaissances et ses enjeux actuels. Puis, nous dressons un état des différents travaux de recherche dans le domaine. Enfin, nous analysons l'intégration des différentes approches dans le domaine industriel et identifions les spécificités des PME vis-à-vis de la gestion des connaissances.

1. La gestion des connaissances : Problématique et évolutions

Selon Wilson, la gestion des connaissances est souvent confondue avec la gestion d'informations [Wilson, 2002]. Il montre alors que le monde industriel abrite sous le terme *knowledge management* un nombre important d'outils divers et variés, dans lesquels, il est uniquement possible de manipuler des informations ! Wilson explique que la confusion, existante dans la littérature, entre connaissance et information est parfois la cause d'échecs de la gestion des connaissances.

En effet, les approches uniquement centrées sur les aspects technologiques s'avèrent souvent peu efficaces par rapport aux coûts engagés dans les infrastructures informatiques auquel doit être ajouté celui de formalisation de connaissance et de remplissage.

Bou et al. expliquent qu'il existe deux grandes tendances en gestion des connaissances [Bou et al., 2004]. La première est basée sur l'épistémologie de la possession et vise à caractériser les connaissances. Par exemple, certains voient la gestion des connaissances comme la mise en place de processus internes et externes pour assurer la gestion du patrimoine de connaissances de l'organisation [Ermine, 2001].

L'autre tendance, influencée par l'épistémologie de la pratique, se focalise sur les pratiques et les actions (« Knowing »). Elle adopte une vision plus orientée vers les personnes et leurs actions. Dans ce cas, la gestion des connaissances est un moyen de permettre aux membres d'une organisation d'agir de manière compétente [Scarborough et al., 1999].

La <i>compétence</i> est souvent considérée comme la capacité à mettre en action nos connaissances dans un contexte donné [Prax, 2000].

Pour chacune de ces approches, la problématique de la gestion des connaissances est de rendre collectives des connaissances personnelles.

1.1 Des difficultés liées à la nature des connaissances

Nombre de travaux ([Tsuchiya, 1995],...) considèrent les connaissances, soit comme des informations affinées, synthétisées, systématisées, soit comme des informations associées à un contexte d'utilisation.

Ces définitions donnent l'impression que les connaissances peuvent être associées aux informations. Or, pour Wilson, les connaissances sont issues d'un processus mental de compréhension, d'apprentissage et restent uniquement dans l'esprit des personnes [Wilson, 2002].

Lorsque nous devons expliquer ce que nous savons, nous ne pouvons le faire que par l'intermédiaire de messages. Ces messages ne contiennent aucune connaissance mais seulement des informations susceptibles d'être interprétées par d'autres personnes. Ces messages peuvent alors être considérés comme des "*projections codées de la connaissance acquise, formalisée et représentée, projections par nature réductrices et qui ne sont que des informations sources de connaissances pour l'individu*" [Grundstein et Rosenthal-Sabroux, 2001].

Prudhomme et al. [Prudhomme et al., 2001] considèrent qu'une connaissance existe seulement dans le rapport personnel qu'un individu peut avoir avec ce qu'ils appellent « *un objet de connaissance* ». Ce rapport personnel dépend de notre schéma d'interprétation, du contexte et de l'action en cours. Pour Davenport et Prusak [Davenport et Prusak, 1999], ce schéma d'interprétation se compose d'un ensemble d'expériences, de valeurs...

Par conséquent, la connaissance construite à partir d'un message ne sera jamais identique à celle étant à l'origine du message, car nous avons tous nos propres schémas d'interprétation.

Même si par nature les connaissances sont toujours individuelles, il arrive que certaines connaissances soient « *partagées* » au sein d'un ensemble de personnes. Ces connaissances dites collectives peuvent exister si les schémas d'interprétation d'un groupe d'individus vis-à-vis d'un objet de connaissance sont similaires. C'est le cas par exemple, de connaissances partagées par plusieurs collaborateurs comme les règles de base d'un métier, ou de fonctionnement d'une entreprise. Ces connaissances sont souvent implicites et contenues dans les pratiques, si bien qu'il n'est plus nécessaire de les préciser à nouveau lors des interactions entre les membres de ce groupe.

Ceci nous conduit aux types de connaissances habituellement distingués dans la littérature initialement proposée par Polanyi [Polanyi, 1966].

Les connaissances dites **explicit**es n'existent que sous la forme d'informations (documents, signes, discussions...).

Les connaissances, dites **implic**ites sont contenues dans les pratiques, les normes sociales et les actions. Il est possible au prix de quelques efforts de les rendre explicites.

Enfin, selon Polanyi, les connaissances **tac**ites ne sont pas explicitables. Elles sont fortement liées à nos actions et à nos processus de compréhension.

1.1.1 Dynamiques de création de connaissances

Pour Nonaka et Takeuchi [Nonaka et Takeuchi, 1995], les connaissances des organisations évoluent au travers de quatre types de conversions entre connaissances tacites³³ et connaissances explicites. Le modèle SECI (cf Figure 8) repose sur un cycle en spirale de conversion des connaissances (Socialisation, Externalisation, Combinaison et Internalisation).

³³ Nonaka et Takeuchi, considèrent que les connaissances implicites font partie des connaissances tacites. Pour [Wilson, 2002], le cycle SECI devrait plutôt représenter des conversions possibles entre connaissances explicites et implicites.

Il est appliqué aux trois niveaux d'agrégation sociale existant au sein d'une organisation (individu, groupe, organisation).

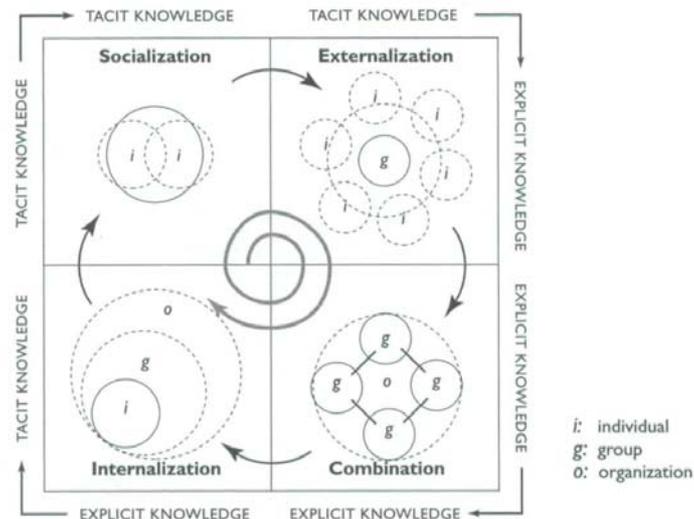


Figure 8 Spirale de conversion de connaissances et processus self-transcendental [Nonaka et Takeushi, 1995]

- **La socialisation** : la transformation du tacite en tacite.

La socialisation est le processus de partage d'expériences et de création de connaissance tacite comme les sentiments, les émotions, les savoir-faire ou les schémas mentaux. L'acquisition de la connaissance tacite est fortement basée sur la proximité et les interactions directes entre individus.

- **L'externalisation** : la transformation du tacite en explicite.

L'externalisation permet d'articuler les connaissances tacites et de les expliciter sous la forme de concepts, modèles ou hypothèses. L'externalisation requiert donc un effort de formalisation (on parle aussi parfois de codification [Zack, 1999]) pour exprimer des connaissances sous une forme compréhensible pour d'autres.

- **La combinaison** : la transformation de l'explicite en explicite.

La combinaison représente la conversion de connaissances explicites vers des structures plus complexes de connaissances elles aussi explicites. Elle est basée sur des processus de capture, de dissémination et d'édition ou de traitement. La combinaison de ces processus permet de créer une connaissance et un sens partagé.

- **L'internalisation** : la transformation de l'explicite en tacite.

L'internalisation est le processus de conversion de connaissances explicites en connaissances tacites. C'est une phase d'apprentissage qui requiert l'identification de connaissances pertinentes pour un individu au sein d'un ensemble plus large de connaissances explicitées. Elle est basée sur la transformation de connaissances explicites en action et en pratiques.

L'idée importante du modèle SECI est que le nombre de personnes partageant les mêmes connaissances augmente progressivement : il commence à partir d'interactions entre

personnes pour devenir partagé au sein d'un groupe d'individus et enfin dans toute l'organisation.

Les conversions de connaissances du modèle SECI se déroulent au sein d'espaces partagés aussi appelés *ba* [Nonaka et Konno, 1998]. Chacun des processus de conversion du modèle SECI est supporté par un espace ou un *ba* particulier qui facilitent la création de connaissances. Il est donc nécessaire de proposer des supports adaptés à ces quatre *Ba* pour gérer les connaissances au sein des organisations.

1.1.2 Le rôle des informations

Dans la majorité des cas, le partage de connaissances s'effectue par l'intermédiaire d'informations ou de données. A l'heure actuelle, les définitions de donnée et d'information sont assez consensuelles.

Les données sont les éléments atomiques de l'information échangée (chiffres, mots ou de symboles, de figures).

Quant aux informations, elles sont pour les uns, des données triées, sélectionnées et organisées par un individu dans un but précis, pour les autres, des données auxquelles sont associées des significations par la description de méthodes et procédures d'utilisation [Prudhomme et al., 2001].

Les informations sont les supports de représentation de connaissances explicitées. Ainsi, la gestion de connaissances ne peut se faire que grâce à ces informations. Ceci explique pourquoi, il y a souvent une confusion entre informations et connaissances.

Gardoni et al. dans [Gardoni et al., 2000] distinguent les informations en fonction de leur niveau de structuration :

- **Informations structurées** : La forme et parfois même le fond sont imposés par des règles ou des normes. Elles contiennent les informations nécessaires pour leur interprétation sans équivoque.
- **Informations semi-structurées** : les composants linguistiques de ces informations sont moins formalisés. Et les supports de ces informations sont moins structurants. Elles contiennent suffisamment de détails pour être interprétées, mais, leur manque de structuration peut rendre cette interprétation difficile.
- **Informations non-structurées** : Elles sont très peu formalisées et fortement dépendantes de leur contexte d'utilisation ou de création. Dès lors, sans renseignements sur leur contexte, elles peuvent être interprétées de diverses manières.

La distinction de ces trois niveaux montre que les informations peuvent être plus ou moins facilement interprétées par les acteurs. Lorsqu'elles sont peu structurées, l'interprétation ne peut se faire que grâce à l'apport d'autres renseignements ou informations (parfois appelées méta informations). Généralement, seuls ceux qui ont manipulé ces informations sont en mesure de fournir ces renseignements, surtout lorsqu'il s'agit d'explicitier leur contexte d'utilisation. Ceci montre aussi que la structuration d'une même information peut évoluer dans le temps.

Lécaille [Lécaille, 2003] explique qu'une information peut passer par plusieurs stades au cours de la conception : brouillon, pièce à conviction, trace habilitée. Avant de quitter l'espace de conception privé du projeteur, pour être échangée avec d'autres, une information doit être équipée et habilitée. Pour quitter les frontières de l'entreprise, une information sera tout d'abord soumise au regard des collaborateurs d'un projet. Elle sera, ensuite, accompagnée d'autres informations annexes qui renseigneront le contexte, et fourniront des détails sur le concepteur, le projet... Au fur et à mesure que la nature des espaces évolue, la maturité des informations est améliorée par l'amélioration de leur structuration, l'ajout d'arguments...

Girod dans [Girod, 1995] avance qu'il existe un lien entre le degré de formalisation et de standardisation des procédures de travail et les trois niveaux de la mémoire organisationnelle :

- Le niveau **individuel** correspond aux connaissances explicites visibles sous forme de documents détenus physiquement par l'individu (dossier dans son bureau, documents divers, etc.).
- Le niveau **collectif non centralisé** résulte des interactions entre individus et émerge d'échanges, de communication. Il peut déboucher sur une interprétation commune permettant la prise de décisions.
- Le niveau **collectif centralisé** atteint tous les acteurs de l'organisation. Ce niveau est coordonné et centralisé notamment grâce à des banques de données ou des documents consultables par tous.

Tous ces éléments montrent que la formalisation des connaissances individuelles au sein d'informations se déroule progressivement au sein d'une organisation, par une meilleure structuration et par l'ajout d'informations annexes. De même, le partage de connaissances est aussi un processus progressif qui passe de l'individu à un groupe avant d'être répandu à toute l'organisation.

D'autre part, même si l'individu formalise une partie de ce qu'il sait sur des supports tangibles, il reste toujours une part implicite relativement inaccessible et dépendante de ses propres modes opératoires. Cette idée d'association entre connaissances et actions, sur laquelle nous nous appuyerons par la suite, est principalement abordée dans les travaux focalisés sur l'étude des pratiques des individus.

1.2 Les connaissances sont aussi liées aux actions

Pour Schön dans [Schön, 1983], il existe un « *savoir caché dans l'agir professionnel* » qui n'est pas toujours facilement explicitable. En effet, nous agissons selon des règles incluses dans nos pratiques, et dont, nous sommes parfois inconscients. Ainsi, la seule description des procédés, des règlements ou des théories ne suffit pas à un expert pour transmettre son art à un débutant.

Cette idée est reprise par, Bou et al. dans [Bou et al., 2004], pour qui nos actions se basent sur un ensemble de connaissances implicites ou explicites pouvant être individuelles ou bien collectives. Par exemple, les actions d'un novice seront fortement basées sur des

connaissances explicitées individuelles et collectives³⁴. Par contre, un expert se base fortement sur des connaissances implicites issues de ses expériences passées. Grâce à cela, les experts sont parfois capables, de contourner certaines règles de fonctionnement explicites et collectives au sein de l'entreprise. Une étude portant sur des ingénieurs au cours de leurs activités montre comment ils mettent en œuvre certaines connaissances pour trouver, utiliser et modifier des informations, et pour développer leurs stratégies d'actions [Del-Rey-Chamorro et al., 2004]. Ceci place l'action au centre du lien entre connaissances et informations.

Nous avons vu que les connaissances des individus sont liées à leurs schémas d'interprétation, et à l'action en cours. Ces connaissances peuvent être associées aux informations manipulées et peuvent être plus facilement interprétées grâce à l'ajout de renseignements sur le contexte.

1.3 L'importance du contexte sur les actions et le partage de connaissances

Pour Brézillon, le contexte représente l'ensemble des conditions et des influences de l'environnement qui rendent une situation unique et compréhensible [Brézillon et Pomerol, 2001]. Ainsi, le contexte est subjectif et fortement lié aux objectifs de la tâche en cours.

Certains systèmes de gestion des connaissances se basent sur des modélisations du contexte pour délivrer de manière proactive des informations. Dans l'ingénierie, le Virtual Repository [Brown et al., 2004] que nous avons présenté au premier chapitre est un exemple de ce type d'outil. Il fournit des informations contextuelles en fonction des activités et du projet réalisé par les ingénieurs.

D'autres approches se basent sur une volonté de « capture du contexte » pour faciliter l'explicitation des connaissances mises en œuvre au cours des activités et permettre leur réutilisation.

Ces travaux ([Zack, 1999], [Goldkuhl et Braf, 2001]...) considèrent que l'action nécessite des connaissances déclaratives (sur la situation), procédurales (comment), de motivation ou de jugement (pourquoi). Les connaissances déclaratives permettent d'avoir une compréhension partagée de certains faits, concepts ou catégories, parfois reliés à une situation de travail, et fixent les bases de la communication. Les connaissances procédurales permettent aux acteurs de se coordonner et d'accomplir des actions. Et enfin, pour agir de manière rationnelle, nous avons besoin d'objectifs et de motivations. Nous nous basons sur des connaissances dites de motivation ou de jugement. A cela, Goldkuhl et al. [Goldkuhl et Braf, 2001] ajoutent des connaissances spécifiques aux personnes destinataires de l'action (qui).

D'autres observations de terrain, menées par Ackerman et Halverson ([Ackerman et Halverson, 2000; 2004; Halverson et Ackerman, 2003]...), portent sur l'utilisation, le partage et l'évolution d'objets frontières³⁵ au cours de l'accomplissement d'activités.

³⁴ Il se réfère souvent à ses notes ou aux manuels de l'entreprise.

³⁵ *Boundary objects* cf [Star et Griesemer, 1989]

Pour eux, la réutilisation est influencée par les *personnes* (les routines organisationnelles permettent de faire transiter les connaissances), le *temps* (le déroulement des activités passées transforme le déroulement des futures situations), et la *représentation* des informations (leurs formes de représentation dépendent souvent de leur histoire). Aussi, les connaissances associées à ces objets frontières dépendent de leur *contexte* d'utilisation, de leur *provenance* (validité associée à leur origine) et de leur *trajectoire* d'utilisation (les usages possibles de l'objet frontière).

Leurs observations mettent en évidence le fait que nous utilisons de multiples objets fixant notre mémoire à court et à long terme pour accomplir nos activités. Lors de leur partage, ces objets sont successivement *décontextualisés* puis *recontextualisés*.

En effet, avant le partage l'objet est souvent allégé de renseignements inutiles ou conflictuels, spécifiques au contexte de l'usage qui vient d'en être fait : il est alors *décontextualisé*. Le récepteur, quant à lui *recontextualise* ce même objet pour l'adapter à sa situation et au nouvel usage.

Toute la difficulté de ce processus de partage est de laisser suffisamment de renseignements sur le contexte d'utilisation pour permettre sa réutilisation. Par conséquent, il est nécessaire d'avoir une idée des trajectoires possibles d'un objet donné, c'est à dire des usages possibles et des processus dans lesquels il est susceptible d'intervenir.

Pour Ackerman et Halverson, ces objets partagés sont associés aux connaissances et à la mémoire des individus. Ils évoluent simultanément dans de nombreux processus organisationnels et individuels. D'ailleurs, la représentation de ces objets évolue en fonction de la récurrence des problèmes rencontrés. Ainsi, pour Ackerman et Halverson, il est impératif de leur associer des marqueurs d'authenticité³⁶ pour qu'ils puissent effectivement être partagés et réutilisés. Cette proposition est importante pour nos travaux car elle montre que la réutilisation est fortement facilitée par l'ajout aux informations manipulées des renseignements sur le *contexte d'utilisation*, leur *provenance* et leurs *trajectoires* d'utilisation.

1.4 L'importance des acteurs dans le processus de gestion de connaissances

Davenport et Prusak adoptent une vision économiste de la gestion des connaissances qu'ils modélisent comme un marché pour analyser les opérations entre acteurs [Davenport et Prusak, 1999]. Ils distinguent comme les acheteurs de connaissances ceux qui essaient de résoudre des problèmes en recherchant de nouvelles informations, des jugements... Ceux qui disposent des connaissances sont nommés les vendeurs de connaissances. A l'interface entre ces deux types d'acteurs, il existe des courtiers destinés à faciliter les transactions.

Il existe aussi d'autres classifications similaires, plus focalisées sur le processus de gestion des connaissances pour définir les acteurs impliqués dans le processus ([Markus, 2001], [Lee et Strong, 2003]...). Même si ces désignations sont parfois légèrement différentes, il semble que les rôles occupés par les acteurs sont assez consensuels et qu'ils requièrent des compétences particulières [Lee et Strong, 2003].

³⁶ Relatifs à leur contexte d'utilisation, leur provenance et leurs trajectoires d'utilisation.

Les **Contributeurs** ou **Producteurs** sont ceux qui créent de nouvelles connaissances au cours de leurs activités.

Leur rôle consiste à sélectionner les connaissances à formaliser en vue de les partager au travers du système. Ils doivent notamment savoir pourquoi (motivation, jugement) leurs connaissances peuvent être utiles pour l'organisation pour être capables de sélectionner des informations pertinentes [Lee et Strong, 2003].

Les **Utilisateurs**³⁷ ou **Chercheurs** de connaissances sont ceux qui ont besoin d'informations ou de nouvelles connaissances pour accomplir certaines activités.

Les difficultés rencontrées par ces acteurs se situent au niveau de la recherche et de l'interprétation des informations. Par conséquent, ils ont principalement besoin de connaissances procédurales (comment), pour être capables de s'approprier et de réutiliser une information [Lee et Strong, 2003], et de connaissances sur leur contexte d'utilisation (déclaratives). Ces difficultés peuvent être atténuées par l'action des *Intermédiaires*.

Les **Intermédiaires** sont chargés de choisir, préparer, documenter, adapter et maintenir les connaissances formalisées en fonction des situations de réutilisation possibles [Markus, 2001].

Ces *Intermédiaires* sont alors garants de la qualité des informations contenues dans le système de gestion de connaissances. Ils ont également à charge la diffusion des informations mises en forme. Pour ce faire, ils doivent disposer de renseignements sur les informations (quoi) qu'ils doivent adapter et maintenir [Lee et Strong, 2003].

En considérant la différence d'expertise entre les producteurs et les utilisateurs, Markus a identifié plusieurs situations possibles de réutilisation [Markus, 2001] :

- **Shared work producers** : Ceux qui produisent les connaissances sont eux aussi capables de les réutiliser et la distance³⁸ entre *Producteurs* et *Utilisateurs* peut être variable. Les producteurs formalisent eux-mêmes leurs connaissances ce qui leur pose des difficultés de sélection et de structuration des informations qu'ils produisent [Kerr et al., 2001]. L'interprétation pose peu de difficultés car ils partagent certaines connaissances implicites.
- **Shared work practitioners** : Les connaissances produites sont potentiellement utilisables par chacun des membres d'une communauté qui partagent des connaissances générales et même contextuelles. La réutilisation se base fortement sur la qualité des informations et la confiance interpersonnelle³⁹.
- **Expertise seeking novices** : L'expertise des destinataires des informations diffère fortement de ceux qui ont produit et formalisé les connaissances. Plus la distance entre

³⁷ Dans la suite du manuscrit, nous identifierons ces « *Utilisateurs de connaissances* » avec un U majuscule afin de les distinguer des utilisateurs des systèmes de gestion de connaissances. Car ces derniers n'occupent pas forcément ce rôle lorsqu'ils interagissent avec ces systèmes.

³⁸ La distance est mesurée en terme de connaissances partagées.

³⁹ La réputation de l'auteur est souvent un indicateur de qualité.

producteurs et utilisateurs est importante plus la sélection, recherche et la réutilisation d'information sont difficiles notamment à cause des différences de vocabulaires.

Dans chacune de ces situations, Markus souligne l'importance des *Intermédiaires* chargés de faciliter la réutilisation des connaissances formalisées. Ces *Intermédiaires* sont généralement des spécialistes de la gestion des connaissances⁴⁰. Ils doivent adapter la documentation des connaissances en fonction du niveau d'expertise des utilisateurs. Par conséquent, l'enjeu principal de la gestion des connaissances est de bien définir les besoins de réutilisation au sein de l'organisation.

1.5 Les évolutions de la gestion des connaissances

La problématique de la gestion des connaissances est passée par trois étapes qui soulignent des évolutions tant sur les enjeux que sur les défis techniques et managériaux auxquels ils correspondent [David, 2005]. La problématique de la gestion de la connaissance a commencée avec un objectif fortement centré sur leur conservation. Puis, elle s'est orientée vers l'utilisation et la réutilisation des connaissances dans d'autres contextes. Elle arrive aujourd'hui, dans une problématique de flux et de généralisation du partage des connaissances dans les organisations. Pour David, ce décloisonnement est un enjeu majeur de la gestion des connaissances qui doit porter sur la nature des connaissances et sur leur mode de gestion.

Grundstein dans [Grundstein, 2006] rejoint l'idée d'évolution des approches de gestion des connaissances en remarquant que les approches technologiques et managériales considèrent peu les personnes qui sont paradoxalement les acteurs principaux de ces approches.

Nous remarquons, effectivement que les approches de gestion de connaissances évoluent en mettant aujourd'hui l'accent sur la nature *relationnelle, sociale et humaine* de la connaissance, jusqu'alors occultée par les préoccupations liées aux aspects technologiques. Cette évolution résulte des difficultés de mise en œuvre des démarches dans lesquelles la formalisation des connaissances était fortement mise en avant par rapport aux savoir-faire et aux connaissances non codifiables. Ainsi, les enjeux de la gestion des connaissances évoluent d'une idée de stockage à une *logique de flux* favorisant les interactions. La *collaboration* devient aujourd'hui un enjeu majeur pour la gestion des connaissances car elle permet de placer les acteurs au centre du cycle de vie des connaissances.

Il est nécessaire d'organiser cette collaboration pour construire et faire vivre la mémoire d'une organisation. Or, nous avons vu que la mémoire d'une organisation est dynamique et liée à de nombreuses informations, elles mêmes impliquées dans de nombreux processus personnels et organisationnels. Elle ne peut pas se concrétiser par un simple stockage d'informations ni comme un répertoire d'expériences, mais doit être rendue *dynamique* en permettant l'évolution des connaissances formalisées, leur partage et leur réutilisation.

La collaboration entre les acteurs nécessite comme pré-requis une *Conscience collective*. La *Conscience collective* fait référence aux objets utilisés pour accomplir une tâche, aux interactions sociales dans un groupe et permet ainsi de faciliter la collaboration. Le manque de

⁴⁰ Ingénieurs de la connaissance

Conscience collective est généralement présenté comme une difficulté majeure rencontrée à la collaboration au sein des équipes virtuelles [Leinonen et al., 2005]. Par exemple, McMahan et al. soulignent les difficultés liées au manque de *Conscience collective* en mentionnant que la plupart du temps l'information existe au sein de l'organisation mais que les ingénieurs ne le savent pas [McMahan et al., 2004a].

Nous avons vu dans les chapitres précédents que le manque de *Conscience collective* sur les activités accomplies, les informations existantes et l'expertise membres de l'organisation au cours des projets limite aussi les possibilités de réutilisation de connaissances métier. Baizet a notamment montré l'impact des fiches de capacité sur la collaboration et l'engagement des acteurs à les définir [Baizet, 2004]. Il est donc impératif de renforcer la *Conscience collective* entre les membres d'une équipe pour faciliter leur collaboration et par cet intermédiaire, favoriser le partage les connaissances.

2. Approches et systèmes de gestion de connaissances

Comme nous l'avons évoqué précédemment, la gestion des connaissances est souvent supportée par des systèmes d'informations. Pour Alavi et Leidner [Alavi et Leidner, 2001], l'objectif des outils de gestion de connaissances est de supporter la création, le transfert et l'application de connaissances au sein des organisations. Ils considèrent ces outils aussi appelés Knowledge Management Systems (KMS) comme une classe particulière de systèmes d'information appliqués à la gestion de la mémoire organisationnelle.

Diverses classifications distinguent ces systèmes à partir de leurs fonctionnalités (voir [Tiwana, 2002] par exemple) et l'on retrouve toujours parmi ceux-ci des outils de collaboration et de gestion d'informations (groupwares, gestion de « workflow », portails...). Balmissé ([Balmissé, 2005]) explique que la diversité de ces outils provient des perspectives de croissance prometteuses du marché. Dans ce domaine, les évolutions sont rapides et tous les types d'outils ne couvrent pas les mêmes types de besoins.

Balmissé attribue deux rôles aux systèmes de gestion de connaissances : l'aide à la création de connaissances nouvelles et l'aide à la gestion de connaissances existantes. En associant les connaissances aux individus ou aux informations, il attribue quatre fonctions aux systèmes de gestion de connaissances qui sont la découverte de connaissances nouvelles, la gestion des connaissances explicites, la gestion des expertises et la collaboration. La Figure 9 positionne ces fonctions et les outils associés à chacune d'entre elle (gestion des processus, visualisation de l'information, data-mining, ...).



Figure 9 Les quatre fonctions des systèmes de gestion des connaissances selon [Balmissé, 2005]

Comme Davenport et Prusak [Davenport et Prusak, 1999], nous considérons que les approches de gestion de connaissances se basent simplement sur les nouvelles technologies de l'information et de la communication pour mettre en œuvre des moyens de stockage, de recherche d'information, faciliter les interactions et le travail en réseau. Pour nous, les systèmes de gestion de connaissances peuvent uniquement contenir des informations (plus ou moins structurées). Néanmoins, ils ne garantissent en aucun cas la création de connaissances ou la promotion d'une culture de partage de connaissances même s'ils peuvent y contribuer. Pour cela, ils doivent supporter la démarche de gestion des connaissances introduite au sein de l'organisation.

Pour Hansen et al. [Hansen et al., 1999], il existe deux stratégies de gestion de connaissances, celles favorisant la codification et celles dites de personnalisation. D'autres travaux montrent que la combinaison des approches de codification et de personnalisation peut aussi être mise en place dans certaines organisations (voir [Choi et Lee, 2003] par exemple).

Comme nombre d'autres travaux ([Maier, 2002], [McMahon et al., 2004b], [Benbya et Belbaly, 2005]), il nous semble pertinent de distinguer les systèmes de gestion de connaissances en fonction des approches qu'ils supportent (codification, personnalisation ou mixte).

2.1 Les approches orientées vers la codification

Les stratégies de **codification** visent à « transformer » les connaissances implicites en connaissances explicites. Elles sont principalement basées sur des processus d'externalisation.

Les approches de capitalisation des connaissances font partie de ce domaine. Elles visent à augmenter le capital immatériel ou intellectuel de l'entreprise par la création et l'accroissement de l'utilisation de richesses immatérielles : les connaissances. Pour Grundstein [Grundstein, 1995], « *capitaliser les connaissances, c'est considérer certaines connaissances utilisées et produites par l'entreprise comme un ensemble de richesses et en tirer des intérêts contribuant à augmenter la valeur de ce capital* ». Il caractérise la problématique de la capitalisation des connaissances par cinq facettes et leurs interactions, représentées sur la Figure 10.

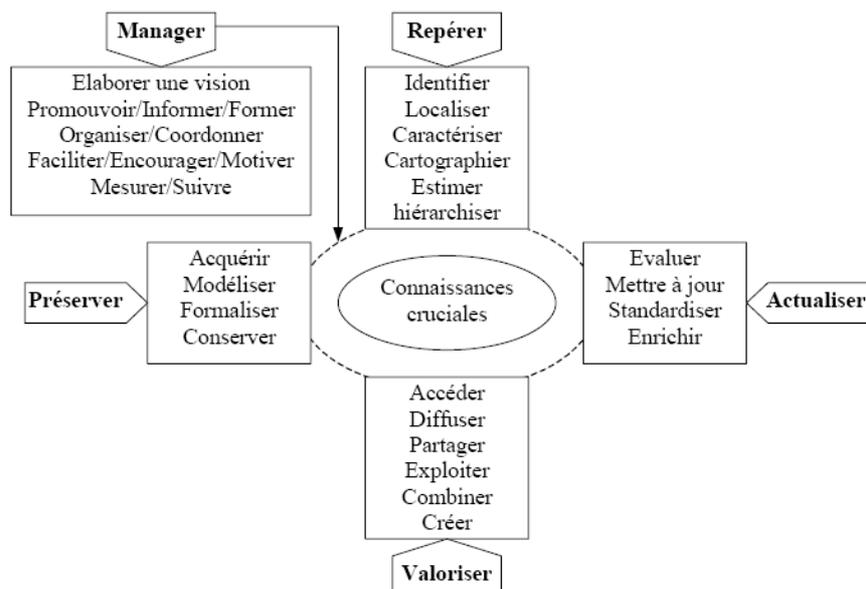


Figure 10 La problématique de la capitalisation des connaissances dans les organisations [Grundstein, 2000].

La capitalisation des connaissances vise à passer d'une mémoire de travail souvent individuelle à une mémoire d'entreprise ou organisationnelle. Dans une approche de codification, une mémoire d'entreprise est définie comme « *la représentation persistante, explicite, désincarnée, des connaissances et des informations dans une organisation, afin de faciliter leur accès, leur partage et leur réutilisation par les membres adéquats de l'organisation, dans le cadre de leurs tâches* » [Dieng-Kuntz et al., 2000]. Dans le domaine de l'ingénierie des connaissances, de nombreuses méthodes⁴¹ ont été développées pour construire ces mémoires d'entreprises en « capitalisant ou stockant » des connaissances dans l'idée de permettre une réutilisation ultérieure. Le terme mémoire organisationnelle ou *organisational memory* élargit celui de mémoire d'entreprise en appliquant cette notion de mémoire à n'importe quel type d'organisation (entreprise, organisme de recherche, projet...).

Pour Tourtier [Tourtier, 1995], la mémoire d'une organisation peut se décliner en plusieurs types de mémoires :

- la "mémoire métier" est composée des référentiels, documents, outils, et méthodes utiles pour un métier donné.

⁴¹ MKSM, MOKA, REX, MEREX... [Dieng-Kuntz et al., 2000]

- la "mémoire société" est liée à l'organisation, à ses activités, à ses produits, aux participants (par exemple clients, fournisseurs, sous-traitants de l'entreprise).
- la "mémoire individuelle" est caractérisée par le statut, les compétences, le savoir-faire, les activités d'un membre de l'entreprise.
- la "mémoire de projet" comporte la définition du projet, ses activités, son historique et ses résultats. Elle peut être considérée comme étant « *une mémoire des connaissances et des informations acquises et produites au cours de la réalisation des projets* » [Matta et al., 1999].

Notre travail est focalisé sur les activités d'entreprises organisées en gestion par affaire, collaborant avec de nombreux clients, et dont les projets nécessitent la maîtrise de nombreuses connaissances techniques. Nous étudions plus précisément quelques méthodes permettant la construction de ces mémoires métier et projet.

Nous avons vu dans le premier chapitre quelques approches de capitalisation de connaissances destinées au métier du calcul. Par exemple, Baizet propose de faciliter la construction de procédures par la traçabilité activités de calcul avancé [Baizet, 2004]. Mettre en place une traçabilité des activités réalisées est une activité difficile car elle impose un enregistrement exhaustif des événements survenus au cours d'un projet.

L'enregistrement d'une séquence d'interactions entre l'utilisateur et son environnement informatique peut apporter des indications sur les activités accomplies. Dans ce cadre, ces travaux proposent de définir des traces d'utilisation pour répondre au manque d'histoire de l'information digitale [Wexelblat, 1998]. En effet, quand nous utilisons un document électronique, c'est comme si nous étions les premiers, ou les seuls, à l'avoir manipulé. Un document papier, quant à lui, possède de manière intrinsèque des marques de son usage, comme des pages cornées, des annotations... Les utilisateurs précédents ont laissé des traces physiques qui révèlent l'utilité et facilitent parfois l'utilisation de ces informations. L'idée principale des théories de la trace est qu'il est possible de s'appuyer sur les traces d'usages antérieurs pour s'approprier une information ou accomplir une activité.

Pour Mille [Mille, 2006], les limites des outils de Raisonnement à Partir de Cas (CBR) se rencontrent lorsque les problèmes à traiter diffèrent de ceux initialement prévus lors de la conception du système. Il propose le Raisonnement à Partir de Traces (Trace Based Reasoning), qui contrairement au raisonnement à partir de cas, permet de construire un épisode cible (une trace sur les activités) à l'aide d'autres épisodes (des traces d'activités déjà accomplies). En se basant sur divers épisodes antérieurs, les possibilités d'adaptation au contexte et à l'utilisateur se trouvent donc largement augmentées.

Or, nos observations de terrain montrent que les activités accomplies en dehors du système informatique comptent aussi. La mémorisation et l'interprétation des activités informelles ou non médiatisées par l'ordinateur doivent donc aussi faire partie du dispositif de traçage des activités de conception. La question du traçage de ces activités présente toujours des difficultés soulignées par divers travaux (voir par exemple [Storga, 2004]).

Ainsi, certains complètent le dispositif de traçabilité par une observation des activités, accomplie par un acteur externe au processus. En conception de produits, Matta et al. proposent ainsi de capitaliser des connaissances projet au fil de l'eau. Cela signifie que les connaissances sont capturées au fur et à mesure de l'avancement des activités du projet, sans perturber les activités des équipes projet. Une telle traçabilité des activités permet de conserver des éléments constituant le contexte du projet et la traçabilité de la logique de conception [Bekhti, 2003].

Dans [Matta et al., 2002], l'approche propose de capitaliser les données produit, les processus de conception, et la logique de conception (cf Figure 11). En pratique, lorsque le concepteur réalise une tâche prévue dans le modèle de conception, des données sont produites. Ensuite, un ingénieur des connaissances analyse et modélise les connaissances et les enregistre dans la mémoire du projet.

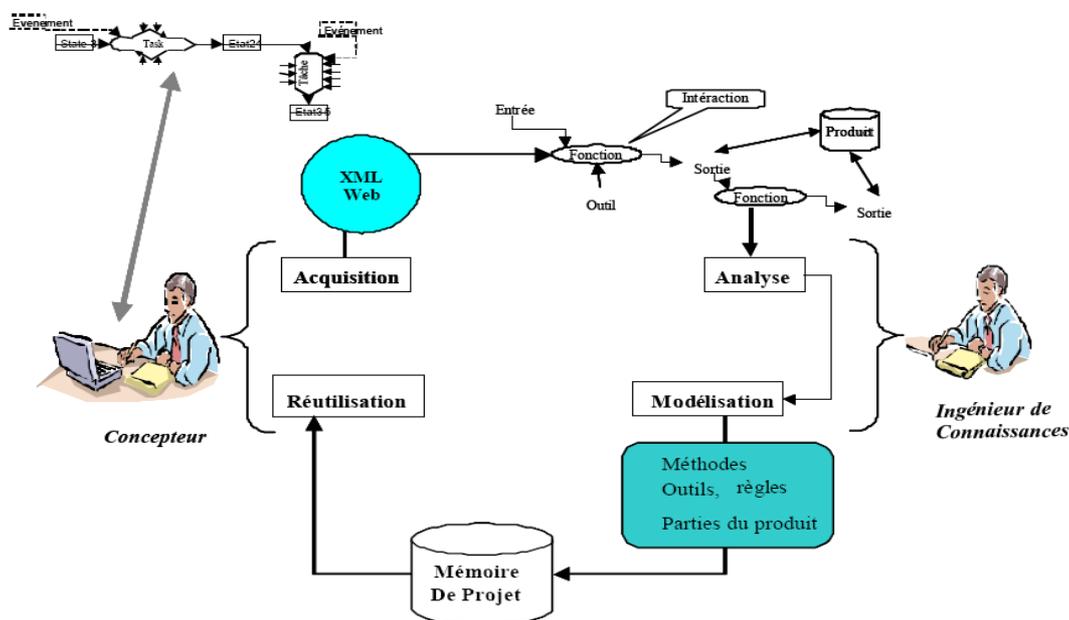


Figure 11 Observation de l'activité des concepteurs [Matta et al., 2002]

La principale difficulté de ces approches provient de l'acquisition des connaissances qui nécessite de modéliser, d'observer et de décrire précisément les activités pour ensuite formaliser certaines connaissances. Les ingénieurs de la connaissance interviennent pour résoudre certaines difficultés liées à la formalisation des connaissances issues des activités du projet pour les inscrire dans des procédures.

Leur deuxième rôle est d'identifier les connaissances cruciales car il est impossible de formaliser toute la connaissance des employés. Ces connaissances qualifiées de « stratégiques » ou « cruciales » par Grundstein, concernent « les savoirs et les savoir-faire qui sont strictement nécessaires aux processus de décision et au déroulement des processus essentiels qui constituent le cœur des activités de l'entreprise » [Grundstein, 2000].

Ces connaissances cruciales sont formalisées au sein de systèmes de gestion de connaissances supportant les stratégies de codification. De tels systèmes permettent aux utilisateurs de

rechercher et de tenter de s'appropriier des connaissances codifiées grâce à un processus d'internalisation.

Maier montre⁴² que ces systèmes sont souvent basés sur des documents pré-structurés, entre lesquels il est possible de naviguer [Maier, 2002]. L'accès et la recherche se font grâce à une indexation des documents.

Nous nous intéressons particulièrement aux *knowledge repositories* car ils peuvent contenir divers types d'informations dont le contenu est plus ou moins structuré (bonnes pratiques, fiches thématiques, procédures...), et, qui sont mises à disposition des membres de l'organisation. Pour Zack, les *knowledge repositories* offrent une flexibilité importante dans la mesure où ils permettent de combiner dynamiquement plusieurs vues des informations contenues dans le système [Zack, 1999]. Cela facilite l'appropriation et l'application des connaissances dans de nouveaux concepts.

Lowe et al. donnent quelques retours d'expérience sur la mise en place de deux systèmes chez Airbus [Lowe et al., 2005]. IDEA, le premier système, a été mis en place pour structurer et faciliter l'accès à un ensemble de documents initialement stockés dans un répertoire partagé. Dans ce répertoire, un nombre important de documents était dupliqué ou stocké dans des sous répertoires nommés illogiquement. En fait, la gestion des documents s'effectuait plus de manière individuelle que collective et la navigation dans l'arborescence devenait de plus en plus difficile. IDEA offre la possibilité de classer des documents à partir d'une taxonomie basée sur des concepts entre lesquels des règles d'inférences permettent de faire des relations. Le second système, appelé EBoK, permet l'échange de documents informels, de leçons apprises et de bonnes pratiques. Le mode de classement des documents est défini par une hiérarchie de thèmes définie par un administrateur. Dans le système EBoK, la hiérarchisation n'est pas assez flexible. Elle a donc elle aussi évolué vers une taxonomie.

Ce type de classification (taxonomies, ontologies⁴³...) facilite la recherche de documents mais doit être élaboré par les administrateurs du système. Ces administrateurs sont aussi chargés de définir les nouveaux concepts et de maintenir la cohérence de la classification. La plupart du temps ces classifications sont définies de manière descendante (Top-down) par les administrateurs du système.

⁴² Enquête réalisée auprès de 500 grandes entreprises et 50 banques Allemandes en 2000 par des questionnaires et des interviews.

⁴³ Gruber donne une définition très répandue des ontologies : *une ontologie est une spécification explicite d'une conceptualisation* » [Gruber, 1993]. Le terme « conceptualisation » correspond à une vue simplifiée des objets, des concepts et leurs relations du monde représentés dans un but donné.

Top-down ou descendante :

L'approche **top-down**, est issue de la division du travail taylorienne qui passe par la mise en place de processus très formalisés de gestion des connaissances. La gestion des connaissances est organisée de façon centralisée au sein de l'organisation par un seul et même acteur. [Nonaka et Takeushi, 1995]

Bottom-up ou ascendante :

Avec une approche **bottom-up**, l'organisation du management des connaissances n'est plus hiérarchique mais autonome et horizontale. Les connaissances sont créées, gérées et partagées au niveau opérationnel. [Nonaka et Takeushi, 1995]

Dans le domaine de l'ingénierie mécanique, de nombreux travaux concernent la mise en place de telles classifications. Broens et de Vries soulignent la préférence des ingénieurs pour les classifications fonctionnelles (se référant à certaines phases d'un processus) plutôt que structurelles (vérifiant des propriétés ou des relations) [Broens et de Vries, 2003]. Dans le domaine du calcul, Shanbhag et al. proposent une taxonomie basée sur une décomposition par domaines scientifiques ou physiques [Shanbhag et al., 2001]. D'autres proposent aussi de construire une ontologie pour classifier les calculs par éléments finis en fonction du problème physique étudié [Grosse et al., 2005].

Ces classifications sont souvent complexes pour les utilisateurs et rendent difficile l'appropriation des outils. De plus, la mise au point et la gestion de la cohérence de ces classifications est souvent une activité à part entière dans la vie du système de gestion de connaissances. Elles nécessitent aussi des compétences en informatique et en intelligence artificielle pour les développer et maintenir les algorithmes complexes faisant fonctionner les ontologies.

Afin de garantir la qualité du contenu des systèmes, la formalisation de nouveaux documents se fait généralement par un processus d'approbation et de revue formelle impliquant les administrateurs du système [Lowe et al., 2005]. Ce processus est important car il évite la publication d'informations erronées. Dans ce cas, il implique encore les *Intermédiaires* chargés de sélectionner les experts pour valider les informations à publier.

En résumé, les approches de codifications permettent de formaliser les connaissances des individus pour les rendre disponibles sous forme de documents plus ou moins structurés au sein de l'organisation. Il apparaît que l'identification, la formalisation et la classification des connaissances est une activité difficile à accomplir par ceux qui sont impliqués dans les projets. Des *Intermédiaires* sont souvent inclus dans ce processus pour assister cette activité et rendre les informations accessibles à ceux qui auront à les utiliser. Néanmoins, leur implication dans le processus représente un coût non négligeable notamment dans le cas d'approches au fil de l'eau. Or, dans le contexte actuel, il est difficile d'impliquer ces *Intermédiaires* dans les projets d'ingénierie car la tendance est orientée vers la minimisation des coûts. De plus, nous avons vu que les classifications trop structurées sont souvent difficiles à construire. A ceci s'ajoute le fait qu'elles offrent souvent une vision statique qui ne correspond pas toujours aux besoins des ingénieurs.

Ainsi, il est nécessaire de minimiser le travail d'ingénierie des connaissances à cause du manque de temps pour appliquer les méthodes classiques. Il faut donc trouver un compromis entre le niveau de formalisation des connaissances et le coût que cela représente.

Certains estiment que la réutilisation est grandement facilitée par la mise en relation directe avec les experts plutôt que par l'appropriation d'une expertise codifiée. L'idée principale des approches de personnalisation est que la communication est le moyen de partage de connaissance le plus efficace.

2.2 Les approches orientées vers la personnalisation

Les approches dites de personnalisation considèrent que les connaissances sont liées aux personnes et qu'elles sont difficilement explicitables.

Les approches de **personnalisation** sont principalement centrées sur le partage de connaissances au travers d'interactions directes entre acteurs et passent souvent un processus de socialisation.

Les *communautés de pratiques*, brièvement évoquées dans le second chapitre, sont un exemple de ce type d'approches de gestion de connaissances. Pour Wenger, les membres d'une communauté de pratique sont liés par leurs interactions et leurs activités communes [Wenger, 1998]. Les communautés de pratiques se caractérisent autour de trois dimensions : un *engagement mutuel*, une *entreprise commune* et un *répertoire partagé*. Leurs membres participent à des actions collectives dont ils négocient le sens les uns avec les autres. Les résultats de ces interactions créent des ressources appartenant au répertoire partagé de la communauté. Par exemple, ces résultats peuvent être contenus dans des supports physiques, mais aussi dans des routines qui deviennent implicites au fil du temps.

Wenger voit une organisation comme une constellation de communautés de pratiques dont certaines sont identifiées comme telles et d'autres non. Au sein de ces communautés, il existe un noyau actif et d'autres membres périphériques, dont l'implication est moins importante.

L'importance des coordinateurs ou animateurs des communautés de pratique est soulignée dans [Wenger et al., 2002]. Ce coordinateur émerge souvent du groupe mais au sein de certaines organisations il est parfois désigné officiellement.

L'animateur d'une communauté doit identifier les problèmes importants du domaine, planifier et faciliter les événements, relier informellement les membres, encourager l'implication des membres, gérer la frontière entre la communauté et le reste de l'organisation et évaluer la santé de la communauté.

Les principales difficultés rencontrées par ces animateurs sont le manque de temps, mais aussi la mise en relation des membres. Certains échecs se rencontrent aussi lorsque le coordinateur est jugé illégitime par les membres de la communauté.

Josserand et De Saint Leger décrivent certaines difficultés de fonctionnement des communautés de pratiques identifiées dans une entreprise de consulting [Josserand et De Saint Leger, 2004]. Elles rencontrent tout d'abord des difficultés ordinaires comme des locaux

peu adaptés aux réunions, une absence d'outils de valorisation, un éloignement géographique, un manque de temps et de reconnaissance qui affectent la motivation des participants. A ceci s'ajoute une divergence dans la perception des objectifs entre le point de vue des participants et celui de la hiérarchie. Peu à peu, le fonctionnement de ces communautés a été orienté vers des activités plus opérationnelles de formalisations de bonnes pratiques, décalées de la vision initiale des participants, ce qui diminue leur efficacité.

D'autres comme Cappe donnent des retours d'expérience sur ce mode de gestion de connaissances et constatent les difficultés à maintenir l'activité des communautés de pratique sur la durée et la nécessité d'adapter les outils informatiques à la construction du répertoire partagé de ces communautés de pratique [Cappe, 2005].

Les systèmes orientés vers la stratégie de personnalisation existent sous différentes formes. Selon Maier, le mail est toujours le moyen de communication le plus utilisé pour les interactions entre personnes distantes [Maier, 2002]. Il existe aussi des outils de collaboration tels que les tableaux blancs partagés, les forums ou les chats permettant les interactions informelles sur un sujet donné.

Ces systèmes peuvent permettre aux acteurs d'échanger des informations ou des conseils pour résoudre des problèmes précis mais ils ne sont pas destinés à construire une mémoire collective. Ils facilitent seulement la communication et les interactions. De plus, ils n'apportent aucun soutien pour identifier les collaborateurs en fonction de leur expertise.

Pour cela, il existe aujourd'hui des systèmes de localisation d'expertise ou des annuaires d'experts. Ces systèmes proposent de gérer les connaissances d'une organisation en fournissant des « pointeurs » vers des personnes sources de connaissances pour d'autres. Ces systèmes sont basés sur des profils caractérisant les compétences des experts. La construction de ces profils s'effectue à partir d'informations issues des ressources humaines de l'organisation (CV, diplômes, description de poste), et à partir d'autres informations généralement fournies par les utilisateurs eux-mêmes, comme leurs centres d'intérêts, leurs loisirs, photos....

Néanmoins, il apparaît avec ces systèmes que les profils des utilisateurs sont souvent mal renseignés et rarement à jour. En effet, il est difficile pour certaines personnes de représenter un certain niveau d'expertise de façon suffisamment structurée pour l'inclure dans une base de données. De plus, les individus sont souvent réfractaires à rendre publique leur expertise. Et finalement, on observe souvent un décalage important entre les compétences formalisées dans le système et les compétences réelles des individus.

Par conséquent, certains outils (voir par exemple [Becerra-Fernandez, 2000; Vertommen et al., 2007]) se basent sur des dispositifs de text-mining pour construire les profils des auteurs à partir des documents qu'ils mettent à disposition (articles scientifiques, rapports...). Ce type de systèmes se base sur le contenu de documents pour déterminer un profil d'expertise mais se focalise peu sur les activités réellement accomplies par leurs auteurs.

Les *knowledge networks* présentés par Bush et Tiwana sont aussi des systèmes permettant de mettre en relation des personnes [Bush et Tiwana, 2005]. A l'inverse des *knowledge*

repositories offrant une structure centralisée, ils reposent sur une architecture sous forme de réseau (cf Figure 12).

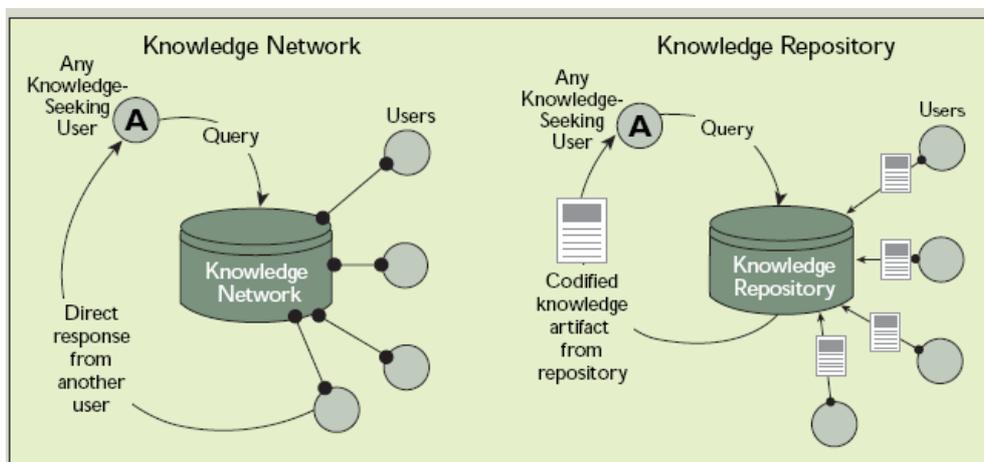


Figure 12 Knowledge repository vs Knowledge network [Bush et Tiwana, 2005]

Tiwana et Bush, dans [Tiwana et Bush, 2005], montrent que l'utilisation de ces systèmes dans la durée dépend de la réputation des utilisateurs vis-à-vis des autres membres du réseau et des capacités du système à mettre les personnes en relation. Par contre, ils montrent que les difficultés des utilisateurs à saisir leur profil sont parfois une cause d'échec pour de tels outils. Le risque d'être dérangé en permanence peut aussi être un frein à la création de leur profil.

Stenmark et Lindgren ont eux aussi constaté que les profils des utilisateurs étaient souvent mal renseignés ce qui rendait difficile l'identification de collaborateurs [Lindgren et Stenmark, 2002]. Ils proposent alors de les enrichir en permettant aux individus de donner plus de renseignements personnels comme leurs centres d'intérêt. A cela, ils ajoutent une détection automatique des activités des utilisateurs sur le système (recherches, annotations, participation à des forums...) apportant des renseignements sur les activités réellement accomplies. Ils enrichissent de cette manière le profil des utilisateurs avec des renseignements implicites, et, mis à jour lorsque les utilisateurs utilisent le système.

Une telle approche bottom-up basée sur les activités peut répondre à certaines difficultés rencontrées avec les approches top-down. En effet, avec ces dernières, les classifications souvent basées sur des catégories prédéfinies apportent une vision statique rarement à jour et pas toujours en adéquation avec les besoins des utilisateurs.

Nous constatons que ces approches de personnalisation peuvent s'avérer efficaces et assez peu coûteuses du point de vue des infrastructures informatiques. Néanmoins, elles peuvent présenter des difficultés et se révéler peu efficaces à long terme notamment car les experts sont souvent fortement occupés par leurs activités et par conséquent peu disponibles pour partager leurs connaissances. De plus, nous avons vu les difficultés liées à la publication de profils de compétences au sein des organisations. En effet, ils peuvent entraîner des réticences et des difficultés de mise à jour.

2.3 Les approches mixtes

Il est possible de combiner les stratégies de codification et de personnalisation, c'est ce que nous appelons les stratégies *mixtes*.

Ici, l'idée forte repose sur le fait que les aspects tacites et explicites souvent dissociés sont, en réalité, complémentaires. Ainsi, l'objectif est de favoriser la collaboration et les interactions sociales entre acteurs pour produire et formaliser de nouvelles connaissances. Ces approches gèrent des connaissances codifiées en les associant à ceux qui les ont développées.

Les systèmes supportant les stratégies mixtes associent les documents aux acteurs pour permettre de diffuser des connaissances codifiées et en même temps pour pouvoir connaître leur domaine d'expertise [Maier, 2002]. Actuellement, peu de systèmes supportent ces stratégies mixtes.

Mentzas et al. considèrent que les outils mixtes doivent apporter des fonctionnalités de collaboration et des moyens de recherche efficaces [Mentzas et al., 2001]. Ils proposent une solution globale appelée Know-Net combinant un navigateur associant une description des processus de l'organisation à laquelle peuvent être associées des descriptions de bonnes pratiques et des leçons apprises. Cet outil permet une classification centralisée des documents basée sur une ontologie à laquelle sont associés des outils de collaboration standards et des règles de notification des utilisateurs.

D'autres proposent d'associer des métadonnées (dont les auteurs) à certains documents placés dans un répertoire commun afin d'identifier l'expertise de ces auteurs [Donnellan et Fitzgerald, 2003].

Ces systèmes supportant la codification et la personnalisation se concrétisent par la juxtaposition de fonctions de stockage de document et de profils d'individus. Nous constatons aussi que la plupart de ces systèmes sont peu focalisés sur la collaboration entre les acteurs.

Ahn et al. proposent un outil capturant certaines informations contextuelles pour supporter les activités collaboratives au sein d'une organisation et gérer les connaissances construites au cours de projets [Ahn et al., 2005]. Ils modélisent le contexte lié à l'organisation, aux activités et aux personnes et capturent alors des informations créées par les équipes projet.

Ils proposent un outil appelé KC-V⁴⁴ pour gérer les données projet et les discussions réalisées dans un forum. Cet outil permet de coordonner l'accomplissement des activités du projet en fonction de l'avancement des documents. De cette manière, les connaissances issues des activités collaboratives (discussions) et le processus de mise au point des documents projet sont conservés. D'un point de vue organisationnel, la prise en compte d'informations contextuelles sur les activités réalisées par les acteurs facilite la constitution d'équipes virtuelles lors de la création de nouveaux projets.

⁴⁴ Knowledge Context model for Virtual collaborative work

Cet outil est fortement focalisé sur le déroulement du projet, il nécessite une modélisation à priori des activités à accomplir. Il se rapproche fortement des outils de collaboration qui offrent généralement peu de support aux individus pour formaliser leurs connaissances.

Tacla, dans [Tacla, 2003], considère que la capitalisation de connaissances demande trop de temps pour formaliser des mémoires projets. Il propose une approche décentralisée pour pouvoir considérer les connaissances sous divers points de vue. Elle se veut transparente à l'égard du personnel, c'est-à-dire, sans surcharge de travail pour ceux qui produisent de nouvelles connaissances au cours des projets.

Dans un premier temps, le système proposé vise à construire une mémoire personnelle à partir de l'enregistrement des activités des individus pour construire des *éléments de connaissance*. Ensuite, ces éléments de connaissance sont regroupés et classés à partir d'ontologies du domaine construites par les utilisateurs. Le modèle proposé permet de partager, de consolider et de mettre à jour les éléments de connaissances au départ individuels. Un carnet de compétences et de centres d'intérêts des acteurs est basé sur des profils constitués à partir de l'enregistrement de leurs activités.

Ce système nécessite une modélisation précise des activités et la constitution d'ontologies, dont, les racines sont communes afin de définir une mémoire et une structuration collective. Les activités enregistrées portent sur les actions des utilisateurs avec le système (création, recherche, modification d'une information...) et sont peu orientées sur les activités métier accomplies au cours du projet. Or ce sont les activités métier souvent accomplies en dehors du système qui sont importantes dans la construction d'une mémoire métier ou projet.

Lorsqu'un nouvel individu arrive dans le projet, un processus de familiarisation est initié. Il consiste à lui fournir les racines des ontologies, les thèmes du projet et les descriptions des compétences des acteurs, pour qu'il puisse échanger des éléments de connaissance. Ce concept est intéressant car il tient compte du caractère évolutif des équipes projet. Par contre, il nécessite d'être accompagné d'interactions entre le nouvel arrivant et les autres membres de l'équipe pour qu'un vocabulaire commun puisse se construire.

Le système proposé démontre que les approches mixtes et décentralisées peuvent être supportés par des systèmes complets et non par une agrégation de fonctionnalités pour la codification et d'autres pour la personnalisation. Mais, l'infrastructure informatique basée sur une plate-forme multi agents est complexe et relativement coûteuse en terme de développement (1,5 Année/Homme [Tacla, 2003]). Enfin, il manque à cette approche ascendante un support permettant la construction et une gestion centralisée des objets de connaissances devenus collectifs. En effet, les connaissances utiles pour l'entreprise doivent être distinguées de celles partagées au sein d'un groupe de taille plus réduite et de celles appartenant à un seul individu.

2.4 L'acceptation des systèmes de gestion de connaissances

L'intégration d'un outil de gestion de connaissances au sein d'une organisation nécessite de prendre en compte différents facteurs. De récents travaux empiriques, basés sur des sondages, traitent de cet aspect important dans le domaine de la gestion des connaissances. Néanmoins, à l'heure actuelle peu d'études de terrain les exploitent. Par une revue bibliographique de ce type de travaux, nous avons distingué des facteurs liés à l'organisation, des facteurs liés à

l'intégration de l'outil de gestion des connaissances et enfin des facteurs liés au rôle de l'individu lors de son utilisation.

2.4.1 Des facteurs organisationnels

Les facteurs organisationnels d'acceptation des outils de gestion de connaissances sont liés au mode d'organisation de l'entreprise et à la conjoncture dans laquelle elle évolue. La **culture** [Leidner et al., 2006] et la **stabilité psychologique** de l'équipe [Bernard, 2006] sont des facteurs organisationnels influençant l'acceptation des outils de gestion de connaissances. Une forte **confiance** entre les membres de l'équipe ou des modes de travail basés sur la **collaboration** peuvent faciliter l'introduction d'outils de gestion de connaissances. Selon King et Marks dans [King et Marks, 2006], le **soutien de l'organisation** peut aussi favoriser la création d'une culture de partage de connaissances.

Bernard dans [Bernard, 2006] et King et Marks dans [King et Marks, 2006] montrent aussi que les facteurs liés à la culture de l'équipe conditionnent l'utilisation de l'outil, c'est-à-dire la fréquence d'utilisation mais surtout l'effort dont les utilisateurs vont faire preuve en fournissant des informations de qualité ou en réutilisant les informations qu'ils contiennent.

2.4.2 L'intégration de l'approche dans les pratiques

L'intégration du système de gestion de connaissances dans les activités des ingénieurs est un facteur crucial d'acceptation. Dans ce contexte, l'acceptation de l'outil est principalement conditionnée par la perception du système par les utilisateurs en termes de **qualité** et de **facilité d'utilisation** [Money et Turner, 2005]. Ainsi, la qualité de son contenu et le fait que l'outil **corresponde au type de tâches** réalisées par les acteurs sont positifs quant à la qualité perçue de l'outil. Stenmark et Lindgren dans [Stenmark et Lindgren, 2004] expliquent qu'il est nécessaire d'obtenir une **masse critique d'informations et d'utilisateurs**. Pour cela, des mécanismes d'incitation, de suivi et de contrôle, mis en place par l'organisation, permettent d'intégrer l'outil dans les activités quotidiennes des acteurs. Par exemple, King et Marks dans [King et Marks, 2006] mentionnent le **contrôle de l'encadrement** comme un facteur important car il est destiné à faire converger les objectifs des utilisateurs avec ceux de l'entreprise. Ceci peut se traduire par exemple par des récompenses ou par un suivi périodique de l'utilisation du système et une vérification de son adéquation avec les activités des utilisateurs. Dans le même esprit, Stenmark et Lindgren dans [Stenmark et Lindgren, 2004] expliquent que les outils de gestion de connaissances doivent être **proches des activités** afin d'être utilisés lorsque la connaissance est mise en pratique. Ainsi, King et Marks dans [King et Marks, 2006] montrent que les questions relatives à l'intégration de l'outil font partie des leviers d'actions les plus importants car même si les facteurs organisationnels comme la culture de l'équipe ont un impact reconnu sur l'effort de partage de connaissances, ils restent difficiles à faire évoluer.

2.4.3 Des facteurs liés aux rôles des acteurs

Aux éléments précédents s'ajoutent des facteurs individuels liés au rôle de l'utilisateur. Lorsqu'un utilisateur est en situation de contribution [Kankanhalli et al., 2005a], ou en

situation de réutilisation [Kankanhalli et al., 2005b], ses intérêts à utiliser l'outil de gestion de connaissances sont différents.

Lors de la contribution, le comportement des individus peut être expliqué par certaines théories sociales. Dans ce cadre théorique, Kankanhalli et al. dans [Kankanhalli et al., 2005a] décrivent l'influence des coûts et des motivations sur l'utilisation des outils de gestion des connaissances. Ils montrent que la perte de pouvoir n'affecte pas l'usage des outils de gestion des connaissances, car généralement la contribution est un acte volontaire. Les **coûts de codification** apparaissent comme le principal frein d'utilisation des outils de gestion des connaissances. Ils ont un impact particulièrement négatif lorsque la confiance est faible au sein de l'équipe. Il est donc important de chercher à les minimiser par la mise en place de dispositifs automatiques. Enfin, Kankanhalli et al. montrent l'importance des bénéfices (ou motivations) que les utilisateurs peuvent tirer de leurs contributions. Par exemple, ils attendent généralement de pouvoir **bénéficier des connaissances** produites par les autres.

Le comportement en situation de réutilisation est moins influencé par les coûts et les bénéfices ou motivations en termes d'échange social. L'utilisation d'un système de gestion de connaissances dépend principalement de son intégration au sein des activités des *Utilisateurs* [Kankanhalli et al., 2005b]. Dans une telle situation, la **facilité d'accès** à l'outil pour rechercher des **informations pertinentes** par rapport à la tâche en cours est un facteur très important. Par exemple, Kankanhalli et al. dans [Kankanhalli et al., 2005b] expliquent que plus le niveau d'implicite de l'activité en cours est élevé, plus il sera difficile de rechercher et de sélectionner des informations pertinentes.

Ces auteurs montrent surtout que les utilisateurs sont principalement influencés par la **qualité** qu'ils perçoivent de l'outil. Néanmoins, à l'heure actuelle l'évaluation de la qualité des informations est peu supportée par les systèmes de gestion de connaissances. Or, nous considérons qu'il est important que les acteurs disposent de moyens pour évaluer la qualité du contenu de ces systèmes.

2.5 La qualité des informations

La norme ISO 9000:2000 définit la **qualité** comme « *l'aptitude d'un ensemble de caractéristiques intrinsèques à satisfaire des exigences* ».

Dans un contexte de gestion des connaissances la qualité des informations dépend principalement du point de vue des *Utilisateurs*.

Ainsi, la pertinence des informations par rapport aux activités des *Utilisateurs* est un facteur important [Kankanhalli et al., 2005b]. Par ailleurs, nous avons souligné précédemment l'importance de la fiabilité des informations contenues dans les systèmes de gestion des connaissances, c'est à dire dans lesquelles ils peuvent avoir confiance [Markus, 2001]. Enfin, la facilité d'interprétation apparaît aussi comme un facteur de qualité important. Or, nous avons vu que les informations suivent souvent un processus d'élaboration, aussi dit de maturation, au cours duquel, elles deviennent mieux structurées et associées à un

argumentaire [Lécaille, 2003]. Pendant ce processus, la qualité des informations est améliorée.

Dans le domaine de l'ingénierie concurrente, nombre de travaux portent sur la qualité des informations préliminaires. L'idée principale est de faciliter la coordination en spécifiant aux acteurs quelques caractéristiques des informations qu'ils échangent.

Certains comme Terwiesch et al. [Terwiesch et al., 2002] définissent des stratégies de collaboration à partir de caractéristiques particulières des informations échangées comme la précision ou la stabilité.

D'autres utilisent certains critères intrinsèques aux informations dans l'objectif de fournir des informations de qualité suffisante aux destinataires pour qu'ils puissent accomplir au plus tôt leurs activités. Pour cela, Saint-Marc et al. introduisent notamment le concept de *maturité relative* pour indiquer l'état d'évolution des informations échangées. Elle est déterminée par le rapport entre la *maturité objective*⁴⁵ et la *maturité absolue*⁴⁶. La maturité relative est déterminée selon le point de vue du fournisseur et selon celui du récepteur qui estiment selon une échelle de valeur prédéfinie un ensemble de caractéristiques (ou de qualités) de l'information. Grebici, dans [Grebici, 2007], donne un état de l'art sur les travaux portant sur la qualification des informations préliminaires. Elle aussi propose une évaluation de la maturité des informations à partir d'indicateurs choisis par les acteurs de l'échange en fonction du contexte du projet et de la culture de l'organisation.

Nous retenons de ces études que le concept de maturité des informations permet de situer le niveau atteint au cours du processus de développement d'une information grâce à une évaluation de ses caractéristiques. Il permet aux acteurs de se coordonner pour échanger leurs informations de qualité suffisante au plus tôt dans le projet.

Cependant, l'identification et l'évaluation des caractéristiques d'une information peuvent s'avérer difficile à accomplir pendant le projet. En effet, nos observations de terrain sur les échanges d'informations [Beylier, 2004] montrent qu'il est souvent difficile pour les ingénieurs de prendre du recul sur les informations qu'ils produisent.

Dans un contexte de gestion des connaissances, la nature des informations échangées et les motivations des acteurs sont fortement différentes de celles du contexte de l'ingénierie concurrente. En effet, les *Contributeurs* et les *Utilisateurs* d'un système de gestion de connaissances ne dépendent pas directement les uns des autres pour accomplir les activités d'un même projet.

L'intérêt des *Contributeurs* et des *Utilisateurs* à interagir entre eux dépend principalement de la qualité qu'ils perçoivent du contenu des systèmes de gestion des connaissances et de la valorisation de leurs contributions. Ainsi, nous portons notre attention sur les travaux relatifs à la qualité des informations.

Culley et al. dans [Lowe et al., 2005] ont analysé divers types d'informations au travers de quatre dimensions (autorité, validité, pertinence et structure). Ils fournissent pour les types de

⁴⁵ La maturité objective représente l'état requis pour que l'information puisse être échangée.

⁴⁶ La maturité absolue indique l'état actuel de l'information.

sources d'informations étudiés des indications sur leur qualité auxquelles est associé un intervalle de variation. Par exemple, une norme technique aura une qualité élevée et lorsqu'on étudie un échantillon de normes peu de variations sont relevées sur leur qualité.

Stvilia et al., dans [Stvilia et al., 2005], proposent un modèle d'évaluation de la qualité des articles de l'encyclopédie Wikipedia⁴⁷. Leur grille d'évaluation repose sur trois niveaux : intrinsèque, contextuels/relationnels, et réputation ou confiance.

- La qualité intrinsèque d'une information dépend de critères objectifs et est souvent définie par un standard. En effet, elle n'est pas influencée par le contexte d'utilisation et peut être évaluée objectivement comme l'âge d'une information, l'orthographe...
- Au niveau contextuel/relationnel, la qualité dépend de relations entre l'information et certains aspects liés à son utilisation ou à l'activité en cours. Elle repose sur des critères liés au contexte et qui ne sont pas persistants par rapport à l'information, comme la stabilité.
- La qualité d'une information dépend aussi de la réputation et de la confiance qu'il est possible de lui attribuer. Une telle évaluation est particulièrement importante dans un contexte de communauté de pratiques et dépend de la culture de l'entreprise. Par exemple, l'auteur d'une information est parfois un gage de confiance qui incite ses collaborateurs à l'utiliser.

Dans [Stvilia et al., 2005], l'évaluation des articles de Wikipedia est calculée à partir de différents critères basés sur ces trois niveaux. Pour chaque article une note générale est obtenue, mais elle permet seulement de comparer la qualité relative des articles les uns par rapport aux autres.

Nous considérons que certains concepts de ces approches peuvent être réutilisés dans notre travail, car les contextes dans lesquels ils ont été développés sont proches de celui dans lequel nous sommes. Néanmoins, il est nécessaire de faciliter l'évaluation de la qualité des informations pour mettre en valeur les informations cruciales pour l'entreprise, et leur maturité, sans nuire à la facilité d'utilisation du système, ni accroître les coûts de codification.

Nous avons vu que la mise en place d'une approche de gestion des connaissances peut se concrétiser sous trois formes (codification, personnalisation ou mixte) présentant toutes des avantages et des inconvénients. Chacune de ces approches peut être supportée par la mise en place d'outils informatiques qui ne doivent pas représenter l'unique aspect de la démarche de gestion des connaissances. En effet, leur acceptation dépend de nombreux facteurs comme la qualité des informations formalisées dans le système. La réussite d'une démarche de gestion de connaissances dépend aussi fortement de la culture de partage existant au sein de l'organisation. Pour promouvoir une telle culture, il est nécessaire de tenir compte de facteurs organisationnels et d'envisager des solutions pour faciliter l'intégration des outils et de la démarche dans les activités de l'organisation.

L'adéquation entre le type d'approche de gestion de connaissances et le type d'entreprise influence aussi leur réussite.

⁴⁷ <http://fr.wikipedia.org>

3. Une relation entre gestion des connaissances et types d'entreprise

Dans la littérature, peu de travaux ont analysé les activités des bureaux d'études prestataires de services. Néanmoins, leur type d'activité et d'organisation se rapproche fortement de celui des entreprises de consulting. Dans ce domaine, un nombre important de travaux a porté sur la gestion des connaissances, mais ceux-ci se sont déroulés au sein de grandes entreprises [Apostolou et Mentzas, 1999].

3.1 Des approches différentes selon le type d'entreprise

Pour Hansen et al. le choix d'une stratégie de gestion de connaissances doit être motivé par la considération du niveau de standardisation des produits et les connaissances tacites mobilisées par les acteurs. Les stratégies de codification sont bien adaptées aux organisations fournissant des produits ou des services standardisés. Les entreprises fournissant des produits uniques ou hautement customisés semblent mieux adaptées aux stratégies de personnalisation [Hansen et al., 1999].

Pour Meroño et al., la taille et le secteur d'activité peuvent influencer le choix d'une stratégie de gestion des connaissances [Meroño et al., 2004]. Les stratégies de personnalisation correspondent bien aux petites structures exerçant des activités fortement basées sur les connaissances. A l'inverse, les stratégies de codification sont plus adaptées aux moyennes entreprises exerçant dans les secteurs industriels plus traditionnels.

Certains auteurs, comme Choi et Lee, montrent que les stratégies de gestion de connaissances influencent la performance des entreprises. Les approches de codification ne permettent pas la formalisation et l'appropriation de certaines connaissances et celles favorisant la personnalisation peuvent se révéler peu viables à long terme. Les approches mixtes semblent être les plus efficace mais aussi les plus coûteuses à mettre en place [Choi et Lee, 2003].

Il apparaît donc au premier abord que les PME prestataires de services dont le fonctionnement repose principalement sur leurs aptitudes au travail d'équipe, le traitement individuel de leurs clients, le faible niveau de standardisation de leurs processus de production et la diversité des types de projets réalisés, semblent prédisposées aux stratégies de personnalisation. Cependant les stratégies mixtes semblent capables de donner de meilleurs résultats sur le long terme, même si elles peuvent nécessiter un investissement important. Pour définir une stratégie de gestion des connaissances et des outils adaptés à ces structures, il faut identifier plus précisément les spécificités des PME vis-à-vis de la gestion de connaissances.

3.2 Les caractéristiques particulières des PME

Les petites structures sont peu nombreuses à mettre en place des démarches de gestion des connaissances. Ce constat peut s'expliquer par leur fragilité économique et financière qui limite souvent les investissements sur l'immatériel [Caussanel, 2000]. Néanmoins, divers travaux ([Caussanel, 2000], [Sparrow, 2001], [Desouza et Awazu, 2006]...) justifient l'intérêt de la gestion des connaissances au sein des petites entreprises. Tout d'abord, les PME connaissent un fort taux de turnover de leur personnel, ce qui peut avoir des répercussions

importantes sur leur fonctionnement⁴⁸. De même, ces sociétés dépendent souvent de leurs donneurs d'ordres et doivent être réactives aux évolutions qu'ils leur imposent. De plus, les caractéristiques des fournisseurs de services aux entreprises semblent bien adaptées à la gestion des connaissances. En effet, leur fonctionnement est basé sur des produits immatériels et leurs clients sont traités de manière individuelle, ainsi, chaque projet réalisé donne lieu à de nouveaux apprentissages et au développement de nouvelles méthodes de travail.

Les travaux sur les PME montrent que leurs caractéristiques par rapport à la gestion des connaissances sont différentes de celles des grandes entreprises. Et surtout, ils soulignent que la différence de taille n'est pas le facteur le plus important.

3.2.1 Une tendance à partager les connaissances par socialisation

Desouza et Awazu montrent qu'au sein de ces entreprises, le partage de connaissances repose principalement sur des processus de socialisation. Ainsi, les petites structures favorisent les interactions entre personnes pour diffuser leurs connaissances [Desouza et Awazu, 2006]. Il apparaît aussi aujourd'hui que le travail d'équipe est un atout fortement répandu dans les entreprises de services.

Nos observations viennent étayer ces remarques issues de la littérature. Par conséquent, il nous paraît impératif que la démarche se base sur cette caractéristique en facilitant le travail en équipe et la collaboration.

3.2.2 Une nécessité de minimiser les coûts humains et des infrastructures

Le taux d'informatisation, la disponibilité du personnel et leur capacité d'investissement matériel des PME-PMI doivent aussi être pris en compte [Caussanel, 2000]. Par conséquent, lorsque la gestion des connaissances se base sur un outil informatique, il est impératif qu'il respecte la taille de l'entreprise et ses infrastructures informatiques. De plus, il est nécessaire de minimiser les coûts humains, en termes de disponibilité du personnel et aussi ceux liés au système de gestion de connaissances.

3.2.3 Des difficultés supplémentaires pour impliquer des ingénieurs de la connaissance

L'implication d'un ingénieur spécialiste de la connaissance est difficile pour une PME [Caussanel, 2000]. Malgré l'aide qu'il est susceptible d'apporter pour inciter et assister les acteurs, la gestion des connaissances doit pouvoir se dérouler en autonomie au sein de l'entreprise. Cela signifie que les acteurs de l'entreprise doivent accomplir eux-mêmes les activités de formalisation et d'animation de la démarche.

De même, la mise en place d'*Intermédiaires* spécialement chargés de faciliter la diffusion et la réutilisation des connaissances formalisées, est, elle aussi, difficile pour une PME. Ainsi, les processus de formalisation et de validation des connaissances identiques à ceux existant dans les grandes entreprises sont difficilement transposables aux petites structures car ils impliquent pour ces activités des ingénieurs de la connaissance.

⁴⁸ Effets de grossissement : le départ d'un employé représente 10% de l'effectif d'une entreprise de 10 personnes.

3.2.4 Des projets hétérogènes, difficiles à classer, et de courte durée

Au sein des bureaux d'études prestataires de services, les projets dépendent fréquemment du client pour lequel ils sont destinés. Nous avons notamment vu dans le second chapitre que certains ingénieurs d'ANTECIM étaient spécialisés dans la réalisation d'études pour un client donné.

Au cours de ces projets souvent uniques, l'expérience, les méthodes de travail et les connaissances techniques de l'entreprise évoluent. La gestion des connaissances doit porter sur les activités réalisées au cours de ces projets. Néanmoins, la classification et la description des activités sont difficiles car elles dépendent fortement du type de produit et du domaine scientifique de l'étude concernée.

A cause de la courte durée des projets, il n'y a pas suffisamment de temps pour appliquer des méthodes classiques de modélisation des connaissances métier en interviewant les experts ou les acteurs qui les détiennent. De plus, les efforts investis dans une telle formalisation des méthodes de travail peuvent se révéler peu utiles lorsque le client ne travaille plus avec le bureau d'études ou lorsqu'aucun projet similaire n'est confié à l'entreprise.

Nous avons vu qu'une approche favorisant la collaboration et reposant sur un mode de fonctionnement simple peut être adaptée à une telle situation. Dans ce cas, les approches de personnalisation semblent pertinentes. Néanmoins, il paraît aussi crucial de permettre la formalisation de l'expertise construite par les ingénieurs de ces entreprises de service car cela permettrait, à plus long terme de fiabiliser les études réalisées et cela fournit des réponses aux problèmes de turnover.

Face au coût représenté par la mise en place d'approches mixte, il est important d'étudier comment les systèmes actuels sont implémentés dans le domaine industriel afin d'identifier les types d'outils adaptés à notre contexte.

3.3 Des systèmes à customiser en fonction des entreprises

Les différents outils du marché identifiés par Balmiss et l'enquête de Maier n'adressent pas de manière unifiée les besoins de chaque type d'approche de gestion de connaissances.

A l'heure actuelle, nous constatons qu'il est encore nécessaire d'agréger divers outils pour construire un système de gestion de connaissances. Actuellement, ils font encore l'objet de développements spécifiques et fortement liés aux processus des organisations. Maier donne deux raisons pour expliquer le nombre important de systèmes de gestion de connaissances basés sur des développements spécifiques [Maier, 2002]. D'une part, les organisations peuvent craindre de perdre leurs avantages stratégiques en échangeant leurs solutions spécifiques pour des outils standards moins adaptés. D'autre part, les solutions commerciales de gestion de connaissances sont complexes, souvent très coûteuses, et elles évoluent dans un marché est très dynamique et pas encore stabilisé. Nous constatons aussi que les solutions standard du marché doivent souvent être configurées pour être adaptées aux fonctionnements des organisations qui les déploient.

Par exemple, certains montrent que des outils standards tels que Lotus Notes⁴⁹ peuvent être configurés et adaptés aux PME [Panyasorn et al., 2004]. D'autres montrent que des outils spécifiques mais dont l'architecture reste simple peuvent aussi être développés au sein des petites structures et s'avérer efficaces et très utilisés [Dingsøyr et Røyrvik, 2003]. Cependant, il semble que l'efficacité des outils dépende de la manière dont ils s'inscrivent dans la démarche de gestion de connaissances.

Pour [Maier, 2002], la mise en place d'une démarche de gestion de connaissances s'effectue souvent de manière progressive. Elle commence souvent par le déploiement d'outils basés sur nouvelles technologies de l'information et de la communication comme les groupware ou les outils de gestion électronique de documents par exemple.

Les outils de travail collaboratif comme les groupware supportent un groupe dans la réalisation d'une tâche commune en leur fournissant un environnement de travail partagé facilitant les interactions et les échanges d'informations au travers de chat, de forums... Ainsi, les informations qu'ils contiennent sont souvent peu structurées et associées à une part implicite issue des habitudes de collaboration entre les acteurs.

Les outils de gestion électronique de documents permettent de partager et de collaborer pour écrire toutes sortes de documents à distance. Pour cela, ils offrent des moyens de contrôle des versions et des accès, mais l'appropriation de connaissance reste toujours difficile à accomplir pour les acteurs. Quelques retours d'expérience sur ces systèmes montrent qu'ils engendrent des désillusions quant à leurs capacités à supporter les démarches de gestion des connaissances [Cappe, 2005].

L'architecture de ces outils est souvent destinée à supporter la réalisation de projets, et offre peu de possibilités d'accès transversal entre les projets. Ils n'apportent aucune aide aux acteurs lorsqu'il s'agit de formaliser leurs connaissances. Et même s'ils facilitent la collaboration, ils ne permettent pas non plus d'identifier les collaborateurs susceptibles d'aider à l'accomplissement d'une activité. Par conséquent, il nous semble que l'objectif principal de ce type d'outils n'est pas de supporter une démarche de gestion des connaissances. Lorsque ces outils ne sont pas accompagnés d'un effort de l'organisation pour promouvoir une culture de partage et un support à la formalisation, les démarches de gestion de connaissances s'avèrent peu efficaces et sont même remises en cause.

Pour Maier, lorsque la démarche est poursuivie, l'effort de l'organisation se concentre sur la capitalisation des connaissances en favorisant la codification, puis les organisations se focalisent sur la personnalisation. Par conséquent, très peu d'entreprises disposent d'outils supportant en même temps la codification et la personnalisation [Maier, 2002].

L'évolution vers des systèmes de gestion de connaissances standardisés est difficile, encore risquée et nécessite une part importante de customisation pour les adapter aux pratiques de l'organisation. De plus, l'introduction d'outils au sein des organisations se déroulant par étapes, il apparaît que les systèmes mixtes se révèlent coûteux car ils résultent de l'agrégation d'outils de codification et de personnalisation. Notre ambition est de proposer des systèmes de

⁴⁹ Pour plus de renseignements voir <http://www-142.ibm.com>

gestion des connaissances tirant parti de ces deux types de fonctionnalités et s'intégrant aux modes de fonctionnement de l'organisation.

4. Synthèse

Dans cette partie, nous avons vu que la gestion des connaissances est une activité complexe à réaliser. En effet, elle porte sur les connaissances qui sont par nature individuelles et proches des actions réalisées par les acteurs.

La gestion des connaissances dans le domaine de l'ingénierie passe majoritairement par des approches consistant à formaliser des connaissances sur les métiers et les projets et/ou par la mise en relation de personnes à partir de profils de compétences. Divers types de systèmes d'informations sont souvent développés pour faciliter l'accès à ces connaissances codifiées. Ces approches donnent de bons résultats, mais ont souvent un contenu assez statique qui nécessite une validation hiérarchique avant la publication. La classification des connaissances formalisées présente aussi des difficultés. Même si les ontologies facilitent la recherche d'information, elles sont complexes à maintenir. Et parfois les individus privilégient la simplicité d'utilisation et les possibilités d'évolution du contenu des systèmes à sa structuration [Dingsøyr et Røyrvik, 2003].

Or, nous avons montré que l'intégration des outils dans les pratiques et la qualité de leur contenu par rapport aux activités sont des facteurs importants. La construction et la maintenance du contenu des systèmes de gestion des connaissances sont souvent difficiles et coûteuses dans le temps. De plus, elles nécessitent souvent l'implication d'experts en gestion de connaissances pour aider les acteurs à formaliser leurs connaissances et identifier les connaissances cruciales.

Enfin, nous avons montré que les outils standards existant offrent peu de support aux acteurs pour formaliser leurs connaissances et les situations de terrain soulignent que cette formalisation s'effectue souvent par la collaboration. Or, peu d'approches supportent la construction et la formalisation de ces connaissances de manière collaborative.

Les travaux analysés dans ce chapitre ont débouché sur des systèmes informatiques très structurés⁵⁰ et souvent complexes, qui nous paraissent peu adaptés aux fonctionnements des PME souvent informels et peu structurés [Beylier, 2004]. Dans ce contexte, les approches décentralisées et ascendantes apparaissent pertinentes car elles semblent mieux correspondre au fonctionnement des PME.

Au sein des PME, intervenant dans le secteur des services la gestion des connaissances doit se dérouler en autonomie. Ainsi au sein de ces organisations, les ingénieurs doivent pouvoir accomplir eux mêmes les activités liées à la gestion des connaissances techniques et la structure des outils doit correspondre à leurs moyens et leurs pratiques. Les approches mixtes peuvent alors se révéler efficaces sur le long terme mais les outils support doivent rester simples et peu coûteux à mettre en œuvre pour qu'ils s'avèrent adaptés à ce type d'entreprise.

⁵⁰ Processus prédéfinis, ontologies...

Il est donc nécessaire de trouver un compromis entre la précision de la description des activités et son coût de codification. De plus, lorsque la formalisation des connaissances doit être réalisée par les producteurs eux-mêmes, cela présente des risques liés aux coûts de codification [Kankanhalli et al., 2005a] et peut avoir des conséquences sur la qualité des informations produites. En effet, les producteurs sont impliqués dans leurs activités de projet et sont peu disponibles et parfois incapables d'expliquer exhaustivement leurs actions. Ils rencontrent aussi des difficultés pour critiquer et remettre en cause les connaissances qu'ils ont eux-mêmes formalisées sur leurs activités. Par conséquent, il est important d'adopter un dispositif simple, aidant ces ingénieurs à formaliser et à valider pour rendre disponibles, des informations fiables et compréhensibles par les acteurs.

Les interactions entre les acteurs doivent aussi être favorisées en augmentant la *Conscience collective* des activités accomplies, des informations existantes et de l'expertise membres de l'organisation pour faciliter la collaboration. Les pratiques observées sur le terrain montrent une tendance à diffuser, étayer les informations de manière progressive au sein de groupes de taille croissante. La gestion des connaissances doit supporter de telles pratiques collaboratives car elles contribuent à créer un climat de confiance et à garantir la qualité du contenu des systèmes.

Enfin, il est impératif de veiller à l'intégration de l'approche de gestion des connaissances dans le fonctionnement de l'entreprise, les métiers et les pratiques pour faciliter leur utilisation et formaliser des connaissances métier.

Nous allons présenter dans le chapitre suivant notre proposition pour aller vers une démarche de gestion des connaissances que nous avons basée sur la collaboration afin de dépasser ces verrous.

Chapitre IV. Proposition d'une approche de gestion des connaissances basée sur la collaboration

Notre démarche de gestion des connaissances est destinée à supporter les acteurs d'un même métier dans l'accomplissement de leurs activités d'ingénierie. Nous avons vu que les enjeux pour les bureaux d'études prestataires de services sont d'améliorer leur efficacité collective, leur réactivité et de fiabiliser les activités de calcul accomplies.

Pour respecter les contraintes imposées par les spécificités⁵¹ du type d'organisation dans lequel se place notre étude, il est nécessaire que la gestion des connaissances se déroule en autonomie. Il est donc impératif que les ingénieurs puissent accomplir eux-mêmes les activités de gestion de connaissances, c'est-à-dire sans l'intervention d'un ingénieur de la connaissance. Face à cette difficulté, les approches décentralisées et ascendantes nous paraissent pertinentes car elles permettent de minimiser le rôle des intermédiaires. Elles offrent aussi la possibilité de rendre le contenu des systèmes de gestion des connaissances plus dynamique. Ainsi, nous ne cherchons pas à formaliser systématiquement les connaissances techniques, spécifiques au métier, dans des procédures ou des bonnes pratiques.

Nous avons noté que les connaissances se construisent souvent de manière progressive au sein des équipes métier et qu'elles évoluent principalement au travers de phases de collaboration. Pourtant, peu d'outils de gestion des connaissances permettent de construire et de formaliser les connaissances des individus de manière collaborative.

Nous proposons donc une approche **collaborative de gestion des connaissances** (Collaborative Knowledge Management System - CKMS) dont l'objectif est de **permettre aux ingénieurs d'identifier, de formaliser et de valider entre pairs**, les connaissances cruciales liées à leur métier.

Dans un premier temps, il nous paraît impératif de supporter les ingénieurs pour qu'ils soient capables de formaliser eux-mêmes leurs connaissances techniques. Et parallèlement à cela, nous proposons de surmonter certaines difficultés de réutilisation en encourageant la collaboration entre les ingénieurs. Nous favorisons la collaboration par l'amélioration de la *Conscience collective*, c'est-à-dire par la mise en évidence des activités réalisées et des objets métiers manipulés par les ingénieurs au cours des projets.

Le risque majeur de ces approches repose principalement sur la difficulté à maîtriser la qualité des connaissances formalisées. Nous proposons des indicateurs assistant les ingénieurs dans l'évaluation de la qualité des informations produites et de la maturité des connaissances qui leurs sont associées.

⁵¹ Entreprise de services et PME.

Notre approche est envisageable dans un contexte de plus grande entreprise, et notamment, pour soutenir des fonctionnements tels que ceux rencontrés dans le cas de communautés de pratique. Dans tous les cas, il reste nécessaire d'animer la démarche sur le plan organisationnel pour construire une culture fortement orientée sur le partage et la collaboration. En effet, notre étude bibliographique souligne que la culture de l'entreprise influence positivement l'attitude des individus vis-à-vis du système de gestion de connaissances, et de ce fait permet d'améliorer la qualité des connaissances formalisées (cf. Chapitre III. 2.4.1).

Dans ce chapitre, nous présentons tout d'abord notre approche, ses grandes lignes et ses objectifs. Nous détaillons ensuite les concepts que nous proposons pour atteindre ces objectifs.

1. Une approche collaborative de gestion des connaissances

Dans un contexte de communauté de pratique, tel que nous l'avons observé au sein du bureau d'études de l'entreprise ANTECIM, il est possible de s'appuyer sur certaines propositions de Markus [Markus, 2001].

Au sein des communautés de pratique, l'enjeu est de permettre l'acquisition de nouvelles connaissances créées par d'autres ou d'obtenir des conseils dans une situation donnée. Le partage de connaissances est grandement facilité car les acteurs ont en commun des connaissances générales sur leur pratique, et sur le contexte dans lequel ils collaborent. De plus, la réputation des membres et leur confiance mutuelle sont des facteurs importants au sein de ces communautés où les échanges sont souvent informels.

Ces communautés sont fortement basées sur l'acquisition de connaissances procédurales et de jugement car elles permettent aux acteurs d'accomplir leurs activités métier et aident à choisir les informations pertinentes. Les connaissances déclaratives portent plutôt sur le contexte de création et de mise en œuvre de connaissances. Elles facilitent l'identification des similitudes entre activités.

Certes, ces connaissances peuvent être formalisées au sein de bonnes pratiques ou de procédures au prix de la réalisation d'interviews auprès des experts. Néanmoins, nous avons vu au deuxième chapitre (cf Chapitre II. 4.2) que cette méthode de formalisation de connaissances présente parfois un faible retour sur investissement, notamment lorsque certaines procédures s'avèrent peu utilisées.

Nous proposons donc de mettre en place une formalisation des connaissances au fil de l'eau s'appuyant sur les objets techniques manipulés par les acteurs au cours d'un projet.

1.1 Les Informations Support un lien vers les connaissances

Au second chapitre (cf Chapitre II. 4.3), nous avons relevé de nos observations que les ingénieurs d'études utilisent deux types d'objets au cours de leurs activités de calcul. Ces objets apportent des informations techniques aux ingénieurs d'études qui les utilisent pour mener à bien les projets de calcul.

Nous donnons tout d'abord une description de ces deux catégories d'objets qui se distinguent par leur finalité, par leur évolution et par leurs méthodes de gestion. Puis, nous analysons ici dans quelle mesure ils peuvent être utiles à notre démarche basée sur un principe de formalisation des connaissances au fil de l'eau.

La première catégorie concerne les objets qui sont spécifiques aux projets. Nous les définissons comme des données projet. Dans le métier du calcul, il s'agit, par exemple, de données d'entrée (plans, cahier des charges...) souvent fournies par le client, ou de livrables du projet, comme la note de calcul produite par les ingénieurs d'étude. Ces objets révèlent des connaissances spécifiques au projet. Par exemple, un modèle de calcul représente le comportement d'un produit et fournit des réponses au but de simulation initial. Néanmoins, ils ne formalisent aucune connaissance méthodologique sur le processus de calcul. Les changements que ces données projet subissent dépendent souvent de l'avancement du projet lui-même (délais, demandes client...). Les informations relatives à ces objets sont souvent bien gérées par les bureaux d'études car elles sont intégrées dans le système de management de la qualité de l'entreprise et parfois même au sein d'outils spécifiques (SGDT, ...).

Les objets de la seconde catégorie peuvent être vus comme des ressources pour la réalisation des activités du projet. Nos observations de terrain (cf Chapitre II. 4.3.2) montrent en effet que les ingénieurs utilisent souvent des informations qui ne proviennent pas directement du client, mais qui leur sont utiles pour accomplir leur travail. Nous avons, par exemple, observé que les ingénieurs d'étude utilisent des macros spécifiques à leurs logiciels pour interpréter les résultats d'un calcul par éléments finis. Ces macros sont parfois liées à certaines méthodes de traitement de données. Elles révèlent donc certaines connaissances formalisées par les ingénieurs et leur utilisation mobilise des connaissances qui restent implicites.

Nous considérons que les objets de cette seconde catégorie apportent un soutien méthodologique, et ils sont donc susceptibles d'être utiles aux autres ingénieurs pour traiter des problèmes similaires.

Nous définissons ces objets techniques comme des <i>Informations Support</i> car ils soutiennent les ingénieurs pendant la réalisation de leurs activités.
--

Ces *Informations Support* sont moins spécifiques au projet que les données projet. A l'inverse des données projet, nous avons observé qu'elles sont parfois réutilisées ou adaptées dans d'autres projets. (cf. Chapitre II. 4.3.2) Par ailleurs, nous avons constaté que dans certaines situations les *Informations Support* étaient améliorées ou enrichies lorsqu'elles étaient réutilisées. En effet, en fonction du projet réalisé par l'ingénieur d'étude, il arrive que certaines opérations soient parfois ajoutées aux macros de calcul. Dans d'autres situations, il arrive aussi aux acteurs de valider certaines hypothèses associées à certaines feuilles de calcul... Ainsi, la généralité et la fiabilité de ces *Informations Support* évoluent tout au long des études pendant lesquelles elles ont été utilisées, et en fonction des acteurs qui les ont manipulées.

Néanmoins, il apparaît de nos observations de terrain qu'il existe rarement de politique commune à l'ensemble de l'entreprise définissant des méthodes pour leur gestion. Ainsi, ces

Informations Support sont très souvent dispersées au sein du bureau d'études. D'ailleurs, il s'avère qu'une majorité d'entre elles reste souvent personnelle et cela en raison d'un manque de *Conscience collective* de leur existence.

Au sein des métiers de l'ingénierie, où l'expérience se construit au cours des différents projets, ce sont pourtant ces *Informations Support* qui rendent les activités plus efficaces. Par exemple, les experts disposent souvent d'un ensemble d'outils (*Informations Support*) qu'ils se sont construits au fur et à mesure de leurs expériences.

Nous avons observé que le manque de méthodes de gestion propres à ces *Informations Support*, fait qu'elles sont souvent archivées sur les disques durs des ingénieurs ou parfois dans les dossiers des projets (cf Chapitre II. 4.3.2). Bien que cette méthode d'archivage présente quelques avantages à court terme, elle trouve rapidement ses limites dans le temps car elle diminue les possibilités de réutilisation et de *Conscience collective* au sein de l'entreprise.

A ceci s'ajoute le fait que certaines *Informations Support* identiques sont reconstruites à chaque nouveau projet. Outre les difficultés de gestion de leurs évolutions sur la durée, elles sont souvent difficiles à retrouver, ce qui diminue encore les possibilités de réutilisation. Ceci montre un besoin fort de gestion de ces *Informations Support* au sein de l'entreprise.

Nous plaçons ces *Informations Support* au centre de notre démarche de gestion des connaissances.

Nous faisons alors l'hypothèse qu'une meilleure gestion de ces *Informations Support* au sein d'une équipe permet de répondre aux problèmes relevés sur le terrain concernant leur identification, leur évolution, et le manque de *Conscience collective* à propos de leur existence...

De plus, le partage de ces objets porteurs de connaissances est un moyen d'améliorer la diffusion des « bonnes pratiques » au sein d'une équipe métier, ce qui a des conséquences positives sur l'efficacité collective.

Enfin, nous considérons que cette gestion de ces *Informations Support* impacte positivement leur fiabilité, ce qui contribue à augmenter la qualité des prestations fournies par les bureaux d'études.

1.2 La clé de voûte de l'approche : La trace des usages et des évolutions des Informations Support

Notre objectif est de faciliter l'identification, la réutilisation d'*Informations Support* et le partage de bonnes pratiques. Nous proposons d'apporter aux acteurs des descriptions sur les projets, les informations et les experts potentiellement utiles dans un contexte donné en **associant aux Informations Support des Traces portant sur leurs situations d'usage et sur leurs évolutions.**

Pour cela, nous constituons un historique d'utilisation des *Informations Support* en les associant aux activités réalisées au cours d'un processus (dans notre cas, ce sera le processus

de réalisation d'une analyse en calcul). C'est ce que nous définissons comme des Traces d'usage.

Une **Trace d'usage** est un historique contenant des renseignements sur l'usage (la liste des utilisations effectives) des *Informations Support*. Chaque élément de cet historique précise notamment le contexte de l'activité en cours lors de l'utilisation de l'*Information Support* concernée.

Ces Traces d'usage donnent plus de sens et révèlent utilité des *Informations Support* car elles apportent des indications sur leur **contexte d'utilisation**, leur **provenance** et leur **trajectoire d'utilisation**⁵².

Les acteurs peuvent s'appuyer sur les traces antérieures pour s'approprier une information ou accomplir une activité se déroulant dans un contexte similaire. Cette approche se distingue de celle du raisonnement à partir de cas car son objectif n'est pas de fournir des solutions automatiques à un problème donné mais de donner des indications aux acteurs sur les sources d'informations potentiellement utiles au cours de leur métier.

Les *Informations Support* évoluent lorsque les acteurs interviennent sur celles-ci pour modifier leur état (modifications, enrichissements, mises à jour...). Nous représentons au sein des Traces d'évolution l'historique des interventions (actions) accomplies par les acteurs sur les *Informations Support*.

Une **Trace d'évolution** est l'historique des actions (ou interventions) qui ont conduit à faire évoluer l'*Information Support* et sa description. Chacune des actions constituant cet historique est enrichie par des renseignements sur le contexte dans lequel elle s'est déroulée.

Ainsi, une Trace d'évolution permet de connaître « l'histoire » d'une *Information Support* car elle apporte des renseignements sur sa provenance⁵³. Cet historique permet aux *Utilisateurs* d'attribuer une certaine confiance dans l'*Information Support* qu'ils réutilisent.

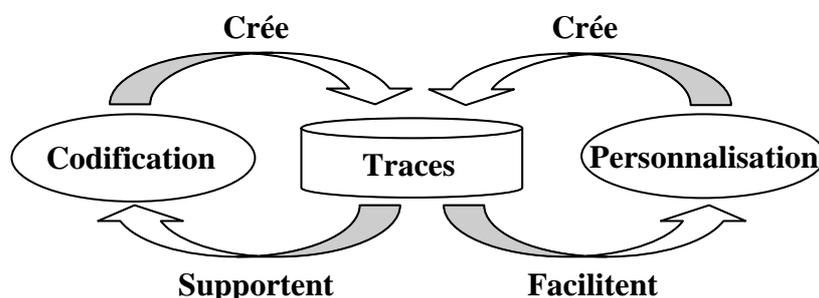


Figure 13 Le principe de notre approche mixte

⁵² Au sens défini par Ackerman et Halverson [Ackerman et Halverson, 2004].

⁵³ Au sens défini par Ackerman et Halverson [Ackerman et Halverson, 2004].

Ces Traces contenant une description des usages et des évolutions des *Informations Support* se placent donc au centre de notre approche mixte (cf. Figure 13) car tant l'utilisation des informations que les interactions entre les acteurs contribuent à créer des Traces. D'une part, elles supportent la stratégie de *Codification* en aidant à formaliser des connaissances sur les *Informations Support* et leurs contextes d'utilisation. D'autre part, elles facilitent l'approche de *Personnalisation* car elles révèlent aussi l'expérience des acteurs qui utilisent les *Informations Support*. Elles augmentent de ce fait la *Conscience collective* des activités accomplies au sein des projets et facilitent l'identification des acteurs au sein de l'équipe.

Notre approche s'appuie donc sur l'aspect *Codification* pour augmenter la *Conscience collective* et la *Personnalisation*. Et réciproquement, elle se base sur les interactions pour conduire à la formalisation de nouvelles connaissances.

1.3 Les grandes lignes de l'approche

Nous avons vu au chapitre précédent que les connaissances sont liées au contexte, aux actions et aux informations manipulées. Notre approche de gestion des connaissances est fortement basée sur cette hypothèse pour mettre en place une formalisation progressive des connaissances au fil des usages.

En effet, notre démarche consiste à identifier les objets techniques définis ci-dessus comme des *Informations Support* et qui sont manipulés par les experts au cours de leurs activités. Nous associons à ces *Informations Support* des renseignements relatifs au contexte dans lequel elles ont été utilisées. Grâce à cela, nous réduisons le travail de formalisation des connaissances en évitant de surcharger les *Producteurs* de connaissance (cf. Chapitre III. 1.4) et nous situons la gestion des connaissances au plus près des activités pour obtenir au fil de l'eau une formalisation de connaissances sur le métier, le contexte et les actions accomplies.

En définissant une gestion « *autonome* » et collaborative des connaissances autour de ces *Informations Support*, nous respectons des spécificités des PME et des entreprises de services. Pour cela, nous proposons ci-après les cinq principaux objectifs de notre approche.

Premièrement, il est nécessaire que ce soit les ingénieurs eux-mêmes qui formalisent leurs connaissances métier par le biais des *Informations Support*. Pour cela, nous associons une **description simple** aux *Informations Support* ainsi que des **Traces d'usage et d'évolution**.

Ce mode de formalisation de connaissances impose de veiller à la qualité et à la fiabilité des connaissances diffusées au sein de l'organisation. Par conséquent, notre second objectif est de permettre un partage et une validation progressifs de ces *Informations Support*. Ainsi, nous définissons des **espaces de travail** offrant la possibilité de mettre en commun des *Informations Support* **même lorsqu'elles ne sont pas encore finalisées**.

Notre troisième objectif porte sur l'encouragement aux échanges interpersonnels et à l'accès aux experts. Cela permet de surmonter certaines difficultés de réutilisation en incitant les ingénieurs à collaborer. Pour atteindre cet objectif, nous proposons de faciliter l'**identification des experts** et, grâce à un concept de **vitrine** associé aux espaces de travail nous incitons les acteurs à collaborer.

La qualité du contenu des systèmes de gestion des connaissances influence grandement l'implication des acteurs. Ainsi, notre quatrième objectif est de permettre l'évaluation de la

qualité basée sur l'évolution de la maturité du contenu du système. Le dispositif que nous proposons porte sur l'évaluation de la **maturité des Informations Support** et sur la **maturité des pratiques**.

Enfin, le cinquième objectif de cette approche concerne son **intégration dans les pratiques et dans l'organisation de l'entreprise** afin de renforcer l'importance de la gestion des connaissances au sein de l'entreprise et de faciliter sa mise en œuvre au quotidien.

Notre approche combine des aspects de *Codification* au travers de la formalisation progressive des connaissances et de *Personnalisation* grâce à l'encouragement des échanges interpersonnels.

C'est donc une approche dite « *mixte* ». Elle s'appuie sur les possibilités offertes par les deux types d'approches pour formaliser et diffuser les connaissances cruciales au sein de l'entreprise. En effet, elle permet une gestion des connaissances sur le long terme grâce aux connaissances formalisées. Dans le même temps, elle conserve un caractère dynamique en permettant aux acteurs d'interagir autour de ces connaissances formalisées.

2. Objectifs et concepts de notre approche de gestion des connaissances

Les cinq objectifs de notre approche collaborative de gestion des connaissances s'appuient sur un ensemble de concepts que nous détaillons ci-dessous.

2.1 Permettre la formalisation des connaissances par les ingénieurs eux-mêmes

Nous avons vu dans le chapitre précédent que les contraintes imposées par la structure des PME rendent difficile l'implication d'un ingénieur de la connaissance dans le processus. Pour que les ingénieurs formalisent leurs connaissances eux-mêmes, nous offrons aux acteurs plusieurs opportunités pour formaliser leurs connaissances. Ainsi, nous minimisons les difficultés rencontrées par les ingénieurs car ils peuvent choisir, pendant le déroulement d'un projet, les moments les plus opportuns pour le faire.

Pour mettre en place cette formalisation des connaissances par les acteurs eux même, nous proposons d'effectuer cette activité au fil de l'eau grâce à des métadonnées et à la construction de Traces d'usage, puis de supporter les évolutions du contenu du système de gestion des connaissances au travers de Traces d'évolution.

2.1.1 Formaliser une description sur les informations manipulées

L'implication des ingénieurs dans un processus de formalisation des connaissances au fil de l'eau impose une minimisation des coûts de codification. Or, les connaissances formalisées doivent nécessairement être porteuses de sens pour les acteurs. Nous considérons qu'un compromis doit être trouvé entre la structuration des connaissances formalisées et le coût que cela représente pour les contributeurs et l'entreprise.

Par conséquent, nous proposons de relier à l'utilisation d'*Informations Support*, les connaissances mises en œuvre au cours d'une activité. Nous faisons l'hypothèse que la

description du contexte d'utilisation permet aux acteurs de formaliser certaines connaissances techniques sur l'*Information Support* concernée et d'autres relatives au projet en cours.

Nous partons du principe qu'il est impossible de formaliser tous les éléments du contexte d'utilisation, ni tous les renseignements sur l'*Information Support* elle-même. Nous leur associons des descripteurs suffisamment simples à renseigner pour minimiser les *coûts de codification*, et qui permettent dans le même temps d'assister les acteurs pour qu'ils fournissent des descriptions compréhensibles par d'autres.

Pour correspondre aux types de connaissances mises en œuvre au cours de l'action, nous apportons aux acteurs des supports de description adaptés à la formalisation de connaissances déclaratives (quoi), procédurales (comment) et de motivation (pourquoi). En les associant aux *Informations Support* utilisées nous obtenons une Trace des actions réalisées au cours d'un projet contenant des renseignements sur le contexte et les savoir-faire mobilisés par les ingénieurs.

Nous constituons ces supports de description par l'ajout de métadonnées aux *Informations Support*. En effet, ce type de support de description présente l'avantage d'être facile à renseigner pendant le déroulement des projets.

Nous proposons d'utiliser l'ensemble standardisé de métadonnées développé par le Dublin Core Metadata Initiative [DCMI, 2006]. Cet ensemble est spécifiquement destiné à la description d'informations ou de données dans l'objectif de faciliter leur recherche, leur partage et leur gestion notamment en facilitant leur prise en compte dans les moteurs de recherche.

Nous considérons que certaines des métadonnées du DCMI offrent un support de formalisation des connaissances déclaratives, procédurales et de motivation. Ces métadonnées représentent les descripteurs que nous proposons d'associer aux *Informations Support* (cf Tableau 3).

La plupart des descripteurs du Tableau 3, permettent de décrire « à quoi correspond une *Information Support* », ils renvoient à des connaissances déclaratives. Le descripteur appelé « *Description* » relève aussi de connaissances procédurales, notamment si l'ingénieur décrit comment il utilise l'*Information Support* concernée. Enfin, nous nous appuyons sur le descripteur appelé « *Commentaire* » pour la formalisation des justifications lors de l'évolution ou de l'utilisation d'une *Information Support*.

Une fois renseignés, ces descripteurs aident les *Utilisateurs* à identifier les *Informations Support* et à s'appropriier leur contenu.

	Descripteurs	Connaissances associées
<i>Informations Support</i>	Titre	Déclaratives
	Type	
	Origine	
	Version	
	Mots clés	
	Description	Déclaratives et Procédurales
	Justification, commentaire	De motivation ou de jugement

Tableau 3 Les descripteurs des Informations Support

2.1.2 Relier au fil de l'eau les connaissances aux informations manipulées

A cette description des *Informations Support*, nous adjoignons les Traces d'usage contenant des descripteurs portant sur leur contexte d'utilisation. Elles précisent ainsi le cadre général de l'action et aident à formaliser certaines connaissances déclaratives.

Nous caractérisons le contexte d'utilisation d'une *Information Support* en fournissant des renseignements sur trois niveaux :

- **Projet** pour identifier le projet et le client,
- **Etude** pour spécifier l'ingénieur chargé de l'étude, le domaine scientifique de l'étude,
- **Activité** pour caractériser l'activité courante de l'ingénieur et son objectif.

Le contexte d'utilisation permet à l'acteur de préciser le contexte dans lequel se place son activité courante. Grâce à ces descripteurs, il formalise certaines connaissances déclaratives sur le projet, l'étude et l'activité en cours. Lorsque l'acteur précise l'objectif de son action, il exprime des connaissances de motivation ou de jugement qui indiquent à quoi sert l'information en cours d'utilisation.

Lors de l'utilisation d'une *Information Support*, ces descripteurs sur le contexte sont ajoutés à la trace d'usage. Ainsi, ces Traces d'usage permettent de situer les activités accomplies avec les *Informations Support* au cours du processus de réalisation de chaque projet.

Ces Traces d'usage associant *Informations Support* et actions réalisées offrent un support de formalisation de connaissances que nous estimons suffisamment simple pour qu'il puisse se dérouler au fil de l'eau. Cependant, les descriptions fournies au cours de ces activités restent relativement sommaires. Nous complétons donc ce dispositif en offrant aux acteurs la possibilité de revenir ultérieurement sur ces Traces d'usage pour qu'ils prennent du recul et structurent les informations qu'ils ont utilisées au cours d'un projet.

2.1.3 Supporter et suivre l'évolution des connaissances formalisées

Dans un objectif d'amélioration de la qualité des connaissances formalisées, l'évolution temporelle des *Informations Support* et de leur description doit être supportée par l'approche de gestion des connaissances. Nous considérons qu'il faut offrir des moyens de contrôle des versions et un suivi temporel des évolutions du contenu des systèmes de gestion de

connaissances. Les Traces d'évolution présentées ci-dessus nous servent de support pour représenter ces évolutions.

Les *Informations Support* évoluent lorsque les acteurs interviennent sur le système de gestion des connaissances pour modifier leur état. Ainsi, nous identifions un ensemble d'interventions conduisant à l'évolution des *Informations Support* :

- Création : lorsque l'*Information Support* est ajoutée dans le système,
- Modification : lorsque l'*Information Support* elle-même est modifiée,
- Documentation : lorsque la description de l'information est modifiée,
- Vérification⁵⁴ : lorsque l'information est vérifiée selon une procédure standardisée au sein de l'organisation,
- Validation : lorsque l'*Information Support* est validée au sein de l'organisation.

Pour constituer la trace d'évolution d'une *Information Support*, nous associons à ces actions des indications sur le contexte dans lequel elles ont été accomplies c'est-à-dire sur le projet et l'étude en cours.

Grâce à ces Traces, les acteurs peuvent contrôler l'évolution des *Informations Support* et de leurs descriptions. Ils peuvent aussi connaître les projets, et les personnes qui les ont fait évoluer. Cet historique des évolutions assure la traçabilité des versions des *Informations Support* utilisées au cours des projets.

Une telle description simplifiée et évolutive des informations est envisageable, au sein d'une équipe métier, car ses membres partagent des connaissances métier communes ainsi que des connaissances liées aux processus de l'organisation. Les ingénieurs souhaitant réutiliser certaines informations sont capables d'identifier des informations potentiellement utiles et d'interagir avec ceux qui les ont déjà utilisées.

2.2 Permettre un partage et une validation progressifs d'*Informations Support* non finalisées

Notre approche de gestion des connaissances est dite ascendante dans la mesure où ce sont les ingénieurs eux-mêmes qui formalisent et gèrent leurs connaissances. Nous considérons qu'une telle approche doit être structurée car elle présente des risques de diffusion de connaissances non validées au sein de l'organisation.

En nous appuyant sur les processus de diffusion des informations et des connaissances au sein d'une organisation présentés au chapitre précédent (cf. Chapitre III. 1.1.2), nous proposons d'établir des espaces de travail. Ils représentent les trois niveaux de diffusion des connaissances (individuel, groupe et organisation) pour supporter le partage et la validation progressive des *Informations Support*.

Dans le domaine de l'ingénierie concurrente, des espaces de travail⁵⁵ ont déjà été proposés pour supporter le processus de diffusion des données projet [Grebici, 2007]. Notre approche

⁵⁴ Pour le métier du calcul, cette vérification peut par exemple porter sur le contrôle de la validité et de la mise à jour d'une information support. Ceci est particulièrement important pour les normes techniques. Les macros ou les feuilles de calcul quant à elles peuvent être vérifiées grâce à des jeux de tests spécifiques.

complète cette proposition car elle prend en compte les *Informations Support* que nous distinguons des données projets.

2.2.1 Trois types d'espaces de travail

Nous définissons trois types d'espaces de travail pour supporter le partage au sein de l'organisation en accord avec les pratiques définies dans la littérature. Les espaces de travail permettent aux acteurs de collaborer autour de certaines *Informations Support* et de contrôler leur diffusion dans des périmètres de plus en plus large.

1) *Espace privé*

Espace Privé : Espace de travail contenant des *Informations Support* gérées de façon individuelle. Ils révèlent des connaissances individuelles.

Les espaces privés sont basés sur une gestion individuelle et leur contenu est accessible uniquement par leur créateur. Seul, le propriétaire contrôle le développement, la diffusion et la validation des *Informations Support*.

2) *Espace de proximité*

Espace de proximité : Espace de travail contenant des informations partagées par un nombre restreint d'acteurs au sein de l'organisation. Il permet une gestion collective et décentralisée des *Informations Support*, et révèlent des connaissances partagées.

Les membres qui accèdent à ce type d'espace contrôlent la diffusion et la validation de ces *Informations Support*. Ces espaces de proximité supportent les interactions entre les acteurs pour mettre au point les *Informations Support*. Dans de tels espaces, la collaboration est importante car elle permet la mise au point collective, au fil des usages, d'une *Information Support*. Ce type d'espace de travail permet de révéler les connaissances partagées par certains acteurs de l'organisation dans la mesure où les informations qu'ils contiennent sont issues de l'interaction entre ces acteurs.

3) *Espace public de l'entreprise*

Espace Public : Espace contenant des *Informations Support* validées et reconnues comme utiles pour l'entreprise. Il constitue le référentiel métier de l'entreprise, par conséquent, la fiabilité et la validité des *Informations Support* sont des aspects très importants. Il permet une gestion centralisée des *Informations Support*.

Dans cet espace unique au sein de l'entreprise, le contenu des *Informations Support* est accessible par tous. Par contre, le contrôle de son contenu peut être confié, soit à un expert du domaine qui aura le rôle de référent, soit à un modérateur unique qui assurera la gestion de

⁵⁵ Ces espaces sont caractérisés par un périmètre de diffusion, des rôles occupés par les acteurs dans l'espace, une période temporelle et des objets intermédiaires.

l'ensemble de ces informations sans distinction de domaine. Dans les deux cas, le ou les gestionnaires de cet espace ont la responsabilité de veiller à la qualité de leur contenu.

2.2.2 La mise en œuvre des espaces de travail

Les utilisateurs placent les *Informations Support* qu'ils créent dans leur espace privé. Ces informations vont rejoindre des espaces de proximité lorsqu'elles deviennent partagées par plusieurs ingénieurs, puis l'espace public pour certaines d'entre elles jugées suffisamment intéressantes et mûres.

En représentant le nombre d'acteurs collaborant autour d'une *Information Support*, les espaces de travail apportent des indications sur l'utilité des *Informations Support*. De plus, ils permettent d'attribuer une certaine confiance dans les *Informations Support* qu'ils contiennent. Une information contenue dans un espace privé sera potentiellement moins fiable qu'une information partagée au sein d'un groupe plus important car elle dépend fortement du point de vue de son créateur.

Ces espaces de travail permettent la diffusion progressive des *Informations Support* manipulées au cours des projets. Le contrôle des accès qu'ils offrent permet aux acteurs de partager des informations peu structurées dès leur création et donc de renforcer la *Conscience collective* des activités accomplies et des connaissances développées au sein de l'organisation. Grâce à ces espaces de travail, le partage de connaissances se déroule entre pairs et dans un climat de confiance. Ils offrent ainsi la possibilité aux acteurs de structurer progressivement leurs *Informations Support* en interagissant avec leurs collaborateurs au fil des projets.

Grâce à ces espaces de travail, les acteurs sont moins contraints de se focaliser sur la description et la structuration des informations avant de les stocker dans le système de gestion des connaissances, ce qui leur permet de se concentrer sur les activités du projet.

2.3 Encourager les échanges interpersonnels et l'accès aux experts

L'approche mixte que nous proposons a pour objectif de favoriser la collaboration entre les acteurs en améliorant la *Conscience collective* de l'expérience des acteurs. En effet, nos observations de terrain et l'étude de la littérature montrent que le manque de *Conscience collective* freine la collaboration. Nous montrons comment les Traces associées aux *Informations Support* aident les acteurs à identifier les experts et comment nous favorisons les collaborations grâce à un concept de vitrine.

2.3.1 Faciliter l'identification des experts

Nous avons observé sur le terrain que les ingénieurs collaborent souvent autour de problèmes particuliers liés à leur métier. Ces interactions s'initient fréquemment au sujet d'*Informations Support* et donnent alors lieu au partage d'autres connaissances métier.

Il est important d'encourager ces interactions car elles permettent une diffusion informelle des bonnes pratiques au sein du bureau d'études. Le dispositif de traçage des usages et des évolutions des *Informations Support* répond à cette problématique car il met en évidence

l'expérience des acteurs dans un domaine donné. Par exemple, lorsqu'un acteur utilise fréquemment certaines *Informations Support*, cela signifie qu'il sait comment les utiliser. Cela révèle aussi qu'il dispose d'une expérience pour accomplir les activités et les études associées à celle-ci.

Nous considérons que la mise en valeur de cette expérience est un moyen de faciliter les interactions entre individus concernés par des problèmes techniques similaires. En effet, elle augmente la *Conscience collective* des activités accomplies par les membres du bureau d'études.

L'historique des activités réalisées par les ingénieurs sur un ensemble de projets permet d'identifier leurs domaines d'expertises. Leur expérience est valorisée de façon plus dynamique que par les méthodes usuelles de construction de profils de compétences. En effet, nous avons vu que ces dernières sont peu actualisées et difficiles à remplir par les acteurs eux-mêmes (cf. Chapitre III. 2.2).

Au niveau collectif, notre dispositif de traçage des usages permet de connaître en temps réel les activités accomplies par l'ensemble des membres du bureau d'études. Cela favorise ainsi la conscience des types de projets et des activités en cours ainsi que les domaines d'expertise des acteurs du bureau d'études.

2.3.2 Encourager les interactions entre les acteurs

En complément des espaces de travail et de l'identification de l'expertise des acteurs, nous proposons un concept de vitrine destiné à faciliter les échanges et à promouvoir une culture de partage de connaissances au sein de l'organisation.

<p>Vitrine : Dispositif permettant aux acteurs de visualiser une description partielle d'une information même s'ils ne peuvent pas y accéder.</p>
--

Le principe de la vitrine est d'associer à chaque *Information Support* une brève description de son contenu et de rendre cette description visible de tous les acteurs, même si leurs droits d'accès ne leur permettent pas de l'utiliser directement.

Les *Informations Support* contenues dans une vitrine peuvent être identifiées par les membres de l'organisation tout en continuant d'appartenir à leur propriétaire. Ainsi, l'accès aux informations doit se négocier avec la ou les personnes ayant accès à l'information. De cette manière, les contributeurs sont moins réticents à partager des *Informations Support* non finalisées. De plus, les interactions rendues nécessaires par les vitrines facilitent la réutilisation, notamment lorsque les descriptions des *Informations Support* ne sont pas suffisamment exhaustives pour qu'il soit possible de se les approprier directement.

La Figure 14 illustre le principe de ce concept de vitrine. Lorsqu'un acteur recherche une information dans le système de gestion des connaissances, il peut visualiser l'existence de toutes les *Informations Support*. Cette figure montre notamment une *Information Support* contenue dans l'espace privé d'un collaborateur. L'auteur de la recherche ne peut pas accéder à l'*Information Support* elle-même mais il peut visualiser sa description et ses Traces d'usage

et d'évolution. Si l'auteur de la recherche estime que cette information est pertinente, il doit entrer en contact avec le propriétaire de l'*Information Support*. Au cours de cette interaction, les acteurs partageront des connaissances sur l'*Information Support* ainsi que d'autres connaissances techniques sur le métier concerné.

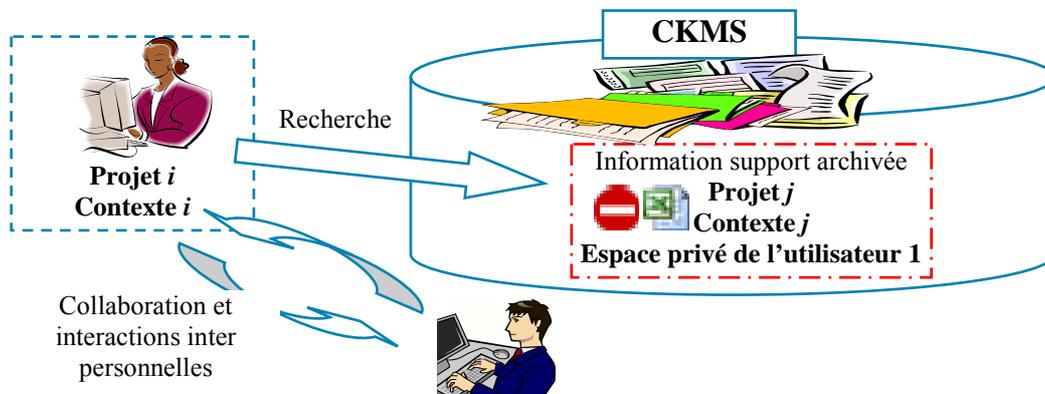


Figure 14 Le concept de vitrine [Beylier et al., 2006b]

Les vitrines permettent de connaître les *Informations Support* existantes⁵⁶ au sein de l'entreprise, tout en favorisant le partage de connaissances autour de celles-ci par un processus de socialisation. Elles permettent de valoriser les contributeurs en montrant que certaines *Informations Support* qu'ils possèdent intéressent leurs collaborateurs.

2.4 Permettre l'évaluation de la qualité du contenu du système de gestion des connaissances

En définissant un système d'évaluation de la qualité du contenu du système de gestion des connaissances, nous avons pour objectif d'aider à identifier les connaissances cruciales afin de répondre aux difficultés de rentabilisation de certaines procédures. En effet, nous avons constaté sur le terrain que certaines procédures sont coûteuses à mettre au point et parfois peu utilisées.

Nous proposons un dispositif de mesure de la qualité des *Informations Support* destiné à encourager la réutilisation et à accompagner l'amélioration de la qualité du contenu du système de gestion des connaissances.

Nous assimilons l'évolution des *Informations Support* à un processus de maturation pendant lequel leur qualité sera améliorée. En effet, nous avons vu au chapitre précédent que la structuration des *Informations Support* peut s'améliorer dans le temps et lorsqu'elles sont partagées. Cela signifie que tout au long du processus de développement d'une *Information Support*, des connaissances sont créées. Notre approche ascendante s'appuie sur l'hypothèse que la maturité des *Informations Support* et des pratiques de l'entreprise évolue lors de leurs utilisations et de leur partage.

Nous utilisons le concept de maturité des informations, d'une part pour mettre en valeur les connaissances cruciales pour l'organisation, et d'autre part renseigner les ingénieurs sur la

⁵⁶ Les informations support finalisées et aussi celles en cours d'élaboration.

qualité des *Informations Support*. Nous définissons dans un premier temps le terme « maturité », puis dans un deuxième temps, comment nous nous l'approprions dans ce travail de thèse.

2.4.1 Une définition de la maturité correspondante à notre approche

La **maturité** est définie comme « l'état d'une chose, d'une personne qui approche du point où elle a toutes ses qualités » (définition du dictionnaire Hachette, édition 2006).

Ainsi, elle représente l'étape ultime d'un processus de développement : le processus de maturation.

Cette définition indique qu'une chose ou une personne peuvent évoluer tant que leurs qualités n'atteignent pas un objectif déterminé. Nous nous appuyons sur la définition de la qualité⁵⁷ établie par l'ISO 9000:2000 pour définir le niveau de maturité d'une information support.

Le **niveau de maturité** renseigne les *Contributeurs* et les *Utilisateurs* sur la qualité et la fiabilité d'une *Information Support*. Il est défini à partir d'un ensemble d'indicateurs représentant les qualités intrinsèques, contextuelles et relationnelles de l'*Information Support*.

Pour déterminer le niveau de maturité d'une *Information Support*, nous nous appuyons sur certains indicateurs proposés par Stvilia et al. [Stvilia et al., 2005] pour caractériser les qualités d'une *Information Support* et représenter alors le niveau de maturité qu'elle atteint. L'objectif ici est de représenter, au travers de chaque niveau de maturité, un stade du processus de développement d'une *Information Support*.

Grâce à ce niveau de maturité, les *Contributeurs* peuvent identifier les connaissances cruciales au sein de l'entreprise et les actions à accomplir pour qu'une *Information Support* soit considérée comme mature. Les *Utilisateurs* s'appuient sur le niveau de maturité pour évaluer la confiance qu'ils peuvent accorder à une *Information Support*.

Nous évaluons la maturité sous deux points de vue, le premier concerne les connaissances formalisées (c'est-à-dire les informations) et le second le partage de connaissances au sein de l'organisation. Dans le premier cas, nous évaluons si les informations sont de qualité suffisante pour que les acteurs soient capables de se les approprier et de les réutiliser en étant conscient de leur fiabilité. Le second consiste à évaluer le partage de connaissances et les pratiques collectives au sein de l'organisation.

2.4.2 La maturité des *Informations Support*

Dans un département de R&D ou de calcul avancé, où les contraintes de délai sont moins serrées, les informations créées sont validées sous diverses hypothèses. Cela permet de les rendre génériques dès leur création.

⁵⁷ « L'aptitude d'un ensemble de caractéristiques intrinsèques à satisfaire des exigences » (définition de la norme ISO 9000:2000)

Dans un fonctionnement par affaire, souvent typique des entreprises de service, les contraintes de délai imposées par les clients ont des conséquences sur le développement des *Informations Support*. En effet, il est souvent difficile d'allouer pendant le projet une tâche pour développer de nouvelles *Informations Support*.

En pratique, nous avons observé que les ingénieurs créent tout de même de nouvelles *Informations Support*, mais en consacrant le minimum de temps à ce type d'activité. Ainsi, la vérification des *Informations Support* est limitée aux hypothèses de l'étude. Même si ces informations ont été validées sur un cas simple, il est risqué de les considérer comme génériques tant qu'elles n'ont pas été éprouvées dans d'autres situations.

Ainsi, notre approche prend en considération le fait que la mise au point d'une information est un processus parfois réparti sur plusieurs projets et impliquant plusieurs acteurs.

1) Le processus de développement des Informations Support

Nous définissons quatre situations caractéristiques du développement d'une *Information Support* qui représentent les phases principales de leur processus de maturation.

La première situation marquant ce processus de développement est rencontrée lorsqu'une *Information Support* n'a jamais été utilisée dans le cadre d'un projet. La présence de ces informations dans un système de gestion des connaissances pose de nombreuses questions au sujet de leur utilité. En effet, si ces *Informations Support* sont simplement archivées dans le système c'est probablement parce qu'elles ont été considérées comme utiles à un moment donné. Un *Utilisateur* accédant à une telle *Information Support* pour la première fois ne peut évaluer ni sa fiabilité, ni sa maturité sans étudier en détail son contenu. Pour un contributeur, il est nécessaire de pouvoir savoir si l'information est utile. Si elle ne l'est pas, il est nécessaire de décider de la supprimer ou alors de la rendre plus facilement identifiable. Cette décision peut être prise au niveau individuel, par le créateur de l'*Information Support*, ou au niveau collectif lors de réunions portant sur le suivi de l'approche de gestion des connaissances

La seconde situation correspond aux informations utilisées mais qui n'ont jamais été vérifiées de façon rigoureuse au sein de l'entreprise. Dans ce cas, il est impossible de connaître précisément les vérifications déjà réalisées par les ingénieurs. Ainsi, à ce stade les *Informations Support* évoluent de manière informelle au cours des interactions entre ingénieurs. Par conséquent, les *Utilisateurs* ne peuvent évaluer directement la fiabilité d'une *Information Support*. Leur utilité est révélée par le nombre d'utilisations et de personnes les utilisant, ce qui peut influencer les *Contributeurs* à améliorer la qualité de ces informations.

La troisième situation est atteinte lorsqu'une information est reconnue comme utile au sein de l'organisation. Sa fiabilité devient alors une dimension cruciale qu'il est impératif de contrôler. Les *Contributeurs* doivent vérifier si l'*Information Support* respecte certains critères de qualité (validité des hypothèses, mise à jour,...). Une telle vérification dépend du métier concerné, de la nature des *Informations Support* et des pratiques de l'organisation. La stabilité et la quantité de personnes ayant utilisé l'*Information Support* depuis sa dernière modification peuvent améliorer la confiance que peuvent porter les *Utilisateurs* sur celle-ci.

La dernière situation de ce processus de maturation concerne les *Informations Support* qui ont été fiabilisées. C'est-à-dire celles qui sont reconnues comme utiles, stables et vérifiées par plusieurs personnes. Les *Utilisateurs* peuvent avoir confiance dans la fiabilité de l'*Information Support* concernée. Il s'agit maintenant pour eux d'être capable de les interpréter sans équivoque. La qualité de la documentation de l'*Information Support* devient un facteur important. Cette documentation doit être rendue compréhensible par les membres de l'organisation. Sa structure doit aussi respecter un format standardisé au sein de l'organisation afin qu'elle permette l'appropriation de connaissances déclaratives, procédurales et de jugement.

Ces quatre situations caractéristiques du processus de développement des *Informations Support* indiquent leur maturité et les actions à accomplir pour poursuivre leur développement.

2) *Un modèle d'évaluation de la maturité des Informations Support*

Le cadre d'évaluation de la maturité que nous proposons, est basé sur les caractéristiques des quatre situations décrites ci-dessus.

L'objectif de cette évaluation est d'aider les *Utilisateurs* à sélectionner des informations matures et d'indiquer aux *Contributeurs* les actions pour améliorer la qualité du contenu du système.

L'idée générale de ce modèle rejoint celle du Capability Maturity Model Integration [SEI, 2002] basé sur des niveaux pour caractériser la maturité des processus.

Nous proposons d'évaluer de manière unique et automatisée le niveau de maturité de chaque *Information Support* à partir d'un ensemble d'indicateurs dont certains sont calculés automatiquement (Utilisation, partage, stabilité...) tandis que d'autres sont des booléens correspondant à des actions réalisées par les *Contributeurs* (Vérification, Documentation ou Validation). Grâce à ce modèle, les ingénieurs peuvent connaître directement la maturité des *Informations Support*.

Dans le Tableau 4, chacun des niveaux de maturité représente une des quatre situations identifiées précédemment. Les indicateurs associés à ces niveaux permettent d'accorder une certaine confiance dans une *Information Support*. La colonne « actions » s'adresse aux *Contributeurs* qui peuvent ainsi connaître les actions restant à accomplir pour poursuivre le développement de l'*Information Support*.

Ce modèle montre aussi aux *Contributeurs* et aux *Utilisateurs*, l'importance de leurs actions sur la qualité du contenu de l'outil et les sensibilise sur l'importance de l'amélioration de ce contenu.

Déterminer la maturité des *Informations Support* est une première étape de notre approche. Elle permet d'apporter des indications aux *Utilisateurs* et propose d'orienter les actions des *Contributeurs* pour qu'ils améliorent la qualité du contenu du système de gestion de connaissances. Le second volet de cette évaluation concerne la maturité des pratiques car c'est un moyen de prendre des décisions stratégiques pour le fonctionnement du bureau d'études.

Niveau de maturité		Indicateurs	Définition des indicateurs	Actions
0	Archivage simple		Niveau initial : Aucune caractéristique n'est requise. L' <i>Information Support</i> n'a jamais été utilisée.	A utiliser
1	Révélation de l'utilité collective	Utilisation	Le nombre d'utilisations de l' <i>Information Support</i> .	A partager
		Partage	Le nombre d'ingénieurs qui ont utilisé l' <i>Information Support</i>	A vérifier
2	Fiabilisation	Vérification	Booléen indiquant si l'information a déjà fait l'objet d'un processus de vérification depuis sa dernière modification.	A réviser
		Révision	Le nombre de personnes qui sont intervenues sur l' <i>Information Support</i> depuis qu'elle a été vérifiée.	A stabiliser
		Stabilité	La stabilité de l' <i>Information Support</i> depuis sa création. Cet indicateur est calculé à partir des Traces d'usage et d'évolution	A documenter
3	Consolidation	Documentation	Booléen indiquant si la documentation d'une information est compréhensible, exhaustive et structurée.	A valider
		Validation	Booléen indiquant si l' <i>Information Support</i> a été validée par un expert.	A maintenir périodiquement

Tableau 4 Cadre d'évaluation de la maturité d'une information support [Beylier et al., 2007]

2.4.3 La maturité des pratiques

Nous considérons que le développement ou l'amélioration de la maturité des *Informations Support* révèlent certaines connaissances vis-à-vis de leur utilisation et du domaine scientifique concerné.

Les Traces d'usage associées à chaque *Information Support* permettent de mettre en valeur la maturité des pratiques au sujet de ces informations. Par exemple, une norme souvent utilisée au sein du bureau d'étude montre une certaine maturité des pratiques. Nous valorisons la maturité des pratiques au sujet des *Informations Support* en indiquant celles qui sont souvent utilisées et nous associons à ces *Informations Support* les acteurs qui les utilisent le plus fréquemment car ils représentent les experts associés à celles-ci.

Au niveau collectif la trace des usages des *Informations Support* représente les atouts et les faiblesses de l'organisation au sujet d'un domaine scientifique ou d'un client. La mise en évidence de cette expérience peut aider les commerciaux à établir les devis pour un client, ou par exemple, aider le directeur technique du bureau d'études à décider d'améliorer les compétences techniques et les outils utilisés dans un domaine scientifique.

Le Tableau 5 propose une évaluation de la maturité des pratiques du bureau d'études en fonction des domaines scientifiques. En comptabilisant les *Informations Support* en fonction de leur niveau de maturité, il est possible de savoir si le bureau d'études dispose de ressources fiables et d'une certaine expérience dans le domaine.

Par exemple, la première ligne du tableau montre qu'un nombre important d'informations est à disposition au sein de l'entreprise au sujet du domaine 1 mais qu'elles n'ont jamais été utilisées. Bien que basées sur un nombre plus faible d'*Informations Support*, les pratiques de l'organisation sur le domaine 2 semblent plus matures que pour le domaine 1 car beaucoup sont en phase de consolidation et ont un niveau de maturité élevé.

Domaine scientifique	Nombre d' <i>Information Support</i>	Niveaux de maturité			
		Archivage	Utilité collective	Fiabilisation	Consolidation
Domaine 1	10	10	0	0	0
Domaine 2	5	0	0	0	5
...					

Tableau 5 Cadre d'évaluation de la maturité des pratiques au sein de l'organisation

Cette mise en évidence de la maturité des pratiques renforce la *Conscience collective* à propos de l'expertise et des informations existantes au sein de la communauté ou de l'équipe. L'évaluation de la maturité des pratiques de l'organisation permet aussi de mettre en place des stratégies de formalisation de connaissances. En effet, si le bureau d'études ne dispose pas d'*Information Support* dans un domaine scientifique donné, des ressources peuvent être attribuées pour en développer de nouvelles. De telles décisions s'intègrent dans l'accompagnement de la démarche de gestion de connaissances qu'il convient de mettre en place au sein de l'organisation.

Il serait aussi possible d'évaluer la maturité des pratiques au niveau individuel en établissant un profil regroupant par exemple, les projets auxquels chaque ingénieur d'étude participe, les informations qu'ils utilisent et les acteurs avec lesquels ils collaborent fréquemment. Nous avons décidé de ne pas rendre explicite ce type d'information pour que le système de gestion de connaissances ne soit pas perçu comme un système d'évaluation des compétences individuelles.

En effet, nous considérons que l'évaluation des compétences est une activité liée à la gestion des ressources humaines et non à la gestion des connaissances. De plus, elle pose des questions éthiques liées au suivi des activités des individus auxquelles nous avons été confrontés dans ce travail. Elles nécessitent de plus amples analyses afin de savoir comment la trace des activités est perçue par les acteurs lorsqu'elle concerne leur profil de compétence.

2.5 Intégrer l'approche dans les activités de l'organisation

Afin d'impliquer et de sensibiliser les acteurs sur ses enjeux et ses objectifs, nous proposons d'intégrer l'approche de gestion des connaissances à deux niveaux : dans les activités quotidiennes des ingénieurs et dans les processus d'ingénierie de l'entreprise. Ceci permet de renforcer la facilité d'utilisation et l'utilité que les acteurs perçoivent du système de gestion des connaissances.

Tout d'abord, la formalisation des connaissances au fil de l'eau nécessite que le système soit proche des activités accomplies par les acteurs. La correspondance entre le système de gestion des connaissances et les outils utilisés quotidiennement par les ingénieurs est donc un aspect important à considérer.

Nous estimons aussi que la gestion des connaissances doit s'intégrer dans les processus d'ingénierie de l'entreprise. Pour cela, nous proposons de faire apparaître explicitement

certaines activités spécifiques à l'approche de gestion des connaissances au sein des processus d'ingénierie. Dans ce cas, le système de management de la qualité peut supporter l'approche de gestion des connaissances.

Comme toutes les démarches d'amélioration continue, l'animation quotidienne de la gestion des connaissances est primordiale. Dans les communautés de pratique, cette animation nécessite d'identifier un acteur du bureau d'études en charge de cette tâche. Contrairement à un ingénieur de la connaissance, son rôle ne porte pas sur la modélisation des connaissances mobilisées par les acteurs.

Dans un premier temps, le rôle de cet animateur est de sensibiliser les acteurs aux bénéfices qu'ils peuvent tirer de la gestion de connaissances. Ainsi, cet animateur doit pouvoir accéder de manière transversale aux différents projets étudiés pour suivre l'évolution de la démarche de gestion des connaissances et identifier des indicateurs sur l'utilisation des outils.

Comme dans certaines communautés de pratique, l'animateur de la gestion des connaissances organise et anime des réunions au sein de l'équipe dans l'objectif de valider certaines *Informations Support* et d'améliorer la qualité des connaissances formalisées. Ces réunions peuvent constituer une étape du processus de validation des *Informations Support* et permettre leur diffusion dans l'espace public de l'entreprise.

3. Synthèse

A partir du traçage des activités accomplies lors de l'usage des *Informations Support*, nous formalisons des connaissances de façon progressive (au fil des usages), sélective (l'effort est porté sur les *Informations Support* effectivement utilisés), et distribuée (plusieurs ingénieurs contribuent à une même *Information Support*). Notre approche collaborative de gestion des connaissances présente donc l'avantage de minimiser les coûts de codification et d'instaurer une dynamique de construction, de validation et de partage de connaissances autour de ces *Informations Support*.

Au travers des trois types d'espaces de travail, l'objectif est de définir un cadre pour l'accompagnement du développement et de la diffusion progressive des *Informations Support* (cf. Figure 15). Cette figure représente donc des espaces privés appartenant à des individus, des espaces collaboratifs de proximité appartenant à des groupes d'acteurs et l'espace public de l'entreprise. Les flèches ascendantes indiquent l'évolution de ces informations entre ces espaces de travail.

Lors du passage des *Informations Support* des espaces privés vers des espaces de proximité, le partage de connaissances s'effectue principalement par un processus de socialisation. L'identification des *Informations Support* au sein des espaces privés et de proximité est facilitée par la mise en place de vitrines.

Pour évoluer vers l'espace public de l'entreprise, les *Informations Support* doivent être validées. Ceci s'effectue en sélectionnant celles qui sont jugées matures et d'utilité collective, puis en les soumettant à un processus de validation formel.

Pour cela, nous avons défini un ensemble d'indicateurs de maturité permettant d'identifier les connaissances cruciales et indiquant les actions à accomplir pour les rendre plus fiables.

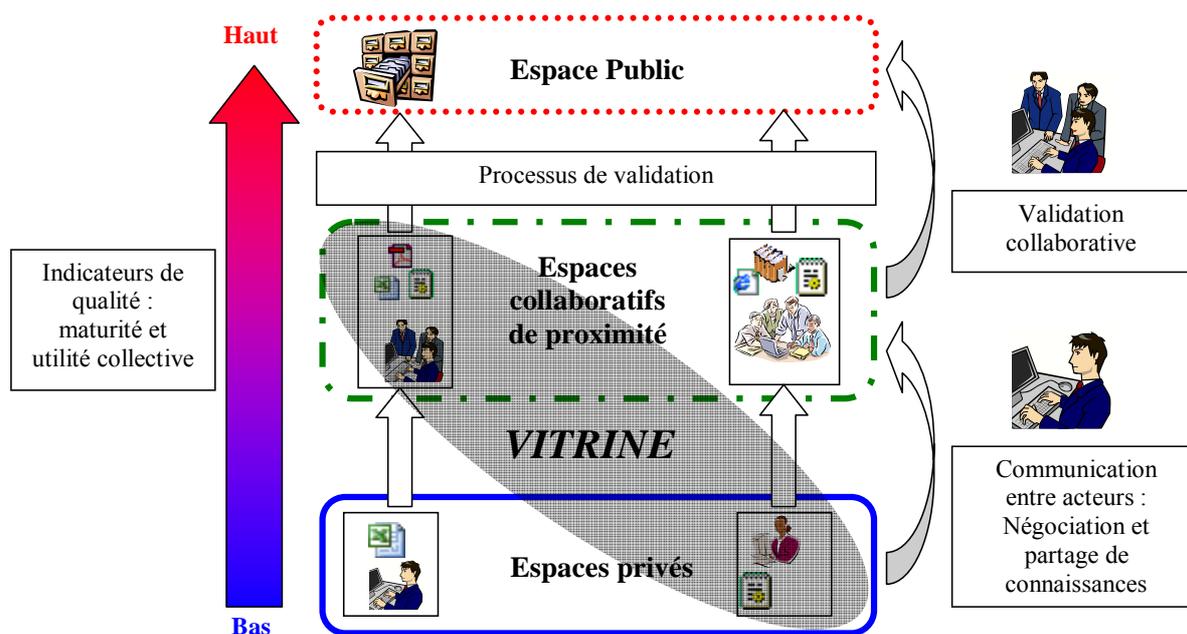


Figure 15 Les principaux concepts de notre approche ascendante [Beylier et al., 2007]

Pour gérer les connaissances techniques au sein d'un bureau d'études, nous proposons une approche mixte reposant sur une formalisation progressive des connaissances que nous associons à un encouragement à la collaboration. Notre approche est orientée sur le long terme car elle permet une appropriation par internalisation de connaissances formalisées. Mais elle conserve un aspect dynamique lié à l'encouragement du partage de connaissances par socialisation. En nous basant sur la complémentarité de ces modes de gestion de connaissances au sein des organisations, nous adressons quelques réponses aux problèmes de formalisation et de réutilisation. Une telle approche collaborative de gestion des connaissances permet aussi de minimiser les coûts en temps et en personnel liés à la gestion des connaissances et peut donc se révéler pertinente dans un contexte industriel et notamment pour les PME.

Ces propositions sont adaptées aux spécificités des PME dans la mesure où elles peuvent se dérouler sans l'intervention d'ingénieurs de la connaissance. Pour supporter cette approche de gestion de connaissances, nous proposons de mettre à la disposition de l'équipe métier ou de la communauté de pratique un outil destiné à la gestion des *Informations Support*. Nous présentons dans le chapitre suivant l'outil proposé, appelé KALIS⁵⁸, et nous décrivons sa mise en œuvre chez ANTECIM.

⁵⁸ Knowledge about Activities as a Link to Information Sharing

Chapitre V. Vers un système de gestion de connaissances adapté au métier du calcul et intégré dans la structure de l'entreprise

Nous avons présenté dans le chapitre précédent les concepts principaux de notre approche collaborative de gestion des connaissances. Nous avons notamment insisté sur le fait que l'intégration des systèmes de gestion des connaissances au sein des activités permet de renforcer l'utilité et la facilité d'utilisation perçue par les acteurs. Ainsi, la plupart des systèmes de gestion des connaissances sont configurés afin qu'ils correspondent aux activités et aux modes de fonctionnement propres à l'entreprise dans laquelle ils sont introduits.

Même dans un contexte de PME, cet aspect ne doit pas être négligé lors de la mise en place d'un système de gestion des connaissances. Il doit même représenter une partie importante de l'investissement de l'entreprise dans la démarche.

Néanmoins, en raison des contraintes imposées par les petites structures, la configuration du système à l'entreprise doit pouvoir se dérouler sans interventions lourdes d'ingénieurs de la connaissance et ne doit pas nécessiter de développements informatiques trop coûteux.

Ce chapitre présente l'application de notre approche au métier du calcul et au fonctionnement du bureau d'études d'ANTECIM. Tout d'abord, nous revenons sur les verrous identifiés sur le terrain pour instancier les concepts proposés en fonction des spécificités du métier du calcul. Ensuite, nous décrivons le principe de fonctionnement de KALIS⁵⁹, l'outil développé dans le cadre de nos travaux de recherche et supportant les concepts exposés au quatrième chapitre. KALIS propose certaines fonctionnalisés génériques, mais il nécessite aussi d'être adapté aux spécificités du métier dans lequel il est intégré. La troisième partie de ce chapitre décrit l'intégration de ce système et de notre approche de gestion des connaissances dans les activités des ingénieurs d'études et le fonctionnement de l'entreprise ANTECIM. Nous terminons ce chapitre par la présentation d'un scénario décrivant de façon théorique le fonctionnement de KALIS.

1. Un retour sur les besoins observés sur le terrain pour instancier notre approche au métier du calcul

Pour que l'approche soit pertinente pour les acteurs du bureau d'études, nous nous appuyons sur nos observations de terrain pour identifier quels sont les objets techniques qui peuvent

⁵⁹ Knowledge about Activities as a Link to Information Sharing

correspondre aux *Informations Support* et comment peut être caractérisé leur contexte d'utilisation.

1.1 Quelles sont les Informations Support pour le métier du calcul ?

Nous avons vu au deuxième chapitre (cf Chapitre II. 4.3.2) que les ingénieurs d'études utilisent des macros et des feuilles de calcul, des normes techniques... Une liste descriptive de ces objets est donnée dans le Tableau 2. Ces objets techniques sont à la base du concept d'*Information Support* autour duquel nous avons centré notre approche de gestion des connaissances :

- Ils permettent d'accomplir certaines activités au cours d'un projet de calcul,
- Ils contiennent des connaissances formalisées sur le calcul,
- Ils sont partagés entre les ingénieurs d'étude,
- Ils sont réutilisés dans certains projets.

Le deuxième chapitre 2 (cf. Chapitre II. 4.3.2) montre que chez ANTECIM, ces objets sont souvent partagés entre les ingénieurs pour accomplir leurs calculs mais, qu'il existe des dysfonctionnements relatifs à leur gestion au sein du bureau d'études (objets identiques souvent reconstruits, difficiles à retrouver, à réutiliser...). En appuyant notre démarche de gestion des connaissances sur ces objets, nous avons pour objectif initial d'améliorer leur gestion au sein de l'entreprise.

A cet ensemble d'informations basées sur des supports physiques ou numériques, nous nous appuyons sur les travaux de Ammar et al. [Ammar *et al.*, 2005] pour introduire un autre type d'*Information Support* appelé « Recommandation ». Cette *Information Support* est destinée à permettre la formalisation de certains conseils partagés entre pairs lors des phases de collaboration sur un sujet donné.

En effet, nous avons souligné au Chapitre II. 4.4 que les ingénieurs d'études sollicitent parfois d'autres acteurs du même métier pour résoudre un problème précis.

Parmi ces *Informations Support* manipulées et échangées par les ingénieurs d'études au cours d'un projet, nous distinguons notamment celles qui sont développées en interne à l'entreprise et celles provenant de l'extérieur. Par exemple, les feuilles de calcul ou les macros sont généralement mises au point par les ingénieurs d'étude de l'entreprise. Par contre, les normes techniques contiennent des règles métier validées et consensuelles tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de l'entreprise. Le respect de ces normes est parfois spécifiquement imposé par le client, et même dans certains cas, certaines sont fournies au bureau d'études par le client.

1.2 Dans quels contextes ces Informations Support sont-elles utilisées au cours des projets de calcul ?

Pour faciliter la réutilisation des *Informations Support*, notre approche propose de leur associer une description et des Traces d'usage et d'évolution. Nous avons vu dans le chapitre précédent que la structure de description des *Informations Support* peut être générique car elle est basée sur le standard proposé par le Dublin Core Metadata Initiative [DCMI, 2006]. Mais,

les Traces permettant d'associer des informations contextuelles aux *Informations Support* restent spécifiques au métier et à l'organisation considérée.

Pour mettre au point la structure de ces Traces, nous proposons d'identifier quelles sont les spécificités du contexte d'activité pertinentes pour le métier du calcul et représentatives des processus et des activités accomplies au cours d'un projet.

Pour spécifier le contexte d'activité correspondant au métier du calcul, nous nous sommes basés sur des travaux issus de la littérature et nos observations de terrain chez ANTECIM.

Dans un premier temps, l'organisation par affaires d'ANTECIM, nous permet de caractériser le contexte d'activité en spécifiant :

- L'*identifiant du projet* en cours et le *client* pour définir le **contexte du projet**.
- Le *domaine scientifique* et l'*ingénieur d'étude* pour préciser le **contexte de l'étude**.
- L'*activité courante* et l'*objectif* caractérisent le **contexte de l'activité**.

Le Tableau 6 montre que nous associons à ces descripteurs du contexte des connaissances déclaratives et de motivation. Ainsi, les Traces apportent uniquement des renseignements sur le contexte dans lequel se déroule une activité et n'indiquent pas comment celle-ci doit être accomplie.

Contexte	Descripteurs	Connaissances
Projet	Identifiant du projet	Déclaratives
	Client	
Etude	Ingénieur d'étude	
	Domaine scientifique	
Activités	Activité courante	
	Objectif	

Tableau 6 Les descripteurs du contexte d'activité

Au sein de l'entreprise ANTECIM, des codes spécifiques permettent d'identifier précisément les projets, les clients et les ingénieurs d'étude. Notre dispositif reprend ces mêmes codes car ils ont un sens au sein de l'organisation.

Ces descripteurs permettent d'identifier, avec un point de vue spécifique à l'organisation, le contexte dans lequel se déroule une activité car ils apportent des renseignements sur le projet et l'étude en cours.

Pour détailler avec un point de vue métier (ici le métier est le calcul) le contexte dans lequel se déroule une activité, nous précisons le domaine scientifique. Pour cela, nous reprenons la taxonomie proposée par Shanbhag et al [Shanbhag et al., 2001] déclinant les types de comportement physiques étudiés.

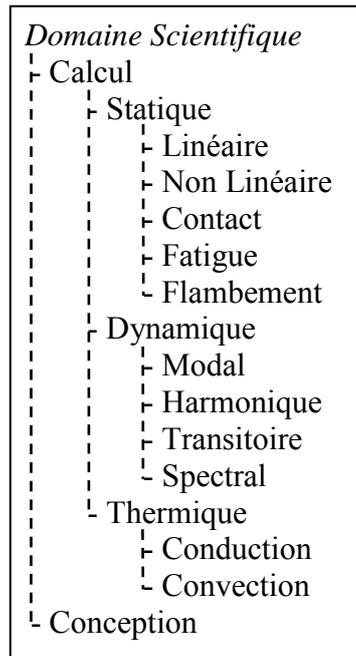


Figure 16 Domaines scientifiques implémentés dans KALIS

Nous précisons encore le contexte d'activité en identifiant un ensemble d'activités successives, au sein des trois grandes phases du processus de réalisation d'un calcul souvent employées dans la littérature sur le calcul (cf. Chapitre I. 1.1). En effet, nos observations ont montré que cette décomposition n'est pas suffisamment précise pour définir quelles activités sont accomplies pendant la réalisation d'un calcul ou pour identifier les types de connaissances mobilisées par les ingénieurs d'études. Nous avons alors précisé nos analyses de terrain en observant le processus de calcul au niveau des activités réalisées pour identifier celles qui sont récurrentes entre plusieurs projets.

Ainsi, nos observations montrent que les ingénieurs d'étude accomplissent successivement au cours d'un calcul un certain nombre d'activités que nous décrivons ci-dessous.

- La *construction du problème* consiste à la compréhension du problème et à la formulation d'hypothèses conduisant à la construction du modèle physique.
 - **Analyse préliminaire** : insertion dans le problème à résoudre, recherche des informations...
 - **Définition des hypothèses** : découpage de l'étude en sous problèmes plus simples, formulations d'hypothèses sur le comportement physique du produit.
 - **Définition des critères** : choix de limites admissibles sur le comportement du produit.
 - **Définition des matériaux** : choix de la modélisation du comportement des matériaux et détermination des caractéristiques mécaniques des composants du produit.
- La *résolution du problème* concerne la partie réalisation effective de l'étude, pendant laquelle différents outils sont utilisés afin de construire le modèle de simulation.

- **Modélisation** : représentation du produit en fonction des hypothèses définies précédemment en fonction des possibilités des outils de calcul.
 - **Définition des conditions aux limites** : représentation dans un outil de calcul des liaisons entre le système et l'extérieur.
 - **Définition des chargements** : représentation dans un outil de calcul des actions extérieures exercées sur le système.
 - **Lancement du calcul** : choix de méthodes de résolution et lancement effectif du calcul.
- L'interprétation du résultat apporte un jugement sur le comportement du produit, par comparaison des résultats obtenus à l'objectif de l'étude, aux critères et aux hypothèses choisis.
- **Dépouillement des résultats** : étude des résultats du calcul et du comportement simulé du produit en fonction des hypothèses de départ.
 - **Vérification Contrôle**⁶⁰ : vérification de la validité des hypothèses, du modèle de simulation, et des résultats obtenus (réactions aux appuis, respect des ordres de grandeurs...).
 - **Réponse au client** : rédaction d'une note de synthèse, présentant les aspects de l'étude jugés pertinents par l'ingénieur d'étude.

En définissant de façon unique chaque domaine scientifique et les types d'activités réalisées, nous contribuons à poser un vocabulaire commun entre les acteurs. Cela, nous permet aussi de situer le déroulement d'une activité de façon précise au sein des processus de l'entreprise. Nous formalisons les connaissances de motivation de l'acteur relatives à l'utilisation d'une *Information Support* grâce au descripteur « *Objectif* » que l'ingénieur d'étude peut remplir librement.

La Figure 17 montre un projet de calcul dans lequel une étude conduit à traiter des données d'entrée pour établir des livrables (informations projet). Il apparaît sur celle-ci une *Information Support* qui est utilisée pour accomplir une activité. En associant à l'*Information Support* utilisée certains descripteurs du contexte (du projet, de l'étude et de l'activité), l'ingénieur d'étude formalise ainsi certaines connaissances déclaratives et de motivations liées à son activité en cours. Et il précise à quoi lui a servi l'*Information Support* au cours du projet.

En résumé, pour adapter notre approche aux spécificités du métier du calcul, nous avons identifié certains types d'*Informations Support* partagées par les ingénieurs d'étude. Nous avons aussi défini les activités récurrentes au cours de la réalisation d'un calcul par éléments finis.

⁶⁰ Cette vérification est faite par l'ingénieur d'étude et aussi par un vérificateur.

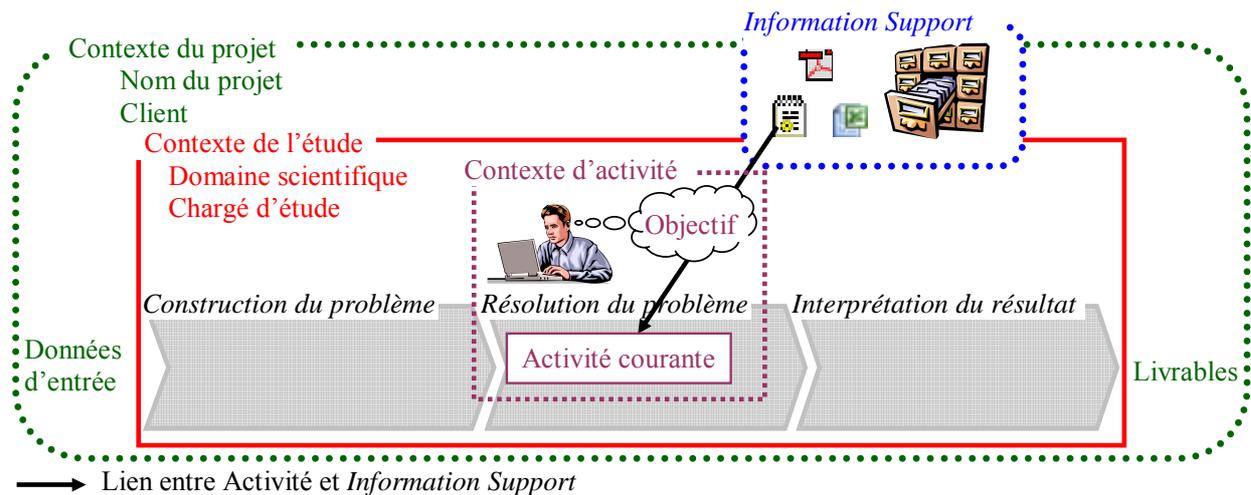


Figure 17 Contexte, activités et Informations Support

2. L'outil KALIS : Un support au partage de connaissances

Nous avons développé un outil informatique pour implémenter et valider les concepts de notre approche collaborative de gestion de connaissances. Cet outil est destiné à supporter la formalisation de connaissances sur les activités accomplies au cours d'un projet et à favoriser le partage d'informations utiles pour ces activités. Nous l'avons nommé KALIS, pour, *Knowledge about Activities as a Link to Information Sharing*.

KALIS permet aux acteurs d'une même équipe métier⁶¹, ou d'une communauté de pratiques, de partager et de collaborer, pour mettre au point certaines *Informations Support*.

Il offre un dispositif de stockage facile à utiliser et limitant les coûts liés à la codification de connaissances. Le stockage dans KALIS doit en effet concurrencer le stockage sur les disques durs personnels. L'objectif ici est d'obtenir une masse critique d'utilisateurs et d'informations.

Cet outil respecte aussi la propriété intellectuelle, les informations des utilisateurs, et valorise les contributions. Cela permettra d'instaurer un climat de confiance, et une dynamique de partage, fondées sur la mise en valeur de la *Conscience collective* au sein de l'organisation.

Il est important que les ingénieurs retirent des bénéfices à court terme de son usage, pour que cet outil soit bien accepté et que les acteurs adhèrent à la démarche de gestion des connaissances.

2.1 Une présentation générale de KALIS

KALIS permet de mettre en œuvre au sein de l'entreprise une gestion des *Informations Support*. Autour de celles-ci, il supporte les acteurs pour qu'ils formalisent leurs connaissances au fil de l'eau. Son architecture supporte notre approche ascendante car son contenu peut évoluer facilement. En outre, il supporte le partage progressif d'*Informations*

⁶¹ Dans notre cas, ce sera une équipe d'ingénieurs calculs.

Support et la mise en relation d'experts. Enfin, il dispose de fonctionnalités permettant aux acteurs d'évaluer la maturité des informations qu'ils manipulent.

Plus précisément, l'architecture de base de KALIS est constituée d'un espace commun dans lequel les acteurs peuvent archiver, utiliser, partager et valider les *Informations Support* qu'ils utilisent au cours des projets (cf. Figure 18).

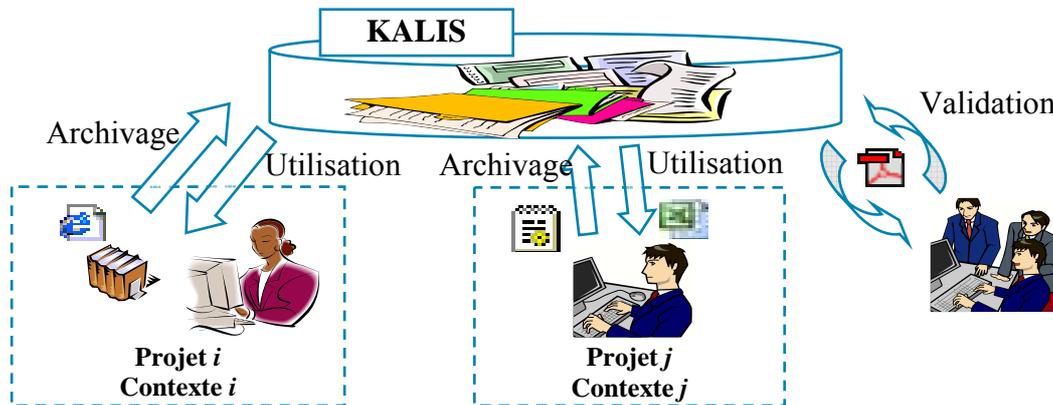


Figure 18 Principe de fonctionnement de KALIS [Beylier et al., 2006b]

Cet espace commun est basé sur le principe de **knowledge repository**, car il contient un ensemble d'*Informations Support* associées à des connaissances explicites, accessibles aux membres de l'organisation. KALIS partage quelques similitudes avec les **Design Repositories** qui sont spécifiquement orientés vers la récupération et la réutilisation [Szykman et al., 2000]. En effet, le principe de KALIS est de fournir un système de **stockage commun** permettant aux utilisateurs de gérer des **informations techniques**.

Son **contenu** est plus **évolutif** que celui d'une simple base de données ou un PDM, et, il est adapté à des types d'**informations hétérogènes**.

Dans KALIS, la **procédure de stockage** des *Informations Support* est **simplifiée** au maximum car elle est basée sur un ensemble de métadonnées qu'il est possible de renseigner librement. Par la suite, les *Informations Support* sont **indexées au cours de leur utilisation** par les acteurs grâce à des descripteurs du contexte prédéfinis en fonction des **activités métier** accomplies au cours d'un projet.

Enfin, il offre des possibilités de **partage** de connaissances par *socialisation* et supporte ainsi les activités des communautés de pratiques à la manière des **knowledge networks**.

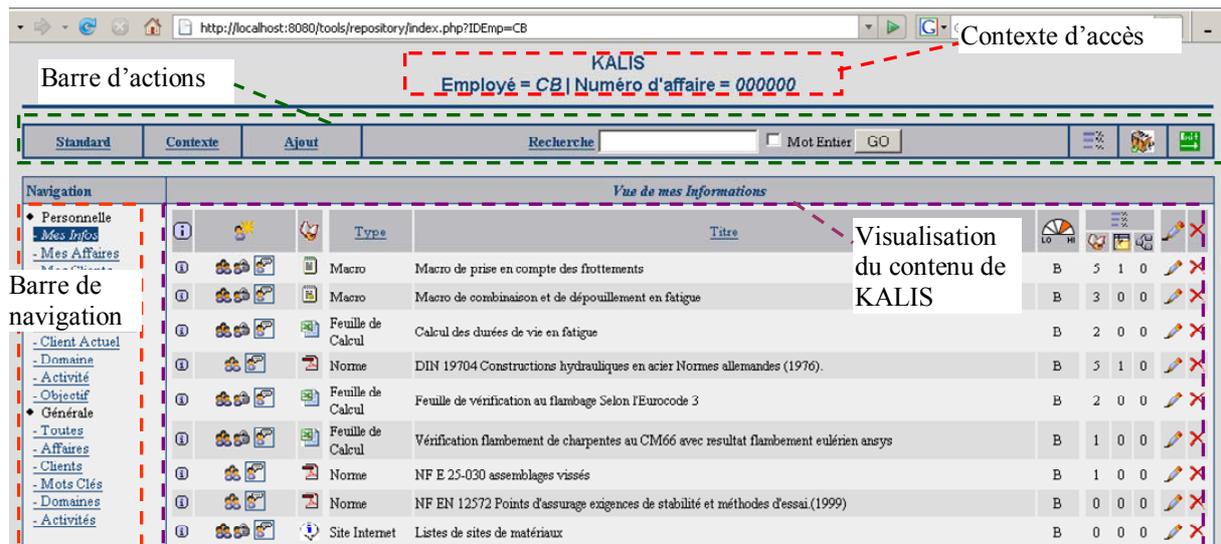


Figure 19 Une vue de la page principale de KALIS

Sur la Figure 19, nous avons encadré les différentes rubriques de la page principale de KALIS :

- Le cadre *Contexte d'Accès* contient une description de certains éléments du contexte accès comme l'identifiant de l'ingénieur d'étude, le projet en cours ou le client.
- Le cadre *Barre d'actions* contient un ensemble de boutons permettant d'exécuter des actions (navigation standard, affichage d'informations contextuelles, ajout d'informations recherche...).
- Le cadre *Barre de navigation* contient des boutons permettant d'afficher différentes « vues » du contenu de l'outil (vue personnelle, contextuelle ou générale). Grâce à celles-ci, l'acteur peut obtenir des listes filtrées d'*Informations Support* sur les projets qu'il a traités, sur celles utilisées pour un client donné...
- Le cadre *Visualisation du contenu* donne une vue des *Informations Support* contenues dans KALIS dépendante du filtre sélectionné dans la barre de navigation. Elles sont décrites de façon synthétique (type d'information, titre, espaces de travail, niveau de maturité...). Selon leurs droits d'accès aux informations, les utilisateurs peuvent aussi les modifier ou les supprimer.

A partir de cette page principale offrant une vue globale et synthétique, les actions réalisées par les utilisateurs font apparaître de nouvelles fenêtres spécifiques et précisent certains renseignements sur les *Informations Support*. Ainsi, l'utilisateur peut accéder et modifier le contenu de l'outil de manière dynamique.

Nous allons maintenant décrire plus précisément le fonctionnement de KALIS afin de montrer comment les concepts de notre approche peuvent être implémentés au sein d'un environnement informatique.

2.2 Le fonctionnement de KALIS

KALIS est un logiciel destiné à fonctionner au sein d'un intranet, pour cela, il est basé sur une architecture trois tiers reposant sur un serveur Apache, un serveur MySQL et le langage

PHP⁶². L'accès aux informations s'effectue à partir d'un navigateur Internet par l'affichage de pages HTML⁶³ générées dynamiquement à partir du contenu d'une base de données.

Ce type d'architecture est centré autour d'un serveur de base de données traitant des requêtes en langage SQL⁶⁴ et un serveur d'applications interprétant le PHP. Nous avons opté pour ce type de technologie pour la flexibilité et la portabilité qu'ils offrent. Les performances offertes par les architectures trois tiers ont aussi été un critère de choix prépondérant.

En plus de ces considérations technologiques, le choix d'une telle architecture a été fait en vue de son déploiement au sein de l'entreprise ANTECIM. Nous avons aussi tenu compte des contraintes liées à l'acceptation des outils de gestion de connaissances et à la dimension de l'entreprise.

Avec ce type d'architecture, les utilisateurs du système peuvent accéder aux informations sans avoir à installer de logiciel particulier. Ce critère est un élément important car il permet un déploiement rapide des outils au sein de l'organisation. De même, la maintenance de ces systèmes est réalisée sur le serveur, ce qui facilite l'évolution de l'outil et son déploiement.

La facilité d'utilisation de l'outil est un critère important pour la gestion de connaissances, et qui est grandement influencée par l'accessibilité de l'outil au sein de l'organisation. Ce type d'architecture répond bien à ce besoin, car il supporte des accès concourants en lecture et en écriture sur la base de données. La rapidité de traitement des requêtes est aussi une caractéristique positive des serveurs de bases de données. Dans un contexte d'entreprise plus importante, il serait possible de se baser sur des serveurs de bases de données plus puissants que celui de MySQL comme Oracle par exemple.

Enfin, l'administration de la base de données MySQL est simple à réaliser grâce à des outils interactifs comme PhpMyAdmin⁶⁵ qui sont supportés par des communautés Open Source⁶⁶.

L'inconvénient de l'architecture choisie est principalement lié à l'ergonomie des pages HTML souvent basées sur des formulaires. Ces pages sont générées côté serveur ce qui limite l'interactivité sur les postes clients et peut avoir des influences sur la facilité d'utilisation perçue. Des langages comme le Java⁶⁷ permettent plus d'interactivité, mais les plateformes logicielles qui leurs sont associées sont plus lourdes à développer et à mettre en œuvre. Pour construire notre prototype d'outil informatique, nous avons privilégié le temps de développement à l'interactivité.

2.3 La formalisation de connaissances sur les *Informations Support*

Conformément à l'approche que nous proposons, avec KALIS, la formalisation de connaissances peut s'effectuer en plusieurs phases. Elle se concrétise par la description des *Informations Support* lors de leur ajout dans l'outil et par leur indexation en fonction de leur usage.

⁶² PHP: Hypertext Preprocessor

⁶³ HyperText Markup Language, Pour plus de renseignements, voir <http://www.w3.org/>

⁶⁴ Structured Query Langage. Pour plus de renseignements, voir la norme ISO/CEI 9075:2003.

⁶⁵ <http://www.phpmyadmin.net/>

⁶⁶ Pour plus de renseignements voir <http://www.opensource.org/>

⁶⁷ <http://www.java.com/>

2.3.1 L'ajout et la description d'informations

Pour permettre la collecte des *Informations Support* utilisées au cours d'un projet, nous avons mis en place un dispositif de stockage aussi simple que possible, car notre intention est de limiter la surcharge de travail liée à l'ajout d'informations dans KALIS.

La Figure 20 présente l'ajout d'une information dans KALIS. L'ingénieur dispose de plusieurs champs dans lesquels il peut décrire le *titre*, le *type*, l'*origine*, les *mots clés*, la *description détaillée*, et donner un commentaire sur sa création. Il peut ajouter un fichier en pièce jointe représentant l'*Information Support* qui sera alors copiée sur le serveur hébergeant KALIS.

Ces champs permettent d'associer les métadonnées définies au Chapitre IV. 2.1.1 à l'*Information Support*. L'objectif est d'inciter le contributeur à formaliser, au fil de l'eau, certaines de ses connaissances déclaratives, procédurales et de jugement sur l'information concernée.

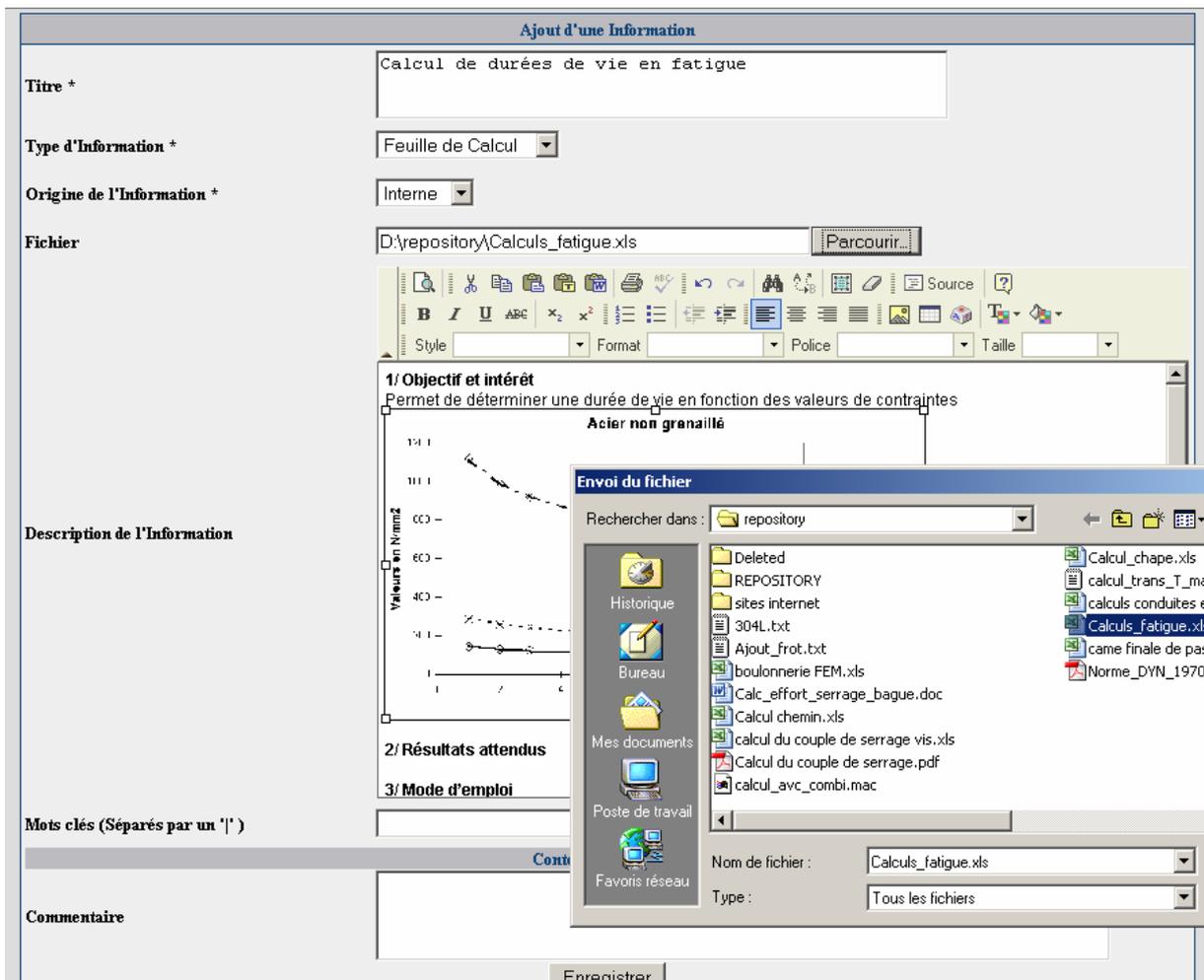


Figure 20 Ajout et description d'une Information Support

Lors de l'ajout, il n'est pas forcément nécessaire de décrire tous les champs. Le champ destiné à la description d'une information est basé sur du texte libre. Pour faciliter cette description, KALIS a été doté d'un éditeur WYSIWYG⁶⁸ permettant de convertir du texte en HTML. Cet éditeur⁶⁹, aussi soutenu par une communauté Open Source, permet de mettre en forme la description des informations et aussi d'ajouter des images ou des schémas indispensables à la communication dans le domaine technique.

Le contexte dans lequel s'est déroulé l'ajout de l'*Information Support* est mémorisé automatiquement dans la Trace d'évolution à partir des renseignements⁷⁰ donnés lors de l'accès à KALIS. En effet, la création d'une *Information Support* représente l'intervention initiant la Trace d'évolution. Nous détaillerons la construction des Traces d'évolution au paragraphe 2.5.

Aucune action supplémentaire n'est nécessaire pour réaliser le stockage d'une *Information Support* sur le serveur. En outre, il n'est pas demandé au *Contributeur* de choisir une place dans une arborescence ou une classification prédéfinie car l'indexation d'une information s'effectue lors de son usage. De cette manière, nous évitons quelques unes des difficultés liées à la mise en place de classifications prédéfinies, que nous avons énoncées au troisième chapitre (cf. Chapitre III. 2.1).

2.3.2 La Trace des usages, le dispositif d'indexation des *Informations Support*

Notre approche de gestion des connaissances propose de faciliter la réutilisation en associant aux *Informations Support* des informations contextuelles sur leur usage. Pour cela, nous proposons d'enrichir la description des *Informations Support* en leur ajoutant des Traces d'usage (cf. Chapitre IV. 1.2).

Pour construire ces Traces d'usage au fil de l'eau, il est impératif de proposer à l'acteur de formaliser certaines connaissances contextuelles au moment de l'utilisation d'une *Information Support*.

Dans KALIS, ceci est réalisé par le dispositif suivant. Lorsqu'un ingénieur souhaite utiliser une *Information Support*, juste avant qu'il puisse accéder à celle-ci, une fenêtre de KALIS apparaît (cf. Figure 21). Cette fenêtre est destinée à renseigner certains descripteurs du contexte d'activité et permet de construire les Traces d'usage de l'*Information Support*.

Dans cette fenêtre, l'utilisateur peut spécifier le domaine scientifique, son activité courante et son objectif. Ainsi, il formalise certaines connaissances sur le contexte et plus particulièrement sur le projet, l'étude en cours et sur son activité.

⁶⁸ What You See Is What You Get

⁶⁹ <http://www.fckeditor.net>

⁷⁰ L'ingénieur d'étude, le projet en cours ou le client.

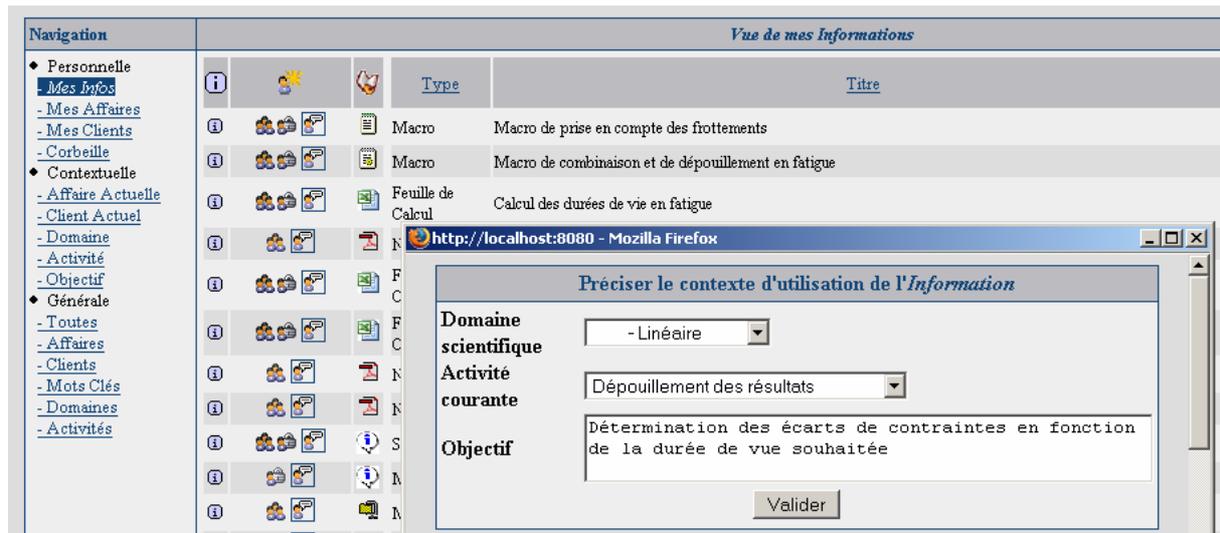


Figure 21 Description du contexte d'utilisation

Ces descripteurs représentent une partie de ceux définis dans le Tableau 6. Les autres, portant sur le projet, le client et l'ingénieur d'étude sont obtenus lors de la connexion à KALIS. Ces renseignements sur l'activité en cours permettent de savoir dans quels contextes une information est utilisée (projets, études, activités). Ils viennent s'ajouter à la Trace d'usage de l'Information Support.

Le diagramme UML ci-dessous montre la construction des Traces d'usage basées sur l'association entre les Informations Support et les activités accomplies au cours des projets (cf. Figure 22). Quand un acteur utilise une Information Support une instance de l'association ContextsOfUtilisation est créée, ce qui permet de tracer son usage.

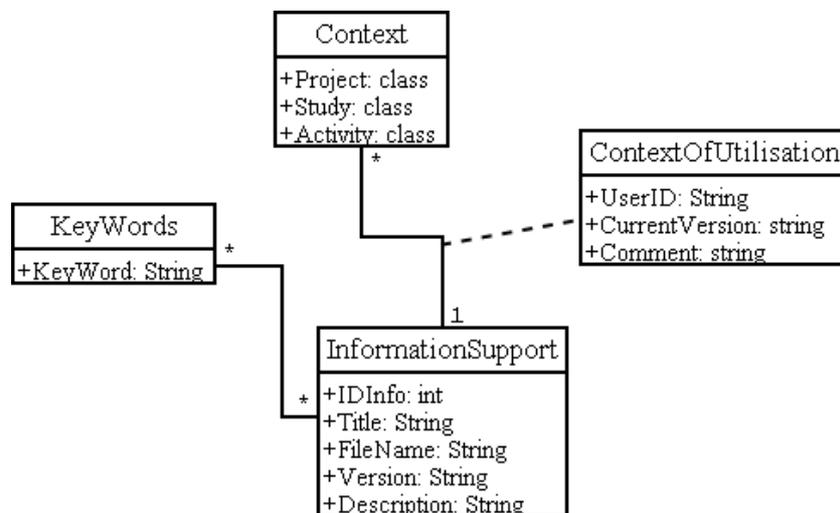


Figure 22 Association des Informations Support avec leur contexte d'utilisation

Les descripteurs du contexte facilitent la réutilisation d'Informations Support car ils décrivent les activités accomplies au cours d'un projet. En indiquant à quoi a servi une Information Support au cours d'un projet, KALIS oriente les acteurs vers des informations potentiellement

utiles dans un contexte donné. Elles sont donc potentiellement réutilisables dans d'autres projets pour lesquels les activités à accomplir sont similaires.

Ce processus de formalisation au fil de l'eau, basé sur une description sommaire et la trace des usages, ne permet pas de formaliser toutes les connaissances mobilisées par un acteur lors de l'utilisation d'une information. Par conséquent, il faut dans un premier temps encourager la collaboration entre les acteurs pour accompagner l'appropriation d'une *Information Support* et puis permettre l'évolution du contenu de KALIS pour formaliser les connaissances issues de cette collaboration.

2.4 Le partage progressif d'*Informations Support* et la mise en relation des acteurs

L'approche ascendante que nous proposons est principalement basée sur l'augmentation de la *Conscience collective* au sein des équipes métier. Ceci se retrouve dans les fonctionnalités de KALIS car il dispose de plusieurs moyens pour rechercher des informations et de vitrines permettant l'identification d'informations au sein de tous les espaces de travail de l'entreprise.

2.4.1 La recherche d'*Informations Support*

Nous avons vu précédemment que la recherche d'informations pose certaines difficultés. KALIS propose deux dispositifs de recherche complémentaires, l'un basé sur une recherche textuelle et l'autre basé sur les contextes d'activités :

- Recherche plein texte : le moteur de recherche parcourt les descriptions des informations ajoutées par les ingénieurs. Il pointe les *Informations Support* correspondantes et fournit un lien vers les experts qui les ont déjà utilisées.
- Recherche contextuelle : Affiche des listes d'informations filtrées selon certains points de vue dépendants du contexte comme le projet, le client, le domaine scientifique, l'activité actuelle.

Chacun de ces types de recherche permet d'identifier des informations et des experts susceptibles d'apporter une aide au cours d'un projet. Dans KALIS, la recherche porte sur toutes les *Informations Support* qu'il contient, néanmoins, ces dernières ne sont pas toutes directement utilisables. En effet, il peut arriver que certaines informations soient stockées dans des espaces de travail auxquels l'acteur n'a pas accès.

2.4.2 Les espaces de travail et les vitrines

Dans KALIS, les *Informations Support* sont partagées au travers de trois types d'espaces de travail *privés*, *de proximité* et *public*.

Le diagramme de classe ci-dessous montre comment sont gérés ces espaces de travail. Chaque *Information Support* appartient à un espace de travail auquel peuvent accéder divers utilisateurs. Chaque ouverture d'accès à un espace de travail est gérée par la classe *AccessManager* qui permet de suivre et d'identifier les dates et les acteurs du partage d'information.

Au départ, chaque *Information Support* créée appartient à l'espace privé de son créateur car c'est lui le seul acteur à l'avoir manipulée.

Le partage d'une *Information Support* consiste donc à intégrer un nouveau participant au sein de l'espace de travail. KALIS mémorise au passage la date du partage et l'identifiant de l'acteur qui a partagé l'*Information Support* (*SharingResponsible*). Lorsque le second acteur intervient sur celle-ci, l'espace de travail de l'information devient un espace de proximité dans lequel, les utilisateurs peuvent collaborer.

Au passage dans l'espace public, les évolutions de l'*Information Support* sont alors contrôlées par l'animateur de la démarche.

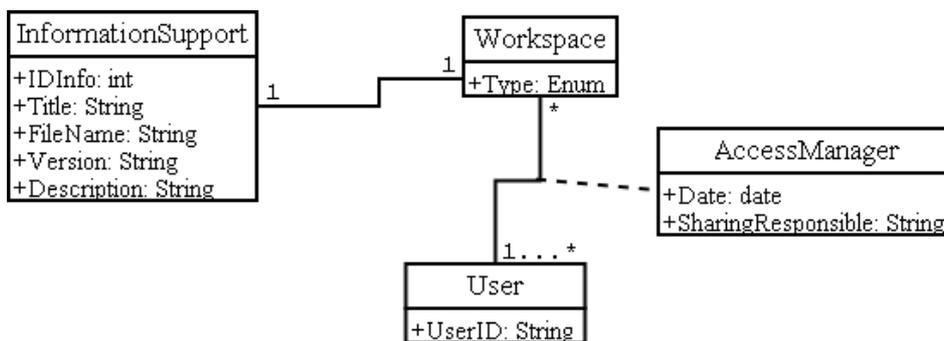


Figure 23 La gestion des espaces de travail.

La partie droite de la Figure 24 montre une vue du contenu de KALIS représentant diverses *Informations Support* qui appartiennent à des espaces de travail différents. Sur cette vue, l'utilisateur de KALIS peut directement savoir dans quel espace se trouve une *Information Support* car ils sont représentés par trois symboles différents (voir la légende sur la figure).

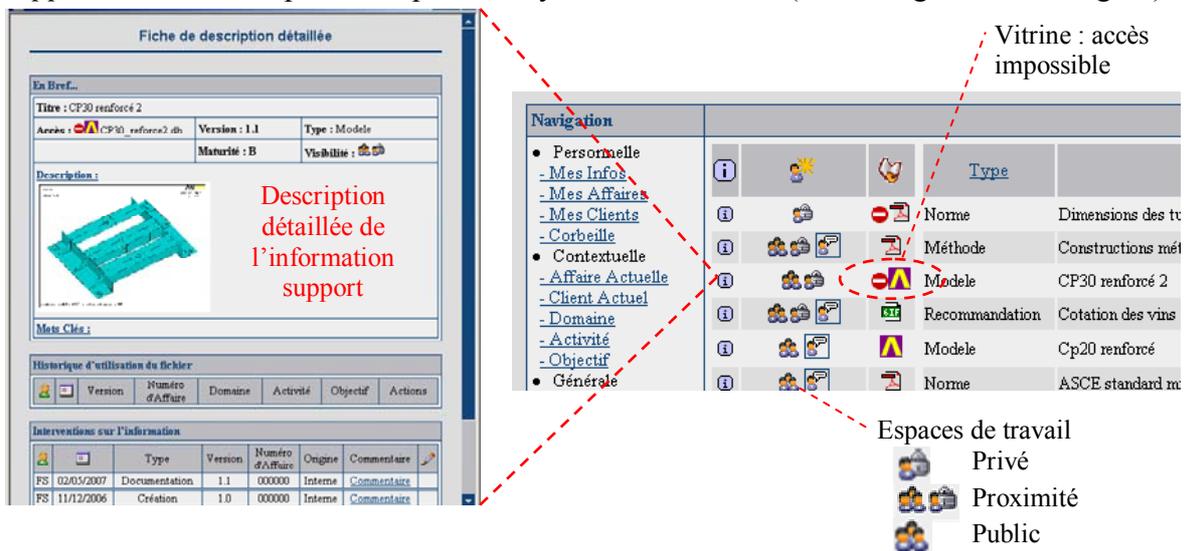


Figure 24 Les espaces de travail et la vitrine.

Cette figure montre aussi une *Information Support* contenue dans une vitrine, cela signifie qu'elle n'est pas directement accessible par l'*Utilisateur* connecté à KALIS. Cet acteur peut tout de même accéder à sa description détaillée (cf. Figure 24, partie gauche) qui lui permet de savoir si cette information peut lui être utile.

Ces espaces de travail et le concept de vitrine sont les dispositifs de base de la collaboration que nous proposons autour de l'outil KALIS. Favoriser les interactions entre les acteurs a pour objectif de leur permettre de mettre au point des informations fiables ainsi que de leur associer des descriptions compréhensibles au sein de l'organisation. Pour cela, il est nécessaire que ces interactions s'accompagnent d'une évolution du contenu KALIS.

2.5 Les Traces d'évolution du contenu

Même si plusieurs types d'interventions sur les *Informations Support* enrichissent les Traces d'évolution, seules celles contribuant à la formalisation des connaissances sont détaillées ici. Pour permettre une formalisation progressive des connaissances sur les informations manipulées, KALIS permet d'ajouter des annotations aux *Informations Support* et de collaborer pour les décrire.

2.5.1 Les annotations, un moyen léger de documenter les *Informations Support*

Les annotations permettent de documenter facilement des *Informations Support* dans la mesure où leur ajout reste peu coûteux pour les *Contributeurs*. Dans le cadre de notre approche, l'action d'ajouter ou de modifier une annotation est incluse dans la Trace d'évolution des *Informations Support*, elles correspondent à une « documentation » de l'*Information Support*.

Deux méthodes existent pour implémenter un dispositif d'annotation au sein d'un système de gestion de connaissances. La première consiste à développer des interfaces spécifiques aux logiciels de création d'*Informations Support* (traitement de texte, tableur, outil de calcul...). Elle permet d'ajouter les annotations directement dans le fichier de l'*Information Support*. La seconde est moins coûteuse en terme de temps de développement car elle s'effectue en ajoutant les annotations au sein du système de gestion de connaissances. Par contre, une telle solution est beaucoup moins conviviale et facile à utiliser.

Dans le prototype KALIS, nous avons tout de même opté pour la seconde méthode afin de minimiser les coûts de développement. Ainsi, l'ajout d'annotations s'effectue à partir de la page de visualisation d'une *Information Support* (cf. Figure 25). Chacune des lignes représente une annotation sur l'information concernée.

Sur cette image, il est aussi possible de constater que la visualisation des *Informations Support* s'effectue directement au sein de KALIS. De cette manière, les acteurs peuvent visualiser à partir de la même page la description, les annotations et le contenu de l'*Information Support* qu'ils utilisent.

The screenshot displays a web interface for document management. At the top, there is a navigation bar with the following elements:

- Actions:** Annotations, Liens, Modifier, Mots Clés, and a 'Télécharger' button.

Below this, a section titled 'Annotations' indicates 'Il y a 2 annotation(s) associée(s) à cette information'. A table lists these annotations:

	Plus d'informations	Type	Position	Texte
CE07/03/2007	Contexte	Annotation	Page 28	Dimensionnement des éléments de machine
CE30/03/2005	Contexte	Annotation	page 27	Utilisation du tableau 3 pour définir les critères

Below the table, there is a 'Description' section with the following text:

Description :
Contenu :
 Norme de calcul des constructions hydrauliques
Localisation : étagère technique
Numéro 134

A link is provided: 'Cliquer sur ce Lien pour consulter le fichier : Norme DYN 19704 Ouvrages Hydrauliques.pdf'.

The bottom part of the screenshot shows a PDF viewer toolbar with a search bar and navigation buttons. The PDF content is visible, showing a title page for 'Constructions hydrauliques en acier - Partie 1 : bases de calcul'.

Figure 25 La visualisation d'une Information Support et les annotations associées

2.5.2 Le wiki, un dispositif de documentation et de modification des Informations Support

Les **Wiki** sont des systèmes de gestion de contenu de sites Web permettant aux utilisateurs (pas forcément spécialistes) d'éditer et de créer librement des pages à partir d'un simple navigateur internet [Leuf et Cunningham, 2001].

Le principe des outils de Wiki⁷¹ se prête bien à l'approche que nous proposons. Nous nous appuyons sur ce type d'outil pour organiser les contributions réalisées par un groupe de personnes sur une *Information Support* donnée.

Les Wiki offrent des possibilités d'édition et de suivi des modifications aussi existantes dans les systèmes de Gestion Electronique de Documents (GED). Et surtout, ils apportent des possibilités d'édérations collaboratives de documents minimisant les contraintes (et donc les coûts) pour les *Contributeurs*.

⁷¹ Pour de plus amples informations consulter le site <http://www.wiki.org/>

Les outils de Wiki favorisent cette collaboration en minimisant les coûts de transaction nécessaires pour changer ou modifier une information [Neus, 2001]. Ainsi, sans l'intervention de modérateurs, il n'y a, à priori, rien dans un Wiki pour empêcher les personnes malveillantes de supprimer un paragraphe ou d'écrire des informations erronées. Pourtant, avec les outils de Wiki chaque utilisateur peut effacer facilement les sabotages en sélectionnant une version valide d'une information dans l'historique. Le coût pour un *Contributeur* pour revenir à une version précédente est inférieur à celui d'un sabotage, ce qui a tendance à limiter leur nombre.

Nous nous appuyons sur le principe de revue par les pairs offert par les Wiki pour faire collaborer les acteurs, formaliser leurs connaissances sur un sujet donné et améliorer la qualité du contenu du système de gestion des connaissances. En effet, au sein d'un Wiki, lorsqu'un contenu survit à un nombre important de revues, cela signifie qu'il est manifestement de bonne qualité et surtout qu'il fait consensus parmi l'ensemble des personnes qui ont collaboré.

Dans KALIS, les *Contributeurs* peuvent décrire une information selon leurs besoins, et ainsi formaliser certaines de leurs connaissances. Chaque utilisateur ayant accès à une information a la possibilité de modifier son contenu et sa description. En effet, il est possible de modifier le contenu de l'*Information Support* elle-même. Dans ce cas, KALIS considère que c'est une « Modification » et la version antérieure est conservée. Lorsque l'utilisateur intervient seulement sur la description de l'*Information Support* par l'intermédiaire du Wiki, les changements effectués sont conservés. Cette intervention apparaît comme une « Documentation » de l'*Information Support*.

Sur la Figure 26, il est possible de constater que le numéro de version de l'*Information Support* a évolué. Nous avons mis en place un système de versionnement en deux parties dont la syntaxe est la suivante : X.X. Le premier chiffre représente le nombre de modifications et le second indique le nombre de documentations depuis la dernière modification.

En fonction de l'espace de travail, les utilisateurs ont la possibilité de modifier la description des informations, et cela sans intervention d'un modérateur.

KALIS donne à un groupe d'acteurs la possibilité de modérer le contenu des descriptions sans pour autant faire appel à un expert du domaine. Un historique des interventions sur chaque information est mémorisé. Les utilisateurs peuvent le consulter pour constater les évolutions de certaines d'entre elles car il est accessible à partir de la page de description détaillée des *Informations Support*.

Grâce à cela, KALIS aide les ingénieurs à identifier les études similaires et les experts associés (cf. Figure 26), et constitue également un indicateur sur la validité des informations en question.

The screenshot displays a software interface with several key components:

- Search Results (Résultats de recherche):** A table listing search results with columns for count, icons, and description.

Count	Icons	Description
2	[Info, Search]	Macro de création de la géométrie
1	[Info, Search]	Calcul du séisme suivant des spect
1	[Info, Search]	Convergence rapide des contacts -
1	[Info, Search]	Dimensionnement des boulons sui
- Navigation (Navigation):** A sidebar menu with categories like 'Personnelle', 'Contextuelle', and 'Générale', containing various sub-items.
- Fiche de description détaillée (Detailed description card):**
 - En Bref... (Access Forbidden):** A red box labeled 'Accès Interdit' points to the top of the card.
 - Titre:** Macro de création de la géométrie et du maillage paramétrée
 - Accès:** pied_plat.mac
 - Version:** 3.4
 - Type:** Macro
 - Maturité:** R (highlighted by a red box labeled 'Maturité')
 - Visibilité:** [Icons]
 - Description:**
 - 1/ Objectif et intérêt:** Création de la géométrie et du maillage de pied plat avec paramétrage suivant [Diagram]
 - 3/ Mode d'emploi:** paramètres à modifier dans la macro
 - 4/ En savoir plus:** Modèle plaque
 - 5/ Améliorations possibles:** L'échangeur n'est pas modélisé : à compléter suivant le cas
 - Mots Clés:**
- Historique d'utilisation du fichier (Usage Traces):** A table with columns: Version, Numéro d'Affaire, Domaine, Activité, Objectif, Actions.

Version	Numéro d'Affaire	Domaine	Activité	Objectif	Actions
LA 19/12/2006	2.0	060246	Calcul Statique Linéaire	Modélisation	[Red Circle]
FS 23/11/2006	1.4	000000	Calcul Statique Linéaire	Modélisation	[Red Circle]
FS 23/11/2006	1.3	000000	Calcul Statique Linéaire	Modélisation	[Red Circle]
- Interventions sur l'information (Evolution Traces):** A table with columns: Type, Version, Numéro d'Affaire, Origine, Commentaire.

Type	Version	Numéro d'Affaire	Origine	Commentaire		
DR	07/05/2007	Documentation	3.4	000000	Interne	Commentaire

Figure 26 Description détaillée et historique.

Ce principe de documentation des informations nous paraît particulièrement approprié dans un contexte de PME dans lequel peu de ressources sont généralement disponibles pour effectuer la formalisation des connaissances liées à une *Information Support* ou assurer le rôle de modérateur dans un processus de revue formel.

2.5.3 La construction des Traces d'évolution

Le diagramme UML Figure 27 montre comment sont gérées les interventions⁷² sur les *Informations Support*. Une instance de la classe associative *ContextsOfIntervention* est créée à chaque fois qu'un acteur intervient sur une *Information Support*. Une Trace d'évolution est ainsi constituée. Le suivi de leur évolution permet de connaître leur « l'histoire » et fournit des renseignements sur leur provenance.

⁷² Création, modification, documentation, vérification ou validation.

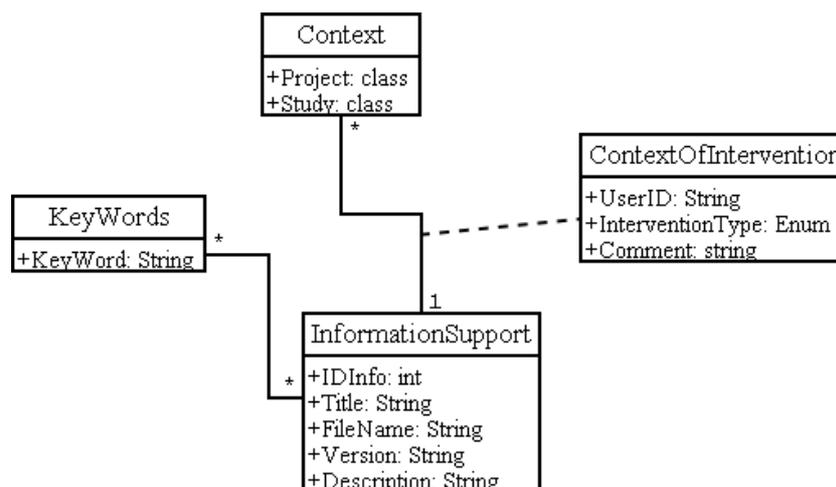


Figure 27 Le suivi des évolutions des Informations Support

2.6 L'évaluation de la maturité des Informations Support

Les Traces d'usage et d'évolution associées aux *Informations Support*, nous servent de base pour évaluer la maturité du contenu de KALIS. Grâce à cela, KALIS valorise les contributions importantes et permet aux acteurs de veiller à la qualité de son contenu.

Nous complétons ainsi le système de Wiki implémenté dans KALIS par un dispositif d'évaluation de la maturité de son contenu. Ces fonctionnalités d'évaluation de la qualité des connaissances formalisées n'existent pas encore sur les outils de Wiki même si des recherches sont en cours sur le sujet (voir [Stvilia et al., 2005]).

Dans KALIS, la maturité des *Informations Support* est évaluée automatiquement à partir de l'ensemble d'indicateurs décrit au chapitre précédent (cf. Chapitre IV. 2.4.2). Le niveau de maturité et l'action à accomplir sont présentés de façon synthétique sur la page principale de KALIS (dans le cadre *Visualisation du contenu* de la Figure 19).

Lorsqu'un acteur (aussi bien un *Contributeur* qu'un *Utilisateur*) souhaite obtenir plus de renseignements sur la maturité d'une *Information Support*, il peut ouvrir une fenêtre lui donnant accès au schéma de la Figure 28. Il visualise le niveau de maturité de l'information précisé par des indicateurs qui l'aident à estimer sa fiabilité. Cette fenêtre indique aussi l'action à accomplir pour faire évoluer son niveau de maturité.

Par exemple, la Figure 28 montre une *Information Support* située dans le premier stade de développement : elle est de niveau 1. La partie droite de la Figure 28 est grisée pour montrer que les niveaux de maturité « fiabilisation » et « consolidation » ne sont pas encore atteints mais, elle laisse entrevoir à l'acteur les étapes restant à franchir dans le processus de développement de l'*Information Support*.

A partir du tableau de bord représenté Figure 28, un *Utilisateur* peut constater que cette *Information Support* a été utilisée 10 fois et qu'elle est partagée par quatre acteurs au sein de l'équipe. Il sait aussi que cette information n'a pas encore fait l'objet d'une vérification approfondie, et donc qu'elle n'est pas encore fiable.

Cette figure montre les valeurs actuelles des indicateurs même pour les niveaux pas encore atteints. L'Utilisateur peut visualiser que la stabilité de l'information est assez mauvaise, c'est à dire qu'elle est presque aussi souvent modifiée qu'utilisée. Dans KALIS, l'indicateur de stabilité a été défini le plus simplement possible car nous l'avons défini en fonction du rapport entre le nombre d'utilisations et le nombre de modifications⁷³.

Ainsi, la stabilité est caractérisée par trois valeurs dépendantes du résultat de ce rapport :

- Si le rapport est inférieur ou égal à un ($\text{Stabilité} \leq 1$), cela signifie que l'Information Support est modifiée plus souvent que ce qu'elle n'est utilisée. Elle est considérée comme **Instable**.
- Si le rapport est compris entre un et trois ($1 < \text{Stabilité} \leq 3$), l'Information Support est dans une phase de transition. Elle est considérée comme **En Stabilisation**.
- Si le rapport est supérieur à trois ($\text{Stabilité} > 3$), cela signifie que l'Information Support est utilisée plus souvent que ce qu'elle est modifiée. Elle est considérée comme **Stable**.

En visualisant ce tableau de bord, un *Contributeur* sait aussi que pour faire évoluer cette information vers le niveau 2, il doit constituer un dossier de vérification. De plus, le fait que cette information ait déjà été utilisée 10 fois et qu'elle soit partagée par quatre personnes de l'équipe, souligne l'importance de consacrer du temps pour la vérifier de façon approfondie. Si le *Contributeur* vérifie l'Information Support en accord avec les méthodes de travail du bureau d'études⁷⁴, celle-ci évoluera vers le niveau de maturité dit de Fiabilisation pour lequel les indicateurs importants sont le nombre d'acteurs qui ont fait une révision et sa stabilité.

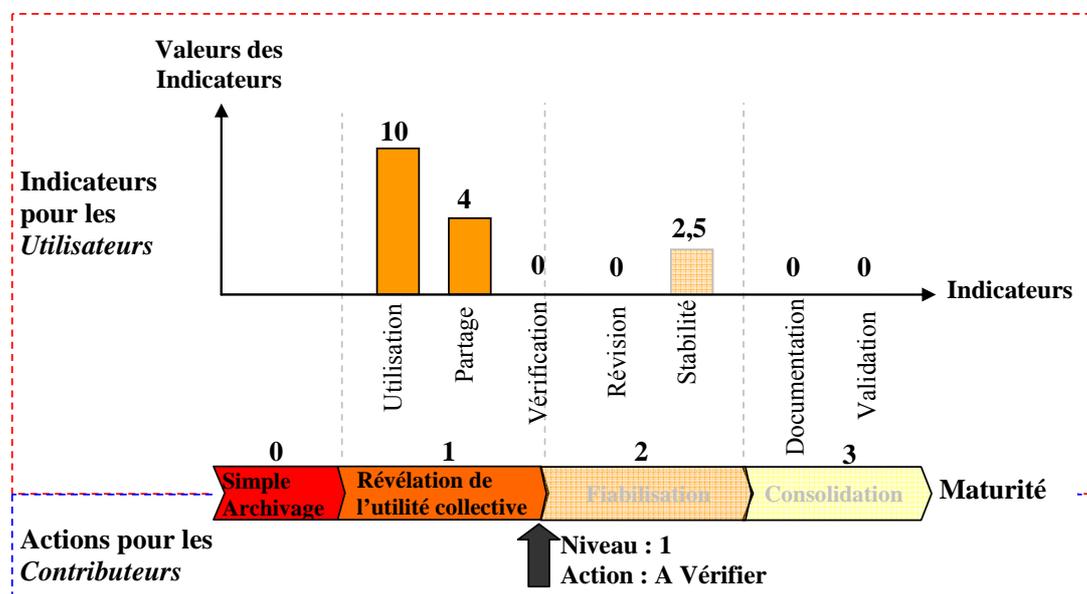


Figure 28 Les indicateurs de maturité associés à une Information Support

⁷³ L'évaluation de la stabilité pourrait être réalisée avec un algorithme plus complexe pour tenir compte de la dimension temporelle de l'évolution des Informations Support.

⁷⁴ Chez ANTECIM, il faut remplir un document officiel décrivant les actions réalisées pour vérifier l'Information Support et les résultats de ces vérifications.

3. L'intégration de KALIS dans les processus de l'entreprise

Dans le chapitre précédent, nous avons souligné l'importance de l'intégration de la gestion des connaissances au sein des pratiques des acteurs. En effet, nous considérons que l'intégration des systèmes de gestion des connaissances au sein des activités métier facilite la formalisation des connaissances au fil de l'eau et l'obtention d'informations sur le contexte dans lequel sont mises en œuvre ces connaissances.

Nous montrons ici comment nous intégrons KALIS dans l'environnement de travail des ingénieurs et au sein du système de management de la qualité de l'entreprise ANTECIM.

3.1 Intégration dans les pratiques des ingénieurs

Pour intégrer KALIS au sein des pratiques des ingénieurs, nous proposons de l'associer aux outils métiers qu'ils utilisent au quotidien. Nous avons l'objectif que KALIS soit utilisé au moment où les connaissances sont mises en pratiques.

Nos observations de terrain nous ont permis d'analyser finement les outils informatiques que les ingénieurs d'étude utilisent au cours des projets. En l'occurrence, nous avons souligné au deuxième chapitre (cf. Chapitre II. 2.) que la *Fiche de Suivi* d'affaires est utilisée quotidiennement par les ingénieurs d'études. Ils renseignent sur celle-ci le temps passé sur les projets en cours, les interactions qu'ils ont avec les clients et certaines décisions prises au cours du projet.

Un tel outil présente donc une opportunité intéressante pour intégrer KALIS au sein des activités des ingénieurs d'étude. Nous avons développé une interface entre les deux systèmes afin de donner aux ingénieurs d'étude un point d'entrée vers KALIS depuis la *Fiche de Suivi*. Cette liaison entre ces deux outils permet d'obtenir automatiquement certains éléments de description du contexte enregistrés lors de la connexion et de la navigation sur la fiche de suivi. Au moment de cet accès, des renseignements sur le contexte du projet et de l'étude en cours sont mémorisés automatiquement.

L'interface entre KALIS et la *Fiche de Suivi* permet de minimiser les informations à saisir par les acteurs (cf. Figure 29) ce qui augmente la facilité d'utilisation perçue.

Elle contribue aussi à positionner l'outil de gestion des connaissances explicitement dans le processus de réalisation des projets ce qui permet de souligner l'importance de la démarche de gestion des connaissances auprès des acteurs de l'entreprise.



Figure 29 Capture automatique du contexte du projet et de l'étude

L'utilité perçue de l'outil est renforcée grâce à cette interface car il est possible d'obtenir des informations sur les activités réalisées au cours des projets, et d'une manière plus globale, au sein de l'équipe.

Nous avons aussi noté sur le terrain que les ingénieurs d'étude utilisent des outils d'Ingénierie Assistée par Ordinateur avec lesquels ils mettent en œuvre des connaissances métier pour modéliser ou concevoir un système mécanique.

Ces outils, proches des activités métier accomplies par les acteurs, pourraient aussi servir de support aux systèmes de gestion des connaissances. Mais dans la pratique une telle intégration présente deux inconvénients. D'une part, les interfaces entre les systèmes sont complexes à développer et souvent peu pérennes du fait des fréquentes évolutions de version des outils IAO. D'autre part, les actions accomplies avec ces outils métier sont souvent basiques (création de maillage, application d'effort, création d'esquisses...). Ces actions sont fortement dépendantes des outils d'IAO utilisés mais nous constatons qu'elles sont peu porteuses de sens par rapport au contexte « métier » dans lequel se déroule une activité.

Dans des entreprises de taille plus importante, il serait possible d'appuyer la gestion des connaissances sur des systèmes gestion des données techniques (SGDT, PLM...) ou de gestion des processus (Workflow, gestion de projet...). Ces pistes pourraient être approfondies dans d'autres travaux de recherche car elles dépassent le cadre de notre étude.

3.2 Intégration dans le système de management de la qualité

Nous avons mis en place un dispositif de contrôle organisationnel [King et Marks, 2006] en intégrant KALIS dans le système de qualité de l'entreprise (ISO 9001:2000) en établissant une procédure de vérification, lors de la phase de validation du projet.

Pour cela, nous avons intégré au document qualité utilisé pour la vérification des études, une partie portant sur KALIS. Ce document est utilisé par l'ingénieur d'étude et par le vérificateur.

Lors de la phase de vérification, ils doivent tous deux consulter dans KALIS les *Informations Support* utilisées au cours de l'étude pour remplir la portion du document de vérification présentée sur la Figure 30. Ce document de vérification ne traite pas du contenu des *Informations Support*, mais il est destiné à contrôler la présence de celles utilisées au cours du projet, et à vérifier si elles ont été correctement utilisées.

Documents de KALIS	Auteur :	Vérificateur :
Types de documents utiles (Macros, sites internet, feuilles de calcul, doc techniques ou scientifiques, matériaux)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ajout des nouveaux documents utilisés dans cette affaire	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Utilisation des documents de KALIS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Validation et mise à jour des documents utilisés	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Date	/ /	/ /

Figure 30 Document qualité rempli lors de la vérification d'une étude

Le second intérêt de ce document est de pousser les ingénieurs à interagir sur ces *Informations Support* pour les amener à formaliser certaines connaissances métier au cours de cette phase de vérification.

En effet, cette phase située à la fin du processus de calcul est un moment privilégié pour remettre en cause et/ou formaliser certaines connaissances sur l'étude réalisée. De plus, le point de vue du vérificateur est important pour remettre en cause les hypothèses et les *Informations Support* utilisées au cours du projet ou de l'étude.

4. Un scénario d'utilisation de KALIS adapté au métier du calcul

Pour mieux illustrer le fonctionnement de KALIS tel que nous l'envisageons, et mettre en évidence le type de support qu'il peut apporter aux acteurs du calcul, nous allons montrer en suivant l'exemple de deux projets successifs, les informations manipulées par les ingénieurs au cours de leur activité. Ensuite, nous montrons comment nous envisageons de mettre en place une gestion dynamique du contenu de KALIS.

4.1 Création et formalisation de connaissances

Dans ce premier projet, l'objet du calcul consiste à dimensionner selon une norme une structure mécanique soumise à des sollicitations cycliques.

Le commencement du projet est marqué par une phase d'appropriation du problème. L'acteur rassemble des informations pour comprendre les besoins du client et les données d'entrées à sa disposition.

Pour vérifier la résistance à la fatigue du système à l'aide d'un logiciel de calcul par éléments finis, l'ingénieur d'étude effectue deux analyses statiques de ce dispositif. Lors du dépouillement des résultats, il extrait du logiciel les variations de contraintes dans cette structure. En fonction de ces valeurs et de la norme, il détermine la durée de vie des cordons de soudures. A cette occasion, il s'est construit une feuille de calcul pour évaluer, en fonction des valeurs de contraintes, la durée de vie des cordons de soudure pour chacune des catégories définies par la norme.

Estimant que cette feuille de calcul pourra lui être utile au cours d'un autre projet, il décide de l'insérer dans l'outil KALIS. La Figure 31 montre les renseignements attribués à la feuille de calcul et l'association comme pièce jointe du fichier correspondant.

Cette *Information Support* est archivée dans l'espace privé de l'ingénieur d'étude. En effet, il est le seul acteur de l'entreprise à l'avoir déjà manipulée.

Dans cette situation, KALIS offre ici, une alternative, toute aussi simple, au stockage des *Informations Support* sur les disques durs personnels (partagés ou non) dans lesquels chacun définit sa propre méthode de gestion des informations.

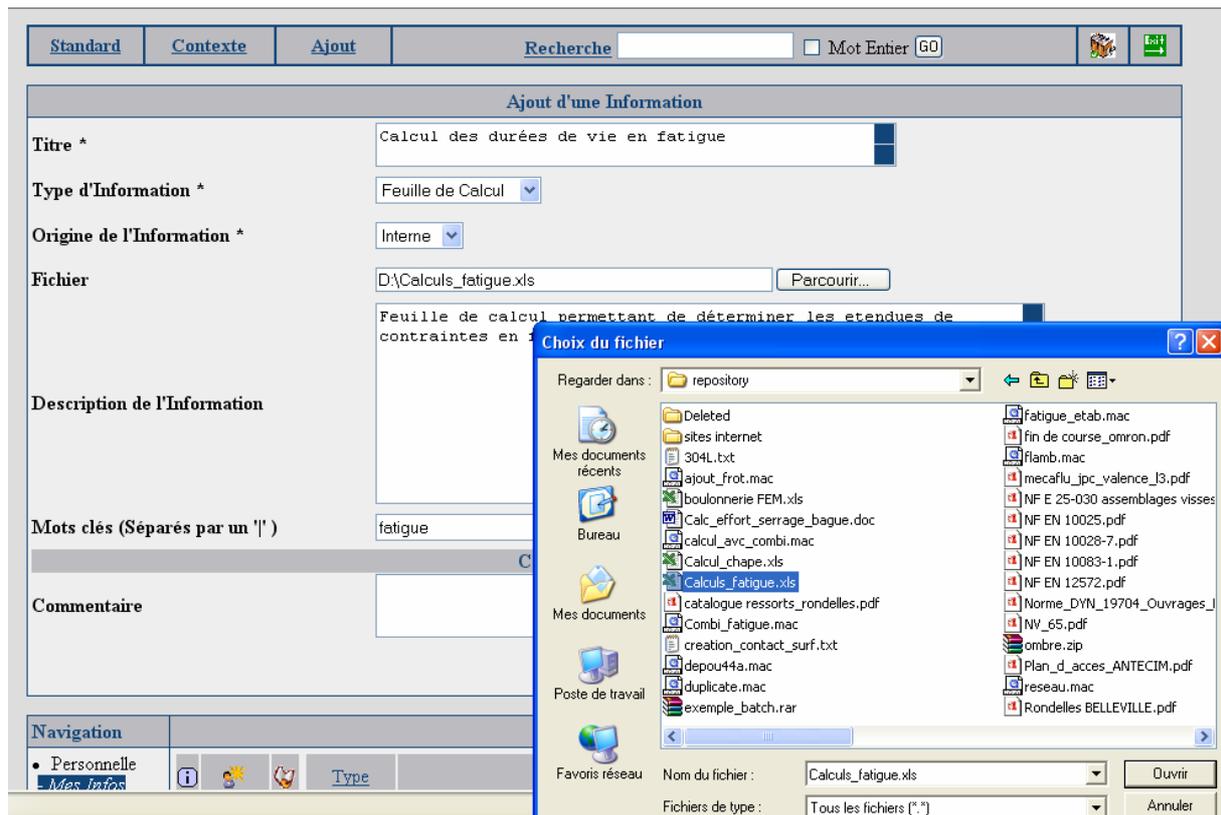


Figure 31 Ajout et description d'une information

Dans KALIS, le niveau de maturité de cette feuille de calcul indique qu'elle a simplement été archivée. Elle est au niveau de maturité 0 « *Simple Archivage* » (cf. Chapitre IV. 2.4.2 ou Figure 28). Pour passer un niveau de maturité suivant, il est donc nécessaire d'utiliser cette *Information Support*.

Maintenant que cette *Information Support* est dans KALIS, l'ingénieur d'étude mentionne qu'elle lui a servi au cours de ce projet de conception. Il accède à la feuille de calcul pour indiquer son contexte d'utilisation. La Figure 32 montre comment l'ingénieur sélectionne cette information dans son espace de travail. KALIS mémorise automatiquement certains descriptifs du contexte du projet actuel comme le nom du projet, le client et le nom de l'ingénieur d'étude. Il reste à la charge de l'acteur de sélectionner dans une liste le domaine scientifique, son activité courante et d'exprimer ses objectifs lors de l'utilisation de l'information. Il précise alors le contexte spécifique à son activité actuelle (lors d'une analyse en statique *Linéaire*, au moment du *dépouillement des résultats*) et son objectif (*détermination de la durée de vie*).

The screenshot shows a web-based interface for managing information. At the top, there is a search bar with the text 'Recherche' and a 'Mot Entier' checkbox. Below this is a navigation menu with categories like 'Personnelle', 'Contextuelle', and 'Générale'. The main area displays a table titled 'Vue de mes Informations' with columns for 'Type' and 'Titre'. A modal window is overlaid on the table, titled 'Préciser le contexte d'utilisation de l'Information'. It contains three fields: 'Domaine scientifique' (set to '- Linéaire'), 'Activité courante' (set to 'Dépouillement des résultats'), and 'Objectif' (set to 'détermination des écart de contraintes admissibles en fonction d'une durée de vie'). A 'Valider' button is at the bottom of the modal.

Figure 32 Description du contexte d'utilisation

Lorsque l'ingénieur d'étude indique l'utilisation de cette feuille de calcul, son niveau de maturité est automatiquement mis à jour. Cette *Information Support* passe du niveau de maturité 0 (*Simple Archivage*) au niveau 1 (*Révélation de l'utilité*) et l'indicateur sur le nombre d'utilisations passe à 1.

Même si au cours d'un projet l'attention est généralement portée sur les informations projet qui font souvent office de livrables, cet exemple montre quelles *Informations Support* interviennent lors de la réalisation d'une étude. Ces *Informations Support*, moins spécifiques que les données projet, sont souvent les révélateurs de l'expérience. L'exemple suivant décrit un cas de réutilisation, des connaissances acquises lors de la conception de cette structure.

4.2 Collaboration, partage, réutilisation de connaissances

Le système mécanique représenté ci-dessous est l'objet d'une étude demandée par un client récurrent. Elle fait suite à une opération de maintenance ayant mis en évidence des fissures au niveau des soudures de la pièce 8. Le contexte de ce projet diffère du précédent sur différents points, notamment les objectifs, le client, et l'ingénieur d'étude en charge du travail.

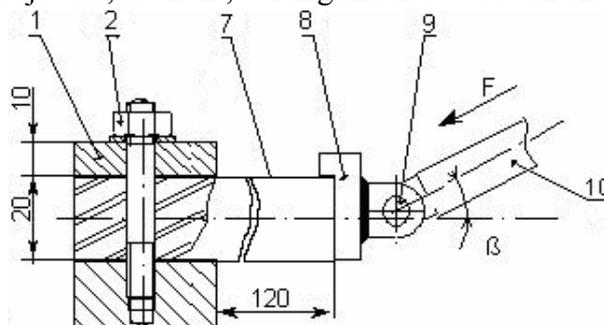


Figure 33 Support de vérin à expertiser

Notre ingénieur d'étude, intéressé par la feuille de calcul permettant le dépouillement des résultats d'analyses de fatigue, souhaite tout de même obtenir des renseignements plus détaillés. Grâce au concept de vitrine, même s'il n'a pas accès au contenu de la feuille de calcul, il peut connaître la description qui lui est associée, les projets pour lesquels elle a été utilisée, et son niveau de maturité (cf. Figure 36). Ces éléments permettent d'obtenir des indications sur :

- la validité et la maturité de l'information,
- les projets similaires,
- les experts susceptibles de l'aider.

The screenshot shows a web application interface with a search bar at the top. Below the search bar, there are tabs for 'Standard', 'Contexte', and 'Ajout'. The main content area is titled 'Fiche de description détaillée' and contains the following information:

En Bref...

Titre : Macro de combinaison et de dépouillement en fatigue

Accès : Combi fatigue.mac **Version :** 1.0 **Type :** Macro

Maturité : B **Visibilité :** [Icons]

Description :
Permet de combiner 2 cas de charges avec un facteur multiplicatif (ici 1.35)
Fait la valeur absolue de cette combinaison.
charge les résultats dans des ETABLE dépendants du repère 0 et d'autres repères (ici 11 à 16)

Mots Clés :
Il y a 1 Mot(s) clé(s) associé(s) à cette information
FATIGUE.

Historique d'utilisation du fichier

Version	Numéro d'Affaire	Domaine	Activité	Actions
DR 30/09/2005	1.0 050059	Calcul_Statique_Lineaire	Dépouillement des résultats	[Red circle icon]
DR 30/08/2005	1.0 050137	Calcul_Statique_Lineaire	Dépouillement des résultats	[Red circle icon]
CB 30/08/2005	1.0 050049	Calcul_Statique_Fatigue	Dépouillement des résultats	[Green checkmark icon]

Interventions sur l'information

Type	Version	Numéro d'Affaire	Origine	Commentaire
CB	30/08/2005	Création	1.0 050049	Interne

Figure 36 Description détaillée et historique

Notre ingénieur d'étude peut ainsi, sans consulter effectivement l'Information Support, s'assurer que celle-ci peut correspondre aux activités qu'il entreprend au cours du projet. Il constate tout de même que cette feuille de calcul à un niveau de maturité assez faible car elle a été utilisée seulement une fois et n'a jamais été partagée.

Il contacte alors le créateur de cette feuille de calcul, en lui expliquant son objectif : *vérifier que le nombre de cycles admissibles a été dépassé depuis la mise en service du dispositif*. Son collaborateur peut alors accepter de lui donner accès à l'objet et lui explique, le cas échéant, comment l'utiliser.

A la suite de cet échange, l'ingénieur d'étude doit tout de même s'approprier cette Information Support pour parvenir à l'utiliser. Il dispose pour cela des explications de son collaborateur et de la description formalisée dans KALIS. Lorsqu'il utilise la feuille de calcul, elle évolue de l'espace privé du premier ingénieur à un espace de proximité, devenant ainsi partagée entre les deux ingénieurs.

Lors de l'utilisation, et suite à l'échange avec le créateur de la feuille de calcul, le second ingénieur d'étude complète la description de la feuille de calcul qu'il vient de s'approprier car il estime que celle-ci n'explique pas assez précisément les hypothèses qui lui sont associées et sa procédure d'utilisation. Au cours de son projet, il ajoute certaines fonctionnalités à cette feuille de calcul. Il définit un ensemble de jeux de tests pour valider la feuille de calcul. Il consigne dans le document spécifique ces tests et leurs résultats et indique que la feuille de calcul a été validée.

Le niveau de maturité de l'*Information Support* évolue vers le niveau 2 (*Fiabilisation*). La Figure 37 présente les indicateurs de maturité alors associés à cette feuille de calcul qui a été utilisée deux fois, vérifiée, et qui est maintenant partagée par deux acteurs.

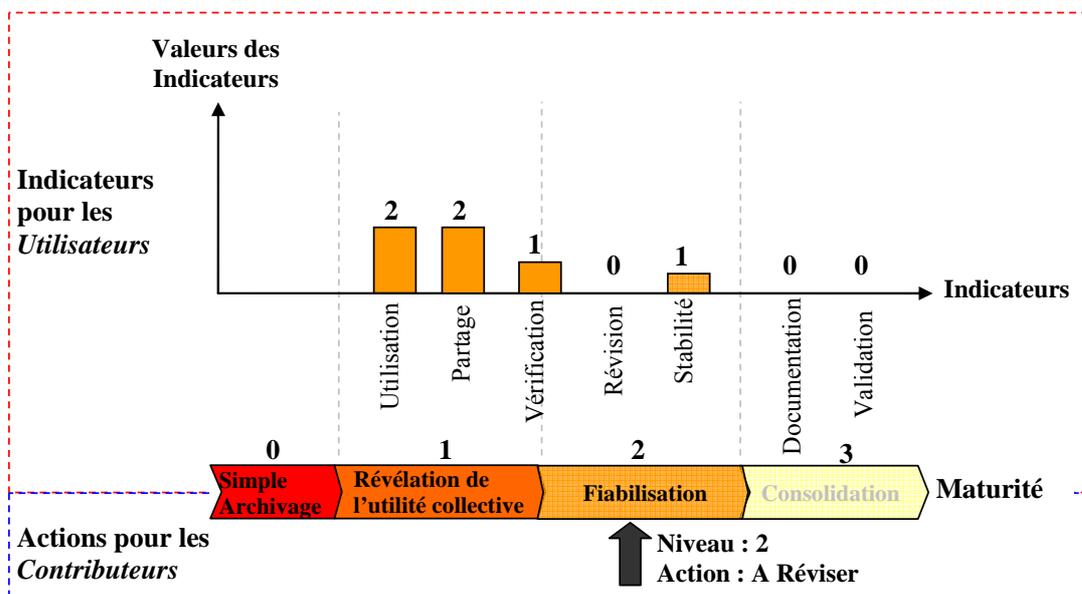


Figure 37 Niveau de maturité de la feuille de calcul après sa première évolution

Ces deux exemples illustrent le type de support que KALIS peut apporter au cours des projets de calcul. Ils mettent en évidence le principe de formalisation progressive de connaissances autour des *Informations Support*, et aussi comment leur maturité évolue au fil des usages. Enfin, ils montrent dans quelle mesure KALIS facilite l'orientation des acteurs vers les objets qui paraissent utiles, et les collaborateurs compétents, dans un domaine particulier.

4.3 La gestion dynamique du contenu de KALIS

Nous revenons maintenant sur notre feuille de calcul afin de décrire comment est organisé le bureau d'études pour gérer le contenu de KALIS.

Suite à quelques utilisations dans plusieurs projets, cette feuille de calcul est devenue plus *stable* (elle est souvent utilisée et rarement modifiée). Sa maturité atteint un niveau 3 (*Consolidation*), et elle est partagée par un nombre important d'acteurs, mais elle est toujours située dans un espace de travail de proximité.

Comme d'autres *Informations Support* dites « *en consolidation* », il faut maintenant considérer son évolution dans l'espace public pour qu'elle soit gérée de manière centralisée au sein du bureau d'études.

A cet effet, des réunions périodiques sur le fonctionnement de KALIS sont mises en place par l'animateur de la démarche de gestion des connaissances. Celles-ci concernent tous les ingénieurs d'études qui interrompent momentanément leurs projets en cours pour y participer. Ces réunions sont l'occasion de faire le point sur des problèmes techniques rencontrés au cours de certains projets, et de gérer de façon collective le contenu du système de gestion des connaissances. A l'occasion de ces réunions, l'animateur de la démarche donne aux acteurs un retour quantitatif sur la démarche (Nombre d'informations créées, utilisées...). Ces réunions sont aussi l'occasion de parcourir les *Informations Support* qui apparaissent inutilisées et d'interagir avec leurs créateurs pour en déterminer les raisons et définir des actions pour y remédier.

Ensuite, quelques *Informations Support* dont le niveau de maturité est égal à 3, comme notre feuille de calcul, sont étudiées en détail. Les participants à la réunion finalisent et structurent la description de ces *Informations Support* et les valident. Celles-ci évoluent dans l'espace public de l'entreprise.

A partir de ce moment là, un seul acteur désigné par l'animateur de la démarche peut modifier et mettre à jour la feuille de calcul. Dans ces cas là, les modifications apportées à l'*Information Support* doivent à nouveau être validées au cours d'une réunion.

5. Synthèse

L'adaptation de notre approche au métier du calcul s'est tout d'abord concrétisée par une identification des différents types d'*Informations Support* partagées par les ingénieurs d'étude. Ensuite, nous avons identifié et défini un ensemble d'activités récurrentes accomplies au cours de la réalisation d'une analyse par éléments finis.

Pour mettre en œuvre et supporter notre approche, nous proposons un système de gestion des connaissances que nous appelons KALIS. Ce système associe aux *Informations Support* manipulées par les ingénieurs d'étude des descripteurs sur leur contexte d'usage. Son architecture est basée sur trois types d'espaces de travail qui permettent le développement et le partage progressif des *Informations Support* au sein du bureau d'études.

La réutilisation est facilitée par deux dispositifs de recherche (plein texte et contextuelle) qui donnent accès aux descriptions et aux experts associés aux *Informations Support*. Les vitrines facilitent l'identification des informations même au travers des espaces de travail et permettent un partage de connaissances par socialisation.

Enfin, pour permettre l'évolution des connaissances formalisées, KALIS s'appuie sur un dispositif de Wiki que nous avons complété par des indicateurs de maturité pour évaluer la qualité du contenu du système.

KALIS est un outil simple qui a nécessité un temps de développement court (2 mois environ), ce qui le rend adapté aux contraintes des PME. Pour que ce système de gestion des connaissances corresponde aux modes de fonctionnement de l'entreprise et aux pratiques des ingénieurs calcul, nous l'avons intégré dans le système de management de la qualité (ISO

9000:2000). Nous l'avons aussi interfacé avec un outil de suivi de projet spécifique à l'entreprise (la *Fiche de Suivi*), utilisé quotidiennement par les ingénieurs d'études.

Enfin, nous avons décrit un scénario théorique sur l'utilisation de KALIS, telle que nous l'envisageons au sein du bureau d'études d'ANTECIM. Ainsi, en nous appuyant sur des cas d'usage, nous avons décrit comment KALIS est destiné à supporter la création et le partage de connaissances. Nous avons finalement illustré comment les *Informations Support* évoluent entre les espaces de travail.

L'intégration de notre approche chez ANTECIM s'est poursuivie par son déploiement et son accompagnement sur le terrain, ce qui nous permet de donner au chapitre suivant un retour d'expérience sur le système et la démarche proposés.

Chapitre VI. Déploiement de l'approche chez ANTECIM et retour d'expérience

Le chapitre précédent a présenté les fonctionnalités de KALIS, le système destiné à gérer et à partager les *Informations Support* au sein du bureau d'étude.

Le mode de déploiement de l'approche conditionne notoirement l'usage effectif du système de gestion des connaissances car celui-ci se présente comme un projet générateur de changements des méthodes de travail et de la culture de l'entreprise. La mise en place d'un système de gestion des connaissances doit s'accompagner d'une conduite du changement pour supporter les acteurs pendant l'évolution de leurs pratiques, et anticiper les obstacles socioculturels, organisationnels et managériaux [Baizet, 2004].

Notre approche de mise en œuvre du système et de conduite du changement s'est déroulée de manière progressive. Dans un premier temps, nous avons introduit un premier prototype de KALIS destiné à supporter des pratiques existantes, puis nous avons fait évoluer ces pratiques pour mieux les structurer.

Ce chapitre décrit la mise en œuvre de notre approche collaborative de gestion des connaissances au sein de l'entreprise ANTECIM. Dans un premier temps, nous expliquons comment nous avons procédé pour intégrer ce nouvel outil et notre approche au sein du bureau d'études. Puis, nous montrons comment nous avons observé et analysé l'usage de KALIS. Enfin, nous donnons un retour d'expérience sur les résultats de cette analyse et donc sur l'utilisation réelle⁷⁵ de KALIS chez ANTECIM.

1. Le déploiement de l'approche chez ANTECIM

Le déploiement est une étape cruciale lors de la mise en œuvre d'une approche de gestion des connaissances. En effet, c'est à ce moment là qu'il est impératif de parvenir à enrôler les acteurs et de leur faire prendre conscience de l'intérêt de l'approche.

1.1 Une approche pragmatique de développement du système

Pour déployer KALIS chez ANTECIM, nous avons suivi une approche dite pragmatique [Thoben *et al.*, 2000], consistant en une mise en place progressive de la gestion des connaissances (outil, méthode et organisation de l'équipe). Ce type d'approche itérative se concrétise par le déploiement sur le terrain de solutions partielles, répondant à une partie des objectifs de la démarche de gestion des connaissances. Cela présente le double avantage

⁷⁵ Il est important de conserver à l'esprit que KALIS est basé sur une utilisation volontaire des acteurs qui ne sont pas contraints d'archiver les *Informations Support* dans l'outil et qui peuvent accéder à son contenu sans devoir expliciter systématiquement le contexte dans lequel ils agissent.

d'entraîner progressivement les utilisateurs dans la démarche, et d'obtenir très tôt, un premier retour d'expérience permettant d'ajuster plus finement les solutions proposées aux exigences et aux besoins du terrain.

Une telle approche, de déploiement d'outils simples et pas encore finalisés présente aussi un intérêt particulier pour les PME, car les systèmes correspondent bien aux verrous et aux pratiques identifiés. Ainsi, les risques liés à la mise en œuvre et à l'acceptation du système de gestion des connaissances sont moins importants. Enfin, une telle démarche de déploiement de systèmes est particulièrement pertinente dans notre cas puisqu'elles sont en accord avec les approches de recherche intervention qui se déroulent elles aussi de manière itérative.

Pour déployer progressivement notre système de gestion des connaissances, nous nous sommes basés sur les résultats de nos observations de terrain. Nous avons alors hiérarchisé l'importance et l'urgence des dysfonctionnements constatés au sein du bureau d'études concernant la gestion et le partage des *Informations Support* (cf. Tableau 7).

Problèmes constatés	Importance	Urgence
Gestion individuelle et décentralisée des <i>Informations Support</i>	+++	+++
Difficultés d'évolution des <i>Informations Support</i> partagées	++	++
Absence de support de description des <i>Informations Support</i>	++	++
Manque de <i>Conscience collective</i> des activités accomplies	+++	++
Difficultés de réutilisation des informations	+++	++
Difficultés pour les commerciaux d'apprécier les compétences de l'entreprise sur les différents domaines de la simulation	++	-
Maîtrise de la fiabilité des <i>Informations Support</i>	++	-
Manque de vision globale et de pilotage	++	-

Tableau 7 Une hiérarchisation des problèmes de gestion des *Information Support* chez ANTECIM

Nous avons introduit, à la fin du mois d'Août 2005, le premier prototype de KALIS dont l'objectif principal était d'instaurer une gestion commune des *Informations Support* au sein de l'entreprise ANTECIM. Ce premier prototype permet aux acteurs de :

- Mettre en place les fonctionnalités de base d'une gestion centralisée des *Informations Support*,
- Supporter le partage des *Informations Support* grâce aux espaces de travail,
- Formaliser et développer les *Informations Support* au fil de l'eau,
- Conserver les Traces des usages des *Informations Support*,
- Favoriser la *Conscience collective* grâce aux vitrines.

Cette version du prototype de KALIS intègre seulement une partie des fonctionnalités présentées au cinquième chapitre. Par exemple, le dispositif d'évaluation de la maturité n'a pas été implémenté car il est apparu moins prioritaire que les autres fonctionnalités. De même, elle n'intègre pas non plus de dispositif permettant aux commerciaux d'apprécier les compétences de l'entreprise sur les différents domaines de la simulation. Enfin, les indicateurs

permettant à l'animateur d'avoir une vision globale de la démarche au sein de l'entreprise et d'anticiper sur les actions de formalisation de connaissances n'ont pas été associés à cette première version.

Notre objectif était de répondre, dans un premier temps, au manque de formalisation et aux difficultés de partage de connaissances. Puis, il s'agissait de nous appuyer sur ces concepts validés et sur les nouvelles pratiques pour définir des axes d'amélioration de l'approche et d'introduire progressivement les autres fonctions annexes.

1.2 Un déploiement progressif de l'approche

Le déploiement de ce premier prototype de KALIS, et de l'approche de gestion des connaissances associée, s'est déroulé lui aussi de façon progressive. En effet, il a débuté par une phase de test et de mise au point du prototype de KALIS en collaboration avec un ingénieur pilote de l'entreprise. L'outil a alors été utilisé sur des projets réels et certaines fonctionnalités ont été améliorées.

Pendant cette période de test, les autres ingénieurs ont pu découvrir les principes de fonctionnement de l'outil. La mise au point du prototype sur des cas réels et l'ajout de certaines *Informations Support* déjà partagées au sein du bureau d'études ont eu l'avantage de permettre de remplir l'outil avec une masse critique d'informations. Cette masse critique d'informations est un facteur important d'acceptation des systèmes de gestion de connaissances car elle augmente la qualité perçue de l'outil [Money et Turner, 2005].

A la fin de cette période de test et de validation du fonctionnement de KALIS, ce premier prototype a été déployé à l'ensemble du bureau d'études de l'entreprise ANTECIM au mois de Janvier 2006. Lors de ce déploiement, les ingénieurs connaissaient déjà les grands principes de KALIS. Par conséquent, ils ont pu se l'approprier progressivement grâce aux informations déjà intégrées pendant la phase de test.

Une fois l'outil déployé, une animation de la démarche de gestion des connaissances a été nécessaire pour communiquer à nouveau sur les objectifs et pour former les ingénieurs à l'outil et à la démarche.

1.3 L'animation et le suivi de l'approche

Pour Hallam et al. [Hallam *et al.*, 2002], il est nécessaire de faire face aux réticences des acteurs vis-à-vis du système de gestion des connaissances en leur montrant notamment que leur travail ne peut être mis en danger, et que les outils sont utiles pour accroître plutôt que pour diminuer leurs connaissances. Ils estiment que la création d'une culture d'entreprise dans laquelle les acteurs sont disposés à partager leurs connaissances, est impérative. La communication sur les intérêts et les objectifs de la démarche est un élément essentiel pour sa mise en application.

Cette animation de la démarche de gestion des connaissances s'est concrétisée sur le terrain par des interactions individuelles avec les ingénieurs, pour suivre les activités réalisées au cours des projets et identifier avec eux les *Informations Support* utilisées. Chacune de ces

interactions a été l'occasion de montrer aux acteurs les bénéfices qu'ils peuvent tirer de la mise en commun de leurs *Informations Support*.

Comme dans les communautés de pratiques, l'animation permet de favoriser la *Conscience collective* des activités, des experts, et des *Informations Support* utiles dans certaines situations. L'animateur occupe donc un rôle essentiel car il doit mettre en relation les acteurs avec les sources d'informations qui leur permettent de résoudre les problèmes techniques rencontrés au cours de leurs activités.

Enfin, le troisième objectif de cette animation est d'améliorer la qualité des connaissances formalisées et du contenu du système. Dans notre cas, nous avons sélectionné certaines *Informations Support* afin d'interagir avec leurs créateurs pour leur montrer comment structurer leurs descriptions.

Pour animer l'approche au sein du bureau d'études, nous nous sommes appuyés sur des indicateurs reflétant l'utilisation de KALIS. Un suivi périodique de l'utilisation du système a été mis en place afin d'obtenir des renseignements sur l'utilisation générale de KALIS, sur les *Informations Support* utilisées, et sur les activités accomplies au sein du bureau d'études. La liste ci-dessous présente les indicateurs utilisés pour animer la gestion des connaissances au sein d'ANTECIM. D'autres indicateurs ont été définis pour apporter des renseignements sur les projets réalisés et sur le contenu des espaces de travail, mais nous les avons peu exploités.

- **Les indicateurs statiques sur l'utilisation de KALIS :**
 - le nombre d'*Informations Support* qu'il contient.
 - le nombre d'*Informations Support* utilisées dans les projets.
 - le nombre d'*Informations Support* modifiées.
- **Les indicateurs sur les *Informations Support* :**
 - Nombre de personnes qui partagent l'*Information Support*.
 - Nombre d'utilisations.
 - Les domaines dans lesquels elles ont été utilisées.
 - Le temps écoulé depuis la dernière utilisation.
- **Les indicateurs dynamiques sur le fonctionnement du bureau d'études :**
 - La fréquence d'utilisation et de création d'informations.
 - Le taux d'utilisation du contenu du système (le pourcentage d'informations qui ont déjà été utilisées au sein de KALIS).
 - Le rapport entre les projets accomplis et ceux ayant nécessité l'utilisation de KALIS.

La consultation de ces indicateurs renseigne l'animateur sur l'utilisation du système, sur l'utilité des informations contenues dans le système et sur l'impact de l'approche au sein du bureau d'études. Suivre l'évolution de ces indicateurs permet de connaître les tendances liées à l'utilisation du système de gestion des connaissances.

Ainsi, nous nous sommes appuyés sur ces indicateurs pour communiquer des résultats sur la mise en œuvre de la démarche au sein du bureau d'études. En effet, nous avons mis en place des réunions au cours desquelles nous avons présenté les valeurs de ces indicateurs et expliqué les actions que nous mettions en œuvre pour les faire évoluer.

Les indicateurs sur les *Informations Support* nous ont servi pour interagir directement avec les ingénieurs d'étude et expliquer les objectifs de la démarche.

Par exemple, le taux d'utilisation du contenu du système nous a conduit à mettre en place des dispositifs d'incitation à utiliser le système. La durée d'inutilisation des *Informations Support* a, quant à elle, permis d'identifier les informations inutiles ou celles potentiellement utiles mais difficilement identifiables.

Pendant cette période de déploiement progressif, nous nous sommes aussi appuyés sur ces différents indicateurs dans le but d'observer le fonctionnement du bureau d'études et pour faire évoluer certains concepts de KALIS.

2. L'observation de la mise en usage de notre approche au sein d'ANTECIM

Peu de travaux portent sur l'évaluation de l'impact de la mise en œuvre de démarches de gestion des connaissances. Certains, comme Choi et Lee [Choi et Lee, 2003], mesurent les effets de la gestion des connaissances grâce à des indicateurs sur les performances des entreprises comme leurs capacités d'innovation ou leurs parts de marché, indicateurs qu'ils comparent avec ceux des concurrents.

Lindsey [Lindsey, 2002] propose d'évaluer l'efficacité de la gestion des connaissances en évaluant les capacités des infrastructures de la connaissance (technologie, structure et culture), du processus de gestion de connaissances (acquisition, conversion, application et protection) et de l'adéquation entre les tâches réalisées et le contenu du système. Jennex et Olfman [Jennex et Olfman, 2005] analysent les effets de la qualité technologique du système, de la qualité des connaissances formalisées, du support de l'organisation et de la satisfaction des acteurs pour déterminer les bénéfices dégagés par l'organisation.

Ces contributions donnent une idée des critères permettant de mesurer le succès de la mise en œuvre des systèmes de gestion des connaissances, mais ils restent difficiles à évaluer de manière objective. D'une part, le recueil des données est difficile à réaliser pour mesurer la satisfaction de ces critères. D'autre part, les facteurs influençant ces critères sont nombreux et souvent très interconnectés [Blessing et Chakrabarti, 2002].

Nous avons suivi l'utilisation du premier prototype de KALIS depuis son déploiement au sein du bureau d'études, ce qui nous permet de donner aujourd'hui un premier retour d'expérience sur les concepts auxquels il est associé. Cette période d'observation a duré quinze mois. Elle a concerné les membres du bureau d'études de l'entreprise. Il est difficile de dire précisément combien d'acteurs ont utilisé KALIS sur la totalité de cette période car le nombre d'ingénieurs d'études n'a pas été constant et certains d'entre eux ont effectué quelques périodes en prestation directement au sein des bureaux d'études des clients d'ANTECIM.

Pour donner un retour d'expérience sur les apports de notre approche, nous avons effectué une analyse en deux temps. Premièrement, nous avons suivi l'évolution des indicateurs présentés ci-dessus, afin de constater l'utilisation de KALIS au sein du bureau d'études. Dans un

deuxième temps, nous nous sommes appuyés sur les indicateurs associés aux *Informations Support* pour en sélectionner quelques unes afin de les analyser plus finement. L'objectif était de déterminer comment s'effectuait la formalisation et le partage de connaissances depuis l'introduction de KALIS au sein du bureau d'études.

Ces observations nous ont conduit à formuler certaines hypothèses que nous avons ensuite étayées par des interviews auprès des ingénieurs d'études.

2.1 L'utilisation de KALIS

Le suivi de l'utilisation de KALIS se concrétise par l'évaluation mensuelle d'un certain nombre d'indicateurs fournissant une image de son contenu à une date donnée. Certains indicateurs donnent un point de vue général sur l'utilisation de KALIS par les ingénieurs d'études et d'autres apportent plus de détails sur son contenu.

2.1.1 L'évolution et l'utilisation de son contenu

Pour suivre quantitativement l'utilisation et l'évolution effective du contenu de KALIS, nous évaluons des indicateurs portant sur le nombre, l'utilisation et les évolutions des *Informations Support*. Le graphique de la Figure 38 montre l'évolution de ces trois indicateurs.

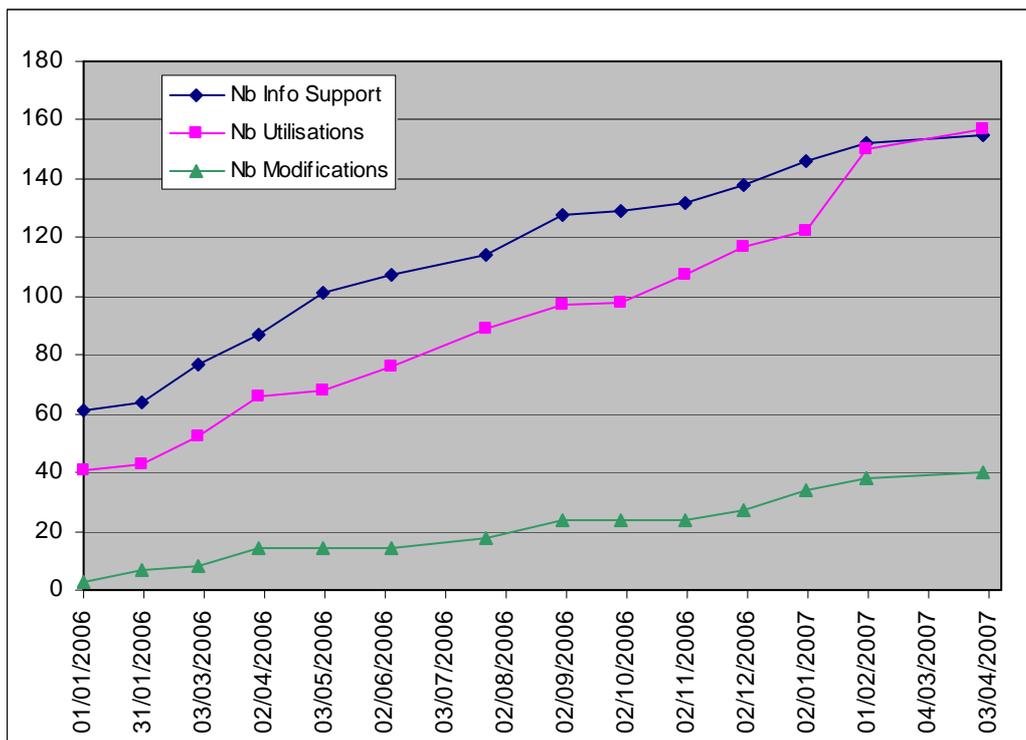


Figure 38 L'évolution et l'utilisation du contenu de KALIS au 01/04/2007

Le nombre d'*Informations Support* créées dans KALIS suit une augmentation quasiment constante depuis son déploiement chez ANTECIM en Janvier 2006. A cette date, une soixantaine d'*Informations Support*, déjà utilisées au sein du bureau d'études, avaient été ajoutées dans KALIS. En moyenne, environ 1,5 *Informations Support* sont ajoutées chaque semaine par le groupe d'ingénieurs d'étude, ce qui permet d'atteindre 155 *Informations Support* à la fin de notre période d'observation.

Le nombre d'utilisations correspond quant à lui aux *Informations Support* que les acteurs notent comme utilisées dans le cadre d'un projet de calcul. Leur nombre augmente au rythme moyen de 1,75 *Informations Support* utilisées chaque semaine. Ainsi, à la suite de la période de test il était de 40, et il atteint 157 utilisations d'*Informations Support* utilisées au cours des projets de calcul en Avril 2007.

Enfin, le nombre de modifications apportées aux *Informations Support* contenues dans KALIS montre bien qu'un certain nombre d'entre elles évoluent depuis leur création.

La constante progression du nombre d'*Informations Support* montre que KALIS est toujours en phase de « remplissage », car leur nombre augmente toujours. Nous constatons tout de même sur ce graphique, que le nombre d'*Informations Support* utilisées est récemment devenu supérieur à celui de celles qui ont été ajoutées. Il est possible de faire l'hypothèse suivante que KALIS évolue actuellement de cette phase initiale de remplissage vers une phase d'utilisation de son contenu. Ceci se confirmera si le nombre moyen d'*Informations Support* créés augmente moins rapidement, néanmoins, du temps est encore nécessaire pour conforter cette hypothèse.

Le graphique de la Figure 38 montre que KALIS est effectivement utilisé par les ingénieurs du bureau d'études de ANTECIM. Son contenu est lui aussi en évolution dans la mesure où les ingénieurs modifient effectivement les *Informations Support* qu'ils utilisent. Enfin, le contexte d'utilisation est bel et bien renseigné par les acteurs du bureau d'études ainsi, il est possible de connaître les informations utiles.

Certains concepts de ce prototype sont donc pertinents pour l'activité des ingénieurs d'étude puisque KALIS se révèle utilisé depuis sa mise en place. Néanmoins, ces indicateurs donnent peu de renseignements sur l'utilisation réelle du contenu de KALIS. Pour cela, nous proposons de quantifier l'écart entre les *Informations Support* utilisées au sein du bureau d'études et celles stockées dans KALIS.

Le graphique de la Figure 39 représente le taux d'utilisation du contenu. Il correspond au rapport entre le nombre d'*Informations Support* utilisées au moins une fois et le nombre total d'informations stockées dans KALIS.

Ce taux d'utilisation reste légèrement inférieur à 50%. Ceci signifie que près d'une information sur deux n'a jamais été notée comme utilisée par un ingénieur d'étude dans le cadre d'un projet. Même si la proportion d'informations non utilisées reste constante, la quantité d'informations inutilisées (cf. Figure 38).

De plus, nos observations de terrain montrent que certaines *Informations Support*, pourtant utiles aux ingénieurs d'étude ne sont pas stockées dans KALIS. C'est par exemple le cas de certains sites internet.

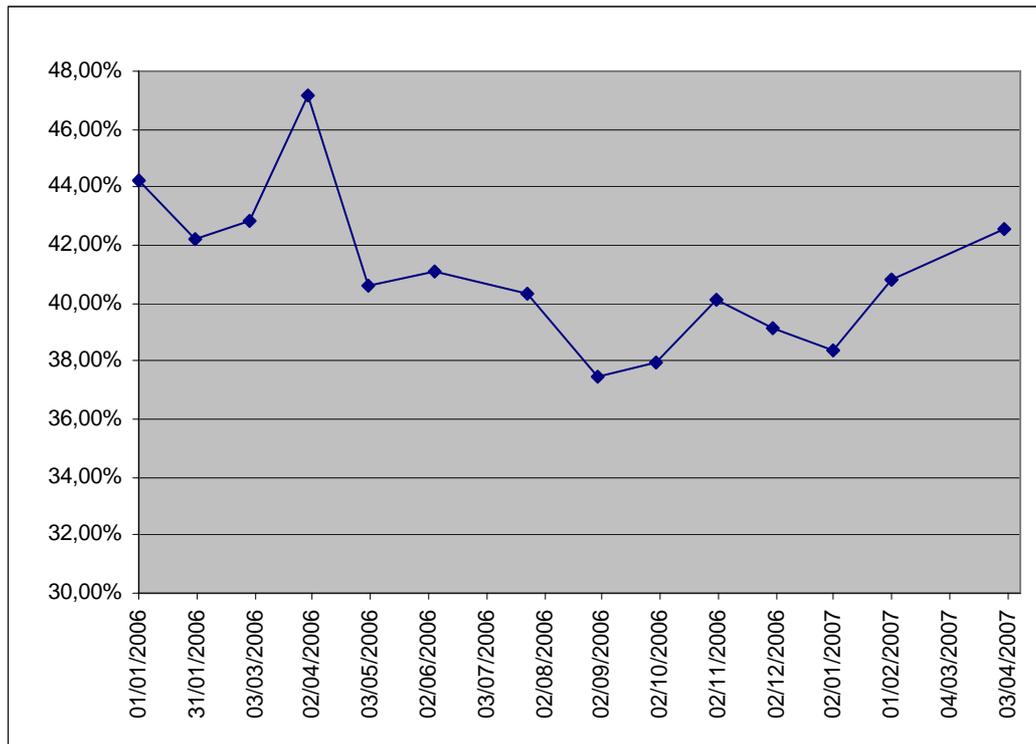


Figure 39 Taux d'utilisation des Informations Support contenues dans KALIS au 01/04/2007

Cet indicateur met en évidence la part d'*Informations Support* pertinentes pour les activités des acteurs. Kankanhalli et al. soutiennent que l'adéquation entre le contenu du système de gestion des connaissances et les activités réalisées par les *Utilisateurs* contribue fortement à la qualité perçue [Kankanhalli *et al.*, 2005b]. Cet indicateur est donc lié à la qualité perçue du système de gestion des connaissances.

L'animateur de la démarche doit suivre l'évolution de cet indicateur pour déterminer si le contenu du système correspond aux activités réalisées au sein du bureau d'études, et le cas échéant, mener des actions pour le maintenir. Par exemple, lorsque certaines informations ne sont pas utilisées, il faut les étudier de façon plus détaillée pour savoir si elles ont un réel intérêt pour le bureau d'études. En effet, la présence d'informations inutilisées dans le système de gestion de connaissances alors que leurs auteurs trouvaient une certaine utilité à les introduire dans l'outil, pose quelques questions car, ayant été ajoutées dans l'outil, elles ont probablement une certaine utilité du point de vue de leur auteur. Ces informations sont-elles mal décrites ? Ceci signifierait qu'elles sont difficilement identifiables. Ces informations n'ont-elles simplement pas encore été utiles ? Ces informations ont-elles été utilisées mais ceci n'a pas été noté dans l'outil ? Ou bien, ces informations sont-elles réellement inutiles ?

2.1.2 Le partage des *Informations Support*

Nous présentons sur la Figure 40 la part des *Informations Support* qui sont individuelles (utilisées par un seul ingénieur d'étude) et celles qui sont collectives.

Ces graphiques (et particulièrement la partie entourée en rouge) montrent bien que certaines informations initialement individuelles deviennent progressivement collectives. Par contre, nous constatons qu'une part importante d'*Informations Support* est aujourd'hui encore

personnelle. Une analyse plus approfondie nous permet de dire que certaines d'entre elles ont été créées récemment et que d'autres n'ont pas encore été partagées car la situation n'a pas été rencontrée.

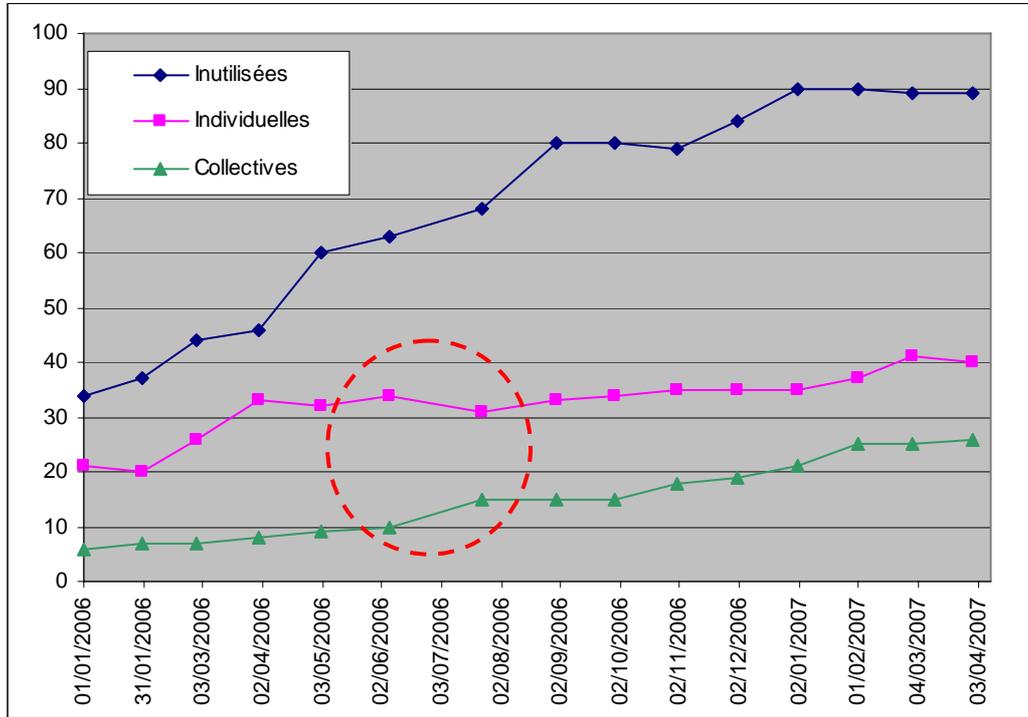


Figure 40 Le partage des Informations Support

Cette analyse nous permet de valider l'hypothèse formulée au troisième chapitre soutenant le fait que le partage de connaissances et d'Informations Support s'effectue de manière progressive au sein de groupes de taille croissante.

L'augmentation du nombre d'Informations Support partagées signifie que les acteurs parviennent à identifier dans KALIS les informations qu'ils trouvent pertinentes. Nos observations montrent que les acteurs recherchent principalement leurs Informations Support grâce au dispositif de recherche plein texte.

En effet, ce dispositif permet de retrouver les Informations Support facilement car le moteur de recherche parcourt la description et les Traces d'usage et d'évolution. Ainsi, il permet de rechercher les informations à partir de données contextuelles comme le nom du client, le numéro de projet...

Les utilisateurs considèrent que si la description de l'Information Support est bien réalisée, le moteur de recherche plein texte sera suffisant pour retrouver une information. Dans un système de gestion des connaissances tel que KALIS, les dispositifs de recherche doivent donc être simples à utiliser. Ils doivent aussi parcourir le contenu des Informations Support, leur description et les Traces qui leurs sont associées. En effet, ces dernières permettent d'identifier les informations à partir de données contextuelles.

KALIS facilite la mise en relation des acteurs du bureau d'études qui, grâce au concept de vitrine, interagissent lors du partage de ces Informations Support. Mais le partage de connaissances reste difficile à évaluer au sein du bureau d'études car nous ne pouvons pas

préciser comment le niveau de connaissance du bureau d'études a évolué depuis le déploiement de KALIS et quelles en sont les causes réelles.

2.2 Les types d'Informations Support

Nous avons mis en place des indicateurs portant plus précisément sur le contenu de KALIS dans le but d'évaluer la pertinence des types d'Informations Support identifiées pendant nos observations de terrain et de déterminer son impact sur les processus de calcul.

2.2.1 Les types d'Informations Support contenus dans KALIS

La Figure 41 montre que KALIS contient principalement des normes, dont la moitié a été ajoutée pendant la phase de remplissage. Les macro et les feuilles de calcul sont elles aussi nombreuses, et la majorité d'entre elles a été créée par les ingénieurs pendant les projets réalisés. Enfin, il contient des Informations Support apportant des renseignements sur les méthodes de travail et de calcul comme des documents techniques ou scientifiques.

Dans le cas de projets récurrents, nous constatons que les ingénieurs d'étude ont construit des parties de modèles. Certains de ces modèles sont paramétrés, ce qui permet de les adapter dans le cadre de familles de systèmes. Auparavant, ces modèles étaient souvent reconstruits à cause du manque de mise en valeur des activités ou des produits étudiés pour un client donné. Dans ce cas, KALIS présente un réel intérêt car il permet de rechercher certaines informations en fonction de différents critères.

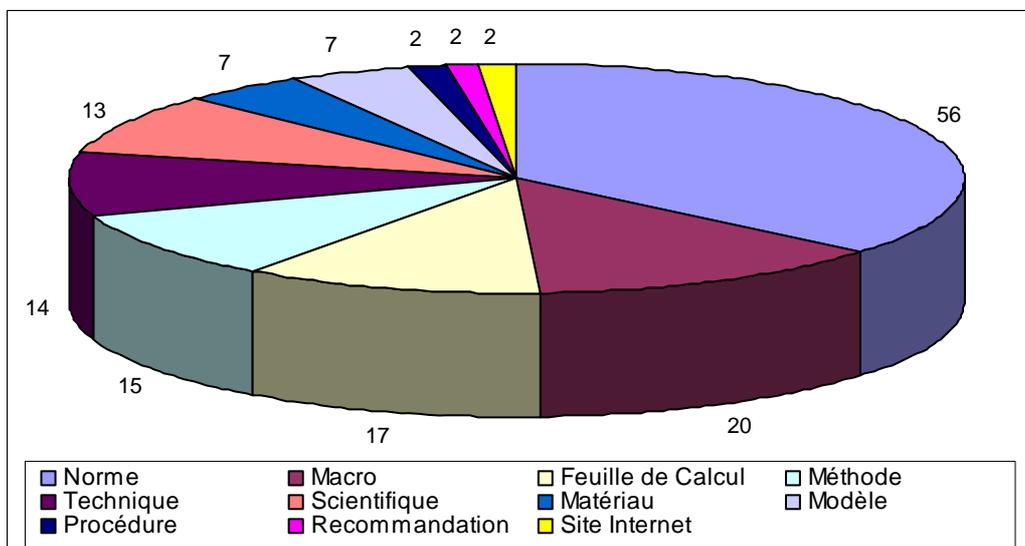


Figure 41 Types d'Informations Support contenues dans KALIS au 01/04/2007

Certains types d'Informations Support apparaissent comme moins utiles pour les ingénieurs d'études, comme les données matériaux ou les recommandations. En effet, très peu de données matériaux ont été ajoutées depuis le déploiement de KALIS car les ingénieurs d'études les retirent directement des normes ou de certains sites Internet spécialisés sur lesquels ils peuvent obtenir des caractéristiques plus fiables. Il en est de même pour les recommandations qui sont très peu formalisées dans KALIS mais souvent échangées de façon orale.

Même si il est certain que les sites Internet et les livres sont très utilisés par les ingénieurs d'études, un faible nombre apparaît dans KALIS. Il en ressort que les ingénieurs d'étude n'utilisent pas cet outil pour accéder à ces sources d'informations. En effet, les livres ne sont pas informatisés et les sites Internet sont souvent notés dans les favoris des navigateurs. Ils restent gérés indépendamment du système.

Enfin, KALIS contient seulement deux procédures. Cette faible quantité peut être expliquée par leur coût de mise au point et de validation qui a limité leur construction sur la période concernée. Les documents méthode, moins formels et coûteux à mettre au point, font en quelque sorte office de procédures, mais restent moins exhaustifs. En effet, ils portent généralement sur une activité particulière alors que les procédures portent sur un processus de calcul complet.

Ces observations nous permettent de conclure que les normes, les macros, les feuilles de calcul, les méthodes, les parties de modèles de calcul, les documents techniques et scientifiques sont des informations pertinentes pour les ingénieurs. Leur présence dans KALIS signifie que les acteurs adhèrent à l'approche de gestion des *Informations Support* proposée.

L'étude plus détaillée du contenu de KALIS montre qu'aucune *Information Support* n'a été dupliquée. Cela signifie que les ingénieurs d'étude vérifient avant d'ajouter une nouvelle *Information Support* si elle n'est pas déjà présente dans KALIS ou bien que les ingénieurs ont supprimé les doublons qu'ils ont pu rencontrer.

2.2.2 L'utilisation des différents types d'*Informations Support*

Parmi les types d'*Informations Support* que nous jugeons pertinents pour le métier du calcul, nous étudions leur taux d'utilisation. Le Tableau 8 montre que selon le type d'*Informations Support* il existe des disparités concernant leur utilisation.

En effet, nous constatons sur ce tableau qu'une part importante des macros et des feuilles de calcul sont utilisées pendant les projets de calcul alors qu'une part importante des documents scientifiques ou des normes n'a jamais été notée comme utilisée.

Ce tableau permet aussi de valider le fait que les acteurs renseignent effectivement le contexte d'utilisation des informations qu'ils manipulent au cours de leurs projets de calcul.

Type d' <i>Information Support</i>	Taux d'utilisation
Macro	75,00%
Feuille de Calcul	58,82%
Méthode	57,14%
Technique	42,86%
Norme	30,36%
Modèle	14,29%
Scientifique	7,69%

Tableau 8 Taux d'utilisation des *Informations Support* en fonction de leur type au 01/04/2007

Après avoir validé la pertinence de certains types d'informations et montré qu'ils sont effectivement utilisés au sein de KALIS, nous montrons à quels moments du processus de calcul les différents types d'*Informations Support* interviennent.

Le Tableau 9 met en relation les types d'*Informations Support* et les activités du processus de calcul. Les cases du tableau indiquent le nombre d'*Informations Support* différentes⁷⁶ qui ont été utilisées pour chacune des activités du processus de calcul.

Types d'informations support \ Activités du processus de calcul	Feuille de Calcul	Macro	Matériau	Méthode	Modèle	Norme	Procédure	Scientifique	Site Internet	Technique
Analyse préliminaire	4			2		1		1		5
Définition des hypothèses		2	1	1		9		1	2	1
Définition des critères						7				
Définition des matériaux		1	5			9				
Modélisation	3	10	2		1					
Définition des conditions aux limites		3								
Définition des chargements	6	3		2		10	1			
Lancement du Calcul		11		4						
Dépouillement des résultats	12	12				1		3		
Vérification Contrôle										
Réponse au client		2		4		1	1			2

Tableau 9 Types d'*Informations Support* utilisées pendant le processus de calcul au 01/04/2007

Ce tableau permet tout d'abord de valider l'existence de l'ensemble d'activités que nous avons identifiées au cours du processus de calcul. Il confirme aussi l'hypothèse faite par Baizet [Baizet, 2004] à la suite de son observation de terrain chez Renault DIEC. En effet, il a constaté que divers types de connaissances (théorique, méthode, outil...) sont utiles à diverses étapes du processus de calcul. Nous confirmons cette hypothèse, dans la mesure où ce tableau montre qu'une majorité de documents théoriques et techniques sont utiles au début du processus de calcul. Ensuite, lorsqu'il s'agit de construire le modèle de simulation, les ingénieurs d'étude utilisent des *Informations Support* plus fortement orientées sur les méthodes et les outils (et donc sur l'action). Enfin, la phase d'interprétation du résultat requiert quant à elle principalement des connaissances d'outil et théoriques.

2.2.3 Le partage des différents types d'*Informations Support*

Lorsque nous analysons le partage des *Informations Support* en les distinguant en fonction de leur type, nous constatons que les feuilles de calcul et les macros sont fréquemment partagées.

⁷⁶ Les informations utilisées plusieurs fois pour le même type d'activité ne sont comptabilisées qu'une seule fois.

Ces *Informations Support* sont souvent dans des espaces de travail de proximité car elles sont généralement construites par un ou plusieurs ingénieurs qui ont collaboré sur un problème donné.

Les documents scientifiques ou techniques semblent peu partagés au sein du bureau d'étude. De même, les modèles de calculs sont principalement contenus dans les espaces privés des ingénieurs, mais certains d'entre eux sont partagés et ont été réutilisés dans plusieurs projets. Enfin, nous observons que certaines normes sont fortement partagées au sein du bureau d'études. En effet, une part importante d'entre elles est imposée par certains clients. Ces normes souvent utilisées correspondent aux domaines d'expertise du bureau d'étude. Par contre les autres normes sont très peu utilisées. Elles ont été ajoutées au cours de projets particuliers mais n'ont pas été nécessaires depuis.

La diversité des situations de partage d'informations confirme l'intérêt des espaces de travail. En effet, ils supportent la diffusion progressive des *Informations Support* au sein du bureau d'étude. De plus, ces espaces de travail se révèlent importants dans le contexte d'une approche ascendante telle que la notre car ils mettent en valeur les *Informations Support* importantes pour le bureau d'études. Ils révèlent celles qui appartiennent à un seul individu, et dans ce cas, il est peut être nécessaire de les diffuser. Dans d'autres cas, elles peuvent être stockées dans un espace de proximité réunissant un nombre important d'ingénieurs, ce qui souligne l'utilité collective de l'*Information Support*.

2.3 Le dispositif de formalisation de connaissances

Afin de minimiser les coûts de formalisation, la capture des informations repose sur un dispositif simplifié de classification et de documentation. A ceci s'ajoute le fait que KALIS a été intégré aux processus de l'entreprise par l'intermédiaire de la fiche de suivi et dans le processus qualité grâce à la nouvelle fiche de vérification.

Il s'agit maintenant de savoir quelles connaissances sont formalisées autour de ces *Informations Support*, et comment les acteurs se les approprient. Pour cela, nous analysons la documentation associée aux *Informations Support* contenues dans KALIS.

2.3.1 Comment les *Informations Support* sont-elles décrites ?

D'une manière générale, le titre, le type et la description sont suffisants pour permettre à une personne du métier d'identifier une *Information Support*. De plus, dans la plupart des cas, le type est correctement renseigné.

La description associée à chaque *Information Support* est généralement brève, et renvoie principalement à des connaissances déclaratives, permettant dans la majorité des cas de savoir à quoi servent l'*Information Support* ou les résultats attendus. Les descriptions indiquent rarement les documents de référence qui ont permis de mettre au point les *Informations Support* ou leurs limites de validité.

L'analyse de la documentation des *Informations Support* montre que les connaissances procédurales qui leurs sont associées sont rarement formalisées⁷⁷. A la suite d'interview avec

⁷⁷ Elles restent implicites

les ingénieurs d'étude, nous pouvons dire qu'ils considèrent souvent que la description associée à l'*Information Support* est suffisante pour permettre à leurs collaborateurs de se les approprier. Dans les faits, nous constatons que des interactions s'initient souvent lors de l'appropriation de ces *Informations Support* et pendant celles-ci des connaissances procédurales sont partagées.

Lorsque les connaissances procédurales sont formalisées au sujet d'une *Information Support*, elles décrivent son utilisation, son fonctionnement ou les problèmes rencontrés lors de l'utilisation.

« [...] Attention : Dans quelques cas il y a des problèmes d'exécution de la macro lorsque l'ancienne macro existe encore dans le fichier de chargement : Il faut supprimer l'ancienne macro du fichier. [...] »

Ceci montre que de tels renseignements apportent des indications sur les problèmes rencontrés au cours de l'usage des *Informations Support* et des moyens pour les résoudre.

Peu (environ 15%) de justifications ou de commentaires sont ajoutés lors de la création, de la documentation ou de la modification d'une *Information Support*. Néanmoins, lorsqu'elles sont spécifiées, ces justifications permettent d'obtenir des indications sur les précautions à prendre lors de l'utilisation, sur la maturité de l'information ou les améliorations possibles. Autre point, les modifications apportées aux *Informations Support* sont rarement décrites dans la partie commentaire correspondante. Ceci laisse entrevoir l'importance de l'animation de l'approche et de communiquer autour de ses objectifs. En effet, ce constat montre qu'il est nécessaire de mieux expliquer aux ingénieurs d'études à quoi peuvent servir ces commentaires.

Aucune annotation n'a été ajoutée aux *Informations Support* contenues dans KALIS. Cela ne signifie pas pour autant que les annotations ne sont pas utiles, mais remet plutôt en cause la manière dont nous avons implémenté le dispositif d'annotations de KALIS. En effet, ce dernier n'est pas très intuitif car il n'est pas directement associé aux *Informations Support*⁷⁸. Effectivement, les interviews des ingénieurs d'étude révèlent qu'ils le trouvent difficile à utiliser. De plus, nous avons aussi constaté que quelques commentaires sont directement ajoutés dans la description de l'*Information Support* grâce au dispositif de Wiki. Enfin, la proximité géographique des ingénieurs d'étude facilite toujours la communication orale, ce qui minimise encore l'utilité perçue des annotations.

Les ingénieurs d'étude rencontrent toujours quelques difficultés pour ajouter des *Informations Support* en temps réel au cours d'un projet. Ceci est confirmé par nos interviews et nos observations de terrain.

En effet, l'ajout d'*Informations Support* est encore souvent repoussé à la fin du projet. Pour qu'elles soient effectivement créées au fil de l'eau, il serait possible au prix de développements informatiques plus lourds, d'intégrer des outils d'édition directement dans le système de gestion des connaissances. Dans le contexte d'ANTECIM, l'ajout d'*Informations*

⁷⁸ Les annotations apparaissent au sein de KALIS et ne peuvent pas être directement apportées sur l'*Information Support* elle-même.

Support en temps réel n'est pas crucial car les projets de calculs menés simultanément au bureau d'études sont souvent différents.

Par contre, le lien entre KALIS et la *fiche de suivi* facilite la saisie d'informations contextuelles lors de l'utilisation des *Informations Support*. En effet, pour accéder à KALIS, ils doivent passer par la fiche de suivi ce qui permet de connaître l'affaire sur laquelle ils travaillent.

Ainsi, lorsque les ingénieurs d'étude utilisent une *Information Support*, ils renseignent bien le contexte dans lequel ils se situent (domaine scientifique, activité courante et objectif). Ces informations contextuelles sont importantes, car elles facilitent leur recherche et renforcent la *Conscience collective* des activités accomplies. Nous avons notamment pu observer au sein du bureau d'études que beaucoup d'*Informations Support* sont retrouvées à partir du nom du client.

Même si les usages des *Informations Support* déjà contenues dans KALIS sont généralement bien renseignés, nous avons observé que lorsque les acteurs sont habitués à utiliser une même information, spécifier toujours leur usage devient peu à peu inutile à leurs yeux.

De plus, les indications mémorisées dans KALIS apportent peu de précisions sur les hypothèses formulées pendant le processus de calcul. Les descriptions associées ne sont pas toujours suffisantes pour utiliser certaines *Informations Support* directement ou pour savoir exactement ce qui a été fait avec celles-ci. Dans ces cas là, nous avons observé que les ingénieurs se réfèrent aux notes de calcul des projets terminés, ou demandent des explications à leurs collaborateurs. Ceci montre que les Traces d'usages fournissent aux acteurs des « pointeurs » vers des *Informations Support* et d'autres sources d'information.

2.3.2 Comment les *Informations Support* évoluent-elles ?

Nous avons constaté depuis le déploiement de KALIS que les ingénieurs d'étude construisent leurs *Informations Support* avec un objectif de réutilisation. En effet, celles créées aujourd'hui dans KALIS sont beaucoup plus élaborées que celles développées par le passé, lorsqu'aucune politique et aucun dispositif de stockage n'existaient. Les *Informations Support* les plus simples sont généralement peu modifiées, par contre, les plus complexes nécessitent souvent l'intervention de plusieurs ingénieurs qui les font évoluer en phases successives. Dans ce cas, le suivi de l'évolution des *Informations Support* apporté par KALIS se révèle efficace car il permet aux acteurs de suivre les modifications apportées par leurs collaborateurs.

Le Tableau 10 présente le cas d'une macro de calcul créée au début du déploiement de KALIS, pendant la phase de test sur des projets réels (22/8/2005). Chaque ligne représente une intervention sur la macro. On peut ainsi connaître certaines précisions sur le contexte de l'intervention comme l'identifiant de la personne qui a effectué l'intervention, la date et l'identifiant du projet... Le tableau montre que cette macro a été progressivement partagée par plusieurs ingénieurs (utilisateurs A, B et C) qui en ont éprouvé le besoin au cours des projets qu'ils ont réalisés. Lors des partages successifs, les ingénieurs ont modifié la macro elle-même pour la rendre plus facilement utilisable et adaptée aux problèmes rencontrés. La macro a ainsi évolué au fur et à mesure des cas rencontrés, elle est donc aujourd'hui plus générique

et sans doute plus fiable. Le tableau montre également que la macro a été modifiée aussi souvent qu'elle a été utilisée. Cette phase d'instabilité est caractéristique du processus de développement de certaines *Informations Support*. Le tableau montre enfin que la description de la macro a elle aussi évolué, notamment lorsque des ingénieurs l'ont utilisée pour la première fois. A ces moments là, le partage de connaissances s'est principalement déroulé au cours d'interactions entre le ou les propriétaires de la macro et les ingénieurs désirant l'utiliser. Lors des discussions, certaines connaissances échangées ont été ensuite formalisées par les ingénieurs qui ont alors enrichi sa documentation.

Même si cette macro paraissait fiable lors de sa création, il s'est avéré par la suite qu'elle n'était pas totalement finalisée. Ce sont certains cas particuliers rencontrés au cours de projets qui ont entraîné l'évolution de cette *Information Support*.

Cette période de mise au point se caractérise par des interactions fréquentes entre les différents ingénieurs ainsi que par l'instabilité de l'information et de sa documentation. La présence d'informations non finalisées dans un système de gestion des connaissances présente des risques liés à la fiabilité des résultats qu'elles fournissent. Par conséquent, il est important d'associer à ces *Informations Support* des indications sur leur fiabilité et leur maturité.

Au cours des différents projets, l'information a évolué progressivement de l'espace privé de l'ingénieur A vers un espace de proximité entre A et B, puis entre A, B et C. A l'heure actuelle, les espaces de travail permettent d'assurer la diffusion progressive des *Informations Support*. Le principe de vitrine permet aux acteurs de prendre conscience qu'une information pertinente existe dans d'autres espaces de travail. Ce dispositif fonctionne bien, car il est possible de retrouver des informations « utiles » même si l'accès est restreint.

Nous avons aussi constaté qu'il existe une certaine pression (positive) exercée par les ingénieurs d'études sur le créateur d'une information lorsqu'ils constatent qu'elle est utile mais pas partagée. Cette pression est bénéfique pour le partage de connaissances car elle renforce la dynamique de collaboration et la confiance entre les ingénieurs.

Par contre, lors du premier accès à une information autant les espaces de travail que les vitrines ne permettent de garantir qu'il y ait un partage de connaissances par communication, et ni une formalisation de connaissances à la suite du partage d'une *Information Support*. Ainsi, il est difficile de connaître quelle est la part de connaissances appropriées par internalisation par rapport à la part de connaissances appropriées par socialisation au sein de KALIS.

← Période de développement et d'instabilité →

Date	Action	Utilisateur	Projet	Client	Domaine Scientifique	Activité courante	Objectif
22/08/2005	Création	A	1	X1			
22/08/2005	Utilisation	A	1	X1	Calcul Statique	Définition des chargements	Pour ajouter les frottements sur les appuis des portes busquées
24/08/2005	Modification	A	1	X1			
29/08/2005	Documentation	A	1				
12/10/2005	Utilisation	B	2	1	Calcul Statique	Définition des Conditions aux limites	Application des efforts de frottement sur les lisses d'appui
14/10/2005	Documentation	B	2				
06/02/2006	Utilisation	C	3	X2	Calcul Statique	Définition des Conditions aux limites	Application de CL à appliquer à un composant soumis à du frottement
24/02/2006	Vérification	A	0		Calcul Statique	Définition des Conditions aux limites	Vérification de la macro par comparaison avec le contact sur ANSYS
27/02/2006	Modification	C	0				
02/05/2006	Utilisation	B	4	X2	Calcul Statique		
06/06/2006	Consultation	B					
13/06/2006	Consultation	C					
22/06/2006	Consultation	B					

Tableau 10 Historique de l'évolution d'une Information Support : exemple d'une macro

L'observation plus approfondie des espaces privés montre qu'ils ne remplacent pas les disques durs des ingénieurs car certaines informations ne sont pas stockées dans le système de gestion des connaissances. De plus amples observations nous permettent de dire que ces informations sont jugées peu utiles par les ingénieurs d'étude ou pas encore suffisamment matures pour être stockées dans KALIS. Ces constatations concernant l'utilisation de l'espace privé viennent renforcer les conclusions de Kankanhalli et al. [Kankanhalli *et al.*, 2005a] soutenant que dans le cas de contributions volontaires, la perte de pouvoir n'affecte pas l'usage des systèmes de gestion de connaissances. Cela nuance l'hypothèse initiale sur le fait que le contrôle de l'accès à une *Information Support* offert par les espaces privés puisse minimiser ce sentiment de perte de pouvoir. Par contre, l'intérêt de l'espace privé se justifie toujours dans le cadre de notre approche ascendante car il permet une diffusion progressive des *Informations Support* et l'identification des connaissances individuelles.

L'exemple de cette macro met en évidence le fait que les Traces d'usage et d'évolution apportent des indications précieuses sur l'*Information Support*, lesquelles sont inexistantes lorsque cette information est archivée sur un disque dur personnel en dehors de tout système de gestion. Grâce au dispositif de vitrine, KALIS a permis de favoriser les interactions entre les ingénieurs en leur permettant d'avoir conscience qu'une *Information Support* utile existe dans l'entreprise et en pointant qui sait l'utiliser. Enfin, cet exemple nous permet de valider, sur un cas particulier mais détaillé, le support apporté par les espaces de travail pour développer et diffuser progressivement les *Informations Support* au sein du bureau d'études.

3. Bilan de l'approche pour le fonctionnement du bureau d'études

Pour Blessing et Chakrabarti, l'évaluation de la mise en place de nouvelles méthodes ou de systèmes supportant les pratiques doit comporter deux aspects [Blessing et Chakrabarti, 2002]. Le premier porte sur l'évaluation des aspects techniques comme le fonctionnement des systèmes de gestion des connaissances et le second sur l'évaluation du succès de l'approche.

Nous nous appuyons sur les observations du paragraphe précédent pour valider les concepts de KALIS avec un point de vue technique. Ensuite, nous analysons les impacts de notre approche de gestion des connaissances sur le fonctionnement opérationnel du bureau d'études. Enfin, nous adoptons un point de vue stratégique pour dresser un bilan des apports de l'approche sur le fonctionnement de l'entreprise.

3.1 La validation technique des concepts de l'approche

Après quinze mois de mise en place au sein du bureau d'études, nous avons vu que les ingénieurs calcul utilisent KALIS au cours des projets qu'ils réalisent. Il contient actuellement un peu plus de 150 *Informations Support* dont certaines ont été ajoutées pendant la phase de remplissage initial et d'autres sont ajoutées au fur et à mesure des projets réalisés.

L'indexation du contenu au fil de l'eau fonctionne bien puisque les ingénieurs d'étude renseignent le contexte dans lequel ils utilisent et modifient certaines *Informations Support*. Les connaissances formalisées dans KALIS permettent généralement d'identifier à quoi servent les *Informations Support*. Le dispositif provoque des collaborations entre ingénieurs, permettant notamment de partager certaines connaissances procédurales associées à ces *Informations Support* au cours de discussions.

Le contenu de KALIS évolue lui aussi grâce à la collaboration entre ingénieurs lors de la mise au point de certaines *Informations Support*. L'analyse plus fine des Traces d'usage de ces *Informations Support* nous permet de constater que certaines d'entre elles deviennent effectivement partagées, au sein de groupes de taille croissante dans le temps. Cet élargissement s'accompagne de modifications et d'enrichissement des *Informations Support*. De plus, nous observons une formalisation progressive des connaissances sur celles-ci et une amélioration de leur maturité. Cela confirme l'intérêt de la mise en place d'un dispositif d'évaluation de la maturité tel que décrit au chapitre précédent, mais nous avons manqué de temps pour mettre en œuvre ce dispositif chez ANTECIM.

Les espaces de travail et les vitrines s'avèrent effectivement utiles lors de la mise au point ou de l'identification de certaines *Informations Support*. En effet, ils permettent une diffusion progressive et améliorent la *Conscience collective* des activités accomplies au sein du bureau d'études.

Certaines observations soulignent qu'une approche ascendante présente des intérêts car elle minimise les coûts de codification. Il apparaît aussi nécessaire de mettre en place des dispositifs permettant aux acteurs d'évaluer et d'améliorer la qualité du contenu du système de gestion des connaissances.

3.2 L'impact de KALIS sur le plan opérationnel

Pour avoir une idée de l'impact réel de notre approche sur le fonctionnement du bureau d'études, nous nous appuyons sur le rapport entre le nombre⁷⁹ de projets de calcul traités par ANTECIM et ceux qui ont fait appel aux informations contenues dans KALIS.

Sur le graphique ci-dessous, il est possible de constater que la période qui a suivi l'introduction de KALIS, a été marquée par une chute de la valeur de ce rapport jusqu'à 20% environ. Ensuite, le nombre de projets de calcul ayant fait appel à KALIS a légèrement augmenté pour atteindre aujourd'hui un tiers des affaires traitées par le bureau d'études. Ceci est encourageant car tous les projets ne nécessitent pas systématiquement l'utilisation d'*Informations Support*.

⁷⁹ Ces projets sont exhaustivement identifiés dans la fiche de suivi d'affaires.

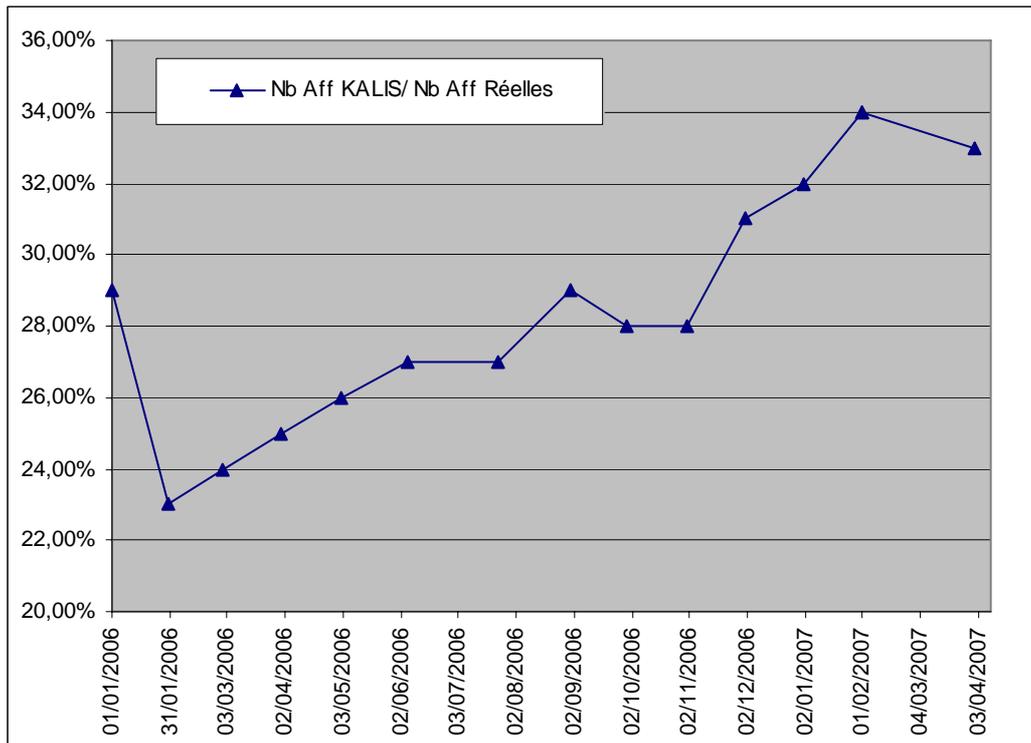


Figure 42 Proportion d'affaires apparaissant dans KALIS par rapport à celles traitées par ANTECIM au 01/04/2007

3.3 L'impact de l'approche sur le plan stratégique

Nous avons montré au premier chapitre que la fiabilité des résultats de calcul est aujourd'hui un enjeu crucial dans le domaine de la conception de produits. Nous avons aussi mis en évidence le fait que les bureaux d'études prestataires de services doivent être réactifs pour évoluer dans le domaine industriel actuel fortement marqué par la concurrence.

Ainsi, nous évaluons l'impact de notre approche sur la fiabilité des résultats fournis par ANTECIM à ses clients et sur sa réactivité interne.

3.3.1 Les impacts sur la fiabilité

Pour mesurer la fiabilité des études réalisées par l'entreprise, il serait possible de comptabiliser les retours clients pour des problèmes de fiabilité des résultats fournis ou bien de suivre l'évolution du nombre de clients récurrents depuis la mise en place de KALIS. Néanmoins, nous considérons que de tels indicateurs ne seraient pas directement représentatifs de l'impact de KALIS sur la fiabilité des résultats.

Nos observations ont montré que la gestion commune et centralisée des *Informations Support* a permis de faire évoluer leur fiabilité. En effet, le suivi des évolutions permet d'utiliser des versions à jour et permet de conserver une traçabilité des versions utilisées dans les projets antérieurs. La réutilisation d'*Informations Support* validées est quant à elle directement liée à l'amélioration de la fiabilité des résultats de calculs par rapport aux pratiques précédentes comme la mise au point d'informations au cours du projet.

Nous avons noté que le partage de connaissances et la collaboration entre les ingénieurs sont facilités par la mise en place de KALIS. Cela a des répercussions sur la diffusion des bonnes pratiques et sur le niveau de compétence du bureau d'études.

Nous n'avons pas eu le temps nécessaire pour obtenir un retour d'expérience sur le dispositif d'évaluation de la maturité des *Informations Support*. Mais nous pensons qu'il permettrait d'améliorer la qualité des connaissances formalisées au sein du bureau d'études.

3.3.2 Les impacts sur la réactivité

D'un point de vue interne à l'entreprise, la réactivité peut être améliorée par la maîtrise des compétences et des connaissances techniques [Dauty et Larré, 2001].

KALIS apporte une meilleure visibilité des activités, des *Informations Support* et des experts ce qui facilite la résolution de certains problèmes techniques. Ensuite, le fait que certaines *Informations Support* sont partagées et réutilisées dans le cadre de projets divers, met en évidence le bénéfice par rapport aux anciennes méthodes de travail pour lesquelles un nombre d'entre elles était recréé.

Notre approche permet d'avoir une vision des compétences collectives au sein du bureau d'études et ainsi d'identifier des méthodes et des bonnes pratiques dans certains domaines scientifiques. KALIS favorise les interactions entre les acteurs aussi, nous constatons que la spécialisation des ingénieurs par clients semble moins pénalisante sur le fonctionnement du bureau d'études qu'elle ne l'était auparavant (voir [Pourroy *et al.*, 2004]).

Ces facteurs montrent l'impact du système de gestion des connaissances sur la réactivité de l'entreprise. L'amélioration des connaissances sur les clients est aujourd'hui un aspect que nous avons peu abordé, et qui est susceptible d'accroître la visibilité des activités des donneurs d'ordres et ainsi de contribuer à la réactivité du bureau d'études.

4. Synthèse

Nous avons montré dans ce chapitre la mise en œuvre de notre approche de gestion des connaissances au sein de l'entreprise ANTECIM basée sur un déploiement progressif de KALIS et que nous avons accompagné d'un dispositif d'animation et de suivi.

Nous avons observé la mise en place de notre approche de gestion des connaissances sur une période de quinze mois grâce au suivi d'indicateurs reflétant l'utilisation de KALIS au sein du bureau d'études. Parallèlement à cela, nous avons observé les pratiques apparues à la suite de la mise en usage de notre approche de gestion des connaissances. Enfin, nous avons aussi analysé finement les connaissances formalisées. Ces observations montrent que le fonctionnement de KALIS supporte bien les concepts de l'approche de gestion des connaissances que nous proposons. Sa mise en usage chez ANTECIM nous permet de dire que notre approche collaborative de gestion des connaissances s'intègre bien dans un contexte industriel. En effet, KALIS est aujourd'hui utilisé au sein du bureau d'études et il semble contribuer à améliorer la fiabilité des études réalisées pour les clients, ainsi que la réactivité de l'entreprise.

Dans le cadre de ce déploiement progressif, nous avons mis en place un premier prototype de KALIS qui n'était pas complètement finalisé. Ainsi, en nous appuyant sur nos observations de terrains, nous avons fait évoluer certains concepts de notre approche et leur implémentation dans KALIS.

La version de KALIS déployée aujourd'hui sur le terrain n'offre pas la possibilité aux acteurs d'évaluer la maturité des informations qu'ils manipulent. D'autres travaux restent donc à accomplir pour mettre en application le dispositif d'évaluation de la maturité des *Informations Support* proposé et observer ses impacts sur les pratiques.

A ce niveau du manuscrit, nous avons présenté les enjeux de notre approche, les concepts pour y répondre, KALIS, le système déployé au sein de l'entreprise ANTECIM et donné un retour d'expérience sur son usage.

Le chapitre suivant se distingue du reste du manuscrit car nous décrivons les aspects particuliers de la méthode de recherche mise en œuvre au cours de notre thèse qui nous ont permis de valider les concepts par nos observations de terrain.

Chapitre VII. Une prise de recul sur notre méthode de recherche

Après avoir décrit les concepts de notre approche, son déploiement sur le terrain, et donné nos retours d'expérience, nous prenons du recul sur notre méthodologie de recherche afin d'expliquer comment nous avons mis en œuvre des cycles de recherche intervention les plus courts possibles.

Pour Prudhomme et al. [Prudhomme et al., 2005], la recherche en conception a deux objectifs. D'une part, elle vise à proposer des méthodes pertinentes pour l'activité de conception et adaptées aux pratiques industrielles. D'autre part, elle contribue à développer les connaissances sur le processus de conception tout en apportant des outils utiles et utilisés pour assister les concepteurs dans leurs activités.

Pour parvenir à répondre à ces deux objectifs, différentes démarches de recherche peuvent être mises en œuvre. Dans notre cas, nous nous sommes appuyés sur une démarche de recherche intervention. L'intérêt de ce type de méthode est de permettre l'observation des activités informelles accomplies par les acteurs afin de proposer des méthodes ou des outils supportant ces pratiques.

Ces approches de recherche, basées sur l'analyse des activités de terrain, demandent au chercheur de comprendre le métier des acteurs afin d'en identifier précisément les verrous. Cette identification est souvent difficile car les situations de conception sont souvent complexes. Elles impliquent généralement des acteurs de différents métiers et occupant parfois plusieurs rôles.

Ainsi, certains proposent des cadres méthodologiques pour structurer les activités accomplies au cours de la recherche sur le processus de conception (voir par exemple [Blessing et Chakrabarti, 2002], [Prudhomme et al., 2005]). Ces travaux soulignent les difficultés à mettre en œuvre un cycle de recherche intervention complet dans le cadre d'un même projet de recherche. Dans ce chapitre, nous nous appuyons sur le modèle défini par Prudhomme et al. pour décrire les grandes étapes qui ont jalonné le déroulement de notre thèse. Enfin, nous portons un œil critique sur la mise en œuvre de notre approche de recherche intervention.

1. La recherche en conception, un processus complexe et itératif

Prudhomme et al. [Prudhomme et al., 2005] considèrent que la recherche en conception ne peut être pas simplement limitée à l'identification et l'évaluation entre une situation initiale et une situation finale connue a priori, telle que le présentent Blessing et Chakrabarti [Blessing et Chakrabarti, 2002]. Ils proposent alors un cadre méthodologique (cf. Figure 43) destiné à supporter la recherche sur le processus de conception, complémentaire de DRM⁸⁰.

⁸⁰ DRM est le cadre méthodologique proposé par Blessing et Chakrabarti que nous avons décrit lors de l'introduction [Blessing et Chakrabarti, 2002].

Ce modèle est organisé autour d'objectifs de recherche devant être clairement identifiés au départ, mais il se distingue de DRM par le fait que ces objectifs évoluent tout au long du processus de recherche. Prudhomme et al. considèrent en effet que les critères de recherche définis au départ peuvent être différents de ceux permettant d'évaluer les résultats finaux.

L'*observation* d'un processus de conception est une phase de collecte de données brutes issues du terrain. L'*analyse* consiste à l'organisation de ces données en fonction de typologies issues de modèles théoriques. La *modélisation* permet de définir un modèle descriptif et explicatif du processus observé. La *spécification* vise à décrire les principes des outils ou des méthodes support au processus observé. Le *prototypage* concerne la proposition de démonstrateurs supportant les spécifications. Le *développement* est une phase plutôt opérationnelle, conduisant à la construction de systèmes basés sur les spécifications. La *mise en usage* concerne le déploiement des systèmes pour qu'ils soient utilisés par les concepteurs. Enfin, l'*expérimentation* consiste à étudier une situation simplifiée de conception pour laquelle certains paramètres peuvent être contrôlés.

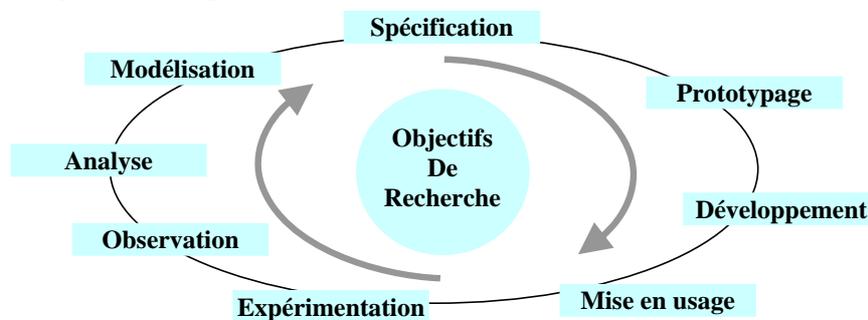


Figure 43 Modèle de méthodologie de recherche en conception [Prudhomme et al., 2005]

Prudhomme et al. soulignent qu'il existe généralement un délai important entre la définition des objectifs de recherche et l'utilisation effective des outils. De plus, après une période d'adaptation, les outils et les méthodes sont utilisés d'une manière différente de celle imaginée au départ.

2. Notre approche de recherche intervention

Face aux difficultés de mise en œuvre de ces approches de recherche sur la durée d'une thèse, nous avons pour ambition initiale de déployer une méthode et un outil support des pratiques le plus tôt possible sur le terrain. Notre objectif était d'obtenir rapidement des retours d'expérience et de mesurer leur impact sur les processus à la suite de leur appropriation par les acteurs.

Nous avons alors appuyé notre recherche intervention sur une approche dite « *pragmatique* » [Thoben et al., 2000] consistant en une mise en place progressive d'un dispositif support à la gestion des connaissances. Ce type d'approche itérative consiste à déployer des solutions partielles, c'est-à-dire répondant à une partie d'un problème observé, dans l'objectif d'obtenir un retour d'expérience pour définir de nouvelles actions adaptées à la nouvelle situation de terrain.

Cette approche itérative présente des similitudes avec les approches de recherche intervention. Mais, elle offre l'avantage de permettre de réaliser des cycles de recherche beaucoup plus courts et plus nombreux.

2.1 Description chronologique du déroulement de nos travaux

Le cadre méthodologique proposé par Prudhomme et al. [Prudhomme et al., 2005], nous permet de décliner les différentes périodes qui ont jalonné nos travaux de recherche.

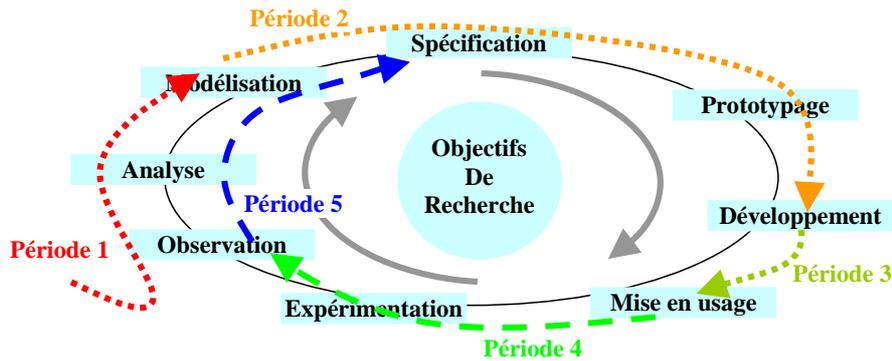


Figure 44 Déroulement de notre processus de recherche

2.1.1 Période 1 : Observation participante, Analyse et Modélisation des activités du Bureau d'études (Octobre 2004 - Mars 2005)

Notre première phase d'observation participante nous a permis de comprendre les problématiques et les enjeux de l'entreprise ANTECIM. En participant aux pratiques de terrain nous avons identifié les verrous les plus importants au travers de la mise en œuvre de deux stratégies d'observation des activités du bureau d'études.

La première a concerné l'analyse des besoins liés au métier d'ingénieur calcul. En effet, notre intégration au sein du bureau d'études d'ANTECIM, s'est déroulée au travers d'une implication aux activités du bureau d'études pour occuper le rôle d'ingénieur d'étude. Ceci nous a permis de comprendre les difficultés rencontrées par un novice lors de l'appropriation des connaissances liées au métier d'ingénieur calcul. Pendant cette période, nous nous sommes impliqués dans plusieurs projets afin d'identifier les types d'informations récurrents. Parallèlement à cela, nous avons observé comment réutiliser des méthodes de modélisation, d'interprétation des résultats, ou, d'une façon plus générale, les connaissances issues des projets précédents.

Le second point de vue adopté pour l'observation des activités à porté sur le fonctionnement du bureau d'études dans son ensemble, en nous focalisant particulièrement sur les informations échangées entre les ingénieurs. Notre démarche pour analyser le fonctionnement du bureau d'études s'est largement appuyée sur l'activité opérationnelle de refonte de la *fiche de suivi*, outil qui était déjà fortement utilisé chez ANTECIM. Elle nous a permis de sélectionner certains projets à étudier de façon détaillée à partir de certains critères comme les

clients récurrents, le dépassement des délais... Ensuite, nous avons interagi avec les ingénieurs d'étude afin d'identifier les difficultés qu'ils ont pu rencontrer au cours de ces projets, les bonnes pratiques et les facteurs d'amélioration.

Cette période de terrain pendant laquelle nous nous sommes impliqués dans les projets du bureau d'études nous a permis d'acquérir une certaine légitimité vis-à-vis des ingénieurs d'études. Par ailleurs, la mise en place de la *fiche de suivi* a été un point très important pour notre démarche de recherche intervention car elle nous a permis d'observer en détail les phases de collaboration asynchrones et l'évolution des informations au sein du bureau d'études. Nous avons alors dégagé un ensemble de verrous liés au partage d'informations (cf. Chapitre II. 4.3.2).

Certes, la *Fiche de Suivi* nous a aidé à observer le fonctionnement du bureau d'étude, mais elle a aussi fortement contribué à asseoir notre légitimité en montrant que nous étions capables de proposer des évolutions des outils et des méthodes de travail. Enfin, en plus de cette aide à l'observation qu'elle nous a offert, elle s'est avérée par la suite être un véritable support pour intégrer notre démarche de gestion des connaissances au sein de l'entreprise.

Cette période d'observation participante a été suivie d'une période de prise de recul pendant laquelle nous avons analysé et modélisé le fonctionnement du bureau d'études. Ici encore, la *Fiche de Suivi* nous a été utile car nous avions à notre disposition des exemples d'affaires réalisées et accompagnées des interactions survenues au cours de celles-ci.

2.1.2 Période 2 : Spécification, Prototypage et Développement de KALIS (Juillet - Septembre 2005)

Nous avons présenté à l'entreprise ANTECIM des propositions d'évolution de ses méthodes de travail, et défini quelles étaient les priorités d'amélioration.

Notre compréhension du fonctionnement du bureau d'études nous a permis de proposer un outil supportant des pratiques déjà existantes, mais en leur apportant une meilleure structuration. En effet, certaines *Informations Support* étaient déjà effectivement partagées au sein du bureau d'études. Le premier prototype de KALIS supportait donc les pratiques existantes, mais il en améliorait la gestion tout en valorisant les *Informations Support*.

Supporter des pratiques déjà existantes autour desquelles des dysfonctionnements existent nous a permis d'impliquer et d'enrôler les acteurs dans le projet de gestion des connaissances. En effet, nous avons répondu à un problème rencontré sur le terrain dans l'objectif de rendre plus efficace le partage et la formalisation de connaissances autour des *Informations Support*.

La première version de KALIS offrait déjà certains services clés aux acteurs de :

- Mise en place d'une gestion centralisée des Informations Support,
- Support au partage des *Informations Support* grâce aux espaces de travail,
- Formalisation et développement des *Informations Support* au fil de l'eau,
- Conservation des Traces d'usage et d'évolution des *Informations Support*,
- Augmentation de la *Conscience collective* grâce aux vitrines.

Ce prototype de KALIS ne répondait pas à toutes les perspectives d'améliorations identifiées pendant la première période mais il s'attachait aux points qui étaient apparus prioritaires (cf. Chapitre VI. 1.1). Lors du développement de KALIS, nous avons cependant immédiatement tenu compte des autres perspectives d'amélioration identifiées pendant l'observation de terrain. Ainsi, l'architecture de KALIS a été conçue de façon modulaire en prévision de futures évolutions.

2.1.3 Période 3 : Mise en usage de KALIS (Octobre 2005 - Janvier 2006)

Le prototype de KALIS a été déployé directement au sein de l'entreprise grâce à la collaboration avec un ingénieur d'étude. Cette phase de mise au point en milieu industriel a contribué à valider les concepts proposés et à identifier les aspects restant à améliorer.

A la fin du développement de ce prototype de KALIS, nous avons collaboré avec un ingénieur calcul d'ANTECIM afin de :

- Vérifier si les concepts de l'outil étaient compatibles avec son activité quotidienne.
- Valider l'ergonomie de l'outil car c'est un aspect important à prendre en compte.
- Tester son fonctionnement et corriger les principaux bugs.
- Constituer une masse critique d'*Informations Support* à partir de celles utilisées au cours des projets.

Au cours de cette période, nous avons fait évoluer certains concepts en collaboration avec l'ingénieur pilote, mais aussi, avec l'ensemble des ingénieurs du bureau d'étude qui se sont impliqués dans les discussions autour de KALIS. Cette implication des acteurs a contribué positivement à la légitimité de notre travail et du système que nous étions en train de déployer.

Une fois l'outil déployé, une présence forte dans l'entreprise a été nécessaire afin de former les ingénieurs, mais surtout de communiquer sur les objectifs de la démarche.

Au cours de cette phase, nous avons débuté une nouvelle phase d'observation participante. Nous nous sommes basés sur les activités réalisées et les *Informations Support* utilisées au cours des projets pour interagir avec les ingénieurs afin de leur montrer les bénéfices qu'ils pouvaient tirer de la mise en commun de leurs *Informations Support*.

Pendant cette période les concepts de l'approche ont évolué et certaines mises au point ont été apportées aux outils. Nous avons suivi un ensemble d'indicateurs (cf. Chapitre VI. 1.3) pour évaluer l'intégration de la démarche et de KALIS au sein du bureau de calcul. Ces indicateurs d'utilisation ont permis d'évaluer les fonctionnalités de l'application avec un point de vue utilisateur, et de continuer de faire évoluer les concepts de l'approche. Ainsi, nous avons modifié certains aspects de l'ergonomie de KALIS, notamment en ajoutant un accès vers KALIS dès la page d'accueil de la *Fiche de Suivi*, afin de faciliter la saisie d'informations sur le contexte.

2.1.4 Période 4 : Expérimentation et nouvelle observation participante (Février - Août 2006)

Une fois que KALIS a été déployé à l'ensemble du bureau d'études et que les acteurs savaient comment l'utiliser, notre présence sur le terrain s'est limitée à une activité d'animation périodique de la démarche.

Ainsi, cette phase d'expérimentation de KALIS a duré environ sept mois. Pour notre démarche de recherche intervention, elle a constitué une nouvelle phase d'observation participante, dont l'objectif était d'étudier l'utilisation de KALIS et les pratiques apparues suite à son appropriation sur le terrain. Cette fois-ci, notre approche d'observation participante s'est déroulée au cours de l'animation de la démarche de gestion des connaissances.

Pour cela, nous nous sommes appuyés sur un suivi hebdomadaire de l'utilisation de KALIS au sein du bureau d'études, lequel nous a permis d'interagir avec les acteurs. Cela nous a conduit à identifier les aspects de KALIS ne répondant pas aux besoins des acteurs.

Parallèlement à l'observation des pratiques basée sur l'animation de l'approche, nous avons défini au sein de KALIS un ensemble d'indicateurs qui ont servi de support d'observation pour le chercheur. Certains d'entre eux sont destinés à identifier les acteurs impliqués et les projets liés aux situations de partage d'*Informations Support*. Ils nous ont permis d'observer la progression du partage des informations et de l'enrichissement de leur documentation. Dans quelques-unes de ces situations, nous avons interagi avec les acteurs afin de savoir comment s'étaient déroulés le partage et l'appropriation de l'information concernée.

Ainsi, au cours de cette phase d'observation participante nous avons pu valider certains concepts et identifier de nouvelles pratiques grâce à notre présence périodique sur le terrain. Nous nous sommes aussi servi de KALIS, l'outil déployé au sein du bureau d'études comme un support d'observation. Enfin, nos observations se sont appuyées sur le contenu du système pour le confronter à l'utilisation observée au sein du bureau d'études.

Grâce à cela, nous avons identifié sur le terrain quels usages de KALIS différaient de ceux envisagés lors de sa spécification. Cette période d'observation et d'analyse a donc aidé à valider par le terrain les concepts proposés. Elle a aussi permis de définir les pistes d'évolution de l'approche à partir des usages apparus suite à l'intégration de ce nouvel outil de travail.

2.1.5 Période 5 : Analyse, modélisation et spécification (Novembre 2006-Janvier 2007)

Les données d'observation de la période précédente ont été analysées afin de modéliser le nouveau fonctionnement du bureau d'études. Ensuite, nous avons spécifié de nouveaux concepts en fonction de ces nouvelles pratiques.

Nous donnons ici deux exemples d'évolution des concepts de notre approche et montrons comment nous avons identifié les nouveaux axes de développement de l'approche de gestion des connaissances.

1) De l'analyse et la modélisation du partage d'informations vers la redéfinition des espaces de travail

Nos objectifs initiaux par rapport aux espaces de travail étaient de supporter l'évolution et le partage progressif d'une part et, d'autre part, de garantir une certaine fiabilité des *Informations Support*.

Dans un premier temps, nous avons fait l'hypothèse que les acteurs allaient avoir tendance à stocker leurs *Informations Support* dans leurs espaces privés. Nous avons donc défini les espaces de travail en fonction du périmètre de diffusion⁸¹ des *Informations Support*. Les informations stockées dans les espaces privés étaient celles non diffusées. Celles contenues dans les espaces de proximité étaient celles diffusées au sein d'un groupe d'acteurs bien identifié et, enfin, celles de l'espace public étaient celles diffusées à l'ensemble du bureau d'études de l'entreprise.

Après usage de KALIS, nous en avons extrait les informations contenues dans les espaces de travail (cf. Figure 45). Puis, nous avons comparé les informations individuelles (c'est-à-dire celles qui sont encore privées) avec celles partagées⁸² entre plusieurs acteurs (cf. Figure 46) en distinguant aussi celles qui ont seulement été créées dans KALIS mais jamais utilisées.

En comparant les graphiques Figure 45 et Figure 46, il est possible de déduire deux facteurs qui montrent que les informations contenues dans les espaces de travail ne révèlent pas les connaissances effectivement partagées au sein du bureau d'études.

Premièrement, les données de la Figure 45 nous ont permis de comprendre que les acteurs plaçaient dans l'espace public certaines informations peu utilisées et parfois même non validées. Ceci se constate notamment par la forte augmentation du nombre d'informations stockées dans l'espace public. Elle signifie que le fait de placer une information dans l'espace public était devenu un raccourci de diffusion.

Deuxièmement, la Figure 45 montre qu'il y a peu d'informations privées et un nombre important d'informations dans les espaces public, et de proximité. Ceci signifie que les utilisateurs avaient tendance à vouloir partager les informations dès qu'ils les ajoutaient dans KALIS. Or, cette pratique différait de celle envisagée au départ dans la mesure où le partage et l'appropriation s'effectue au moment où les acteurs ont besoin d'utiliser de nouvelles *Informations Support*. C'est pour cela que le nombre d'*Informations Support* collectives (cf. Figure 46) est inférieur à celui de celles contenues dans les espaces de proximité (cf. Figure 45).

Au premier abord, ces observations sont révélatrices d'un climat de confiance au sein du bureau d'études. Néanmoins, elles remettent en cause la légitimité de l'espace privé que nous avons initialement développé dans KALIS. En effet, nous avons observé que les acteurs laissaient certaines *Informations Support* dans un autre espace réellement privé, comme leur disque dur, mais pour lequel il n'existe pas de vitrine pour permettre aux autres de connaître leur existence. Par ailleurs, la dérive des pratiques constatée autour de l'espace public met en

⁸¹ Ici, la diffusion concerne les acteurs qui ont accès à une information.

⁸² Utilisées, modifiées ou consultées

évidence le besoin d'un dispositif de modération pour le passage des informations dans cet espace de travail.

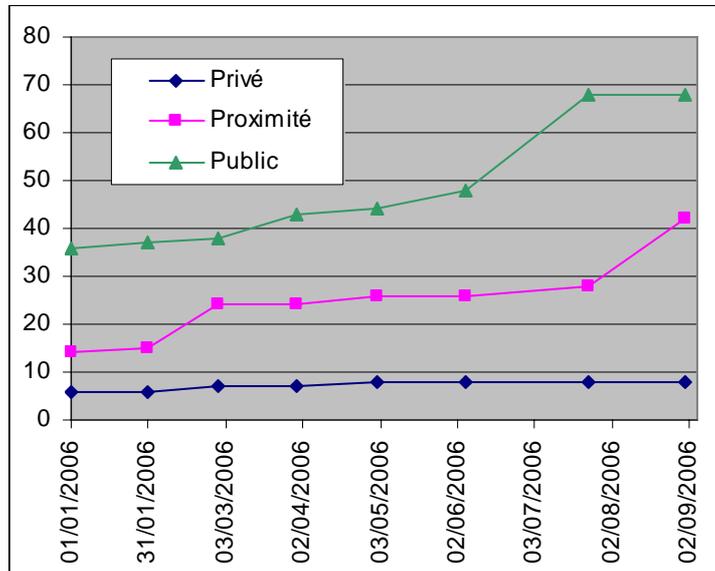


Figure 45 L'évolution du contenu des espaces de travail [Beylier et al., 2006a]

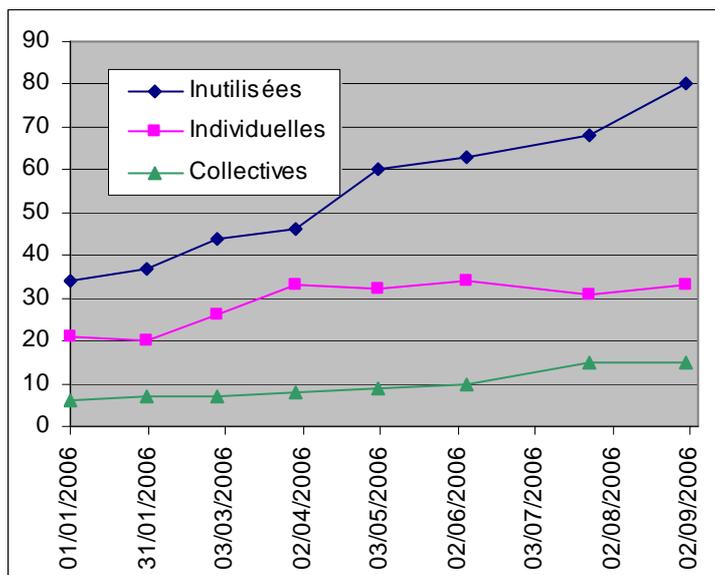


Figure 46 Partage réel des Informations Support [Beylier et al., 2006a]

Or, nous avons montré au chapitre précédent que les informations effectivement partagées et modifiées par plusieurs ingénieurs, étaient devenues plus fiables. Le partage effectif d'une *Information Support* est donc un indicateur de sa maturité qui n'était pas mis en évidence par les espaces de travail.

Ces éléments montrent que l'usage des espaces de travail définis dans KALIS ne correspondait pas avec l'usage prévu initialement car ils ne contenaient pas les informations effectivement partagées et utilisées par les ingénieurs d'étude. Nous avons fait évoluer la

définition de ces espaces pour qu'ils mettent en évidence les *Informations Support* validées, les connaissances partagées au sein du bureau d'études et celles locales ou individuelles.

Pour supporter l'évolution des informations entre les espaces il devenait nécessaire de faciliter l'identification des informations utiles pour l'équipe d'ingénieurs calcul, mais stockées dans les espaces personnels. Pour cela, nous avons défini des indicateurs de maturité sur les *Informations Support* ainsi que sur les pratiques d'utilisation de ces informations.

2) De l'analyse et la modélisation de l'évolution des Informations Support à la spécification d'un dispositif d'évaluation de la maturité (Novembre 2006-Janvier 2007)

A l'issue de nos premières analyses bibliographiques, nous avons identifié que la qualité du contenu des systèmes de gestion des connaissances devait être prise en compte. Néanmoins, lors du développement du premier prototype, nous n'avons pas implémenté de telles fonctionnalités.

Nous avons fait l'hypothèse que la première phase d'usage d'un système de gestion des connaissances est plus fortement focalisée sur l'ajout de nouvelles informations. Avant de spécifier un dispositif supportant l'évolution de la qualité des *Informations Support*, il était nécessaire de pouvoir observer et modéliser le processus de développement des *Informations Support* en correspondance avec les pratiques apparues avec la mise en place de KALIS.

Ainsi, avant de spécifier notre dispositif d'évaluation de la maturité des informations et des pratiques, nous avons attendu que le système de gestion des connaissances soit utilisé au sein de l'entreprise.

Pour observer l'évolution et le partage d'informations nous avons défini des indicateurs destinés au chercheur afin de faciliter la tâche d'observation des pratiques. Grâce à cela, nous avons eu la possibilité de suivre l'évolution⁸³ des *Informations Support* lorsqu'elles étaient partagées pour ensuite analyser plus finement certaines informations fortement utilisées au sein du bureau d'études.

Ces analyses ont contribué à l'identification de quatre phases caractéristiques du processus de développement des *Informations Support* (cf. Chapitre IV. 2.4.2). Cela a permis de modéliser le processus de développement puis de spécifier un modèle d'évaluation de la maturité des *Informations Support* correspondant aux pratiques apparues suite à la mise en usage de KALIS.

Néanmoins, nous n'avons pas eu le temps nécessaire pour développer et mettre en usage ce dispositif d'évaluation de la maturité. Ainsi, le cycle de recherche intervention que nous avons mis en œuvre au cours de cette thèse se termine sur cette seconde phase de spécifications.

⁸³ Grâce à ces indicateurs, nous avons pu suivre le déroulement de certaines situations de partage même lorsque nous n'étions pas physiquement présents au sein du bureau d'études. Dans ces cas là, les indicateurs ont servi de pointeurs vers les acteurs que nous avons ensuite interviewés.

2.2 Prise de recul sur notre approche

Notre démarche de recherche intervention a permis d'obtenir des retours d'expérience sur une partie des concepts que nous avons proposés au cours de nos travaux de recherche. Ces retours d'expériences sont consolidés par une observation des usages de KALIS sur une période de huit mois. Parallèlement à cela, nous nous sommes basés sur nos observations de terrain pour valider et faire évoluer les concepts de notre approche.

Ainsi, nous considérons que ce type d'approche, consistant à développer et à mettre en usage des systèmes supportant seulement une partie des pratiques, répond aux objectifs de la recherche en conception et à ceux des entreprises présentés par Prudhomme et al. [Prudhomme et al., 2005]. En effet, elle permet de structurer les pratiques de terrain tout en offrant des supports d'investigation pour le chercheur.

Pour l'entreprise, la mise en place d'outils mêmes non finalisés permet de supporter les pratiques et de structurer certaines activités informelles. De ce fait, elle introduit un changement des pratiques progressif en résolvant une partie des problèmes identifiés. Un tel déploiement progressif de nouvelles méthodes de travail présente aussi l'avantage de faciliter l'enrôlement des acteurs dans la démarche d'amélioration. En effet, en répondant progressivement aux problèmes identifiés sur le terrain, les acteurs ont la possibilité de constater les évolutions et de les critiquer. Ils contribuent eux-mêmes à l'évolution de leurs outils de travail.

Cette introduction progressive d'outils présente aussi des risques pour l'entreprise car les concepts développés dans le cadre de ces approches de recherche sont souvent instables et peuvent être remis en cause par le terrain. L'introduction de ces outils, la période de formation et d'appropriation par les acteurs sont des sources de perturbations pour les activités de l'entreprise. Ainsi, en raison des efforts investis pour le déploiement des systèmes et leur appropriation par les acteurs, il est difficile de modifier en profondeur leurs principes de fonctionnement.

Pour le chercheur la mise en usage d'outils, même s'ils ne sont pas finalisés, est particulièrement intéressante car elle permet de confronter directement au terrain les concepts développés. Cela permet d'obtenir un retour d'expérience rapide vis-à-vis de ces concepts. Les outils déployés font apparaître de nouvelles pratiques et créent de nouveaux besoins. Ainsi, le chercheur en entreprise peut s'appuyer sur ces nouvelles pratiques pour compléter ses réflexions et proposer de nouvelles solutions. Pour déployer ses nouvelles propositions, il dispose alors des outils déjà déployés sur lesquels il peut s'appuyer. L'introduction de ces nouveaux concepts en est alors facilitée.

Il est important de souligner que ce type d'approche présente aussi des risques pour la recherche sur le processus de conception. En effet, si la période d'observation est trop courte, il est possible de faire un diagnostic incomplet des situations de terrain. De même, tant que la présence du chercheur en entreprise n'est pas reconnue par les acteurs du terrain, il est difficile d'observer précisément les activités.

Lorsque les concepts ne sont pas complètement stables, il est difficile de les mettre en œuvre sur le terrain et de convaincre les acteurs de les appliquer. Par exemple, lors de la mise en usage de KALIS, nous avons fortement insisté sur certains concepts comme les Traces d'usage et cela s'est déroulé au détriment d'autres comme les annotations.

De plus, les solutions partielles proposées par le chercheur, et déployées sur le terrain, sont difficiles à généraliser car leur appropriation par les acteurs est souvent spécifique à la culture et aux pratiques de l'entreprise. Enfin, la période de mise en usage est souvent longue, ce qui rend les retours d'expérience difficiles à obtenir car ils sont pertinents seulement lorsque les outils sont bien intégrés aux activités du terrain.

Ainsi, nous considérons qu'une telle mise en œuvre de dispositifs support devrait s'effectuer en séparant les concepts afin de pouvoir les évaluer indépendamment les uns des autres. Mais, dans ce cas, le retour d'expérience sur la globalité de l'approche est beaucoup plus long à obtenir. D'autre part, dans certaines situations, les concepts sont fortement liés les uns aux autres.

3. Synthèse

Pour faire face aux difficultés de mise en œuvre d'un cycle complet de recherche intervention sur la durée d'une thèse, nous avons basé notre méthodologie sur des cycles beaucoup plus courts.

Pour cela, nous avons spécifié et mis en œuvre des solutions permettant de supporter partiellement les pratiques des acteurs sur le terrain. Cela nous a permis d'obtenir des retours d'expériences sur les pratiques apparues à la suite de l'introduction de ces nouveaux outils. Nous nous sommes servis des systèmes déployés sur le terrain comme supports d'observation en dégagant des indicateurs permettant au chercheur d'observer les pratiques.

La mise en place de cycles courts de recherche intervention laisse apparaître des perspectives intéressantes pour le domaine de la recherche en conception. Néanmoins, nous avons vu que ces approches présentent aussi quelques risques. Enfin, dans le contexte de nos travaux, il est important de souligner qu'un certain nombre de facteurs ont facilité l'accomplissement de ces cycles rapides de recherche intervention tels que la forte implication du responsable de la PME, la réactivité de l'entreprise ou la proximité géographique entre l'entreprise et le laboratoire G-SCOP.

Conclusion

Synthèse des travaux

Ces travaux de thèse s'intègrent dans les problématiques apparues à la suite des récentes évolutions des méthodes de conception de produits. Dans ce cadre, les sous-traitants se spécialisent par métier et prennent une part de plus en plus importante dans les processus de leurs donneurs d'ordres. Ces relations interentreprises engendrent des évolutions du tissu industriel comme l'apparition de l'entreprise virtuelle pour laquelle les collaborations sont parfois éphémères et fortement basées sur les Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication.

Nous nous sommes focalisés sur le métier du calcul en mécanique qui, en sous-traitance, intervient principalement pour valider les solutions de conception. Ces activités fortement basées sur l'expertise sont de plus en plus centralisées au sein de services spécialisés dans les grands groupes ou réalisées par des sous-traitants spécialisés sur ce métier.

Pour mener ces travaux, nous nous sommes appuyés sur une démarche de recherche intervention au cours de laquelle, nous avons alterné des phases d'observation participante, de proposition d'outils pour faire évoluer les pratiques, et de mise en œuvre de ces solutions sur le terrain. Nous avons notamment pris le parti de minimiser la durée de ces cycles de recherche intervention afin de pouvoir obtenir très tôt un retour d'expérience issu du terrain.

Notre étude s'est portée sur les activités de l'entreprise ANTECIM, l'une de ces sociétés de services spécialisées dans le calcul de structure. Nous avons notamment souligné que ces entreprises sont souvent des PME qui doivent être réactives et fournir des résultats de calcul fiables. Au sein de ces sociétés, les processus de travail sont peu formalisés et s'appuient fortement sur la collaboration au sein des équipes métier, afin de fournir des prestations souvent uniques, à des clients de divers secteurs industriels.

Pour répondre aux enjeux de fiabilité des prestations et de réactivité, nous avons mis en œuvre une démarche de gestion des connaissances respectant les spécificités de ces entreprises de service.

Nous avons montré que les enjeux de la gestion des connaissances évoluent d'une logique de formalisation et de conservation de connaissances vers des approches prenant plus en compte les aspects humains et favorisant, de ce fait, le partage et la collaboration.

Une approche collaborative de gestion des connaissances adaptée aux spécificités des entreprises prestataires de services a donc été proposée.

Cette approche est destinée à instaurer, au sein de communautés de pratiques, une formalisation progressive des connaissances ainsi qu'une dynamique de collaboration et de partage. Elle s'appuie sur les objets support aux activités des membres de la communauté que nous avons appelé des *Informations Support*. Notre approche propose de tracer les usages et

les évolutions des *Informations Support* afin de formaliser les connaissances au fil de l'eau et d'augmenter la *Conscience collective* des activités accomplies par les acteurs.

Ainsi, l'approche collaborative de gestion des connaissances proposée s'attache à satisfaire cinq objectifs principaux :

- Permettre la formalisation des connaissances par les ingénieurs eux-mêmes.
- Permettre un partage et une validation progressifs d'*Informations Support* non finalisées.
- Encourager les échanges interpersonnels et l'accès aux experts.
- Permettre l'évaluation de la qualité du contenu du système de gestion des connaissances.
- Intégrer l'approche dans les activités de l'organisation.

Pour supporter cette approche collaborative de gestion des connaissances et la mettre en œuvre chez ANTECIM, nous avons développé un outil nommé KALIS. Ce système est destiné aux communautés de pratiques auxquelles il offre des dispositifs de formalisation, légers à utiliser, capturant au fil de l'eau la description des *Informations Support* ainsi que leurs Traces d'usage et d'évolution. KALIS s'appuie sur trois espaces de travail permettant une diffusion et une validation progressives des connaissances. Il favorise la *Conscience collective* au sein de l'équipe grâce à la présence de vitrines facilitant l'identification d'*Informations Support* au sein des espaces privés et de proximité. Le contenu de ce système est destiné à évoluer au cours des interactions et du partage d'informations entre les acteurs. Il offre pour cela, un dispositif de Wiki que nous avons complété par un système d'évaluation de la maturité des *Informations Support* et de la maturité des pratiques au sein de l'organisation.

Nous avons intégré cette approche collaborative de gestion des connaissances au sein de l'entreprise ANTECIM en identifiant les types d'*Informations Support* utilisées par les ingénieurs calcul, et en caractérisant le contexte d'activité propre à ses processus d'ingénierie. Pour faciliter l'intégration et l'utilisation de KALIS, nous l'avons interfacé sur un outil utilisé quotidiennement par les ingénieurs d'études, et nous avons intégré notre approche au sein du système de management de la qualité de l'entreprise.

Le déploiement de notre démarche de gestion des connaissances s'est déroulé progressivement au travers d'une approche itérative consistant à mettre en œuvre rapidement des solutions répondant à une partie des verrous identifiés sur le terrain. Cela a contribué à la légitimité de nos actions au sein de l'entreprise, ainsi qu'à l'implication et à l'enrôlement des acteurs de l'entreprise dans un processus d'amélioration continue.

Autour de la mise en œuvre de notre démarche de gestion des connaissances, nous avons suivi un ensemble d'indicateurs extraits de l'utilisation de KALIS. Ces indicateurs ont été utiles pour animer la gestion des connaissances au sein de l'entreprise. Ils nous ont aussi servi pour dresser un bilan positif de l'impact de notre approche sur la fiabilité des activités de calcul et la réactivité de l'entreprise.

En effet, une longue période de mise en œuvre nous permet de conclure aujourd'hui sur la pertinence d'une telle approche collaborative de gestion des connaissances. Nous avons notamment constaté au sein du bureau d'études des améliorations sur la gestion des *Informations Support* qui sont aujourd'hui réutilisées dans plusieurs projets et parfois même partagées par un nombre important d'acteurs du bureau d'études. Le principe de formalisation des connaissances par les ingénieurs eux-mêmes donne des résultats satisfaisants. Mais nous constatons que la présence des collaborateurs sur un lieu unique est encore un vecteur fortement utile pour la diffusion des connaissances au sein de l'entreprise, sur lequel il faut appuyer la gestion des connaissances en facilitant leurs interactions et la *Conscience collective*. Par manque de temps, nous n'avons pas pu déployer sur le terrain les dispositifs d'évaluation de la maturité des *Informations Support* et des pratiques, ce qui nous empêche de donner un retour d'expérience sur l'impact de telles fonctionnalités sur la qualité du contenu des systèmes de gestion des connaissances.

Enfin, nous avons détaillé la stratégie adoptée pour mettre en œuvre des cycles de recherche intervention plus courts, c'est à dire adaptés à la durée d'une thèse. En mettant en place des outils supportant partiellement les verrous identifiés sur le terrain, nous avons renforcé notre légitimité au sein de l'entreprise. Nous nous sommes appuyés sur ces outils afin d'obtenir des indications sur leur utilisation et nous les avons pris comme support pour asseoir de nouveaux outils et méthodes de travail. Nous avons montré qu'une telle approche est intéressante tant pour l'entreprise que pour le domaine de la recherche sur le processus de conception. Elle présente néanmoins certains risques relatifs à la généralisation des concepts proposés car ils sont mis en œuvre et validés sur un cas particulier. Pour les entreprises, la proposition de solutions couvrant une partie seulement des verrous identifiés peut présenter des risques liés à l'instabilité des méthodes de travail déployées sur le terrain.

Contributions et limites identifiées

Les contributions de nos travaux portent au niveau des activités de calcul, de l'entreprise ANTECIM, de la gestion des connaissances en ingénierie de produits et des démarches de recherche sur le processus de conception.

Vis-à-vis du métier du calcul, nos travaux mettent en évidence l'impact des *Informations Support* sur la fiabilité et la réactivité. En effet, ces objets contiennent des connaissances formalisées sur les méthodes de calcul et parfois même certains modèles de calcul qu'il est possible de réutiliser et de partager. De plus, notre proposition s'appuie sur une décomposition par activités des processus de calcul ce qui permet de caractériser de façon générique le contexte des actions des ingénieurs d'étude au cours d'un projet. Enfin, nous avons montré au cours de ce travail que les types d'*Informations Support* utiles varient tout au long d'un calcul. Ils sont fortement liés aux aspects méthodologiques lors des phases initiales, puis sont fortement liés aux actions et aux outils pour finir par être de nouveaux associés aux méthodes lors du dépouillement.

L'entreprise ANTECIM dispose maintenant d'un dispositif de gestion des *Informations Support* manipulées par ses ingénieurs d'études qui contribue à améliorer la fiabilité de ses

activités de calcul ainsi que sa réactivité. Nous avons mis en évidence dans ce manuscrit qu'une structuration et une formalisation progressive présente l'avantage de mettre en œuvre une démarche de gestion des connaissances adaptée à la structure de l'entreprise. Même si le système mis en place est léger à utiliser, il ne permet pas de formaliser toutes les connaissances mises en œuvre au cours d'un projet et il reste impératif d'avoir une dynamique de partage au sein du bureau d'études. Il paraît donc nécessaire d'avoir une implication forte de l'entreprise dans le projet et une animation permanente de la démarche de gestion des connaissances.

Vis-à-vis des problématiques de recherche en gestion des connaissances, nos travaux soulignent la pertinence des approches mixtes, et particulièrement dans un contexte de PME car elles permettent une formalisation des connaissances, importante pour le long terme, et une dynamique de collaboration efficace à court terme.

Nous avons aussi mis en évidence les avantages et démontré la faisabilité des approches collaboratives de gestion des connaissances en les basant notamment sur des systèmes informatiques peu coûteux à développer et simples à maintenir. KALIS, l'outil proposé, constitue lui aussi une contribution pour ce domaine de recherche car son architecture est directement construite autour des stratégies de codification et de personnalisation au lieu de se résumer à une agrégation de fonctionnalités pour les supporter.

La démarche de gestion des connaissances proposée permet d'avoir des coûts de codification réduits et favorise les échanges entre les acteurs. Néanmoins, elle dépend fortement de la culture de l'organisation qui influence la volonté et l'implication des acteurs.

La mise en application sur le terrain de notre approche de gestion des connaissances est une contribution importante de nos travaux, car elle a permis de valider les concepts proposés en milieu industriel. Par ailleurs, elle a mis en évidence que l'acceptation des outils de gestion des connaissances est facilitée lorsqu'ils sont bien intégrés au sein des activités métier. Nous avons défini un ensemble d'indicateurs pour évaluer les résultats de notre approche de gestion des connaissances et déterminer objectivement les facteurs de succès.

Enfin, nos travaux présentent un intérêt pour le domaine de la recherche sur le processus de conception. En effet, nous avons mis en œuvre des cycles de recherche intervention courts en proposant des solutions partielles, ce qui a permis de valider les concepts par des observations de terrain.

Avec une telle approche, la mise en place de nouveaux outils et méthodes de travail sur le terrain sont générateurs de nouvelles pratiques qu'il est ensuite possible d'analyser. Nous avons montré que les outils déployés sur le terrain peuvent être utilisés comme de réels supports d'observation, et qu'ils apportent une légitimité aux activités de recherche en milieu industriel.

Par ailleurs, lorsque les acteurs se sont appropriés ces nouvelles pratiques, il est ensuite possible de s'appuyer sur les outils et méthodes déployées pour proposer de nouveaux concepts, ce qui facilite la conduite du changement.

Nous avons aussi souligné les risques liés à de telles approches. Ceux-ci concernent notamment les difficultés de généralisation des solutions proposées par la recherche, et ceux liés à l'instabilité des concepts pour les entreprises.

Perspectives

Nous avons souligné au septième chapitre que les travaux effectués dans le cadre de cette thèse se sont arrêtés à la deuxième phase de *Spécification* du cycle de Prudhomme *et al.* [Prudhomme *et al.*, 2005]. Dans un premier temps, il paraît nécessaire de poursuivre l'étude du dispositif d'évaluation de la maturité par son implémentation au sein de KALIS et son expérimentation sur le terrain. L'objectif de cette expérimentation doit être double. Il s'agit d'une part de valider la pertinence des indicateurs proposés et des niveaux de maturité définis. D'autre part, il faut évaluer l'impact d'un tel dispositif sur la fiabilité des *Informations Support*. Une fois ce dispositif validé par le terrain, il faudra définir un processus structuré de validation des *Informations Support* afin de l'inclure dans les procédures des systèmes de management de la qualité.

Dès lors que les évolutions de cette version de KALIS seront implémentées et stabilisées, il nous paraît nécessaire d'optimiser et de finaliser ce prototype d'outil informatique en vue de le rendre utilisable dans divers contextes industriels. Il faut pour cela développer des interfaces permettant de configurer simplement le contexte des activités métier et les types d'*Informations Support* pour adapter facilement les systèmes de Traces d'usages et d'évolutions à divers contextes industriels.

Ceci nous amène aux perspectives à moyen terme que nous définissons autour de nos travaux. Une meilleure prise en compte des connaissances sur le « client » d'un calcul est un aspect important qui contribuera à l'amélioration de la réactivité des activités de calcul au cours d'un projet. L'objectif est d'améliorer la visibilité des activités accomplies par le client d'un calcul par une meilleure caractérisation des objectifs et du contexte dans lequel se déroule un projet. Au cours de nos travaux, nous avons constaté que la connaissance du domaine d'activité d'un client, du fonctionnement de l'organisation à laquelle il appartient et des produits qu'il développe permettent de réaliser des calculs répondant plus précisément à ses objectifs et ses attentes. A cette connaissance, il semble nécessaire d'en ajouter d'autres portant plus précisément sur le contexte et les habitudes de collaboration du client afin de faciliter la coordination.

Par ailleurs, la prise en compte des connaissances sur le client est aussi une problématique qu'il faut explorer dans des contextes d'entreprises de services car elles fournissent généralement des prestations personnalisées. Dans ce cadre, nous avons souligné au cours de ces travaux les problèmes rencontrés par les sous-traitants à cause du manque de visibilité à long terme des activités des donneurs d'ordres. Dans la continuité des problématiques de la conception intégrée, il s'agirait d'étudier comment l'augmentation de la visibilité de ces activités affecte la réactivité des sous-traitants ainsi que la qualité de leurs prestations.

Dans le contexte du métier du calcul, la collaboration inter-entreprise pourrait aussi être rendue plus efficace grâce au développement de plateformes de partage d'*Informations Support* capables de mettre en évidence les savoir-faire de chaque entreprise tout en les protégeant grâce à la mise en place de vitrines.

Nous avons souligné les difficultés rencontrées concernant l'évaluation du succès des approches de gestion des connaissances. Il nous paraît nécessaire de mener une analyse plus approfondie des indicateurs de suivi qu'il est possible d'extraire de l'utilisation des systèmes de gestion des connaissances. En effet, nous considérons qu'ils améliorent la mise en œuvre des approches de gestion des connaissances au sein des organisations en facilitant leur animation et en donnant aux acteurs un retour sur leurs contributions.

La généralisation de notre approche collaborative de gestion des connaissances et des outils qui lui sont associés apparaît aujourd'hui un enjeu important. Pour cela, il est nécessaire de mener de nouveaux projets de recherche dans d'autres contextes industriels afin d'identifier les aspects de notre approche qui sont transposables. Il est donc impératif de confronter cette approche collaborative à d'autres PME et aussi d'étudier dans quelle mesure elle s'avère adaptée aux activités des grands groupes industriels.

A plus long terme, il paraît important d'étudier l'impact des profils de compétences individuelles sur l'acceptation des systèmes de gestion des connaissances et leur efficacité. En effet, établir des profils de compétences individuelles à partir de l'utilisation des systèmes de gestion des connaissances présente l'intérêt de faciliter la mise en relation d'acteurs qui ont des intérêts communs à collaborer. Néanmoins, cette formalisation de profils de compétences soulève de nombreuses questions éthiques et même juridiques.

Enfin, au niveau de la recherche sur le processus de conception il paraît important d'analyser de façon plus large les problématiques des PME qui constituent aujourd'hui une part importante du tissu industriel, et qui se trouvent de plus en plus impliquées dans des contextes d'entreprise virtuelle.

Références Bibliographiques

- Aamodt A., et Plaza E. (1994). "Case-Based Reasoning: foundational issues, methodological variations, and system approaches." *AI Commun.*, vol. 7, n°1, pp. 39-59.
- Ackerman M. S., et Halverson C. A. (2000). "Reexamining organizational memory." *Communication of the ACM*, vol. 43, n°1, pp. 58-64.
- Ackerman M. S., et Halverson C. A. (2004). "Organizational Memory as objects, processes, and trajectories: An examination of Organizational Memory in use." *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, vol. 13, n°2, pp. 155-189.
- Afnor. (2000). *NF EN ISO 9000 Systèmes de management de la qualité - Principes essentiels et vocabulaire*, Afnor.
- Agostini A., De Michelis G., et Susani M. (2000). "From user participation to user seduction in the design of innovative user centred systems." *Designing Cooperative Systems*, Dieng-Kuntz R. et al. (Editeurs), IOS Press:Amsterdam, pp. 225-240.
- Ahn H. J., Lee H. J., Cho K., et Park S. J. (2005). "Utilizing knowledge context in virtual collaborative work." *Decision Support Systems*, vol. 39, n°4, pp. 563-582.
- Aifaoui N., Deneux D., et Soenen R. (2006). "Feature-based interoperability between design and analysis processes." *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol. 17, pp. 13-27.
- Alavi M., et Leidner D. E. (2001). "Review: Knowledge Management and Knowledge Management Systems: Conceptual foundations and research issues." *MIS Quarterly*, vol. 25, n°1, pp. 107-136.
- Ammar H., Pourroy F., et Villeneuve F. (2005). "Caractérisation d'objets supports au partage de connaissances en simulation numérique " Actes de 9ème Colloque National AIP PRIMECA La Plagne, France, 5-8 avril 2005.
- Andersson K. (2004). "Simulation in product design: An iterative question-answer Driven process." Actes de *Design 2004*, Dubrovnik, Croatia, May 2004.
- Apostolou D., et Mentzas G. (1999). "Managing corporate knowledge: a comparative analysis of experiences in consulting firms. Part 1 et 2." *Knowledge and Process Management*, vol. 6, n°3 et 4, pp. 238-254.
- Baizet Y. (2004). "La Gestion des Connaissances en Conception Application à la simulation numérique chez Renault - DIEC", Thèse de doctorat de l'Université Joseph Fourier de Grenoble.
- Balmisse G. (2005). *Guide des outils du Knowledge Management : Panorama, choix et mise en oeuvre*, Vuibert.
- Beattie G. A. (1995). *Management of Finite Element Analysis - Guidelines to best practices*, NAFEMS, 86 p.
- Becerra-Fernandez I. (2000). "Facilitating the online search of experts at NASA using expert seeker people-finder." Actes de 3ième conférence internationale sur *Practical*

- Aspects of Knowledge Management (PAKM2000)*, Reimer U. (Editeur), Basel, Suisse, 30-31 Octobre.
- Bekhti S. (2003). "DypKM : Un processus dynamique de définition et de réutilisation de mémoires de projets", Thèse de doctorat de l'Université de Technologie de Troyes.
- Bellaïche M., D. L., et Massot P. (2005). *Mode d'emploi pour les PME ISO 9001 : Une méthode inédite*, Afnor.
- Benbya H., et Belbaly N. A. (2005). "Mechanisms for knowledge management systems effectiveness: an exploratory analysis." *Knowledge and Process Management*, vol. 12, n°3, pp. 203-216.
- Benhafid Y., Troussier N., Boudaoud N., et Cherfi Z. (2005). "Méthode d'aide à l'idéalisation de modèles issus de la CAO pour le calcul de structures." *Mécanique et Industries*, vol. 6, pp. 289-295.
- Bernard J. (2006). "A typology of Knowledge Management System use by teams." Actes de *39th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, HICSS 2006*, IEEE Computer Society, Hawaï, USA, Janvier.
- Beylier C. (2004). "La qualification des informations comme support de l'ingénierie collaborative et du partage des connaissances en conception : Le cas des PME-PMI", Mémoire de Master Recherche de l'Institut National Polytechnique de Grenoble.
- Beylier C., Pourroy F., et Villeneuve F. (2006a). "Vers un dispositif léger de construction et de validation collaboratives de connaissances métier." Actes de *Colloque de l'Institut de la Production et des organisations Industrielles IPI'2006*, Allevard, France, 27-29 novembre 2006.
- Beylier C., Pourroy F., et Villeneuve F. (2006b). "A way to foster knowledge sharing in engineering design SMEs." Actes de *International Conference on Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering IDMME 06*, Grenoble, France, Mai 2006.
- Beylier C., Pourroy F., et Villeneuve F. (2007). "Implementation of a Light Knowledge Sharing Tool in Engineering Design." Actes de *International Conference On Engineering Design, ICED'07*, Paris, France, 28 - 31 Août 2007.
- Blanco E., et Pourroy F. (2005). "Des leviers d'action pour mieux intégrer la simulation au processus de conception." Actes de *17ème Congrès Français de Mécanique*, Troyes, France, Septembre 2005.
- Blessing L., et Chakrabarti A. (2002). "DRM: A Design Research Methodology." Actes de *Les Sciences de la Conception*, INSA de Lyon, Lyon, France, 15-16 Mars 2002.
- Boart P., Andersson P., et Elfström B.-O. (2006). "Knowledge enabled pre-processing for structural analysis." Actes de *1st Nordic Conference on Product Lifecycle Management*, Göteborg, Suède, 25-26 Janvier 2006.
- Bou E., Sauquet A., et Bonet E. (2004). "Exploring the dynamics of knowledge in practice comparing bundles of knowledge of experts and novices." Actes de *5th European conference on Organizational Knowledge, Learning and Competencies, OKLC 2004*, Innsbruck, Australie.
- Boujut J.-F., et Tiger H. (2002). "A socio-technical research method for analyzing and instrumenting the design activity." *Journal of Design Research*, n°2.

-
- Breitfeld T., et Kroplin B. (1996). "An expert system for the verification of finite-element calculations." Actes de *Proceedings of the Fourth International Symposium on Assessment of Software Tools (SAST '96)*.
- Brézillon P., et Pomerol J. C. (2001). "Is context a kind of collective tacit knowledge ?" Actes de *Workshop on Managing Tacit Knowledge, CSCW 2001*, Jacovi M. et Ribak A. (Editeurs), Bonn, Allemagne, pp. 23-29.
- Broens R. C. J. A. M., et de Vries M. J. (2003). "Classifying technological knowledge for presentation to mechanical engineering designers." *Design Studies*, vol. 24, pp. 457-471.
- Brown D., Leal D., McMahon C., Crossland R., et Devlukia J. (2004). "A Web-enabled virtual repository for supporting distributed automotive component development." *Advanced Engineering Informatics*, vol. 18, n°3, pp. 173-190.
- Browne J., et Zhang J. (1999). "Extended and virtual enterprises - similarities and differences." *International Journal of Agile Management Systems*, vol. 1, pp. 30-36.
- Bush A. A., et Tiwana A. (2005). "Designing sticky knowledge networks." *Communication of the ACM*, vol. 48, n°5, pp. 66-71.
- Cappe E. (2005). "Mise en oeuvre d'une démarche de gestion des connaissances au sein d'une PME : une réalité éloignée des cas de succès." Actes de *Congrès AIMS*, Angers, France, 6-9 juin 2005.
- Caussanel J. (2000). "Contribution à l'étude des Systèmes de Capitalisation des Connaissances : SMOCK, un système dédié aux PME-PMI", Thèse de doctorat de l'université des Sciences d'Aix-Marseille III.
- Charles S. (2005). "Gestion Intégrée des données CAO et EF – Contribution à la liaison entre conception mécanique et calcul de structures", Thèse de l'université de Technologie de Troyes.
- Choi B., et Lee H. (2003). "An empirical investigation of KM styles and their effect on corporate performance." *Information and Management*, vol. 40, pp. 403-417.
- Dauty F., et Larré F. (2001). "La réactivité industrielle : caractéristiques et outils." Actes de *3ieme université d'automne du GRECOS "Nouvelles technologies, stratégies des firmes et développement territorial"*, Marrakech, Maroc, Novembre 2001.
- Davenport T. H., et Prusak L. (1999). *Working knowledge: How organizations manage what they know*, Harvard Business School Press, 240 p.
- David B. (2005). "De la gestion des connaissances au management global du capital intellectuel." Le management des organismes de recherche publique (à confirmer).
- DCMI. (2006). "DCMI Metadata Terms." Voir sur <http://dublincore.org/documents/dcmi-terms/> (dernier accès Mai 2007).
- Del-Rey-Chamorro F., Wallace K., et Bracewell R. (2004). "Rationale as a link between information and knowledge." Actes de *International Design Conference, DESIGN 2002*, Dubrovnik, Croatie.
- Desouza K. C., et Awazu Y. (2006). "Knowledge management at SMEs: five peculiarities." *Journal Of Knowledge Management*, vol. 10, n°1, pp. 132-43.
-

- Dieng-Kuntz R., Corby O., Giboin A., Golebiowska J., Matta N., et Ribière M. (2000). *Méthodes et outils pour la gestion des connaissances ; une approche pluridisciplinaire du Knowledge Management*, Dunod:Paris, 372 p.
- Dingsøyr T., et Røyrvik E. (2003). "An empirical study of an informal knowledge repository in a medium-sized software consulting company." Actes de *Proceedings of the 25th International Conference on Software Engineering*, Portland, Oregon.
- Donnellan B., et Fitzgerald B. (2003). "A knowledge management application to support knowledge sharing in a design engineering community." Actes de *Proceedings of the 11th European Conference on Information Systems*, Ciborra C. U. et al. (Editeurs), Naples, Italie.
- Dourish P., et Bellotti V. (1992). "Awareness and coordination in shared workspaces." Actes de *Proceedings of the 1992 ACM conference on Computer-supported cooperative work*, Toronto, Ontario, Canada.
- Eckard C. (2000). "Advantages and disadvantages of FEM analysis in an early state of the design process." Actes de *2nd Worldwide Automotive Conference, MSC.Software Corporation*, Dearborn, Michigan, USA.
- Ermine J. L. (2001). "Les processus de la gestion des connaissances." Extraction des Connaissances et Apprentissage, Briand H. et Guillet F. (Editeurs), Hermès Science Publications:Paris, pp. 17-30.
- Ettighoffer D. (1992). *L'entreprise virtuelle ou les nouveaux modes de travail*, Odile Jacob.
- Eynard B., Lienard S., Charles S., et Odinot A. (2005). "Web-based collaborative engineering support system: Applications in mechanical design and structural analysis." *Concurrent Engineering*, vol. 13, n°2, pp. 145-153.
- Fe-Net. (2005). "Résultats du projet Fe-Net." Voir sur <http://www.fe-net.org> (dernier accès Mars 2007).
- Finn P. D., et Cunningham P. (1994). "Physical model generation in PDE analysis using model-based Case-based Reasoning." Actes de *QR '94:8th. International Workshop on Qualitative Reasoning about Physical Systems*, Nara, Japon, Juin 1994, pp. 90-97.
- Gardoni M., Spadoni M., et Vernadat F. (2000). "Harnessing non-structured information and knowledge and Know-How capitalisation in integrated engineering: Case study at Aerospatiale Matra." *Concurrent Engineering*, vol. 8, n°4, pp. 281-296.
- Girod M. (1995). "La mémoire organisationnelle." *Revue Française de Gestion*, n°105, pp. 30-42.
- Goldkuhl G., et Braf E. (2001). "Contextual knowledge analysis - Understanding knowledge and its relations to action and communication." Actes de *2ième European Conference on Knowledge Management, ECKM 2001*, Slovenie, 8-9 Novembre 2001.
- Grebici K. (2007). "La maturité de l'information et le processus de conception collaborative", Thèse de doctorat de l'Institut National Polytechnique de Grenoble.
- Grosse I. R., Milton-Benoit J. M., et Wileden J. C. (2005). "Ontologies for supporting engineering analysis models." *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, vol. 19, n°1, pp. 1-18.
- Gruber T. R. (1993). "Toward principles for the design of Ontologies used for knowledge sharing." Actes de *Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge*

- Representation*, Guarino N. et Poli R. (Editeurs), Kluwer Academic Publishers, International Workshop on Formal Ontology, Padova, Italy.
- Grundstein M. (1995). "La capitalisation des connaissances de l'entreprise, système de production de connaissances." Actes de *Colloque l'Entreprise Apprenante et les Sciences de la Complexité*, Mallet J. (Editeur), Université de Provence, Aix en Provence, France, 22-24 Mai.
- Grundstein M. (2000). "Repérer et mettre en valeur les connaissances cruciales pour l'entreprise." Actes de *10ème Congrès International de l'AFAV*, Paris, France, Novembre 2000.
- Grundstein M. (2006). "Management des connaissances et des compétences : vers un modèle de référence (MGKME)." Actes de *Connaissances et Compétences en Entreprise Industrielle, C2EI 2006*, Nantes, France, 29 Juin 2006.
- Grundstein M., et Rosenthal-Sabroux C. (2001). "Vers un système d'information source de connaissances." Ingénierie des systèmes d'information, Cauvet C. et Rosenthal-Sabroux C. (Editeurs), Hermès Science Publications:Paris.
- Hallam J., Hodges B., Tabeshfar K., et Velay X. (2002). "The creation of a knowledge sharing culture for effective knowledge management." Actes de *International Design Conference, DESIGN 2002*, Dubrovnik, Croatie.
- Halverson C., A. , et Ackerman M., S. . (2003). ""Yeah, the rush ain't here yet " Take a break": Creation and use of an artifact as Organizational Memory." Actes de *36ième Annual Hawaii International Conference on System Sciences, HICSS 2003*.
- Hansen M. T., Nohria N., et Tierney T. (1999). "What's your strategy for managing knowledge?" *Harvard Business Review*, vol. 77, n°2, pp. 106-116.
- Hicks B. J., Culley S. J., et McMahon C. A. (2006). "A study of issues relating to information management across engineering SMEs." *International Journal of Information Management*, vol. 26, n°4, pp. 267-289.
- Hurley N. (1994). "A case based reasoning approach to mesh specification for adaptive finite element analysis." *Math. Comput. Simul.*, vol. 36, n°4-6, pp. 381-388.
- Jaime A. (2005). "From quality management to Knowledge Management in research projects: An approach through the management of contents in bibliographical research", Thèse de doctorat de l'Institut National Polytechnique de Grenoble.
- Jennex M. E., et Olfman L. (2005). "Assessing Knowledge Management success." *International Journal of Knowledge Management*, vol. 2, n°2, pp. 33-49.
- Johansen K., et Björkman M. (2003). "Conflicting goals in concurrent engineering: case studies from product introduction within extended enterprises." Actes de *10ième ISPE International Conference on Concurrent Engineering: Research and Applications*, Cha J. e. a. (Editeur), Madeira, Portugal, 26-30 Juillet 2003.
- Johansen R. (1991). "Groupware: Future directions and wild cards." *Journal of Organizational Computing*, vol. 1, n°2, pp. 219-227.
- Joshi A. A. (2004). "CAE data management using traditional PDM systems." Actes de *Design Engineering Technical Conferences, DETC'04 ASME 2004*, Salt Lake City, Utah, USA, 28 Septembre - 2 Octobre 2004.
- Josserand E., et De Saint Leger B. (2004). "Les difficultés pratiques des Communautés de Pratique." Actes de *13e conférence de l'AIMS*, Normandie, France, 2-4 juin 2004.

- Julien P.-A. (1994). *Les PME : bilan et perspectives*, Economica, 352 p.
- Kankanhalli A., Tan B. C., et Wie K. (2005a). "Contributing knowledge to electronic knowledge repositories: An empirical investigation." *Mis Quarterly*, vol. 29, pp. 113-143.
- Kankanhalli A., Tan B. C., et Wie K. (2005b). "Understanding seeking from electronic knowledge repositories: An empirical study." *Journal Of The American Society For Information Science And Technology*, vol. 56, n°11, pp. 1156-1166.
- Kerr M. P., Waterson P. E., et Clegg C. W. (2001). "A socio-technical approach to knowledge capture, sharing and reuse in aerospace design." Actes de *Design Engineering Technical Conferences, DETC'01 ASME 2001*, Pittsburgh, Pennsylvanie, USA, 9-11 Septembre 2001.
- King W. R., et Marks P. V. (2006). "Motivating knowledge sharing through a Knowledge Management System." *Omega Journal*, vol. In Press, Available Online.
- Klaas O., et Shepard M. S. (2001). "Embedding reliable numerical analysis capabilities into an enterprise-wide Information System." *Engineering with Computers*, vol. 17, n°2, pp. 151-161.
- Kraaijenbrink J., Faran D., et Hauptman A. (2006). "Knowledge integration by SMEs — Framework." *Knowledge Integration*, Jetter E. et al. (Editeurs), Physica-Verlag HD, pp. 17–28.
- Krikeb Z., Lafon P., et Troussier N. (2005). "Méthode d'intégration des contraintes du calcul de structure dans le processus de conception de produit mécanique." Actes de *17ème Congrès Français de Mécanique*, Troyes, France, Septembre 2005.
- Kurowski P. (1995). "When good engineers deliver bad FEA." *Machine Design*, n°9, pp. 61-66.
- Labrousse M. (2004). "Proposition d'un modèle conceptuel unifié pour la gestion dynamique des connaissances d'entreprise", Thèse de doctorat de l'Ecole Centrale de Nantes.
- Lattanzio T. (2006). "Caractérisation des entreprises organisées en "Gestion Par Affaire"", Thèse de l'école Nationale Supérieure d'Arts et Métiers.
- Lécaille P. (2003). "La trace habilitée. Une ethnographie des espaces de conception dans un bureau d'études de mécanique : l'échange et l'équipement des objets grapho-numériques entre outils et acteurs de la conception", Thèse de doctorat de l'Institut National Polytechnique de Grenoble.
- Lee Y. W. L., et Strong D. M. (2003). "Knowing-Why about data processes and data quality." *Journal of Management Information Systems*, vol. 20, n°3, pp. 13-39.
- Leidner D., Alavi M., et Kayworth T. (2006). "The role of culture in Knowledge Management: A case study of two global firms." *International Journal of e-Collaboration*, vol. 2, n°1, pp. 17-40.
- Leinonen P., Järvelä S., et Häkkinen P. (2005). "Conceptualizing the awareness of collaboration: A qualitative study of a global virtual team." *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, vol. 14, n°4, pp. 301-322.
- Leuf B., et Cunningham W. (2001). *The Wiki Way*, Addison-Wesley Longman.

-
- Lindgren R., et Stenmark D. (2002). "Designing competence systems: Towards interest-activated technology." *Scandinavian Journal of Information Systems*, vol. 14, pp. 9-35.
- Lindsey K. (2002). "Measuring knowledge management effectiveness: A task-contingent organizational capabilities perspective." Actes de *8th Americas Conference on Information Systems*, pp. 2085-2090.
- Longueville B. (2003). "Capitalisation des processus de décision dans les projets d'innovation: Application à l'automobile", Thèse de doctorat de l'Ecole Centrale Paris.
- Lowe A., McMahon C. A., Culley S. J., Coleman P., et Dotter M. (2005). "A novel approach towards design information management within airbus." Actes de *International Conference On Engineering Design ICED'05*, Melbourne, Australie, 15-18 Août 2005.
- Maier R. (2002). "State-of-practice of knowledge management systems: results of an empirical study." *Upgrade, Knowledge Management and Information Technology*, vol. 3, n°1, pp. 15-23.
- Markus M. L. (2001). "Toward a theory of knowledge reuse: Types of knowledge reuse situations and factors in reuse success." *Journal of Management Information Systems*, vol. 18, n°1, pp. 57-93.
- Matta N., Corby O., et Ribière M. (1999). "Méthodes de capitalisation de mémoire de projet." INRIA Rapport de recherche n°3819.
- Matta N., Eynard B., Roucoules L., et Lemercier M. (2002). "Continuous capitalization of design knowledge." Actes de *European Conference on Artificial Intelligence, Workshop on Knowledge Management and Organizational Memories, ECAI'02*, Lyon, France.
- Maus R., et Weber C. (2005). "Documentation and enhancement of the Traceability of Finite-Element Analysis." Actes de *International Conference On Engineering Design ICED'05*, Melbourne, Australie, 15-18 Août 2005.
- McMahon A., Liu Y., Crossland R., Brown D., Leal D., et Devlukia J. (2004a). "A best practice advice system to support automotive engineering analysis processes." *Engineering with Computers*, vol. 19, n°4, pp. 271-283.
- McMahon C., Lowe A., et Culley S. (2004b). "Knowledge management in engineering design: personalization and codification." *Journal of Engineering Design*, vol. 15, pp. 307-325.
- Mehta A. (2000). "Sharing Responsibilities Between OEM et Suppliers: Emerging Issues." Actes de *2nd Worldwide Automotive Conference, MSC.Software Corporation*, Dearborn, Michigan, USA.
- Mentzas G., Apostolou D., Young R., et Abecker A. (2001). "Knowledge networking: a holistic solution for leveraging corporate knowledge." *Journal of Knowledge Management*, vol. 5, pp. 94-107.
- Mer S. (1998). "Les mondes et les outils de la conception. Pour une approche socio-technique de la conception du produit", Thèse de doctorat de Génie Industriel de l'Institut National Polytechnique de Grenoble.
- Mer S. (1999). "L'ingénieur-calculs au bureau d'études." Ingénieur au quotidien, Vinck D. (Editeur), Presses Universitaires de Grenoble.
-

- Meroño A., López C., et Sabater R. (2004). "KM Strategy and instruments alignment: helping SMEs to choose." Actes de *5ième conférence Organisational Knowledge, Learning and Capabilites OKLC 2004*, Innsbruck, Australie, Avril 2004.
- Messeghem K. (2001). "Implications organisationnelles des normes ISO 9000 pour les petites et moyennes entreprises." *Finance Contrôle Stratégie*, vol. 4, n°3, pp. 183-213.
- Mille A. (2006). "From case-based reasoning to traces-based reasoning." *Annual Reviews in Control*, vol. 30, n°2, pp. 223-232.
- Minneman S. (1991). "The social construction of a technical reality: Empirical studies of group engineering design practice", Thèse de doctorat de l'Université de Stanford, USA.
- Mocko G., Malak R. J., Paredis J. J., et Peak R. (2004a). "A knowledge repository for behavioral models in engineering design." Actes de *Design Engineering Technical Conferences, DETC'04 ASME 2004*, Salt Lake City, Utah, USA, 28 Septembre - 2 Octobre 2004.
- Mocko G., Panchal J., Fernandez M., Peak R., et Mistree F. (2004b). "Towards reusable knowledge-based idealizations for rapid design and analysis " Actes de *45th AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC, Structures, Structural Dynamics and Materials Conference*, Palm Springs, Californie, USA, 19-22 Avril 2004.
- Money W., et Turner A. (2005). "Assessing Knowledge Management System user acceptance with the Technology Acceptance Model." *International Journal Of Knowledge Management*, vol. 1, pp. 8-26.
- Neus A. (2001). "Managing Information Quality in virtual communities of practice." Actes de *6th International Conference on Information Quality at MIT*, Pierce E. et Katz-Haas R. (Editeurs), Sloan School of Management, Boston, Massachusetts, USA.
- Ninan J. A., et Siddique Z. (2004). "Finite Element Analysis template approach to support web based customer centric design." Actes de *Proceedings of Design Engineering Technical Conferences, DETC'04 ASME 2004*, Salt Lake City, Utah, USA, 28 Septembre - 2 Octobre 2004.
- Nonaka I., et Konno N. (1998). "The Concept of « Ba »: Building a Foundation for Knowledge Creation " *California Management Review*, vol. 40, n°3, pp. 40-54.
- Nonaka I., et Takeushi H. (1995). *The knowledge creating company : How Japanese Companies create the dynamics of innovation*, Oxford University Press.
- O'Bara R. M., Beall M. W., et Shephard M. S. (2002). "Attribute Management System for Engineering Analysis." *Engineering with Computers*, vol. 18, n°4, pp. 339-351.
- Panyasorn J., Panteli N., et Powell P. (2004). "Lotus Notes for knowledge management in SMEs: The case of a developing country." Actes de *5th European conference on Organizational Knowledge, Learning and Competencies, OKLC 2004*, Innsbruck, Australie.
- Pinfold M. (2004). "Using knowledge based engineering to automate the post-processing of FEA results." *International Journal of Computer Applications in Technology*, vol. 21, pp. 99-106.
- Polanyi M. (1966). *The tacit dimension*, Routledge & Kegan Paul:London.

-
- Pourroy F., Blanco E., et Balle T. (2004). "Un exemple de dispositif de gestion des connaissances techniques à l'échelle d'une PME." Actes de *Colloque IPI'2004*, Autrans, France, 22-23 Janvier 2004.
- Prax J. Y. (2000). *Le guide du Knowledge Management : concepts et pratiques du management de la connaissance*, Dunod:Paris.
- Prudhomme G., Boujut J. F., et Franck P. (2001). "Activité de conception et instrumentation de la dynamique des connaissances locales." Actes de *Ingénierie des connaissances - IC '99-01*, Teulier R. et al. (Editeurs), Presses Universitaires de Grenoble, pp. 41-61.
- Prudhomme G., Brissaud D., et Choulier D. (2005). "Clustering engineering design research: A methodological framework." Actes de *International Conference on Engineering design ICED'05*, Melbourne, Australie, 15-18 Août 2005.
- Rieg F., et Koch F. (2004). "Support to designers using FEA." Actes de *International Design Conference, DESIGN 2004*, Dubrovnik, Croatie, Mai 2004.
- Scarborough H., Swan J., et Preston J. (1999). *Knowledge Management: A literature review*, London.
- Schön D. A. (1983). *The reflective practitioner. How professionals think in action*, Basic Books, Inc.
- SEI. (2002). "Capability Maturity Model Integration CMMI, Version 1.1".
- Sellgren U. (2004). "Question-driven modeling." Actes de *International Design Conference, DESIGN 2004*, Dubrovnik, Croatie, 18-21 Mai 2004.
- Sessi. (1998). "Les normes ISO 9000 et le partenariat industriel." *Le 4 pages des statistiques industrielles*, n°88.
- Sessi. (2000). "La qualité : une démarche pour répondre aux attentes du client." *Le 4 pages des statistiques industrielles*, n°138.
- Shanbhag S., Grosse I. R., Wileden J. C., et Kaplan A. (2001). "A meta-object based approach to Finite-Element modeling." Actes de *Design Engineering Technical Conferences, DETC'01 ASME 2001*, Pittsburgh, Pennsylvanie, USA, 9-11 Septembre 2001.
- Shephard M. S. (2000). "Meshing environment for geometry-based analysis." *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, vol. 47, n°1-3, pp. 169-190.
- Shephard M. S., Beall M. W., O'Bara R. M., et Webster B. E. (2004). "Toward simulation-based design." *Finite Elements in Analysis and Design*, vol. 40, n°12, pp. 1575-1598.
- Songis V. (2003). "Instrumentation de la coordination dans les activités de conception : le cas de l'intégration de la simulation dans le Processus de Création de l'Offre de Schneider Electric", Mémoire de DEA de l'Institut National Polytechnique de Grenoble.
- Sparrow J. (2001). "Knowledge management in small firms." *Knowledge and Process Management*, vol. 8, n°1, pp. 3-16.
- Star S. L., et Griesemer J. R. (1989). "Institutional Ecology, 'Translations' and Boundary Objects: Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39." *Social Studies of Science*, vol. 19, n°3, pp. 387-420.
- Steinheider B., et Al-Hawamdeh S. (2004). "Team coordination, communication and knowledge sharing in SMEs and Large Organisations." *Journal of Information & Knowledge Management*, vol. 3, n°3, pp. 223-232.
-

- Stenmark D., et Lindgren R. (2004). "Integrating Knowledge Management Systems with everyday work." Actes de *37th Hawaii International Conference On System Sciences, HICSS'2004*, IEEE Computer Society, Hawaii, USA.
- Storga M. (2004). "Traceability in product development." Actes de *International Design Conference, DESIGN 2004*, Dubrovnik, Croatie, 18-21 Mai 2004.
- Stvilia B., Twidale M. B., Smith L. C., et Gasser L. (2005). "Assessing information quality of a community based encyclopedia." Actes de *International Conference on Information Quality - ICIQ 2005*, pp. 442-454.
- Sudarsan R., Fenves S. J., Sriram R. D., et Wang F. (2005). "A product information modeling framework for product lifecycle management." *Computer-Aided Design*, vol. 37, n°13, pp. 1399-1411.
- Sun Q., et Gramoll K. (2002). "Internet-based distributed collaborative engineering analysis." *Concurrent Engineering*, vol. 10, n°4, pp. 341-348.
- Sveiby K. E. (1997). *The new organizational wealth: Managing and measuring Knowledge-Based Assets*, Berrett-Koehler Publisher: San Francisco.
- Szabo B. A. (1996). "The problem of model selection in numerical simulation." Actes de *3ieme international conference of computational structures technology*, Topping B. H. V. (Editeur), Civil-Comp Press, Budapest, Hongrie.
- Szykman S., Sriram R. D., Bochenek C., Racz J. W., et Senfaute J. (2000). "Design repositories: engineering design's new knowledge base." *Intelligent Systems and Their Applications, IEEE*, vol. 15, n°3, pp. 48-55.
- Tacla C. A. (2003). "De l'utilité des systèmes multi-agents pour l'acquisition des connaissances au fil de l'eau", Thèse de doctorat de l'Université de Technologie de Compiègne.
- Terwiesch C., Loch C. H., et De Meyer A. (2002). "Exchanging preliminary information in Concurrent Engineering: alternative coordination strategies." *Organization Science*, vol. 13, n°4, pp. 402-419.
- Thoben K. D., Weber F., et Wunram M. (2000). "Pragmatic approaches for knowledge management - motivation from cases." Actes de *6th International Conference on Concurrent Enterprising, ICE'2000*, Toulouse, France, 28-30 juin, pp. 165-169.
- Tiwana A. (2002). *The knowledge management toolkit: orchestrating IT, Strategy, and knowledge platforms*, Prentice Hall PTR, 416 p.
- Tiwana A., et Bush A. A. (2005). "Continuance in expertise-sharing networks: A social perspective." *IEEE Transactions On Engineering Management*, vol. 52, n°1, pp. 85-101.
- Torres O. (1998). *PME, de nouvelles approches*, Economica, 187 p.
- Tourtier P. A. (1995). "Analyse préliminaire des métiers et de leurs interactions." Rapport intermédiaire, projet GENIE, INRIA-Dassault-Aviation.
- Troussier N. (1999). "Contribution à l'intégration du calcul mécanique dans la conception de produits techniques : proposition méthodologique pour l'utilisation et la réutilisation", Thèse de doctorat de Mécanique de l'Institut National Polytechnique de Grenoble.

- Tsuchiya S. (1995). "Commensurability, a key concept of business reengineering." Actes de *3rd international symposium of the management of information and corporate knowledge*, Compiègne, France.
- Udoyen N., et Rosen D. W. (2006). "Description logic representation of Finite Element Analysis models for automated retrieval." Actes de *Proceedings of International Design Engineering Technical Conferences, DETC'06 ASME 2006*, Philadelphie, Pennsylvanie, USA, 10-13 Septembre 2006.
- Vertommen J., D'hondt J., et Dufloy J. (2007). "Facilitating product development with the help of Knowledge Management: the McKnow Platform." Actes de *17ieme Cirp design seminar*, Krause F. L. (Editeur), Springer, Berlin, Allemagne, 26-28 Mars, pp. 629-638.
- Weil B. (1999). "Conception collective, coordination et savoirs - les rationalisations de la conception automobile", Thèse de doctorat de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris.
- Wenger E. (1998). "*Communities of Practice*", *Learning, Meaning, and Identity*, Cambridge University Press:New York, 336 p.
- Wenger E., Richard M., et Snyder W. M. (2002). *Cultivating Communities of Practice: A Guide to Managing Knowledge*, 304 p.
- Wexelblat A. (1998). "History-rich tools for social navigation." Actes de *CHI 98 conference summary on Human factors in computing systems*, ACM Press, Los Angeles, California, USA.
- Wilson T. D. (2002). "The nonsense of 'knowledge management.'" *Information Research*, vol. 8, n°1.
- Xansys. (2007). "Forum sur le logiciel de calcul Ansys." Voir sur www.xansys.org (dernier accès Mars 2007).
- Xiao A., Bryden K., et McCorkle M. D. S. (2005). "VE-Suite: A software framework for design-analysis integration during product realization." Actes de *International Design Engineering Technical Conferences, DETC'05 ASME 2005*, Long Beach, Californie, USA, 24-28 Septembre 2005.
- Zack M. H. (1999). "Managing Codified Knowledge." *Sloan Management Review*, vol. 40, n°4, pp. 45-57.
- Zadrazil Z., Mulholland P., Valasek M., Sainter P., Koss M., et Trejtnar L. (2003). "A toolkit and methodology to support the collaborative development and reuse of engineering models." Actes de *DEXA : 14th International Conference on Database and Expert Systems Applications*.
- Zhou S., Zhao A., Chin K., et Yarlagadda S. P. (2003). "A remote platform for product performance evaluation in product development process." Actes de *Design Engineering Technical Conferences, DETC'03 ASME 2003*, Chicago, Illinois, USA.

Une approche collaborative de gestion des connaissances : Application à une PME du secteur de l'ingénierie mécanique

Résumé :

Ces travaux portent sur la définition d'une démarche de gestion des connaissances métier, adaptée aux PME de l'ingénierie mécanique. Notre démarche vise à formaliser les connaissances contextuelles associées aux objets techniques manipulés par les acteurs au lieu de chercher à formaliser les connaissances techniques spécifiques au métier. Ceci se traduit par la définition d'une approche collaborative de gestion des connaissances s'appuyant sur une formalisation progressive des connaissances métier tout en essayant d'instaurer une culture de partage de connaissance. Nous proposons KALIS (*Knowledge about Activities as a Link to Information Sharing*), un outil informatique permettant de partager et d'identifier les informations utiles au cours des projets grâce à un dispositif d'évaluation de la maturité des informations support et des pratiques.

La mise en œuvre de cette approche sur le terrain s'est déroulée de manière itérative (proposition de solution, retour d'expérience, amélioration) au sein d'une petite entreprise spécialiste du calcul mécanique et partenaire de ce travail. Une longue période de mise en œuvre permet de conclure aujourd'hui sur la pertinence d'une telle approche collaborative de gestion des connaissances car elle impacte positivement la réactivité de l'entreprise et la fiabilité des résultats de calcul.

Les éléments clés mis en évidence dans ces travaux peuvent se résumer ainsi : définition du concept d'*information support* comme soutien à la capitalisation des connaissances dans un contexte PME, concept de vitrine et d'espace de travail pour le partage des connaissances, apports sur le processus d'évaluation de la maturité des connaissances, mise en œuvre d'une démarche de recherche intervention et retour d'implémentation dans un contexte industriel.

Mots-clés : Gestion des connaissances, Communauté de pratiques, Collaboration, PME, Calcul mécanique.

A collaborative knowledge management approach applied to an engineering SME

Abstract:

This research concerns the definition of knowledge management approach that fits mechanical engineering SMEs requirements. The aim to formalise simple contextual knowledge descriptors associated with the technical objects handled by actors instead of formalising specific technical job know-how. Thus, we propose a collaborative knowledge management approach relying on a simple knowledge formalisation process and the creation of a knowledge-sharing culture. A prototype software tool, called KALIS (*Knowledge about Activities as a Link to Information Sharing*), has been developed to share and identify useful information handled during projects thanks to a maturity assessment framework.

This collaborative knowledge management approach has been deployed iteratively (proposal for a solution, experience feedback, improvement) and takes place within an industrial partner's calculation office. A long industrial implementation period give positive feedbacks and lead to conclude that such a collaborative knowledge management approach impacts positively the company's reactivity and the engineering analysis results' reliability.

The key points of this research can be summarised as: the definition of Support Data as means to support knowledge management within SMEs, shared workspaces and a showroom concept to foster knowledge sharing, the proposal of a maturity assessment framework, the implementation of a research action and feedbacks from an industrial implementation.

Keywords : Knowledge management, Communities of Practice, Collaboration, SMEs, Computational mechanics.