



# PRINCIPES D'ASSISTANCE A LA MAITRISE D'OUVRAGE POUR LA MODELISATION ET L'INTEGRATION D'EXPERTISE

Alexandre Candlot

► **To cite this version:**

Alexandre Candlot. PRINCIPES D'ASSISTANCE A LA MAITRISE D'OUVRAGE POUR LA MODELISATION ET L'INTEGRATION D'EXPERTISE. Mécanique [physics.med-ph]. Ecole Centrale de Nantes (ECN) (ECN) (ECN) (ECN), 2006. Français. <tel-00429650>

**HAL Id: tel-00429650**

**<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00429650>**

Submitted on 3 Nov 2009

**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.

**ÉCOLE DOCTORALE**  
**MECANIQUE, THERMIQUE ET GENIE CIVIL**

*Année 2006*

N° B.U. :

**Thèse de DOCTORAT**  
***Diplôme délivré conjointement par***  
***L'École Centrale de Nantes et l'Université de Nantes***

Spécialité : GENIE MECANIQUE

Présentée et soutenue publiquement par :

ALEXANDRE - CANDLOT

le 27 Septembre 2006

à l'IRCCyN, Nantes

**PRINCIPES D'ASSISTANCE A LA MAITRISE D'OUVRAGE**  
**POUR LA MODELISATION ET L'INTEGRATION D'EXPERTISE**

**JURY**

Président :	F.J.A.M. Van Houten	Professeur, Université de Twente
Rapporteurs :	Jean-Claude Bocquet Philippe Girard	Professeur, École Centrale de Paris Professeur, IUFM d'Aquitaine
Examineurs :	Lionel Roucoules Alain Bernard Nicolas Perry	Maître de Conférence, Université de Technologies de Troyes Professeur, École Centrale de Nantes Maître de Conférence, École Centrale de Nantes
Invité :	Christian Rouchon	Dassault Aviation

---

Directeur de thèse : Alain Bernard  
Co-encadrant : Nicolas Perry  
Laboratoire : IRCCyN

N° ED 0367-236



## Remerciements

Enfin, si on est bien organisé un travail de thèse, ce n'est pas si dur. C'est encore plus facile quand on est bien entouré ! Courage à tous ceux qui entament une thèse : chaque jour compte ! J'espère que ce document, même s'il peut être jugé difficile à lire, aidera les personnes intéressées par le sujet à gagner quelques jours dans leurs recherches et à progresser dans leurs réflexions. J'ai essayé de mettre beaucoup d'illustrations pour faciliter la lecture « diagonale » pour les plus pressés.

Ainsi, je voudrais d'abord remercier mes encadrants : Alain Bernard pour sa connaissance des mécanismes de la recherche et Nicolas Perry pour sa présence, sa gaieté et son dynamisme.

Je remercie également les membres de mon jury pour leur implication dans la discussion et l'évaluation de mes travaux :

- F.J.A.M. Van Houten, Professeur à l'Université de Twente, pour avoir accepté d'être président de mon jury ;
- Jean-Claude Bocquet, Professeur à l'École Centrale de Paris, pour sa relecture du manuscrit ;
- Philippe Girard, Professeur à l'IUFM d'Aquitaine, pour sa relecture et ses commentaires constructifs sur la recherche de systèmes d'évaluations ;
- Lionel Roucoules, Maître de Conférence à l'Université Technologique de Troyes, toujours attentif et constructif face aux nouveaux travaux de la communauté ;
- Christian Rouchon de Dassault Aviation dont l'expérience dans le projet USIQUICK a été un terreau très fertilisant !

Je remercie tous les « binômes de bureaux » de l'IRCCyN pour l'ambiance qu'ils y perpétuent et notamment (dans l'ordre d'apparence) Maher et Thierry, Régine et Michel, Sébastien et Stéphane, Yves et Mahmoud, Florent et Anne (puis Véronique, puis Karine !), Mickaël et Matthieu.

Mentions spéciales pour Samar, ma collègue de bureau sur USIQUICK et pour les autres chercheurs de ce projet. Là aussi, les doctorants vont par paires : merci pour nos échanges à Ramy et William, Vincent et Omar ! Du côté industriel, merci également à Xavier et Sylvie pour le temps qu'ils m'ont régulièrement accordé.

Le travail en équipe est toujours gagnant, même si ce n'est parfois qu'à long terme. Je tiens à remercier une nouvelle fois Nicolas, Florent et Samar pour les discussions des « 3 mousquetaires » qui m'ont permis d'affiner mes concepts avant de plonger dans la rédaction.

Je n'oublie pas de saluer et de remercier les membres de nos partenariats avec le GCC en Afrique du Sud et avec les membres des réseaux d'excellence européens VRL KCiP et INTEROP. L'ébullition interculturelle autour de thèmes de recherche similaires a été souvent l'occasion de relativiser et d'enrichir mes points de vue.

Du côté extra-professionnel, la liste des contributeurs est importantes : merci à la Troupe du Malin (Une très joyeuse troupe nantaise d'improvisation: [www.troupedumalin.com](http://www.troupedumalin.com)), au Pch ! (Ceux avec qui j'ai entre autres « fait le Vietnam »), à la Schnouf.net (agrégats de gens sympathiques sans qui la vie nantaise ne serait pas la même), aux Andegaves (amis « d'enfance » angevins). Grâce à tous ces gens, on trouve toujours le moyen de relativiser, de se rafraîchir les idées et d'avancer mieux et plus loin. Merci aussi à certains RYLAciens, qui ne sont pas pour rien dans le « passage à l'acte ».

Enfin, les plus proches et les plus importants (notamment à la fin de la thèse pour discuter de sa stratégie pour le futur ☺) :

Merci à mes parents pour leurs valeurs dans la vie et dans le travail.

Merci également à tout le « clan » familial pour son soutien depuis toujours.

Merci à Elisa pour sa présence, son soutien et ses ondes positives !

# Table des matières

<b>REMERCIEMENTS.....</b>	<b>3</b>
<b>TABLE DES MATIERES .....</b>	<b>5</b>
<b>LISTE DES FIGURES.....</b>	<b>8</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX .....</b>	<b>14</b>
<b>ACRONYMES.....</b>	<b>16</b>
<b>LÉGENDE .....</b>	<b>17</b>
<b>1 INTRODUCTION.....</b>	<b>18</b>
1.1 ENJEU DE L'INGENIERIE NUMERIQUE : INTEGRER L'EXPERTISE METIER.....	18
1.2 RESUME DE LA DEMONSTRATION PROPOSEE .....	21
<b>2 CONTEXTE .....</b>	<b>23</b>
2.1 SYNERGIE CROISSANTE ENTRE INFORMATIQUE ET INGENIERIE .....	23
2.2 DENSIFICATION DU CYCLE DE VIE DU PRODUIT ET PERSPECTIVES D'EVOLUTION .....	24
2.3 MODELISATION : LA CONNAISSANCE ET LES BESOINS ACTUELS DE L'ENTREPRISE.....	26
<b>3 LA CONNAISSANCE MULTI-FACETTE, PLUS VASTE QUE SES MODELES28</b>	
3.1 COMPARAISON DE PLUSIEURS CONSTRUCTIONS EPISTEMOLOGIQUES .....	30
3.1.1 <i>Modèle et représentation.....</i>	<i>31</i>
3.1.2 <i>Formalisme.....</i>	<i>33</i>
3.1.3 <i>Donnée, information, connaissance, compétence :.....</i>	<i>36</i>
3.1.4 <i>Différence entre savoir et connaître.....</i>	<i>38</i>
3.1.5 <i>Valeur et connaissance dans le cycle de conception.....</i>	<i>42</i>
3.1.6 <i>Relation entre expertise et innovation.....</i>	<i>45</i>
3.1.7 <i>Nécessité de faciliter les liens de collaboration.....</i>	<i>48</i>
3.1.8 <i>Prévoir les risques et diminuer l'incertitude.....</i>	<i>52</i>
3.1.9 <i>Synthèse sur l'émergence de besoins et de concepts structurants .....</i>	<i>54</i>
3.2 CONTENEURS DE CONNAISSANCES : VERS DES RESEAUX SYMBIOTIQUES.....	57
3.2.1 <i>Séparation naturelle entre formalisme et intentionnalité .....</i>	<i>59</i>
3.2.2 <i>Informatique : perte de communication non-verbale.....</i>	<i>61</i>
3.2.3 <i>Un troisième acteur : le groupe .....</i>	<i>64</i>
3.2.4 <i>Synthèse : naviguer les réseaux virtuels pour maîtriser la réalité.....</i>	<i>69</i>
3.3 GRANDES CATEGORIES D'OUTILS DE GESTION DE LA CONNAISSANCE.....	71
3.3.1 <i>Réflexion sur l'ontologie et bijection dans les représentations .....</i>	<i>73</i>
3.3.2 <i>Outil : Ontologie différentielle et ontologie référentielle .....</i>	<i>77</i>
3.3.3 <i>Du K au KB, les approches de KM .....</i>	<i>79</i>

3.3.4	<i>Outil : Les méthodes MKSM et MASK</i> .....	83
3.3.5	<i>Du KB à l'application finale, KBS ou KBE</i> .....	84
3.3.6	<i>Outil : les méthodologies CommonKADS et MOKA</i> .....	87
3.3.7	<i>Niveaux de maturité de la gestion de l'expertise</i> .....	91
3.4	SYNTHESE .....	98
<b>4</b>	<b>CONTRIBUTION METHODOLOGIQUE</b> .....	<b>103</b>
4.1	VUE D'ENSEMBLE.....	105
4.2	ELARGIR LA VISION DE L'EXPERTISE .....	109
4.2.1	<i>Les 4 Piliers de l'intégration de l'expertise</i> .....	111
4.2.2	<i>La notion de « plate-forme »</i> .....	115
4.3	3 COUPLES DE CONCEPTS POUR LA DISCRIMINATION DES DIFFICULTES .....	118
4.3.1	<i>Syntaxe et Sémantique</i> .....	119
4.3.2	<i>Infrastructure et Architecture</i> .....	120
4.3.3	<i>Domaine et Projet</i> .....	122
4.3.4	<i>Mise en perspective des 3 couples</i> .....	123
4.4	PHASES ELEMENTAIRES POUR LA CONSTRUCTION DE L'ALGORITHME D'UN PROJET D'INTEGRATION.....	128
4.4.1	<i>Validation de Phases par la systématique</i> .....	129
4.4.2	<i>Les quatre Phases de Modélisation</i> .....	132
4.4.3	<i>Les quatre Phases d'Intégration</i> .....	137
4.4.4	<i>Réflexions sur l'approche par vues et le Roadmapping</i> .....	140
4.4.5	<i>Exemple de scénario</i> .....	142
4.5	SYNTHESE : COMPLETER LES OUTILS DE COMPREHENSION DES MECANISMES DE MODELISATION DE L'EXPERTISE .....	145
<b>5</b>	<b>RETOUR D'EXPERIENCE : DESCRIPTION ET ANALYSE DE L'EXEMPLE USIQUICK</b> .....	<b>147</b>
5.1	ANALYSE DU PROJET USIQUICK .....	148
5.1.1	<i>Problématique de la gamme</i> .....	149
5.1.2	<i>Contexte du projet USIQUICK</i> .....	150
5.1.3	<i>Contexte de la gestion d'expertise dans le projet</i> .....	153
5.2	RETOUR D'EXPERIENCE USIQUICK .....	156
5.2.1	<i>Du métier de gammiste vers un « classeur » de spécifications</i> .....	157
5.2.2	<i>Modèles de travail &amp; Modèle MOKA</i> .....	158
5.2.3	<i>Interface de diffusion &amp; Démonstrateur</i> .....	166
5.2.4	<i>Vers l'application KBE finale, Synthèse</i> .....	171
5.3	RETOUR D'EXPERIENCE : PROBLEMATIQUES IDENTIFIEES .....	172
5.3.1	<i>Exemples d'utilisation du couple infrastructure / architecture</i> .....	173
5.3.2	<i>Exemples d'utilisation du couple syntaxe / sémantique</i> .....	175
5.3.3	<i>Exemples d'utilisation du couple domaine / projet</i> .....	176
5.4	CONCLUSION : DES CONCEPTS DESCRIPTIFS UTILES AU CŒUR DU PROJET .....	179

<b>6</b>	<b>POSITIONNEMENT RELATIF DE PROJETS ET DE METHODES .....</b>	<b>181</b>
6.1	EXEMPLES D'ANALYSE DE CAS .....	182
6.1.1	<i>Domaine des Services : Gestion des Contrats d'assurance.....</i>	<i>184</i>
6.1.2	<i>Domaine de la Production : Optimisation de la Rentabilité d'une Fonderie</i>	<i>186</i>
6.1.3	<i>Domaine de la Gestion : Evaluation des Coûts et Prix en Electronique.....</i>	<i>188</i>
6.1.4	<i>Consolidation .....</i>	<i>191</i>
6.2	EXEMPLES DE POSITIONNEMENT DE METHODES ET D'OUTILS ASSOCIES .....	194
6.2.1	<i>Modélisation et Intégration des objets et des processus : UML et MEGA ....</i>	<i>196</i>
6.2.2	<i>Modélisation et Intégration du produit : MOKA et Pc-Pack.....</i>	<i>198</i>
6.2.3	<i>Modélisation et Intégration du projet : RoadMapping et EDEN.....</i>	<i>200</i>
6.2.4	<i>Consolidation .....</i>	<i>202</i>
6.3	OUVERTURES ET PERSPECTIVES : VERS UNE GESTION DYNAMIQUE EN RESEAU ? ....	205
6.3.1	<i>Contexte.....</i>	<i>206</i>
6.3.2	<i>Exemples de réseaux sociaux .....</i>	<i>207</i>
6.3.3	<i>Propositions d'axes de réflexion.....</i>	<i>207</i>
6.4	CONCLUSION : DES CONCEPTS DESCRIPTIFS UTILES A LA CONSOLIDATION DE L'EXPERIENCE .....	210
<b>7</b>	<b>CONCLUSION.....</b>	<b>212</b>
7.1	EVOLUTION DE LA GESTION DE L'EXPERTISE .....	212
7.2	APPORTS DE LA CONTRIBUTION POUR L'ASSISTANCE A LA MAITRISE D'OUVRAGE POUR LA MODELISATION ET L'INTEGRATION D'EXPERTISE.....	213
	<b>BIBLIOGRAPHIE PERSONNELLE .....</b>	<b>218</b>
	PUBLICATIONS EN REVUES ET CHAPITRES D'OUVRAGES .....	218
	PUBLICATIONS EN CONGRES INTERNATIONAUX AVEC COMITE DE LECTURES ET ACTES .....	218
	AUTRES PUBLICATIONS.....	219
	RAPPORTS INTERNES .....	219
	VUE D'ENSEMBLE DES PRINCIPALES PUBLICATIONS .....	221
	<b>BIBLIOGRAPHIE GENERALE COMPLETE.....</b>	<b>222</b>
<b>8</b>	<b>ANNEXE : ANALYSE DES CONTRIBUTIONS QUANTITATIVES A USIQUICK</b>	<b>230</b>
<b>9</b>	<b>ANNEXE : LA RECHERCHE USIQUICK SUR LE CONCEPT OSE .....</b>	<b>234</b>
<b>10</b>	<b>ANNEXE : PROPOSITION D'INTERFAÇAGE PRINCIPAL POUR SUPPORTER LE PROCESSUS USIQUICK.....</b>	<b>241</b>
<b>11</b>	<b>ANNEXE : TABLEAU RECAPITULATIF DU FONCTIONNEMENT DE LA CONTRIBUTION .....</b>	<b>244</b>



## Liste des figures

Figure 1-1 : Schéma de principe de la démonstration proposée .....	22
Figure 2-1 : Nouveaux enjeux : formaliser les expertises pour pouvoir les intégrer, en tant qu'outils d'assistance, dans les cycles de vie des produits .....	25
Figure 2-2 : Comment compléter les outils existants de gestion de projet pour mieux maîtriser l'intégration des expertises ? .....	27
Figure 3-1 : Trois étapes vers la compréhension des problèmes de modélisation et d'intégration de l'expertise.....	29
Figure 3-2 : Vers la compréhension des problèmes de gestion de la connaissance : la construction d'un modèle d'expertise .....	30
Figure 3-3 : Les distinctions allemandes de la sémantique associée à « représentation » .....	31
Figure 3-4 : Deux vues pour comprendre la relation entre infrastructure et architecture .....	34
Figure 3-5 : Enjeu de la sémiotique : reconstruction mentale du sens.....	36
Figure 3-6 - Transformation de la donnée à la compétence.....	37
Figure 3-7 : Proposition d'illustration du triptyque de la connaissance selon Labrousse.....	37
Figure 3-8 : Comparaison des concepts de Connaissance et de Savoir .....	39
Figure 3-9 : Introduction de Savoir et Connaissance dans le triptyque de Labrousse .....	39
Figure 3-10 : L'expertise au sein du triptyque Information / Contexte / Système d'interprétation.....	40
Figure 3-11 : interaction entre les couples de concept infrastructure / architecture et domaine / projet.....	41
Figure 3-12 : Analyse de l'activation de l'expertise à travers la sémiotique .....	42
Figure 3-13 : Les différents sens associés à « valeur » .....	43
Figure 3-14 : Vue d'ensemble de la génération de valeur à travers l'activation d'expertise... ..	44
Figure 3-15 : Le cycle en V met en perspective l'activation d'expertise et la création de valeur .....	45
Figure 3-16 - Schématisation du rapport Personnes / Temps dans le processus d'Innovation. ..	49
Figure 3-17 : le diamant de l'innovation montre l'ensemble des pistes de l'innovation globale dans l'entreprise .....	50
Figure 3-18 : Comment Individu, Groupe et Informatique se partagent-ils Intention, Responsabilité et Formalisme ?.....	58

Figure 3-19 : Zone de disparition de la responsabilité entre la conception d'une application d'assistance d'une expertise et son utilisation.....	63
Figure 3-20 : Comment est composée l'expertise d'un groupe ?.....	65
Figure 3-21 : Les deux grandes phases de l'ingénierie des connaissances et le positionnement relatif de l'enjeu de la recherche sur l'ontologie.....	72
Figure 3-22 - Hiérarchie des organisations de termes et de concepts, proposée par [MIS 04]	73
Figure 3-23 : Processus de raffinement de l'ontologie par la philosophie.....	74
Figure 3-24 : Illustration de la différence entre l'ontologie et la conceptualisation .....	75
Figure 3-25 : Quand les conceptualisations sont bijectives avec l'ontologie .....	75
Figure 3-26 : Quand les conceptualisations ne sont pas bijectives avec l'ontologie .....	76
Figure 3-27 - Méthode en quatre questions pour différencier les termes d'une ontologie [TRO 02].....	78
Figure 3-28 : L'expert, en tant que nœud d'expertise, a besoin d'une structuration des flux d'information et d'outil d'assistance pour la prise de décision liée à son domaine.....	80
Figure 3-29 : Représentation du modèle SECI de Nonaka .....	80
Figure 3-30 : Résumé des problèmes de capitalisation des connaissances en entreprise, proposé par Grundstein dans le modèle GAMETH .....	81
Figure 3-31 : Gestion du patrimoine de connaissances à travers les processus externes, d'après Ermine et le modèle Marguerite.....	81
Figure 3-32 :Macroscopie de la connaissance [ERM 01] donnant lieu aux modèles présents dans les méthodes MKSM et MASK .....	83
Figure 3-33 : Niveaux de gestion des bases de connaissance dans le cadre d'une application de KBE .....	86
Figure 3-34 : Schéma de principe de la méthode MOKA.....	89
Figure 3-35 : Positionnement relatif des principales phases MOKA et CommonKADS selon le couple domaine / projet.....	90
Figure 3-36 : Positionnement des applications de KBE par rapport à l'évolution du cycle de vie du produit (Product Life Cycle, PLC).....	92
Figure 3-37 - Niveaux de maturité de la gestion d'une expertise dans la création d'une application KBE .....	92
Figure 3-38 : Synthèse des niveaux d'analyse de la maturité de la gestion des expertises.....	94
Figure 4-1 : les "pourquoi", "quoi" et "comment" de la proposition de concepts d'assistance méthodologique à l'intégration d'une expertise .....	104

Figure 4-2 : Vue d'ensemble des interactions entre les éléments structurants proposés pour assister l'intégration d'expertise.....	107
Figure 4-3 : Illustration des interactions entre les piliers du déploiement d'un outil d'assistance à une expertise et les groupes d'individus liés à domaine d'expertise correspondant .....	110
Figure 4-4 : Les quatre "piliers" par lesquels interagissent l'organisation et le projet de déploiement de l'application de KBE .....	111
Figure 4-5 : Exemple d'organisation des contenus, illustrant le concept d'œuvre ouverte et préfigurant l'émergence de plate-forme de la dimension projet .....	117
Figure 4-6 : Trois couples de concepts pour préparer et suivre le projet d'intégration d'une expertise .....	118
Figure 4-7 : l'interrogation continue entre l'expertise et son formalisme de représentation constitue une image du domaine .....	119
Figure 4-8 : La nature et le rôle d'un objet induisent deux éléments différents de représentations.....	120
Figure 4-9 : Ajout d'une dimension d'analyse au domaine d'expertise .....	122
Figure 4-10 : Schématisation des liens nécessaires entre les différentes infrastructures du projet.....	123
Figure 4-11 : Vision de la dynamique du projet par rapport à l'évolution de la maturité de la gestion du domaine d'expertise étudié .....	124
Figure 4-12 : Schématisation des principes d'analyse pour proposer des indicateurs dans l'évaluation des changements dans la gestion de la maturité de l'expertise .....	126
Figure 4-13 : Justification à travers les piliers du déploiement des phases génériques constitutives d'un projet de modélisation et d'intégration de l'expertise .....	128
Figure 4-14 : Les phases sont des plans qui coupent les piliers en tronçons .....	129
Figure 4-15 : Comment les piliers sont impactés par chacune des phases.....	130
Figure 4-16 : Schématisation des enchaînements ou influences significatives entre les phases .....	132
Figure 4-17 : Exemple de structuration d'entités par un arbre « is-a » (Ammar-Khodja pour USIQUICK [AMM 06]).....	136
Figure 4-18 : Diagramme associant deux types d'objets ICARE : les entités et les contraintes (Ammar-Khodja pour USIQUICK [AMM 06]).....	137
Figure 4-19 : Vue d'ensemble du scénario.....	142
Figure 5-1 : Etapes de la description de l'exemple USIQUICK sur l'assistance à la génération de la gamme .....	147

Figure 5-2 : De la description d'une expertise aux problèmes de son intégration.....	148
Figure 5-3 : Illustration de la structure du Projet USIQUICK.....	151
Figure 5-4 : Vision « PPR » du projet USIQUICK, le référentiel indique le centre du point de vue.....	154
Figure 5-5 : Différents niveaux d'utilisation de l'expertise dans USIQUICK.....	156
Figure 5-6 : Mécanisme de validation du modèle de données à travers l'étude de scénarios dans des diagrammes de séquence.....	159
Figure 5-7 : Schématisation de l'architecture des modèles dans le projet USIQUICK.....	166
Figure 5-8 : Exemple d'analyse d'usinabilité d'une pièce Dassault Aviation, sans calcul de masque (UEB en rouge, UEF en bleu).....	168
Figure 5-9 : Rôle de la justification dans l'évaluation des développements avec retour de propositions sur l'exposition à l'utilisateur final des éléments développés pour le « Knowledgeware » (gestion des connaissances par l'utilisateur final).....	169
Figure 5-10 : Maquette déployée pour visualiser le fonctionnement du démonstrateur du transformateur enrichissant le modèle CAO par de la sémantique FAO.....	170
Figure 5-11 : Trois couples d'analyse pour remettre l'expertise au centre du pilotage du projet.....	172
Figure 5-12 : Couverture qualitative et quantitative du projet par l'analyse des règles et des activités capturées par les fiches ICARE et confrontées aux développements.....	177
Figure 5-13 : Analyse du déploiement des règles et des activités relatives à l'analyse de l'usinabilité (bout ou flanc) et des masques, par rapport aux éléments spécifiés dans les modèles MOKA au 15/02/06.....	178
Figure 6-1 : Utilisation des principes proposés pour consolider l'expérience et estimer les alternatives.....	181
Figure 6-2 : Les principes proposés sont utilisés pour analyser des expériences d'intégration d'expertise et rechercher des spécificités permettant la comparaison.....	183
Figure 6-3 : Exemple de navigation permise par Organon, entre plusieurs arbres de concepts (ici « is-a », « requires », « specifies » et « describes »).....	185
Figure 6-4 : Schématisation des différentes étapes d'infrastructure du projet d'intégration de l'expertise contenue dans un contrat type de police d'assurance.....	186
Figure 6-5 : Une architecture de projet calquée sur l'architecture finale attendue sur le domaine [DEL 04].....	188
Figure 6-6 : L'étape de modélisation constitue une infrastructure intermédiaire du projet où se consolident les spécifications d'une application complète.....	190

Figure 6-7 : L'application de KBE doit faire converger deux aspects qui s'influencent mutuellement.....	192
Figure 6-8 : Evaluer les avantages des méthodologies pour prendre des décisions de déploiements dans des contextes spécifiques.....	195
Figure 6-9 : Ecran d'accueil de MEGA .....	197
Figure 6-10 : Explorateur de la base de MEGA.....	198
Figure 6-11 : Le « Tool Launcher » de Pc-Pack .....	199
Figure 6-12 : Le Protocole Tool permet d'extraire les objets du modèle directement dans des documents de travail ou de spécification du projet.....	200
Figure 6-13 : ENterprise Design Navigator, la fenêtre d'utilisation d'EDEN.....	201
Figure 6-14 : Les trois niveaux de gestion de Roadmap associés à EDEN .....	202
Figure 6-15 : Quels sont les axes de réflexions et d'évolutions que les principes proposés peuvent participer à identifier ?.....	205
Figure 6-16 : Permettre à la maîtrise d'ouvrage de piloter le sens en consolidant les liens entre la connaissance et le savoir .....	211
Figure 9-1 : Illustration de la définition d'Entité d'usinage selon le groupe GAMA .....	234
Figure 9-2 : Schématisation du principe OSE.....	235
Figure 9-3 : Principaux concepts pour guider le déploiement OSE dans USIQUICK .....	235
Figure 9-4 : Proposition de fonctionnement de OSE pour USIQUICK [CAN 06a].....	236
Figure 9-5 : Exemple de règle pour associer une entité à une classe d'entité [CAN 06a].....	238
Figure 9-6 : Exemple de règle propageant des contraintes géométriques vers les classes d'outils et donc la sélection d'outils [CAN 06a].....	238
Figure 9-7 : Exemple de règle propageant des conditions d'usinage sur les classes d'outils et donc sur la sélection d'outils [CAN 06a].....	239
Figure 9-8 : Exemple des Machining Process de Dassault Systèmes comme base de déploiement du concept OSE dans USIQUICK.....	240
Figure 9-9 : Principe d'utilisation des Machining Process pour une répartition automatique des opérations dans les posages .....	240
Figure 10-1 : Lancement du Transformateur .....	241
Figure 10-2 : Etape d'analyse du résultat du transformateur et de la sémantique FAO produite .....	242
Figure 10-3 : Regroupements sémantiques et gestion des difficultés .....	242
Figure 10-4 : Etape de création de la Macro-gamme puis de la Gamme détaillée .....	243

Figure 10-5 : Déclenchement des phases automatiques de vérification et de création des ressources nécessaire à l'application de la gamme ..... 243

## Liste des Tableaux

Tableau 3-1 : Sémiotique et formalisme : proposition de positionnement des concepts clefs.	35
Tableau 3-2 : Les cinq degrés d'inventivité d'Altshuller [CAV].....	51
Tableau 3-3 : Tableau de comparaison entre ontologie appliquée et ontologie théorique.....	75
Tableau 3-4 : Comparaison de l'échelle proposée avec les générations d'entreprises, le CMM utilisé en informatique et les niveaux de décision.....	97
Tableau 3-5 : Points de questionnements et spécificités relevées par les concepts introduits, selon les méthodes étudiées ; Emergence de phases .....	101
Tableau 3-6 : Consolidation de l'activation d'expertise suivant les distinctions allemandes de « Représentation » par rapport aux KLC déjà introduits et à des standards de BPM et GERAM .....	102
Tableau 4-1: Analyse des 4 piliers supports de la maîtrise d'ouvrage d'un projet de modélisation et d'intégration d'expertise.....	114
Tableau 4-2 : Visualisation de l'apport par rapport à l'épistémologie allemande de la représentation .....	127
Tableau 4-3 : Roadmap du scénario .....	144
Tableau 5-1 : Consolidation des contributions propres à chaque partenaire aux travaux de modélisation et d'intégration selon les occurrences dans les documents mis en commun jusqu'à juillet 2005.....	163
Tableau 5-2 : Convergence des problématiques associées aux OSE (Théorique par l'IRCCyN, sur les usinages axiaux par le LGIPM (EGOU : Eléments Géométriques Orientés Usinages) et appliqué sur l'existant ou les développement en cours, au 06/12/05).....	165
Tableau 5-3 : Partie des règles USIQUICK typant UEB (1 à 3) ou UEF (4 à 7) et relations d'antécédence qu'elles peuvent entretenir .....	167
Tableau 5-4 : Comparaison des éléments des diagrammes d'activités des différentes phases du processus USIQUICK à deux dates du projet (01/09/04 et initial).....	176
Tableau 6-1 : Impacts sur les différents niveaux de maturité de la gestion de l'expertise (en orange, le niveau visé).....	192
Tableau 6-2 : Analyses dans plusieurs exemples des moyens utilisés pour résoudre les problématiques de chaque phase type .....	193
Tableau 6-3 : Algorithme méthodologique pour maîtriser les objectifs et les indicateurs des projets d'intégration d'activités basées sur les connaissances .....	204
Tableau 8-1 : Légende des tableaux suivants.....	230

Tableau 8-2 : Analyse des documents partagés de Décembre 2002 à Mai 2003 .....	231
Tableau 8-3 : Analyse des documents partagés de Juin 2003 à Mai 2004.....	232
Tableau 8-4 : Analyse des documents partagés d’Avril 2004 à Juillet 2005 .....	233
Tableau 9-1 : Zones du tableau de pilotage du déploiement des règles pour OSE appliqué à USIQUICK [CAN 06a].....	236
Tableau 9-2 : Tableau de pilotage du déploiement des règles pour OSE appliqué à USIQUICK [CAN 06a].....	237
Tableau 11-1 : Contribution des principes aux 4 étapes du mécanisme de représentation qui correspondent à la maîtrise d’ouvrage .....	244



## Acronymes

AI : Artificial Intelligence

CAO: Conception Assistée par Ordinateur

CMM : Capability Maturity Model

FAO : Fabrication Assistée par Ordinateur

FBS : Function Behavior Structure, Fonction Comportement Structure

ICARE : Illustration, Contrainte, Activité, Règle et Entité

K : Knowledge (connaissances, au sens large)

KADS : Knowledge Acquisition and Design System

KB : Knowledge Base

KBE : Knowledge Based Engineering, Ingénierie basée sur la Connaissance.

KBS : Knowledge Based System, Système à Base de Connaissance (NB : le S est parfois transcrit par Service dans la littérature, mais ce n'est pas l'acception classique).

KLC : Knowledge Life Cycle, Cycle de Vie des Connaissances

KM : Knowledge Management, Gestion des Connaissances.

MARISKA: Methodological Algorithm for Requirement to Indicators Supporting Knowledge Activities

MASK : Method for Analysing and Structuring Knowledge

MKSM : Methodology for Knowledge System Management

MOKA : Methodology and software tools Oriented to Knowledge based engineering Applications.

NTIC : Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication

PLC : Product Life Cycle, Cycle de vie du Produit.

PLM : Product Lifecycle Management, Gestion du cycle de vie du produit

PPR : Product Process Resource, Produit Processus Ressource

SBC : Système à Base de Connaissance

UEB : Usinable En Bout

UEF : Usinable En Flanc

UIE : Unified Information Ecosystem, initiative proactive de l'Union Européenne dans le secteur des technologies futures et émergentes.

## Légende

Les parties encadrées par un trait continu constituent des points de synthèse sur les éléments soutenus dans ce manuscrit

Les parties encadrées par un trait pointillé constituent des remarques importantes localement et proviennent souvent de ressources extérieures ou font référence à la littérature. Ces parties peuvent être prises séparément de la discussion et constituent un complément.

*Les parties en italiques sont des citations utilisées au sein de la discussion en appui des développements scientifiques de ce manuscrit.*

Les références de type [@XXX] renvoient à des liens du Web. Ils ont été vérifiés lors de la date indiquée en référence.

# 1 Introduction

## 1.1 Enjeu de l'ingénierie numérique : intégrer l'expertise métier

Globalisation des échanges et des marchés, collaboration entre les entreprises, conception simultanée du produit et de son processus : toutes les tendances impliquent la même conséquence pour l'ingénieur. Pour une expertise donnée, il faut prendre en compte une quantité croissante d'informations dont les temps de captation, de consolidation et de compréhension diminuent celui de la décision experte.

L'ingénierie est définie comme la « Conception, étude globale d'un projet industriel sous tous ses aspects (techniques, économiques, financiers, sociaux), coordonnant les études particulières des spécialistes » [GDT]. Elle se trouve à la convergence de flux aux formes et contenus hétérogènes.

Ces flux proviennent d'autres services, de la production ou d'expériences précédentes de conception. L'organisation et la gestion de ces flux donnent lieu à une ingénierie des connaissances [DUP 05a] : une activité basée sur la structuration des flux d'information. L'activation de ces informations par l'expert génère la connaissance et la valeur ajoutée.

Une étape complémentaire consiste à consolider ses flux dans des outils simplifiant les tâches routinières de gestion pour augmenter la place de la décision experte, comme les KBS. L'équilibre entre leur efficacité sur une tâche spécifique et leur souplesse face à des cas particuliers et vis-à-vis de l'évolution des pratiques rend leur construction délicate. Un paradoxe entre la robustesse de ces outils sur une tâche spécifique et leur capacité à s'adapter aux courants d'innovation continue.

En effet, l'innovation incrémentale ne permet plus d'assurer la compétitivité des produits développés contrairement à l'innovation de rupture. Maintenir un fort niveau d'innovation de rupture sollicite fortement les personnes en remettant sans cesse en jeu leurs compétences. Bien que les ressources humaines pour mettre en œuvre les cycles de vie doivent être économisées, le processus d'acquisition des expertises est donc continuellement sollicité par l'apparition continue de nouveaux outils ou de nouvelles technologies.

Dans ce contexte, le déploiement en propre d'un projet d'intégration de l'expertise peut avoir pour conséquence que l'outil développé arrive déjà obsolète sur son marché. L'intégration d'une expertise est donc un processus à considérer en continu. L'agilité des évolutions de la chaîne numérique demeure source de projets complexes. Les acteurs d'un tel projet d'intégration sont confrontés à des problèmes pragmatiques comme :

- Comment analyser, choisir dans la gamme des méthodes et outils disponibles ? Puis-je en déduire les ressources nécessaires dans mon contexte (temps, moyens humains ou ressources informatiques) ?
- Puis-je appliquer les approches, méthodes ou outils identifiés à mon domaine d'activité et comment en définir le périmètre ? Ces éléments sont-ils indépendants du type d'objet analysé ? (ex : produit manufacturé, service, processus)

- Comment bâtir rapidement les premiers traits d'un projet de modélisation et d'intégration d'expertise puis le piloter efficacement au regard des changements par rapport à la compréhension initiale des enjeux ?
- Est-il possible d'analyser rapidement des expériences qui me semblent similaires à mon problème et d'en retirer les principaux avantages et écueils ?
- Comment être suffisamment flexible pour intégrer les inévitables variations d'objectifs au cours du projet tout en préservant le travail acquis ?
- Comment communiquer avec les membres du projet et les futurs utilisateurs de l'application développée pour leur assistance et se synchroniser sur une même compréhension ? [RUI 05]
- Comment faciliter l'acceptation des inévitables changements induits dans l'expertise initiale par les utilisateurs finaux ?

Plusieurs types de représentations permettent de faciliter la compréhension de problèmes statiques du cycle de vie du produit (ex : PERT, SADT, FAST). Même si certaines peuvent intégrer une prévision temporelle, la dynamique d'un projet fait que ces représentations n'ont qu'une durée de vie limitée et que les efforts de modélisation entraînent un besoin de maintenance permanent.

L'analyse de projets existants d'intégration d'expertise dont ces travaux de thèses sont le fruit et l'analyse de l'état des recherches correspondantes dans la gestion de la connaissance montrent que quatre familles de supports des traces de la connaissance interagissent dans l'entreprise. Ils conditionnent les choix, les innovations accessibles et la faisabilité de l'intégration d'une expertise. Ainsi, les quatre groupes dégagés par nos travaux, constituant les piliers soutenant les projets d'intégration d'expertise, sont les suivants :

- Les réseaux de concepts, formels ou informels constitués entre les acteurs [GRU 93]
- Les différents corpus de documents [KER 06]
- Les spécifications de projet ou de changement constituant les attentes de l'expertise maître d'ouvrage [PMB 04]
- Les solutions logicielles tour à tour, points de départ des problématiques, moyens de progression et résultats. [MOK 01] [WIE 92]

A partir des résultats de ces analyses, nous proposons une approche pour faciliter le pilotage de projet d'ingénierie intégrée. Elle se compose d'abord de trois couples de concepts, syntaxe / sémantique, domaine / projet et infrastructure / architecture, permettant de mettre en perspective les enjeux de l'expertise, du projet et de la modélisation.

Ces couples permettent ensuite de construire une échelle d'évaluation des objectifs d'un projet d'ingénierie intégrée. Pour les entreprises, la construction de ce référentiel permet d'envisager les scénarii d'évolution de la maturité de la gestion des connaissances et des

comportements des « Knowledge Workers » [AMI 97], nouveaux acteurs de l'entreprise basant leurs activités sur la gestion de leurs expertises.

Ces outils intellectuels de manipulation et d'évaluation du projet permettent finalement de construire la Roadmap du projet : à partir de phases élémentaires issues de l'analyse des quatre supports constituant les piliers de l'ingénierie intégrée, une liste de phases est constituée. Elles constituent les éléments de base permettant de construire le squelette particulier de chaque projet de modélisation et d'intégration. Ce séquençage sur mesure donne la possibilité de tenir compte des retours d'expérience des précédents projets et des acquis méthodologiques

La définition de ces éléments est constituée autour de la notion de « plate forme » qui qualifie un état potentiellement attendu pour l'application finale d'assistance de l'expertise. Ce concept sous-entend à la fois souplesse par rapport au cas traités et souplesse de redéploiement pour suivre les évolutions d'expertise nécessaires à l'innovation.

Les réflexions aboutissant à cette méthodologie, leurs justifications et leurs confrontations à la réalité des besoins des entreprises sont présentés par la suite selon les points suivants :

- Une étude des enjeux de l'information dans l'utilisation des nouvelles technologies informatiques. En joignant une réflexion sur les mécanismes de représentation à l'observation des comportements vis à vis d'Internet, un scénario d'évolution des métiers relève les manques dans le pilotage des méthodes basées sur la modélisation des connaissances
- Une analyse de la dynamique de projet partant de la modélisation d'une expertise vers la constitution d'un outil d'assistance à cette expertise. Les outils de KBS et leur positionnement dans les stratégies de l'entreprise sont notamment analysés.
- Des outils de compréhension des principes de la gestion de la connaissance. Une série d'outils conceptuels pour faciliter la compréhension et la communication autour des projets de modélisation et d'intégration.
- Des retours d'expériences, confrontés à des analyses d'outils, à l'aide des concepts introduits.

La contribution proposée a été initiée lors de réflexions sur la gestion des connaissances dans un projet industriel dont l'objectif est de créer un outil d'assistance à la génération de la gamme d'usinage dans le secteur des pièces de complexes de structures d'aéronautique. Elle vise à confronter une partie des méthodes existantes de gestion de la connaissance indépendamment de son type, que celle-ci soit présentée par exemple sous forme de décisions, de processus ou de spécifications. Un algorithme des choix à prendre pour mettre en place un système de pilotage et de maîtrise d'ouvrage, l'un des apports significatifs de ces travaux, apporte in fine une solution méthodologique partant de l'expression des spécifications jusqu'à la concrétisation d'indicateurs d'évolution du projet d'ingénierie numérique.

Ainsi, le succès d'un projet de modélisation et d'intégration d'expertise doit pouvoir explicitement répondre à des principes de simplification, de réutilisation et de flexibilité,

constitutifs de l'idée de « plate-forme », autant dans la maîtrise du domaine d'expertise que dans la maîtrise d'ouvrage du projet. Un double objectif est alors rempli : la tâche d'ingénierie est facilitée et la maturité de la gestion des connaissances est accrue, contribuant à garantir la pérennité de l'entreprise.

## **1.2 Résumé de la Démonstration proposée**

L'enjeu des recherches proposées repose sur la difficulté rencontrée actuellement tant par les industriels que les chercheurs pour avoir une vision globale des connaissances dont un groupe de personnes dispose pour accomplir ses objectifs.

Il en résulte une difficulté chronique au pilotage et à la prise de décisions. Le projet propose donc la construction d'un Vade Mecum pour maîtriser le déploiement de projets liés à la connaissance, reposant sur des concepts synthétiques simples. Il ne se substitue nullement aux méthodes de gestion de connaissance actuelles ou aux outils de conduite de projet mais vise une compréhension générique, par les acteurs, des problématiques, des phases et des décisions associées. Il permet notamment de trouver des points d'analyse pour choisir méthodes et outils pertinents par rapport aux besoins exprimés et compris.

La démarche adoptée pour satisfaire ces objectifs est la suivante :

- Identifier et analyser des méthodes de gestion de plusieurs types de connaissance
- Identifier et analyser des travaux méthodologiques de synthèse existants
- Raffiner les concepts puis identifier et construire avec eux une méthodologie d'analyse du cycle de vie de la connaissance
- Construire une grille d'évaluation de la maturité de la connaissance et de sa gestion

L'approche est résumée par la figure ci-dessous. Elle se base dans le sens 1 sur un besoin issu de l'industrie pour proposer, dans le sens 2, des éléments de réponse. Après un positionnement de la problématique dans le chapitre 2, le chapitre trois fait émerger les éléments de la contribution à partir de l'étude des réflexions et des pratiques existantes dans la gestion de la connaissance. Ces éléments sont repris dans le chapitre 4 et organisés dans une approche globale d'assistance à la maîtrise d'ouvrage pour la modélisation et l'intégration d'expertise et constitue le cœur de notre proposition. Le chapitre 5 effectue un retour descriptif sur le projet USIQUICK duquel ces propositions ont émergé pour valider une première fois leurs capacités d'assistance. La validation est ensuite poursuivie dans un dernier chapitre par la consolidation de plusieurs retours d'expérience de cas d'application et de méthodologies. Ce dernier chapitre s'achève par les perspectives de réflexions que peuvent induire ces travaux.

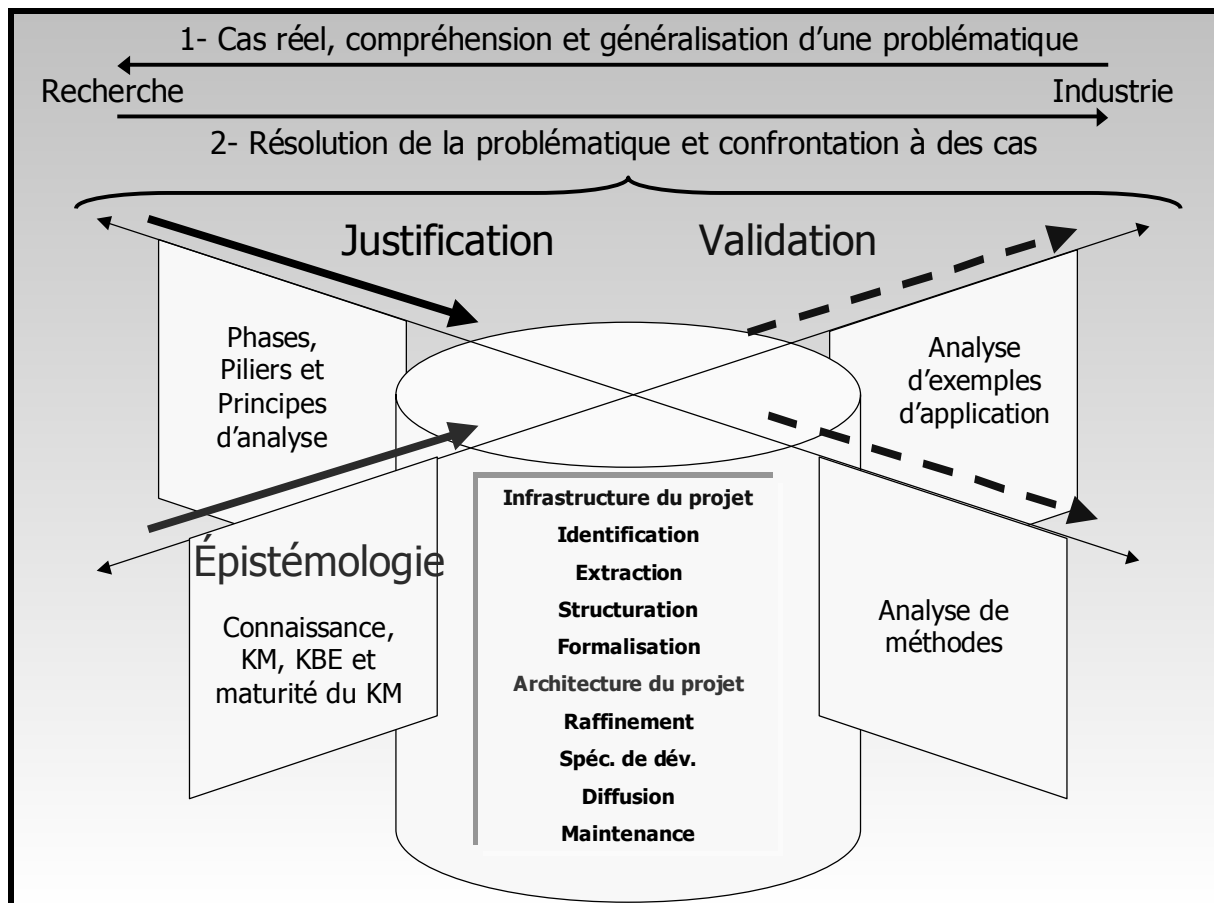


Figure 1-1 : Schéma de principe de la démonstration proposée

**Le but des travaux proposés n'est pas :**

De donner une note à des méthodes

De proposer une méthode de plus pour formaliser la « connaissance »

**Le but est :**

De proposer des principes pour s'approprier rapidement les méthodes et discriminer les différentes analyses de retours d'expériences de cas ou de méthodologies

De pouvoir anticiper, maîtriser et piloter le déploiement d'un projet basé sur la connaissance vers une intégration de l'expertise étudiée.

## 2 Contexte

### 2.1 Synergie croissante entre informatique et ingénierie

La vitesse des progrès effectués dans la production de composants informatiques implique de profonds changements dans les outils logiciels proposés et par conséquent dans les habitudes des utilisateurs. L'ingénieur, comme tous les acteurs en relation directe avec les NTIC, est impacté par ses changements liés à l'information. L'exemple du journalisme est fortement significatif de cette révolution naissante. Les réflexions menées sont transposables et utilisables pour des applications basées sur la connaissance et l'échange d'informations dans les domaines de l'ingénierie. Jean-François Fogel, journaliste, consultant et écrivain, et Bruno Patino, directeur de la publication de Télérama, président du Monde Interactif, éditeur du Monde.fr ont proposé un ouvrage, *La Presse sans Gutenberg*, qui présente les mutations à attendre dans leur métier. [FOG 05]

Trois lois garantissent la progression forte de la transformation des expertises à travers l'intégration numérique, au moins jusqu'en 2010, d'après les programmes de développement engagés par les différents acteurs du marché :

- Loi de Gordon Moore
  - (nb transistor par plaque) \* 2 tous les 18 mois
  - Valable de 1965 à 2017 au moins
  - Diminue les limites de taille des stockages
- Loi de George Gilder
  - (bande passante) \* 3 tous les ans
  - valable depuis 1997
  - Diminue les limites d'échanges entre les personnes
- Robert Metcalfe
  - Utilité d'un réseau =  $k * (\text{nb utilisateur})^x$
  - Augmente l'incitation à participer à la transformation des pratiques

La modification de l'utilisation de certaines expertises, due à ces facteurs, est déjà fortement perceptible. L'impact sur les industries « non-informatiques » s'illustre par l'exemple de la maquette numérique globale et unique, utilisée notamment par Dassault Aviation dans la conception et la fabrication du Falcon 7X et partagée par l'ensemble des co-traitants.

*« Dans un marché extrêmement concurrentiel et de petites séries, rien n'est laissé au hasard. Qu'il s'agisse de l'outil de production, du choix des co-traitants ou de la répartition industrielle, aucune approximation ne saurait être tolérée. Faire travailler quatre cents entreprises et vingt-sept partenaires venant de sept pays différents sur un avion complètement*



*nouveau, avec des process dernier cri privilégiant l'utilisation des filières numériques par l'exploitation de bases de données partagées représente un défi. » [PIC 05]*

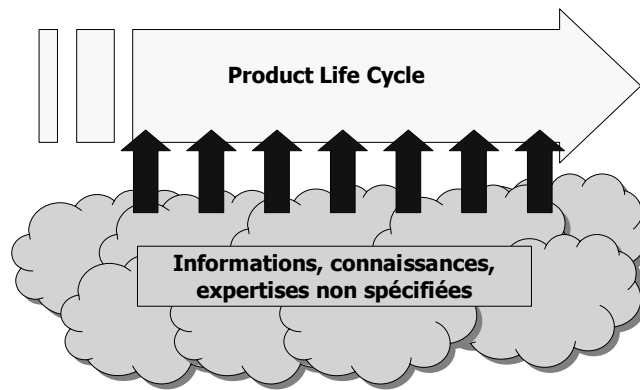
L'ordinateur qui était à l'origine un multiplicateur de puissance d'un seul individu devient le lieu d'expression et de travail de communautés entières, dépassant les frontières de l'entreprise. Il peut alors, par son potentiel de partage sans limites, perdre l'utilisateur, bridant alors l'efficacité de sa prise de décisions. De larges efforts sont menés pour construire des architectures pour tirer le meilleur profit de ces nouveaux outils et des synergies qu'ils permettent.

## **2.2 Densification du cycle de vie du produit et perspectives d'évolution**

Après une époque d'industrialisation de masse puis d'une phase de développement par modèles, le marché industriel arrive à un besoin de réactivité toujours plus fort illustré par la « différenciation retardée » qui correspond notamment à une déclinaison d'un produit dans les phases les plus finales de sa fabrication aux spécifications particulières d'un client. [MID 93] Associée à la complexité croissante des produits, la difficulté de gestion des combinaisons des possibilités de définition augmente et les cloisonnements entre domaines disparaissent peu à peu pour faire place à une approche holistique du cycle de vie qui vise à répondre :

- à un besoin de réactivité au marché
- à des temps de cycle de vie de plus en plus courts
- à des études et des mises en production plus complexes
- à des tailles de lots plus réduites
- à des changements de répartition des coûts vers une hausse de la part variable
- aux enjeux du développement durable, à travers une meilleure prise en compte des coûts réels

Ainsi, à l'intérieur même d'une organisation, les flux d'information s'intensifient, prenant en compte de plus en plus de facteurs extérieurs, alors que la capacité d'analyse humaine individuelle n'augmente pas. On peut ajouter à cela le développement des media externes disponibles, autant en type (magazines, journaux, Internet, livres, reportages, conférences, réseaux...) qu'en quantité.



**Figure 2-1 : Nouveaux enjeux : formaliser les expertises pour pouvoir les intégrer, en tant qu’outils d’assistance, dans les cycles de vie des produits**

Le besoin d’absorption de ces quantités d’informations fait émerger de nouvelles stratégies de gestion de l’expertise. Les organisations se divisent, se comparent ou se réunissent pour favoriser l’émergence de réponses innovantes :

- Etalonnage concurrentiel, veille technologique (copie de l’information)
- Entreprise étendue (partage de l’information)
- Co-conception (création commune d’informations)
- Externalisation (abandon d’une partie de l’information)
- Délocalisation (déplacer, piloter l’exploitation de l’information)

Ces efforts sont relayés aux niveaux nationaux et internationaux par l’encouragement et le financement de réseaux et de projets de recherche. Cependant, l’ensemble des solutions privées ou publiques augmente les confrontations interculturelles, du niveau métier à celui de la civilisation, pour un nombre de personnes de plus en plus important et dont la visibilité hiérarchique diminue. Les approches par projet remettent en question les organisations classiques selon les métiers [MID 93]. Les compétences ne sont plus seulement techniques mais de plus en plus sociales et donc, du moins pour l’instant, de plus en plus difficiles à évaluer [GOL 95]. Les interlocuteurs, plus ou moins éloignés culturellement, géographiquement ou techniquement peinent à communiquer. Les temps de synchronisation cognitives ou de gestion pure du projet entament fortement les temps de résolution des problèmes techniques [OUE 05] [RUI 05].

Pour retrouver une certaine stabilité dans le référentiel de collaboration, de plus en plus en mouvement, des travaux sont menés pour formaliser et représenter l’expertise des acteurs. La modélisation de la connaissance est ainsi devenue à la fois un enjeu économique, un défi technologique et un débat épistémologique. Elle ajoute une nouvelle dimension au cycle de vie du produit. L’analyse des cycles subis par la connaissance au cœur de l’évolution du produit et le rapport avec le nouvel acteur qu’est l’informatique sont par conséquent des verrous technologiques et scientifiques forts dont la levée passe par une diffusion et une compréhension des enjeux. La position stratégique de la modélisation des connaissances augmente dans l’entreprise.

### **2.3 Modélisation : la connaissance et les besoins actuels de l'entreprise**

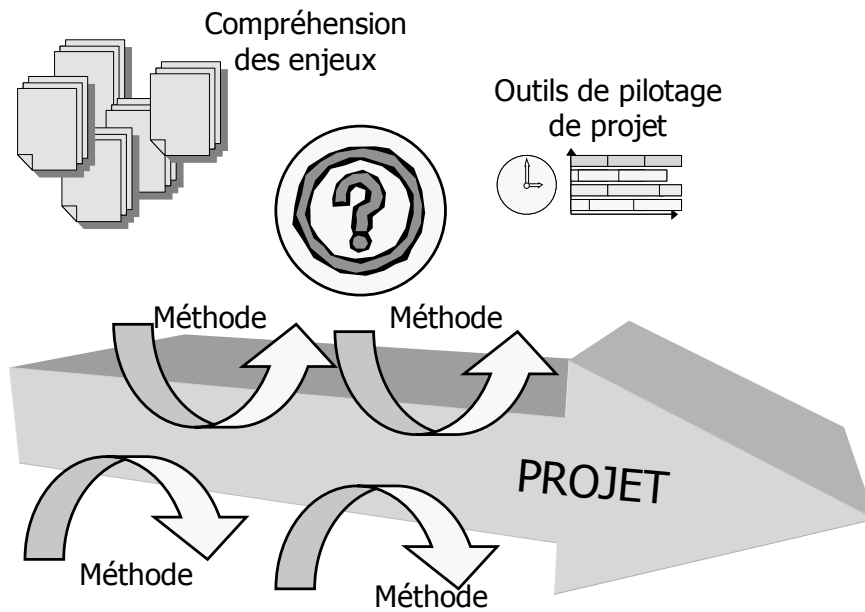
D'un point de vue épistémologique, le concept de connaissance reste sujet à débat. Si l'on part du postulat qu'elle n'existe pas hors de l'homme, il faut considérer que les processus de formalisation participent seulement à l'organisation des traces de la connaissance et laissent à l'humain la capacité de conceptualiser et de remettre le savoir en contexte.

A cause de cette dichotomie, la projection de la connaissance dans l'univers virtuel n'est toujours pas un processus systématisé. Si l'appréhension du cycle de vie de la connaissance se précise [NON 00], [ERM 96], [@MOK], son déploiement et son utilisation dans l'entreprise sont difficilement soutenus par des solutions complètes et restent sujets à des problèmes de compréhension de la part des acteurs.

Des travaux adressent certaines parties de ce cycle ou différents types de connaissances. Les outils déployant la méthode GRAI cartographient les décisions [@GRA]. EDEN [@IND], ordonne les corpus de documents en appliquant une approche de capitalisation de projets. MEGA [@MEG] maintient des modélisations. Mais que ce soit sous forme de décisions, de documents, de modèles ou de logiciels, le choix et la validation des outils permettant externalisation et mutualisation des connaissances ne sont pas assistés. Les décideurs qui cherchent à rationaliser l'utilisation de la connaissance dans leur structure et ne sont pas experts de la gestion de l'expertise, ne disposent pas d'outils d'analyse pour déclencher et piloter des projets d'amélioration. Souvent, on se contente de l'outil ou de la méthode à disposition, de développements existants. D'autres fois, l'utilisation première des outils est déviée pour respecter les contraintes du contexte. L'utilisation de macro spécialisées dans des solutions logicielles freine par exemple les choix alternatifs d'outils. Si parfois ce pragmatisme porte ses fruits, il est dans beaucoup d'autres cas le simple résultat d'un manque de lisibilité et d'outils d'analyse.

Ainsi, la complexité croissante des activités de l'entreprise implique une démarche de capitalisation de la connaissance dont l'aboutissement passe par la création de tableaux de bord [@MNM], de visions de synthèse (comme FBS-PPRE [LAB 04] ou l'Agile Modelling [@AGI] ) pour piloter ou faire collaborer ces systèmes (ERP [@SAP], Projet du réseau Interop [@INT]). L'enjeu est alors de passer d'une vision statique à des outils dynamiques de gestion des activités liées à la connaissance qui n'entrent pas en concurrence mais donnent aux outils classiques de gestion de projet (MS Project) une nouvelle dimension.

Entre la compréhension des enjeux et le pilotage du projet d'intégration de l'expertise, il y a donc un besoin de principe d'assistance à la maîtrise d'ouvrage pour déclencher, contrôler et maîtriser les méthodologies à déployer. La figure suivante illustre, par un point d'interrogation, cette position centrale de la maîtrise d'ouvrage sur les paramètres qu'elle doit intégrer.



**Figure 2-2 : Comment compléter les outils existants de gestion de projet pour mieux maîtriser l'intégration des expertises ?**

Les travaux proposés ici contribuent à l'outillage conceptuel de la maîtrise d'ouvrage et visent à rapprocher le pilotage de projet de la réalité de l'expertise qu'il fait évoluer. La répartition des responsabilités entre la maîtrise d'œuvre et la maîtrise d'ouvrage ouvre un paradoxe : la maîtrise d'ouvrage est responsable du choix mais ne possède pas nécessairement la maîtrise des méthodologies. La contribution donne ainsi au maître d'ouvrage des axes de questionnement qui permettent de faire émerger des indicateurs de pilotage du projet pour collaborer pleinement et efficacement avec la maîtrise d'œuvre.

### **3 La connaissance multi-facette, plus vaste que ses modèles**

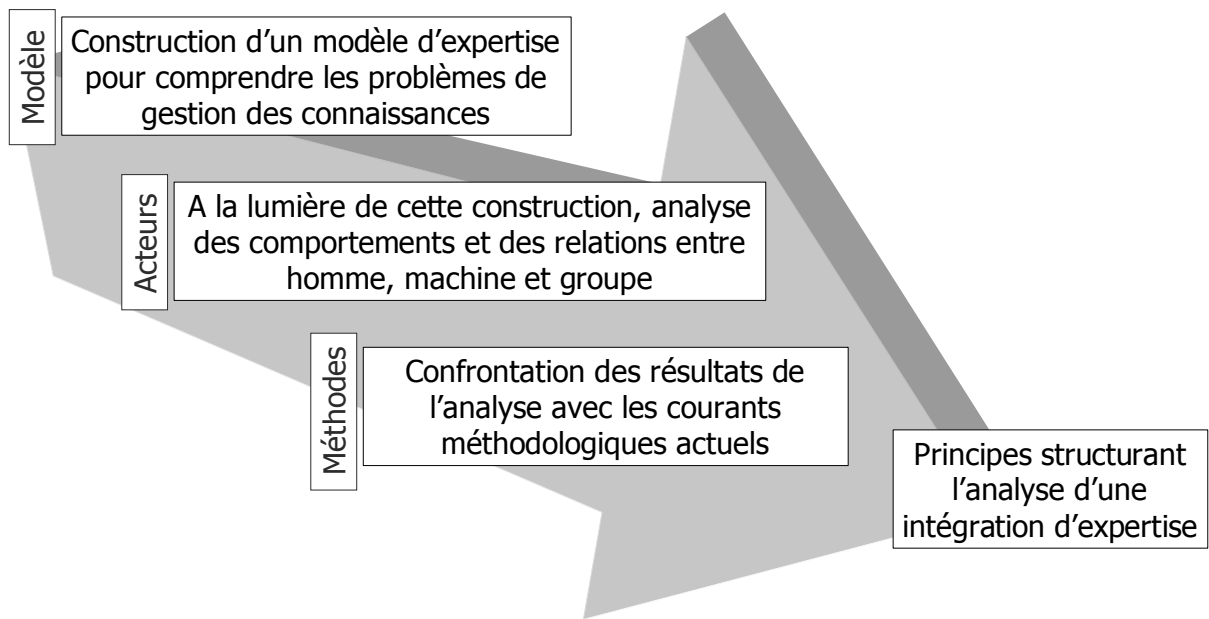
Les efforts d'optimisation du capital intellectuel de l'entreprise se heurtent à la nature profondément différente de cette ressource par rapport aux objets matériels et économiques traditionnellement manipulés. Dans le premier temps de ce chapitre, une vue consensuelle est construite à partir d'une série de constructions épistémologiques liées à la modélisation et à la connaissance. Visant à clarifier la difficulté de gestion de cette nouvelle ressource, elle se forme en trois étapes à travers l'étude ontologique de la représentation, puis de l'enrichissement du triptyque « donnée / information / connaissance » et enfin la confrontation aux nécessités de l'entreprise. Cette démarche constitue les fondements des travaux proposés en faisant émerger les besoins et les axes de réponses à la problématique de la maîtrise d'ouvrage des projets de modélisation et d'intégration d'expertise.

Dans la continuité de cette démarche et dans le contexte de l'intégration d'expertises pour l'entreprise, les relations de l'homme et de l'informatique d'une part et de l'homme et du groupe d'autre part sont analysées. La deuxième section de ce chapitre s'attache à étudier les comportements dans ces deux types de relations à la lumière du premier positionnement.

Enfin, ces réflexions sont confrontées à deux grands courants de recherche sur l'application des méthodes de gestion de la connaissance en entreprise, à savoir l'ontologie et l'ingénierie basée sur les connaissances (KBE). Cette dernière est elle-même découpée en deux phases : de la connaissance à la base de connaissance (du K au KB) et de la base de connaissance à l'application spécialisée (du KB au KBS). D'après les observations sur ces courants et certaines des méthodes correspondantes, cette troisième section s'achève par la construction d'une échelle d'analyse des niveaux de maturité de la gestion des représentations.

Cette démarche proactive permet selon ces trois points de faire émerger les concepts structurants, les comportements des acteurs et les perspectives d'utilisation de la contribution. Constituant les ingrédients d'une approche méthodologique, ces éléments sont repris dans le chapitre suivant pour construire un ensemble cohérent de principes d'analyse simplifiant l'appréhension des problèmes de modélisation et d'intégration d'une expertise.

La figure suivante résume cette approche de construction méthodologique. Elle illustre la construction de ce chapitre en trois sections, présentant une étude épistémologique de la connaissance qui aboutit à une proposition de modèle d'expertise, puis à l'analyse et la compréhension des relations et des comportements que son intégration génère pour enfin mettre en perspective trois principales approches pratiques de gestion de la connaissance.



**Figure 3-1 : Trois étapes vers la compréhension des problèmes de modélisation et d'intégration de l'expertise**

### 3.1 Comparaison de plusieurs constructions épistémologiques

Selon l'articulation de cette section illustrée ci-dessous, les deux premiers points abordent le concept de modèle puis des codes pouvant le régir à travers un langage ou un formalisme. Cette première construction permet de lever les ambiguïtés sur les rôles des outils méthodologiques manipulant des concepts et donc indirectement des connaissances.

Dans un deuxième temps, la construction plus classique entre données, informations et connaissances, est reprise puis mise en perspective de la première démonstration.

Cette deuxième construction écarte classiquement le débat entre savoir et connaissance, estimant les termes quasiment confondus dans la question de la modélisation. Un quatrième point discute de la pertinence de cette assertion en étudiant la différence entre ces deux concepts. L'intégration de cet écart avec les points précédents permet de délimiter la notion d'expertise.

Le modèle d'expertise constitué dans ces quatre premiers points est ensuite confronté à l'approche économique de l'expertise dans le cycle de vie du produit, pour s'assurer de la cohérence avec les enjeux de l'entreprise. Ce modèle est enfin remis dans la perspective industrielle à travers les notions de valeur, d'innovation, de collaboration et enfin de risque. La valeur permet d'analyser les comportements attendus de l'activation d'une expertise. Cette activation est remise dans le contexte de l'innovation, nécessitant collaboration et analyse de risque.

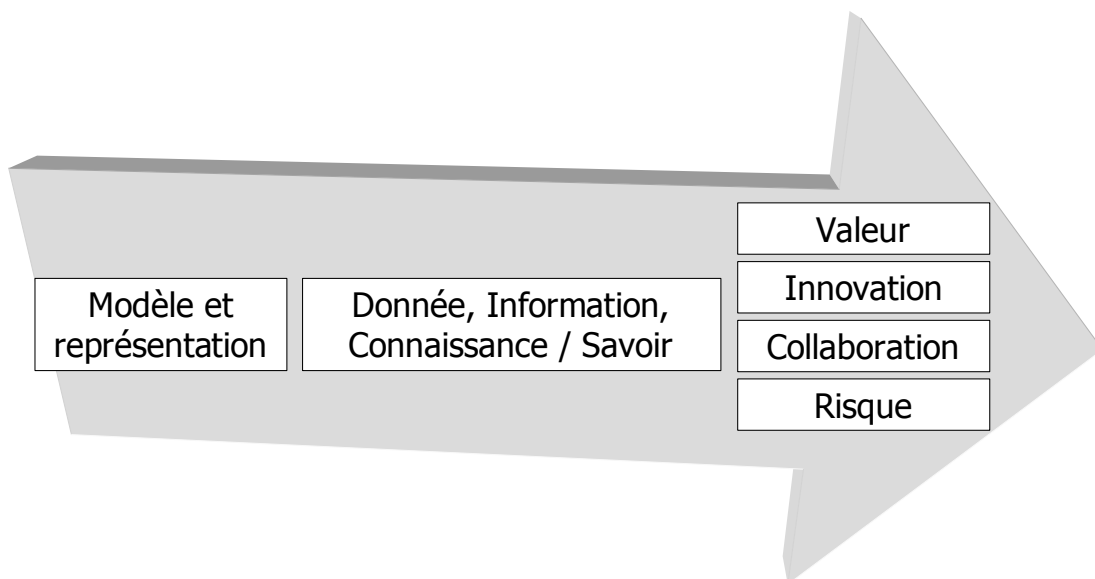


Figure 3-2 : Vers la compréhension des problèmes de gestion de la connaissance : la construction d'un modèle d'expertise

### 3.1.1 Modèle et représentation

Le Grand dictionnaire terminologique [GDT] définit un modèle comme la « représentation d'idées ou de connaissances qui présente avec elles des analogies connues ». La réalité de l'existence d'un modèle n'est donc pas à confondre avec la réalité qu'il représente.

D'autre part, la connaissance est d'après [LAB 04] une mise en perspective d'informations et de leur contexte par un système d'interprétation, a priori l'humain. Un modèle n'est donc valable que contextuellement par rapport à un but. Il ne contient que la représentation, les « traces » informationnelles de la connaissance.

Enfin, l'étude du terme de représentation est elle-même sujet à interprétation. Le problème est résumé ainsi dans [CAS 04] :

*« Le problème principal que pose le choix du terme représentation pour traduire un philosophème d'une langue étrangère est dû à sa texture ouverte : le concept qu'il exprime n'est que partiellement déterminé, et présente des marques [...] facultatives parfois incompatibles entre elles. »*

Plusieurs sémantiques sont donc attachées à « représentation ». Elle sous-tend une relation à quelque chose de présenté et donc à une intentionnalité, celle de renvoyer à autre chose qu'elle-même. On peut donc distinguer plusieurs interprétations du concept de représentation, illustrées ci-dessous (pour plus de précision, l'article contenu dans [CAS 04] en précise les sens et articulations, notamment à travers ses différentes formes allemandes construites autour des réflexions de Kant puis de Frege) :

- « Vorstellung » : La perception d'un constat
- « Gedanken » : L'acte de se présenter une idée pour la manipuler intellectuellement
- « Vertretung » : L'acte de transcrire une idée sur un véhicule extérieur
- « Repräsentierung » : Un véhicule, support d'une idée

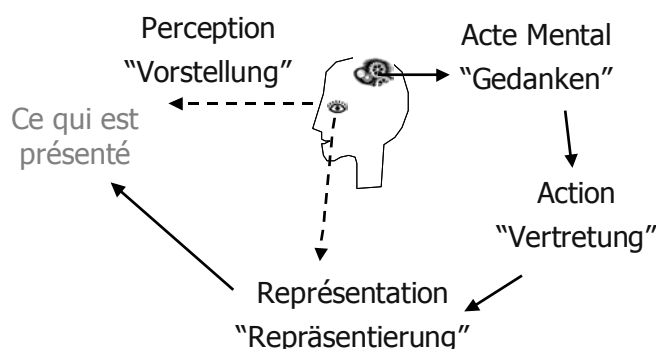


Figure 3-3 : Les distinctions allemandes de la sémantique associée à « représentation »



Un modèle est donc un véhicule d'une idée dont la force réside dans la facilité avec laquelle il est possible de comprendre les analogies qu'il présente avec la réalité et la maniabilité qu'il lui confère.

Si l'on revient à la discussion portée par la thèse de [HAR 97], elle s'appuyait sur la citation de [RUM 95] : « *Un modèle est une abstraction de quelque chose de réel qui permet de comprendre avant de construire. Parce qu'il ne tient pas compte des éléments qui ne sont pas essentiels, le modèle est plus facile à manipuler que l'idée originale. L'abstraction est une capacité fondamentale humaine qui nous permet de gérer la complexité ? Depuis des milliers d'années, les ingénieurs, artistes et artisans construisent des modèles pour tester leurs concepts avant de les exécuter.* » Cette définition est complétée par un commentaire inspiré des travaux de [VER 94] : « *Il est généralement admis qu'un modèle est une idéalisation dont l'objectif est de représenter certains aspects relevant d'un système à des fins d'analyse et dans le but de prévisions (ou prédiction.)* » D'après cette discussion, il faut donc retenir l'aspect volontairement incomplet du modèle, sa capacité à être porteur de sens par rapport à une réalité et son utilité pour l'analyse. Néanmoins, on peut regretter la trop faible importance donnée à l'utilisation du modèle comme facteur d'échange et de communication. Deux utilisations du modèle sont à distinguer. La première est personnelle pour faciliter sa propre compréhension. On évite alors les problèmes de transformation du sens véhiculé car l'émetteur et le récepteur sont la même personne. Cependant dans le contexte actuel, les modèles sont majoritairement utilisés à des fins collaboratives. Emetteur et récepteur étant des entités dissociées, les erreurs de transmission du message sont plus nombreuses. Un écueil consiste à commencer une modélisation dans le premier cas pour ensuite l'utiliser dans le deuxième, sans clarification et systématisation des formalismes de représentation et des intentions de modélisation.

S'il doit être partagé, un modèle valable doit donc être issu d'une construction consensuelle entre des personnes, à l'intérieur d'un groupe ou de manière plus large à travers une norme. Ainsi un modèle n'a le maximum de sens que par rapport à une vision collective des critères de :

- Compréhensibilité (facilité de perception)
- Maniabilité (facilité de manipulation intellectuelle pour accomplir un objectif)
- Expressivité (facilité à retranscrire une idée, à exprimer du sens)
- Utilité (pertinence du véhicule dans les échanges sociaux et dans le renouvellement de sa perception par d'autres acteurs pour collaborativement accomplir un objectif)

Dans ce contexte, on propose la définition suivante :

« Un modèle est un consensus sur une représentation partielle de la réalité: »

Cette définition implique les conséquences suivantes :

- En tant que consensus, un modèle n'a donc qu'une objectivité locale par rapport au groupe qui l'a défini et accepté. On parle d'intersubjectivité. Un modèle est donc intersubjectif et non pas objectif.
- Un modèle étant une représentation partielle, il implique des choix et donc une efficacité relative à l'objectif défini pour ce modèle. Donc la manière de modéliser dépend de l'objectif.
- La réalité étant mouvante et l'action de représentation n'étant que ponctuelle, le modèle devient tributaire des efforts de mise à jour. Un modèle n'est donc valable que pour une date donnée.
- Finalement, les points précédents s'agrègent dans une dernière hypothèse. Un modèle doit être considéré comme incomplet car il est subjectif, partiel et désynchronisé. Il ne faut pas cependant rejeter toute utilité. Un modèle peut tout de même s'approcher fortement d'une complétude et peut être notamment sciemment simplifié pour en faciliter la diffusion. La force de ce caractère incomplet dépend donc de l'angle d'analyse des objectifs d'un modèle donné. Il semble cependant essentiel d'éviter les pièges de la modélisation qu'on peut résumer ici brièvement par « confusion avec la réalité ». (par exemple une pièce est souvent confondue avec son modèle CAO qui n'est pourtant qu'à la cote nominale)

La recherche en modélisation consiste donc en une objectivation des liens de représentation avec la réalité pour une communauté la plus large possible. Il importe alors de s'interroger maintenant sur la notion de formalisme.

### 3.1.2 Formalisme

Le concept de formalisme est lui aussi difficile à délimiter. Il contient notamment des notions de précision, d'expression positive, il évite de discuter ou d'éluder un aspect. « Forme » [CAS 04] reprend à la fois les sens de plusieurs racines grecques correspondant à :

- Idée,
- Matière, contour,
- Figure, manière d'être,
- Essence,
- Modèle,
- Marque, signe distinctif,

pour s'appliquer à différents domaines comme l'art, les techniques, la norme, le droit ou le discours. Il faut donc pour qu'un modèle soit interprété correctement et puisse devenir consensuel dans un domaine donné, définir un formalisme correspondant pour créer des liens cohérents entre le modèle physique et les représentations que l'on peut s'en faire. Cette nécessité est reflétée à travers les notions de langage ou de méta modèle. Constitués d'un

nombre fini d'éléments utilisés au sein d'un groupe, le langage ou le méta modèle devient à son tour une représentation d'une réalité en codant les « traits » d'un modèle.

La représentation sous forme de véhicule interpelle ainsi une série de termes connexes à désambiguïser : modèle, méta-modèle, langage, éventuellement méta-langage et enfin formalisme.

- Langage en psychologie : Système de signes utilisé pour la communication dans une société [@GDT]
- Langage en informatique : Ensemble organisé de symboles, de mots-clés, de caractères et de règles (instructions et syntaxe) utilisé pour adresser des commandes à l'ordinateur et assurer la communication avec la machine. [@GDT]
- Formalisme du point de vue de la logique : Ensemble de symboles et collection de règles systématiques en dirigeant les utilisations et les corrélations. [SLO 85]
- Modèle : Comme vu précédemment, un consensus sur une représentation partielle de la réalité.
- Méta : Préfixe qualifiant un état d'abstraction supérieur et réflexif, c'est à dire utilisant les propriétés d'un concept pour l'étudier ou l'appliquer à ce même concept.

Les différences de systématisme entre les définitions de langage et de formalisme s'entendent sur un point. Elles offrent deux aspects illustrés ci-dessous : les éléments constitutifs et leurs règles de d'agencement. On propose de résumer ces deux points par les définitions suivantes :

Infrastructure : ensemble des éléments constitutifs d'une représentation.  
Architecture : ensemble d'éléments de l'infrastructure reliant et régissant les autres éléments.

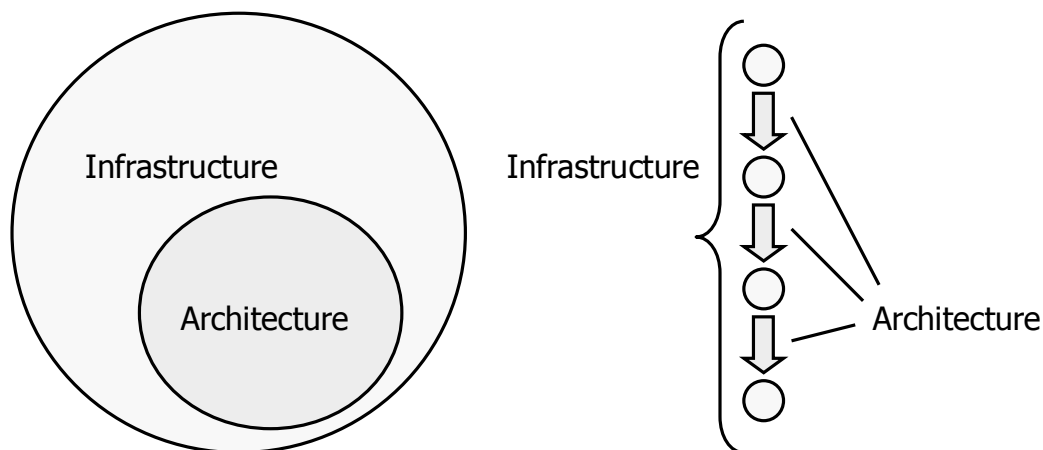


Figure 3-4 : Deux vues pour comprendre la relation entre infrastructure et architecture

Le formalisme ou le langage est donc le consensus sur des codes de représentation pour construire le véhicule de la représentation. L'existence des éléments de la réalité constituant l'infrastructure est en théorie indépendante du formalisme ou du langage. Néanmoins le choix de codes contraint la représentation, forcément imparfaite dans une certaine mesure comme vu dans la définition de modèle.

La sémiotique adresse ce problème et le désambiguïse à travers trois aspects [CAS 04] [MOR 38] :

- La syntaxe : relations signes / signes, étude des conditions formelles de sens des combinaisons de signes
- La sémantique : relations signes / objets, étude des conditions d'interprétation
- Le pragmatisme : relation signes / utilisateurs, pratique sociale

Les concepts utiles dans la description d'une représentation sont la syntaxe et la sémantique. La pragmatique intervient comme la flexibilité requise pour interpréter des syntaxes mal formées ou comprendre l'absence de sens d'une assertion bien formée mais inepte. C'est donc la capacité à utiliser l'analyse de la syntaxe et de la sémantique pour porter un jugement. Le tableau ci-dessous propose une vision de synthèse des différents concepts discutés dans cette partie.

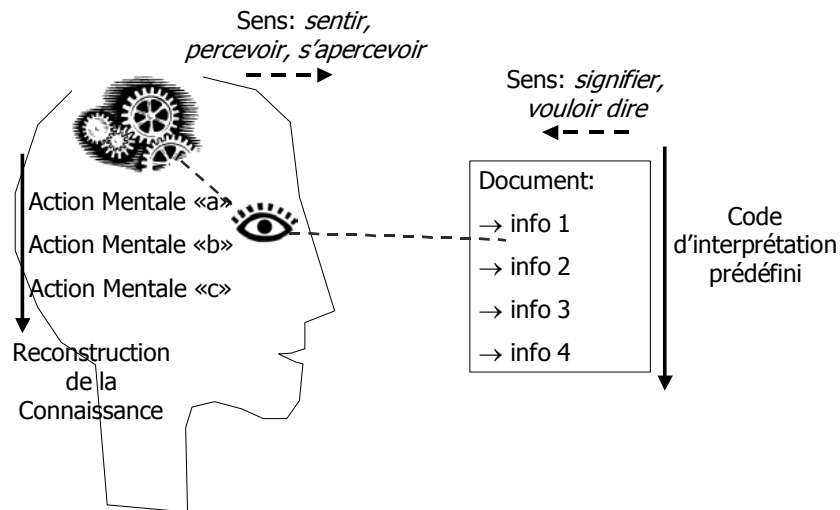
	Potentiels d'Architecture	Briques d'Architecture	Architecture réalisée
	Syntaxe	Généralisation d'une réalité	Représentation d'une réalité
Méta Langage	X		
Langage	X	X	
Méta Modèle		X	X
Modèle			X

provoque la sémantique

Provoque le pragmatisme

**Tableau 3-1 : Sémiotique et formalisme : proposition de positionnement des concepts clefs**

En définitive, il faut retenir que la pertinence d'un modèle réside dans sa capacité à recréer facilement des processus de représentation mentale et que cette faculté est facilitée par la proposition de schémas génériques (Cf illustration ci-après). Leur syntaxe et le pré-formatage de leur interprétation constitue un formalisme ou un langage. La qualité, le degré de généralisation et les capacités évolutives de cette syntaxe sont les sources potentielles de la performance de la modélisation.



**Figure 3-5 : Enjeu de la sémiotique : reconstruction mentale du sens**

La progression représentation / modèle / formalisme entraîne des ambiguïtés épistémologiques et donc des sources potentielles d'imperfection ou d'incompréhension dans les travaux d'intégration d'expertises.

Jusqu'à ce point, la démarche d'analyse de ces travaux a permis de faire apparaître deux axes de questionnement contribuant à garantir à la maîtrise d'ouvrage un lien pertinent et utile entre les représentations de l'expertise et l'expertise elle-même. Le couple syntaxe / sémantique est sollicité en cas de dysfonctionnements de la représentation comme référentiel commun de collaboration. Il permet d'assurer la convergence de la réalité avec les modèles pilotés. Le couple infrastructure / architecture permet à la maîtrise d'ouvrage de différencier les éléments de l'expertise d'une part, pour pouvoir analyser la couverture du projet et les éléments organisant les premiers, significatif de la direction et de l'avancement de la modélisation et de l'intégration de l'expertise.

Le point suivant reprend une vue consensuelle relative au concept de connaissance pour étudier la possibilité de formalisation.

### **3.1.3 Donnée, information, connaissance, compétence :**

Labrousse [LAB 04] précise les définitions de la connaissance et de la compétence à partir des principales définitions existantes. Il arrive à la proposition suivante :

*« La connaissance est le résultat d'une interaction entre des informations et un système d'interprétation dans un domaine d'application donné. Elle peut être modélisée par le triplet « information/utilisateur/domaine » et peut être décomposée en trois catégories : les savoirs formalisés (ou explicites), les savoirs formalisables et les savoirs tacites (ou intangibles).*

*Remarques :*

- *Dire que la connaissance peut être modélisée par le triplet information/utilisateur/domaine ne signifie pas que la connaissance est réductible à ce type d'objet. Toute modélisation est une approximation de la réalité, et induit toujours des limitations et inexactitudes.*

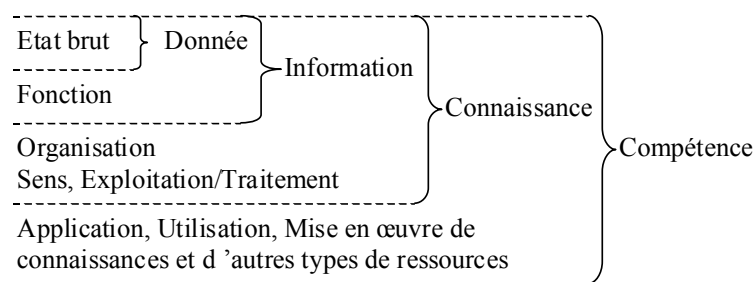
Néanmoins, modéliser la connaissance par ce triplet est beaucoup moins réducteur que la confusion parfois admise entre connaissance et information.

• [...] nous ne ferons pas de distinction entre les notions de « connaissance » et de « savoir ». »

Cette définition statique devient dynamique quand la connaissance est potentiellement liée à une activité et devient une compétence. Michel Labrousse la définit ainsi, en précisant qu'elle peut s'appliquer à l'individu comme à un groupe :

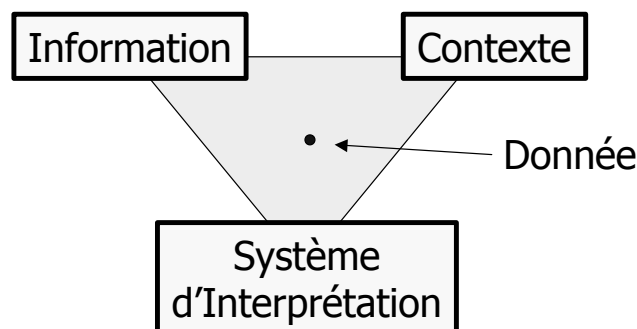
*Compétence : capacité et habileté à exploiter des connaissances et des ressources pour exercer une activité dans un contexte contraint donné et atteindre un objectif.*

Gardoni [GAR 99] propose le schéma de synthèse ci-dessous qui rappelle le chemin entre la donnée et la compétence :



**Figure 3-6 - Transformation de la donnée à la compétence**

En résumé, la connaissance est un concept qui n'est applicable que remise en contexte par un utilisateur. L'acquisition de la connaissance est un processus, comme l'est le maintien du niveau de maîtrise requis pour son utilisation à travers la compétence. L'arrêt de l'effort d'activation de ces processus a tendance à ramener la connaissance à l'état d'information. La connaissance se démarque également des autres ressources classiques par sa capacité de multiplication. Un partage ne prive en rien l'émetteur. On voit donc tout l'intérêt de la maîtriser et d'optimiser les relations d'échange.



**Figure 3-7 : Proposition d'illustration du triptyque de la connaissance selon Labrousse**

Le schéma ci-dessus illustre l'approche en triptyque de Labrousse, autour de la donnée, trace de la connaissance dans une représentation. Cette nouvelle représentation permet d'insister sur le fait que la donnée est présente au niveau des trois éléments du triptyque. L'humain ou système d'information, possède en lui une certaine quantité de données, plus ou moins conscientes et plus ou moins formalisées. L'information quant à elle, est constituée par la

donnée à laquelle on associe une fonction. Le contexte s'exprime enfin lui aussi à l'aide de données. Dans les trois cas, on retrouve la dichotomie entre formel et informel. La donnée est donc une ressource d'expression partagée par l'ensemble du triptyque de Labrousse.

Le matériau contenu dans le triptyque de Labrousse, formel ou non, est en veille dans l'attente d'une activation. La capacité d'activation constitue la compétence. La formalisation n'est ni une condition nécessaire, ni une condition suffisante pour acquérir cette capacité. L'acquisition peut se faire par la pratique. La prise en compte de donnée formelle ne garantit pas l'opérationnalité.

Un nouveau modèle est donc nécessaire pour comprendre, estimer et utiliser au mieux tous les aspects de ce matériau.

### 3.1.4 Différence entre savoir et connaître

Pour mieux comprendre les conditions d'activation de la donnée et préciser la cartographie du triangle précédemment introduit, revenons sur la distinction entre « savoir » et « connaître » éludée par Labrousse. Gérard Simon apporte dans [CAS 04] l'exemple suivant :

*« Savoir marque plus un état performatif que connaître, qui implique la saisie intellectuelle d'un donné objectif. Savoir une langue, c'est pouvoir la comprendre, la parler, la lire et quelque peu l'écrire ; connaître une langue, c'est en plus avoir sur son vocabulaire et sa grammaire des lumières qui peuvent engendrer une vision savante, c'est avoir peu ou prou une conscience réflexive de ce qu'elle est.*

*Ce n'est pas pour rien qu'on a traduit know-how par savoir-faire et non par connaissance du comment. Le savoir renvoie au champ technique et culturel qu'on maîtrise, la connaissance aux raisons qu'on a de croire vrai ce qu'on pense. »*

« Savoir » contient donc un a priori historique et connote un champ technique maîtrisé. « Connaître » se positionne sur la maîtrise des raisons de croire vrai ce qu'on pense, la liberté du jugement et de l'évaluation pour arriver à la connaissance objective. Le processus de raffinement des **justifications** permet de construire la progression suivante :

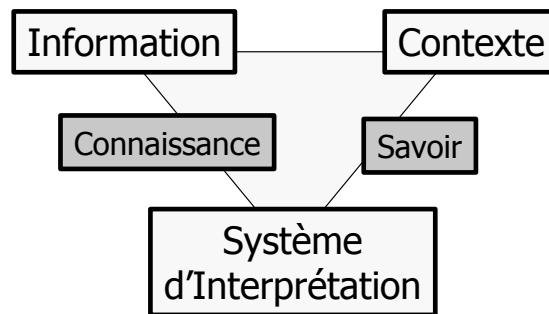
- A priori historique
- Conscience pensante
- Conceptualisation
- Science

Il faut retenir de cette progression le changement de maturité du contenu du triptyque de Labrousse à travers ces étapes et donc, a priori, le besoin d'autant d'outils pour les manipuler. Les deux concepts de « savoir » et de « connaissance » abordent ce chemin de deux manières différentes. La comparaison ci-dessous propose des points de comparaison pour les différencier.

- **Connaissance**
  - Conscience – Connaissance – Science
  - *Histoire*
  - Conscience récursive
  - Transcendental
  - Maîtrise d'un contexte d'interprétation
- **Savoir**
  - Pratique discursive – Savoir – Science
  - *Archéologie*
  - Maîtrise pratique
  - Empiriste
  - Maîtrise d'un contexte d'application

**Figure 3-8 : Comparaison des concepts de Connaissance et de Savoir**

L'aspect réflexif et récursif de la connaissance la ramène dans l'axe du formalisme. Par contre l'empirisme du savoir le fait pencher vers l'importance du contexte. Tous deux semblent néanmoins indissociable d'un système d'interprétation pour les activer. Le schéma du point précédent peut donc être complété de la manière suivante :



**Figure 3-9 : Introduction de Savoir et Connaissance dans le triptyque de Labrousse**

D'autre part, ces deux aspect sont liés par une composante qui associe une information et un contexte indépendamment du système d'interprétation (a priori, toujours humain). Ainsi par exemple l'information 37.5°C sera, dans le contexte d'un hôpital, relié à la température du corps humain, et ce indépendamment du médecin ou de la personne analysant cette information dans ce contexte. La même information dans une serre sera par contre interprétée dans une perspective différente, mais bien de la même manière par tous les jardiniers.

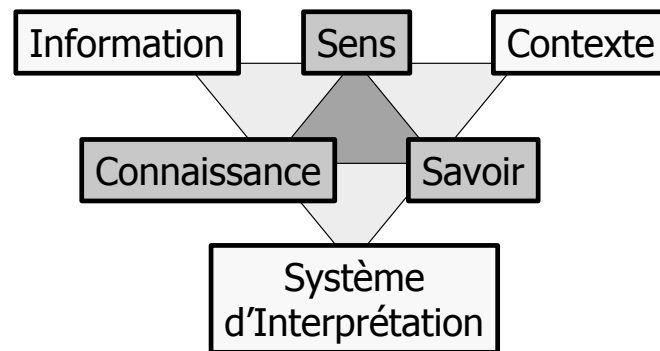
Ermine [ERM 96] apporte deux hypothèses pour la définition de la connaissance qui peuvent permettre de compléter cette approche :

- L'hypothèse sémiotique : la connaissance peut être perçue comme un signe, qui contient de l'information, du sens et du contexte.
- L'hypothèse systémique : la connaissance se perçoit comme un système, avec toujours trois points de vue : structure, fonction et évolution, qui s'appliquent aux trois aspects : information, sens et contexte.

On retrouve l'aspect transcendantal de la connaissance dans l'hypothèse sémiotique et le l'empirisme du savoir dans l'hypothèse systémique. Dans les deux cas, à l'intersection, un



point commun est invariant : le triptyque information / sens / contexte. Le schéma de synthèse se complète donc de la manière suivante :



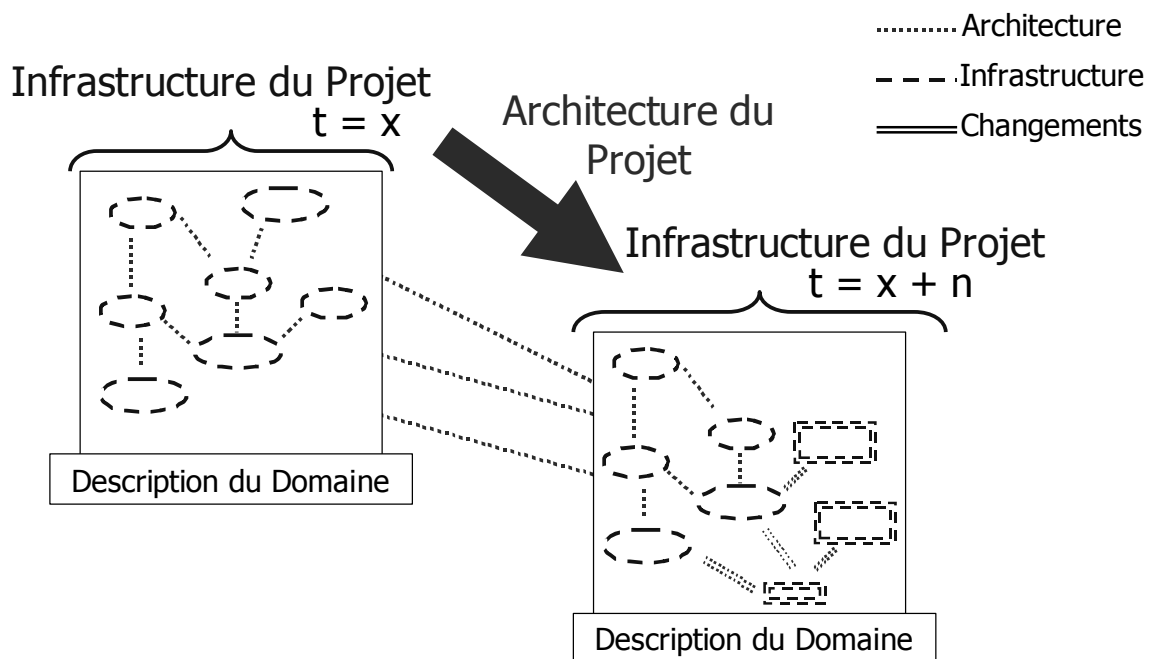
**Figure 3-10 : L'expertise au sein du triptyque Information / Contexte / Système d'interprétation**

Il est proposé d'associer le terme expertise au triangle central formé de sens / connaissance / savoir. Grâce à cette expertise, le système d'interprétation possède un accès pertinent à l'information et au contexte. La donnée, point central initial, est donc la trace d'une expertise qui, orientée vers l'utilisateur, est soit la trace d'une connaissance quand elle permet la constitution et l'interprétation de l'information, soit la trace d'un savoir quand elle permet la compréhension d'un contexte d'application. Si on s'abstrait de l'humain, elle conserve un potentiel de sens en fonction des éléments d'infrastructure qui l'entourent et de l'architecture correspondante.

Il est à noter l'importance d'avoir travaillé cette fois sur le français comme base de réflexion (après l'allemand pour l'étude du concept de représentation). Ces changements illustrent qu'un langage modifie la perception d'une même réalité et montrent l'intérêt de la diversité et du besoin de flexibilité dans l'utilisation d'outils et de représentation.

Il faut enfin retenir l'introduction de niveaux de raffinement de la qualité de ce nouveau matériau (jusqu'au niveau de science). L'expertise agit dans un axe sur son domaine d'application. L'analyse de cette maturité donne un nouvel axe de réflexion. Ainsi, perpendiculaire au cycle de vie du produit, utilisant l'expertise à des fins de production, il existe une dimension qualifiant la maturité de l'appréhension d'un domaine et ses perspectives d'évolution. Elle conduit vers d'autres cycles de vie ou d'autres manières d'utiliser l'expertise dans les cycles de vie. Lors d'un travail d'intégration d'une expertise, il faut donc d'une part maîtriser un espace d'expertise, le domaine d'application, et d'autre part la progression de cette expertise à travers l'utilisation de nouvelles méthodes et de nouveaux outils dans une dimension de projet. Par le simple fait d'entrer dans cette démarche de progression à travers la modélisation et l'intégration, l'expertise est modifiée.

L'infrastructure comprend deux types d'objets à différencier à l'aide de ce nouveau couple domaine / projet. (Cf. figure ci-dessous) Ce couple permet de différencier d'une part les éléments relatifs à la maîtrise du domaine d'expertise et d'autre part les éléments de la même expertise mais procédant à des choix d'organisation relevant de la maîtrise d'ouvrage du projet et visant à faire progresser la maturité de la gestion de l'expertise considérée.



**Figure 3-11 : interaction entre les couples de concept infrastructure / architecture et domaine / projet**

L'exemple suivant s'appuie sur l'expérience USIQUICK pour illustrer les couples introduits : domaine / projet à travers les objectifs, savoir / connaissance par rapport aux rôles des acteurs et enfin infrastructure / architecture pour spécifier où leurs actions portent.

Le projet RNTL USIQUICK, décrit dans le chapitre 5, vise à produire un outil d'assistance pour les gammistes dans un contexte de production aéronautique. C'est le domaine d'application. Plusieurs laboratoires travaillent sur la formalisation de l'expertise pour pouvoir l'intégrer aux outils d'assistance existants. On ajoute alors un axe perpendiculaire au domaine d'expertise pour en faire varier la maturité.

Les membres des équipes de recherche développent de la conceptualisation sur l'expertise de la gamme. Ils possèdent un fort niveau d'expertise. Pourtant, ils ne produisent chacun que très peu de gammes complètes et sont loin de posséder l'agilité des experts gammistes. De leur côté, ces derniers experts n'ont pas la capacité de formaliser leur expertise d'une manière suffisamment généralisée et structurée pour une intégration.

Les deux groupes d'experts travaillent à partir d'un même matériau mais produisent des expertises différentes. Si le sens du domaine partagé est bien commun, la manière de l'appréhender et de s'en servir est très différente. D'un côté, elle est plus formalisée et penche plus vers la connaissance. De l'autre elle est plus pragmatique et développe plus le savoir. Il ne s'agit pas du même découpage que celui proposé par le couple formel / informel, étant donné que chaque groupe, gammistes comme chercheurs, possède une part formalisée et une part informelle de leur réflexion spécifique sur la même expertise.

Les gammistes travaillent sur l'infrastructure initiale du projet. Ils peuvent contribuer à la spécification de l'infrastructure finalement attendue. Les chercheurs quant à eux construisent une architecture de projet qui leur permet d'établir, à travers par exemple le développement de

maquette, des états intermédiaires de l'infrastructure du projet jusqu'à l'accomplissement des objectifs.

La construction épistémologique du modèle d'expertise est maintenant à mettre en relation avec la réalité de l'entreprise. Les points de démonstration suivants interpellent le modèle proposé dans son contexte d'application. Ils illustrent l'importance de l'aspect organisationnel de l'expertise à travers les notions de valeur, d'innovation, de collaboration et de risque. L'analyse de la maturité de la gestion organisationnelle de l'expertise est complétée à la fin de la troisième section de ce chapitre. Le point suivant commence par l'introduction de la notion de valeur.

### 3.1.5 Valeur et connaissance dans le cycle de conception

Comme point de départ, reprenons le schéma de synthèse en y incluant l'approche sémiotique abordée dans les premiers points. La sémantique s'associe alors à la potentialité du sens. Le système d'interprétation, l'humain, a deux accès possibles. D'une part une approche formelle de l'information illustre la nécessité d'excellence technique de l'ingénierie. Elle est ici associée au concept de syntaxe. D'autre part, l'analyse pragmatique du contexte reflète l'aspect pluridisciplinaire de l'ingénierie. Elle correspond au concept de pragmatisme de la sémiotique. On obtient le schéma suivant :

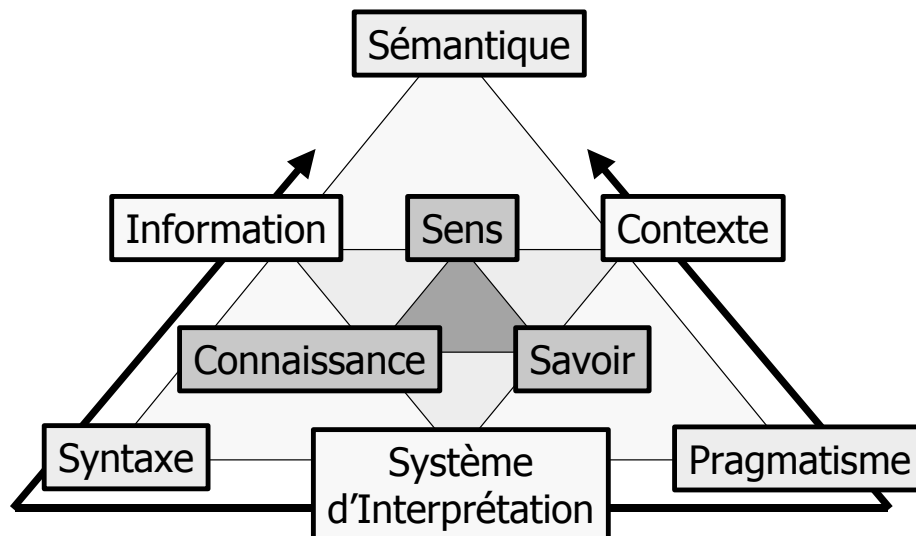
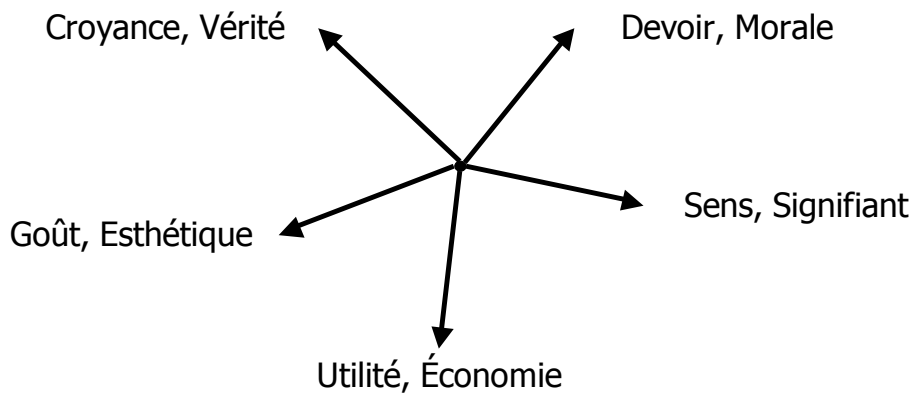


Figure 3-12 : Analyse de l'activation de l'expertise à travers la sémiotique

La notion de valeur quant à elle se construit autour d'une vaste sémantique basée sur le latin *valere*: être bien portant, fort, puissant, être en vigueur, valoir. Cette notion donne potentiellement du sens selon plusieurs axes [CAS 04], illustrés par la figure suivante.



**Figure 3-13 : Les différents sens associés à « valeur »**

Dans la perspective industrielle, la notion de valeur se décline alors selon trois aspects [MEV 98] [MEV 05] :

- La notion de coût (utilité, économie) qui reflète un approvisionnement amont à l'application de l'expertise
- La notion de valeur (sens, signifiant, devoir, morale) qui se rapporte à la responsabilité du choix du concepteur et d'une manière générale à celle du système de production
- La notion de prix (goût, esthétique, croyance, vérité) qui crée l'utilité aval à la production par la valeur donnée à la fonction produite et perçue in fine par le marché

L'importance relative donnée à chacune de ces composantes permet de classer les différentes méthodes de gestion [PER 06a] (Process costing, ABC, Méthode UVA, Job order...). Vis à vis du schéma de travail, le coût correspond au degré d'expertise nécessaire et formalisée selon les différentes disciplines requises. Cette matière première de connaissance est alors traitée, transformée par la décision de l'expert qui, en vue d'un objectif, l'organise pour ajouter de la valeur à sa configuration. Suivant la validité et la pertinence de ces décisions et le pragmatisme avec lequel la connaissance est utilisée en temps que savoir, le résultat constitue une valeur perçue de laquelle découlent les négociations de son prix. L'activation du potentiel de l'expertise génèrent donc de la valeur (cf. illustration ci-dessous).

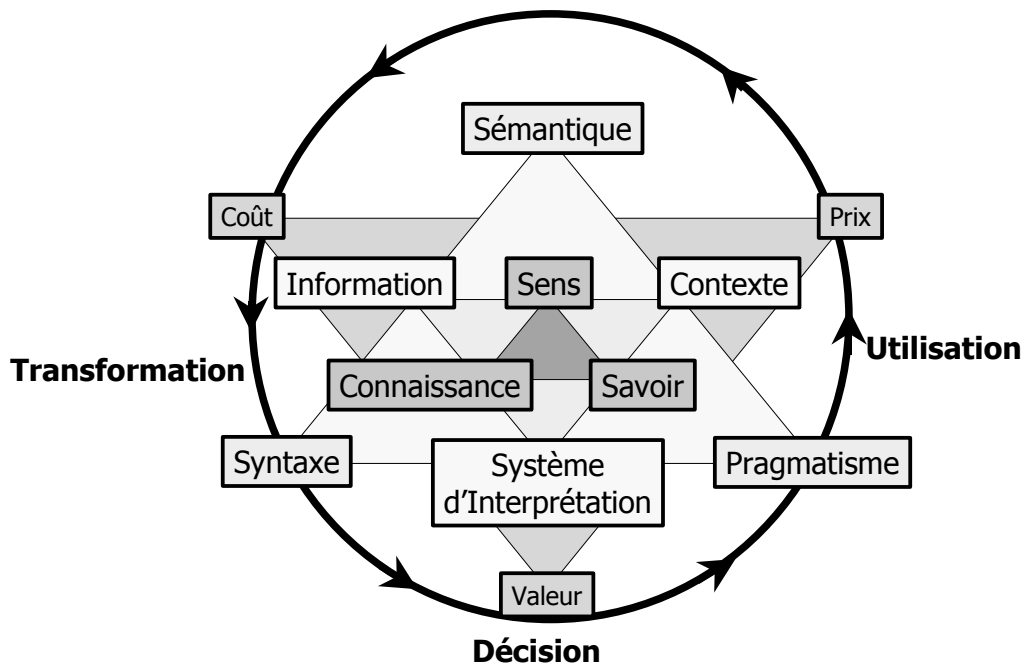


Figure 3-14 : Vue d'ensemble de la génération de valeur à travers l'activation d'expertise

Dans un premier temps, le potentiel de sens de la donnée est capté par l'expert. Cette sorte de « formation » ou de « montée en compétence » génère le coût. La donnée est ici une entrée et suit la transformation donnée / information / connaissance. Une fois l'expertise appliquée, une autre transformation s'opère. Il n'y a plus cheminement de perception et d'appropriation mais restitution sur un support (l'objet industriel au sens large) vers une utilisation par une autre population d'individus. On a alors une progression inversée du type savoir / information / donnée. Les utilisateurs à leur tour perçoivent les fonctionnalités du système et récréent un cheminement donnée / information / savoir pour la maîtrise de l'application ou donnée / information / connaissance, pour une interprétation du principe.

La construction puis déconstruction du contexte d'interprétation ou d'application de l'expertise ne doivent pas être interprétées négativement, comme une activité vaine. Les données des deux extrémités sont du même type mais elles s'inscrivent dans une architecture globale construite pour en augmenter l'efficacité. Les données qui existaient dans un précédent contexte sont transférées dans le contexte de l'objectif issu du besoin à résoudre. Dans le cycle de conception du produit, cette progression s'apparente à l'approche en V. Le schéma suivant intègre ces deux points de vue. Le cycle de la représentation y est ajouté en bas pour percevoir d'un point de vue macroscopique le comportement de l'expertise.

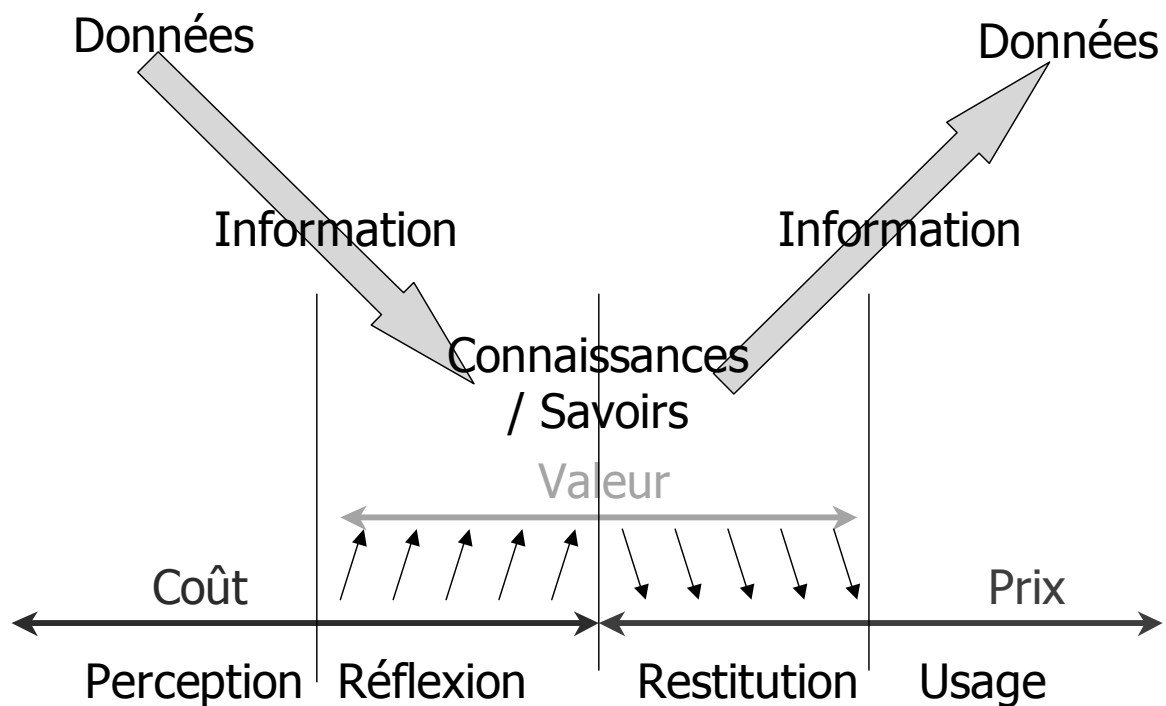


Figure 3-15 : Le cycle en V met en perspective l'activation d'expertise et la création de valeur

La connaissance revêt un aspect préparatoire par rapport au savoir. Elle est un vecteur de changement plus radical, quand le savoir est la montée en compétence dans une configuration d'efficacité plus routinière. Le sens général porté par le domaine d'expertise, comme un pont entre les deux, permet des retours d'expérience de l'un vers l'autre. Une entreprise à fort niveau de savoir peut entrer dans une démarche de réflexion et d'abstraction pour maîtriser ses connaissances. Une entreprise ayant maîtrisé ses connaissances peut en imaginer les applications dans de nouveaux contextes.

Le modèle d'expertise proposé est donc cohérent avec l'idée de valeur ajoutée et de chaîne de valeur. Deux axes d'étude sont alors proposés. D'abord quels sont les mécanismes de création d'expertise et dans quelle mesure l'expertise participe-t-elle à l'innovation ? Ensuite, dans quelle mesure cette innovation est-elle tributaire des relations d'expertise entre les individus ?

### 3.1.6 Relation entre expertise et innovation

L'innovation est un processus complexe d'émergence et de consolidation d'idées. Outre la difficulté de faire apparaître des ruptures techniques, l'innovation est également soumise à un processus d'acceptation par le marché. Un degré d'acceptation, conditionné par le contexte d'application des techniques employées, régule l'innovation. Cette acceptation transforme l'invention en innovation [LON 03b]. Les deux équations suivantes proposent une schématisation de ce processus d'acceptation :

- Invention = Idée + Solution technique
- Innovation = Invention + Marché

La solution technique permet la viabilité de l'idée, fragile à sa naissance. Par contre, si l'invention n'est pas acceptée de ses utilisateurs, elle a de fortes chances d'être un échec. Une innovation n'est valable que si elle rencontre un marché.

On retrouve l'idée d'un potentiel de sens (idée) qui requiert un niveau de connaissance (solution technique) pour s'épanouir. Savoir l'appliquer de manière pertinente constitue ensuite la condition du succès. L'enjeu est de « savoir transposer les connaissances » et conjuguer plusieurs domaines. Par exemple, une maîtrise de l'électronique peut aider à pénétrer le marché de la photographie préalablement orienté sur la chimie. Le couple de concepts d'analyse savoir / connaissance ouvre un axe de réflexion sur ces deux mécanismes : connaître son potentiel et savoir le contextualiser.

Il est traditionnel de diviser les différentes innovations en deux catégories : innovation de rupture ou innovation incrémentale. D'un côté, les innovations incrémentales permettent des changements sur un produit existant, sans transformer profondément les habitudes du marché correspondant. Il peut s'agir d'un changement d'ergonomie, d'un nouveau modèle, d'une amélioration d'une des fonctions. De l'autre côté, les innovations radicales amènent une césure qui marque un « avant » et un « après ». Par exemple, l'ampoule électrique annonce la fin de la bougie comme moyen d'éclairage. Si cette distinction existe, qu'elle est son impact sur la notion d'expertise ?

L'innovation de rupture semble indiquer un abandon des habitudes précédentes. La méthode d'innovation TRIZ recommande de combattre « l'inertie psychologique » [CAV]. Pour arriver à se débarrasser des connaissances existantes et en créer de nouvelles, on peut imaginer partir d'un ensemble très limité de connaissances de départ pour éviter la contamination par les connaissances déjà largement exploitées. Les solutions qui pourraient alors émerger seraient donc innovantes.

Cependant peuvent-elles être pertinentes ou risquent-elles de rester à l'état d'invention ? On imagine que la « barre » de la mise sur le marché est difficile à atteindre, que les technologies existantes ont essayé de circonscrire, de rendre l'accès plus difficile aux nouvelles technologies. Comment par exemple percer le marché ou bien arriver à un niveau de production suffisamment rentable alors que le système n'est pas rodé ? Ce type de solution doit naître dans une entreprise déjà leader de son domaine et capable de soutenir l'effort d'industrialisation. Paradoxalement avec l'hypothèse de départ, il faudrait donc qu'elle ait déjà un capital de connaissances à investir autour des nouvelles idées.

Midler donne son avis de la manière suivante [MID 93] :

*« Il est classique d'associer un produit nouveau à une découverte technique géniale ou à l'inspiration d'un créateur isolé. Ce qu'on découvre avec la Twingo, c'est une création plus collective, à laquelle il est bien difficile d'attribuer a posteriori une paternité unique ou même déterminante. Il y a dans cette voiture des innovations techniques, comme l'architecture monocorps compacte, la dépollution économique et le siège arrière modulable par exemple. Mais il est difficile de soutenir que l'identité de cette voiture se concentre dans ces nouveautés. On trouvera même certainement des gens pour regretter qu'une voiture aussi*

*originale n'ait pas aussi profité d'une motorisation entièrement nouvelle, voire révolutionnaire. Ou qu'elle ne soit pas construite dans une « usine du futur », entièrement robotisée. Ceux-là ont tort : la réussite de l'innovation produit ne tient généralement pas à l'accumulation des prouesses techniques élémentaires. Le résultat est alors trop souvent difficile à industrialiser ou non rentable, lorsqu'il n'est pas invendable. Ainsi, on a vu que les choix techniques de la Twingo s'étaient appuyés sur l'analyse des tentatives précédentes, où des ambitions trop fortes en matière d'innovation technique étaient pour beaucoup dans l'abandon de certains projets. »*

Clayton Christensen [CHR 97] parle de « Disruptive Innovation » et du danger de la pénétration de nouveaux marchés par l'innovation. Les entreprises les plus importantes et les plus structurées perdent un potentiel d'agilité à s'adapter au développement de nouveaux marchés. [LAB 04] parle de « competency trap. » « *L'apprentissage engendre des processus de décisions interdépendants qui conduisent la firme à des spécialisations abusives ainsi qu'à des irréversibilités importantes. Dans ce cas, l'entreprise suit toujours la même courbe d'expérience et peut se trouver dans des formes de « lock in » ainsi que face à des processus d'autorenforcement des compétences.* » Est-ce que cela signifie que les personnes qui constituent ces structures ont moins de potentiel d'innovation ou moins de connaissances ? Non, seulement elles n'ont pas d'autres perspectives que le contexte dans lequel elles évoluent et peinent à se projeter dans d'autres situations. Elles « sur-savent » leur domaine et ne peuvent plus alors en développer un autre.

Outre ce scénario extrême, tous les individus sont soumis à cette contingence de manière plus ou moins forte. Cet état de fait constitue une sorte de front à faire progresser point par point. Il est très cher pour un de ses éléments d'atteindre seul une expertise éloignée de ce front. Ermine et al. [ERM 04] rappellent la notion de « dépendance du sentier » (ou « path dependency », [COR 97], [DAV 94]) de la manière suivante :

*« L'innovation est un processus de « création technologique endogène et cumulatif », c'est à dire que c'est la nature même du patrimoine de connaissances accumulé dans une organisation qui prédétermine le sentier d'évolution de ces connaissances (voire de l'organisation elle-même). Il y a, non pas création pure ou dictée par des contraintes uniquement externes, mais évolution des idées, par assimilation, accommodation, mutation, etc. Cette évolution des idées se fait à l'intérieur de l'entreprise à partir de son « patrimoine génétique », qui est constitué, entre autres, de son patrimoine de connaissances. Ce sont donc les connaissances existantes qui conditionnent les idées futures, et amènent ainsi à l'innovation. »*

En définitive, les différents types d'innovation prennent leur source dans des expertises déjà existantes, plus ou moins faciles à remettre en contexte. C'est la mise en perspective d'un nouveau contexte qui génère la nouvelle valeur et un nouveau potentiel de sens pour créer à nouveau ultérieurement connaissance et savoir. La dichotomie rupture / incrémentale ne constitue que les extrêmes d'une même échelle. Il y a dans l'innovation la notion de frontière, repoussée par les actions individuelles et collectives. Cette frontière est l'objectif d'une



montée en compétence qu'il faut faciliter pour les nouveaux acteurs. Ce point a montré le besoin en savoir et en connaissance et l'enjeu de la maîtrise de ce potentiel par l'organisation. Un renfermement trop fort sur le domaine bloque les perspectives de projet pour augmenter la pertinence de l'expertise ou de sa gestion. Comme l'avait déjà fait apparaître la notion de valeur, l'innovation est un processus prenant sa dimension à l'échelle d'un groupe et des interactions qu'il contient et non d'un individu seul.

Si l'on revient sur le couple d'analyse infrastructure / architecture, identifié précédemment, l'expertise prend de la valeur en tant que potentiel activé à travers un réseau et donc reliée à d'autres expertises. L'enjeu n'est pas seulement de capturer de l'expertise (infrastructure) mais d'arriver à appréhender les liens possibles entre les expertises (architecture) pour les activer de la manière la plus propice. On retrouve ici la préoccupation du maître d'ouvrage par rapport à son projet et au pilotage des expertises qu'il décide de faire déployer.

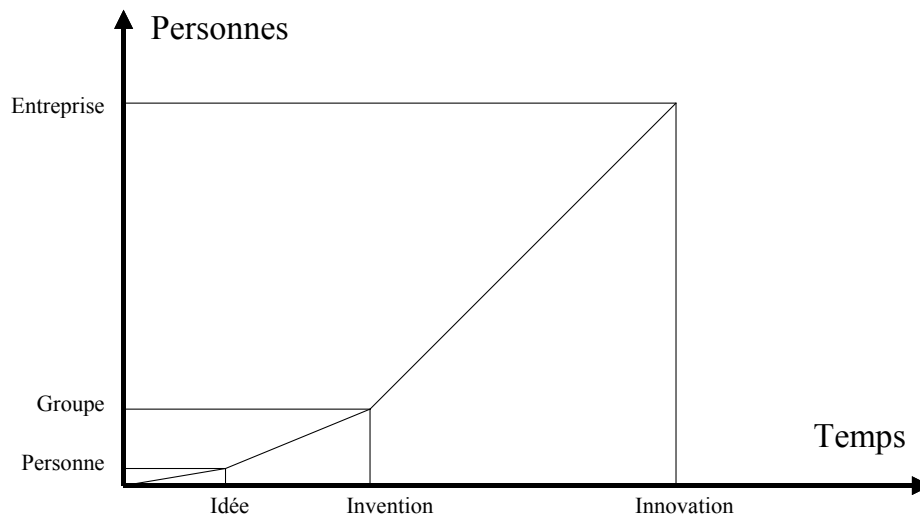
En résumé, l'innovation est :

- Un phénomène essentiellement collectif
- Dépendante du capital de départ de l'expertise
- Conditionnée par un niveau de maturité de la gestion des expertises (et pas seulement des expertises elles-mêmes)

La deuxième section de ce chapitre revient sur la répartition des responsabilités des expertises d'une part et des liens entre expertises d'autre part, pour évaluer qui de la personne, du groupe ou des outils informatiques peut contribuer le plus efficacement sur ces deux aspects. Par rapport à cette perspective, le point suivant s'attache dans un premier temps à préciser le comportement collectif de la relation entre expertise et innovation.

### **3.1.7 Nécessité de faciliter les liens de collaboration**

En reprenant la progression idée / invention / innovation du point précédent, il faut remarquer le nombre croissant de relations au sens de l'organisation. L'agrégation des différentes idées peut se représenter par le schéma simplifié ci dessous.



**Figure 3-16 - Schématisation du rapport Personnes / Temps dans le processus d'Innovation**

Le processus part donc d'une personne qui, dans une conjoncture donnée, va être amenée à proposer une idée, jusqu'à l'ensemble de personnes qui vont la faire mûrir et l'enrichir d'autres idées pour permettre de faire naître dans l'entreprise la synergie qui mène à l'innovation. Il est coutume de dire que pour une innovation réussie, il faut 1000 idées. Le concept d'innovation globale soutient que l'innovation n'est pas à la portée d'une personne seule mais d'une interaction entre plusieurs personnes. Chaque lien dans l'entreprise possède un potentiel d'innovation. Il n'est pas que l'apanage du seul groupe de recherche et développement par exemple. Dans une atmosphère de travail propice, chaque groupe, chaque département peut être source d'amélioration de la prestation finale de la structure (cf. le diamant de l'innovation illustré ci-dessous). Ainsi l'ensemble du cycle de vie du produit peut être sujet à une amélioration continue.

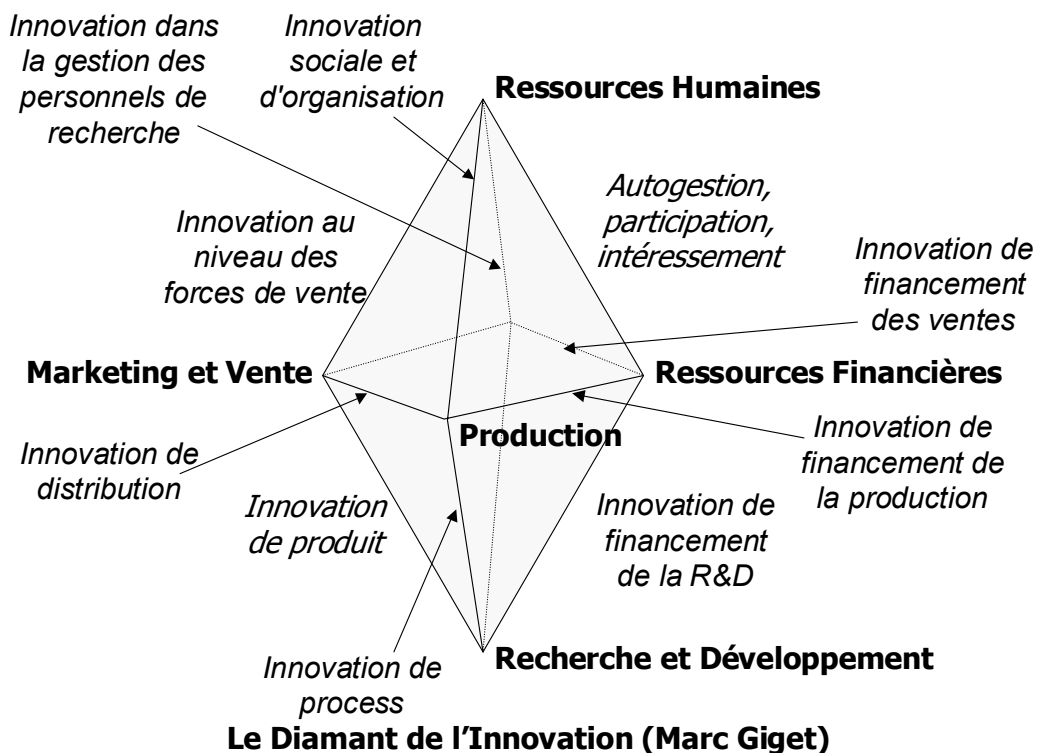


Figure 3-17 : le diamant de l'innovation montre l'ensemble des pistes de l'innovation globale dans l'entreprise

Néanmoins, l'émergence d'idée est un processus fragile qui met en difficulté son émetteur. Un manque d'écoute ou une attitude déplacée face à une personne proposant une idée peut entraîner un blocage définitif de cette personne. De la même manière, si les efforts proposés par des personnes pour amener du changement sont acceptés mais ne sont pas reconnus, frustration et démotivation empêchent rapidement toute continuité dans la nouvelle dynamique. Ce comportement est notamment vrai lors des projets de changements, comme le déploiement d'un outil de KBE, où l'ensemble des repères des acteurs sont changés. La motivation et l'acceptation du changement sont proportionnels à la compréhension des enjeux. Il résulte une réelle difficulté d'alignement des outils de gestion de l'expertise avec les processus d'innovation [LON 03a].

Le produit entre donc dans les préoccupations de l'ensemble des membres de la structure, en partant d'une volonté hiérarchique et politique. L'enjeu pour une maîtrise d'ouvrage est de favoriser la création et le maintien d'un réseau d'individus propice à l'activation et à l'émergence des expertises recherchées. Dans l'entreprise, chaque tâche contribue au cycle de vie du produit et chaque décision peut entraîner une amélioration ou une détérioration de la compétitivité de ce produit sur le marché. Midler [MID 93] en témoigne dans son analyse de la création de la Twingo dont le succès a dépendu d'une large prise en compte du cycle de vie :

*« La nature combinatoire de l'innovation réussie ne se trouve pas qu'à ce niveau des choix globaux du nouveau produit. On la retrouve dans les actes les plus infimes et les plus quotidiens de la création d'objets techniques [...] Importance de l'identité combinatoire enfin*

*lors du passage à l'acte industriel, puisque le traitement des milliers de « problèmes » repérés par la vigilance des concepteurs n'est rien d'autre que le constat que, dans la perfection nécessaire de l'objet technique [...] un défaut de détail risque de mettre en cause la réussite du tout.*

*Elle se retrouve, au-delà de l'objet, dans la définition du « programme », c'est-à-dire la mise en place industrielle et commerciale qui va produire et diffuser l'innovation. Ainsi on a vu comment la fonction projet a, dès le départ, tenté de combiner une nouvelle stratégie commerciale adaptée à la voiture. Ou comment elle a cherché à profiter de l'effet de couverture médiatique du Salon de Paris d'octobre 1992, en avançant la présentation du projet. »*

L'innovation est donc une architecture de liens entre les différents aspects des expertises. Aux liens de la dimension temps et de la dimension sociale s'ajoute également le niveau d'inventivité introduit par Altshuller :

Niveau	Degré d'inventivité	Pourcentage de solutions	Origine des connaissances	Nombre d'essais	Exemple
1	Solution apparente	32%	Connaissance d'un individu	10	Isolation thermique d'un tuyau pour éviter les pertes par évacuation (brevet n°317 707)
2	Amélioration mineure	45%	Connaissance de l'entreprise	100	Conception d'un capot de protection par soudure à l'arc (brevet n°252 549)
3	Amélioration majeure	18%	Connaissance de l'industrie	1000	Système vis-écrou avec un jeu relatif et guidé en liaison pivot par un champ magnétique (brevet n°154 459)
4	Nouveau Concept	4%	Connaissances toutes industries confondues	100 000	Méthode d'inspection de l'usure des moteur par introduction d'une substance luminescente dans l'huile et en analysant la quantité de lumière produite en sortie (brevet n°260 249)
5	Découverte	<1%	Ensemble des savoirs	1 000 000	Toutes les applications résultant de la découverte de monocristaux d'alliage cuivre-aluminium-nickel et de leur propriétés de corps solides transformant de la chaleur en énergie mécanique par la modification de leur résilience

**Tableau 3-2 : Les cinq degrés d'inventivité d'Altshuller [CAV]**

[CAV] commente : « On s'aperçoit que le réel « bond technologique » qui caractérise l'innovation n'est présent que dans moins de 23% des brevets. Mais, afin de simplifier la phase de recherche de solution, il est primordial de diminuer le niveau d'inventivité d'un problème en le ramenant au plus près du niveau 1 ». Si la connaissance est l'essence de l'innovation, son appréhension est souvent informelle. Les sources d'amélioration sont difficiles à identifier car les outils conceptuels à la disposition des acteurs manquent pour comprendre leur environnement sous cet angle.

Pour le problème de l'intégration d'une expertise, la difficulté est de créer un outil s'approchant d'un processus routinier pour résoudre des cas d'un même type mais dans chaque fois un nouveau contexte. Il s'agit donc bien de diminuer l'inventivité nécessaire à la résolution d'un cas pour pouvoir augmenter le niveau de maîtrise de l'expertise.

Le questionnaire domaine / projet confirme ici l'importance d'une maîtrise d'ouvrage prenant en compte l'évolution de la gestion de l'expertise pour en obtenir une compréhension et une gestion simplifiée. Cela révèle l'enjeu de maîtriser la dimension projet non seulement à partir d'une gestion classique des ressources mais également en prenant en compte la

spécificité des liens d'architecture apparaissant dans le domaine étudié, pour identifier et favoriser les synergies.

La maîtrise d'ouvrage doit :

- Permettre la visibilité des liens des individus entre eux et des individus avec les expertises
- Faire émerger et permettre de définir les problèmes qui peuvent intervenir dans ce cadre
- Proposer des outils de gestions ad-hoc

De plus, l'enjeu de compréhension collective de l'innovation et le besoin de simplification du niveau d'inventivité des problèmes soulignent la similarité de l'innovation par rapport au problème de modélisation et d'intégration de l'expertise. Les conclusions obtenues sur l'innovation sont transférables à la notion de projet de modélisation et d'intégration d'une expertise.

Le besoin de clarification du réseau des individus, du réseau des expertises et de leur relations est donc un enjeu clef de la maîtrise d'ouvrage. Le point suivant étudie deux approches de gestion de projet pour faire émerger le besoin de mémoire et de justification pour la captation du lien entre ces deux aspects de l'expertise.

### **3.1.8 Prévoir les risques et diminuer l'incertitude**

Comme on l'a vu précédemment, la modélisation est nécessaire mais ne se dissocie pas du doute et de l'erreur. Ce point reprend certaines meilleures pratiques en conception d'une part et en pilotage de développement logiciel d'autre part, pour illustrer les besoins d'analyses des justifications des décisions et l'analyse de leur impact.

Comme on l'a vu, les processus d'innovation et de conception nécessitent un fort investissement ou réinvestissement des expertises. Face à l'enjeu de ces quantités, l'étude des meilleures pratiques peut être un élément déterminant. Un rapport du ministère de l'industrie sur l'excellence en conception propose notamment dix clefs pour le succès [MIN 03] :

1. **Réfléchir en amont** pour éviter d'avoir à dépenser beaucoup plus en aval alors que le temps devient une ressource rare donc chère.
2. Tenir la **liste identifiée des problèmes** de ses clients et des siens propres. Leurs solutions seront les produits de demain.
3. Raisonner d'abord en terme de **fonctions à remplir**, de besoins à satisfaire et non pas en terme de solutions.
4. **Disposer de plusieurs solutions potentielles**, y compris celles inspirées d'ailleurs (ne pas partir d'une feuille blanche), car ne disposer que d'une seule solution condamne à devoir la faire fonctionner à n'importe quel prix.

5. Être exhaustif dans l'analyse critique. On ne peut répondre qu'aux questions que l'on s'est posé.
6. Des plans d'actions devront être mis en place pour répondre à toutes les questions posées. Tester la robustesse des plans d'actions est un des moyens de valider celle du processus de conception.
7. Être humble concernant les savoirs que l'on maîtrise et ouvert à ceux venant d'ailleurs dont on pourra avoir besoin.
8. Savoir pourquoi on fait les choses.
9. Spécifier la solution le plus tard possible, lorsque les choix peuvent être validés et justifiés, en allant du général au particulier.
10. Anticiper en identifiant les variables sur lesquelles on pourra agir pour améliorer les performances du produit et diminuer son coût tout au long de sa vie en production.

Leslee Probasco [PRO 03] conseille dans le même esprit « ten essentials », dix essentiels, pour le déploiement du Rational Unified Process (RUP) qui est utilisé en développement de logiciel :

1. Develop a Vision
2. Manage to the Plan
3. Identify and Mitigate Risks
4. Assign and Track Issues
5. Examine the Business Case
6. Design a Component Architecture
7. Incrementally Build and Test the Product
8. Verify and Evaluate Results
9. Manage and Control Changes
10. Provide User Support

On note dans ces deux approches la place qui est faite à l'analyse de l'existant, à l'anticipation et à l'estimation des risques (parties surlignées). L'innovation se prépare par la critique et l'analyse de l'existant. Doute et innovation sont liés. L'information n'est que rarement certitude [LAB 04]. Les outils de gestion de la connaissance doivent être capables de synthétiser les flux d'informations pour soumettre au jugement humain les éléments qui rendent ses choix plus efficaces. Cela est valable bien entendu dans les tâches routinières, même en conception, mais également, et c'est là un tout autre challenge, dans des situations inédites ou inattendues.

Cette réflexion trouve encore un écho dans TRIZ. [CAV] introduit la notion de contradiction, très structurante pour TRIZ de la manière suivante : « D'après Altshuller, tout système

*technique comporte une contradiction très souvent cachée. En fonction de la difficulté du problème à résoudre, cette contradiction est plus ou moins apparente. »*

Le travail de conception et l'innovation de manière plus générale consistent donc dans la mise en place et l'activation de nœuds dans un réseau d'expertise. La difficulté de la prise de décision fait apparaître plusieurs besoins :

- Lisibilité du réseau de concepts du domaine, y compris les éléments non maîtrisés
- Possibilité et coût d'accès à l'expertise
- Alternatives passées avec une trace des justifications
- Alternatives futures avec une évaluation des risques

Cette spécification des besoins complète la nécessité d'évaluer les états atteints par rapport aux états attendus, décrite par [LAB 04]. Le projet d'intégration d'une expertise nécessite des outils conceptuels élémentaires pour construire cette architecture de projet. Les éléments de gestion déjà existants se focalisent sur les ressources. En parallèle, une communauté de recherche construit des modèles de connaissances représentant tout ou partie d'une ou plusieurs expertises. Cependant il reste très difficile d'avoir un pilotage de projet par la gestion des expertises, et mêler les forces de ces deux approches, pragmatique et systématique, pour faire progresser la maturité de cette gestion.

### **3.1.9 Synthèse sur l'émergence de besoins et de concepts structurants**

L'introduction des notions de représentation et de modèle a permis de construire deux couples d'analyse :

- Infrastructure / Architecture, pour préciser les objets manipulés dans une représentation
- Syntaxe / Sémantique, pour analyser la représentativité d'un modèle par rapport au problème qu'il adresse

La constitution d'un modèle d'expertise, associant sens, connaissance et savoir, a quant à elle fait apparaître le couple discriminant suivant :

- Domaine et Projet, pour distinguer l'expertise de son niveau de gestion initial et de son niveau attendu

Ces trois couples sont repris dans le chapitre suivant, organisés au sein d'une approche structurée d'analyse pour l'intégration d'expertise, à partir du modèle introduit.

Ce modèle a ensuite été confronté à des concepts relatifs à l'activité de l'entreprise, à travers les notions de valeur, d'innovation, de collaboration et de risque. La discussion sur ces points peut se résumer comme suit :

- Notion de valeur :

- Constat : le modèle d'expertise proposé est cohérent avec l'idée de valeur ajoutée et de chaîne de valeur.
- Questionnement : pour créer de nouvelles valeurs, le concept d'innovation doit être étudié.
- Notion d'innovation :
  - Constat : l'expertise est le résultat de l'innovation, mais elle en est aussi le déclencheur (inertie psychologique, dépendance du sentier, innovation globale).
  - Constat : la gestion des expertises est un processus complémentaire à la gestion des individus et doit donc être outillée en conséquence pour la maîtrise d'ouvrage.
  - Questionnement : en tant que processus collaboratif, comment la notion d'innovation peut elle être comparée à un projet d'intégration et de modélisation d'expertise ?
- Notion de collaboration :
  - Constat : le besoin de réduction du niveau d'inventivité en innovation correspond à la démarche de modélisation et d'intégration d'expertise.
  - Constat : l'amélioration de la gestion de l'expertise est l'enjeu du projet de modélisation et d'intégration (et non simplement l'amélioration directe de l'expertise).
  - Questionnement : la maturité de la gestion est un concept abordé dans les recommandations de conceptions et de projets de développement autour de la notion de risque qu'il faut donc étudier.
- Notion de risque :
  - Constat : un cadre est nécessaire au pilotage de projet. En restant à un niveau global, il doit tout de même s'appuyer sur la réalité de l'évolution de la maturité de la gestion.
  - Constat : la gestion de l'expertise doit être spécifique à la particularité du projet étudié pour pouvoir en comprendre le contexte.
  - Questionnement : des outils méthodologiques doivent être proposés pour pousser vers la maîtrise d'ouvrage la consolidation de la justification des décisions et de l'estimation de l'évolution du projet.

A travers ces points, une problématique générale émerge vis-à-vis de l'assistance à la maîtrise d'ouvrage. Les éléments suivants sont requis :

- Une assistance à la montée en compétence, illustrée par le besoin de compréhension du contexte illustré par exemple dans « la dépendance du sentier ».



- Une assistance à la projection de connaissances et de savoirs vers un nouveau contexte.
- Des outils simples qui permettent une utilisation transdisciplinaires d'analyse et de positionnement des acteurs d'un projet par rapport au domaine d'étude, au niveau d'expertise requis, aux objectifs du déploiement et aux retours des expériences précédentes. Ils doivent être transverses aux disciplines suivantes :
  - Recherche et Développement (capacité à capter et manipuler des connaissances)
  - Sciences pour l'ingénieur (assistance à la projection des connaissances en savoirs selon la spécificité d'une situation)
  - Ingénierie des connaissances (formalisation des connaissances pour une réutilisation ultérieure)
  - Sciences Humaines et Sociales (compréhension des comportements et des émergences d'innovation)

Il a été présupposé que les systèmes d'interprétation nécessaires à l'activation de l'expertise étaient a priori uniquement humain. La section suivante analyse dans quelle mesure les outils informatiques et le groupe plus que la personne individuelle peuvent contenir et activer de l'expertise. Cette prochaine section discute les problèmes de responsabilité de la représentation entre ces trois éléments : l'informatique, le groupe et l'individu. Dans la dernière section de ce chapitre, les modèles de gestion des connaissances et de générations d'outils d'ingénierie basée sur les connaissances sont analysées pour construire la progression possible de la maturité de la gestion de l'expertise et définir les étapes à envisager dans ce type de démarche.

### **3.2 Conteneurs de connaissances : vers des réseaux symbiotiques**

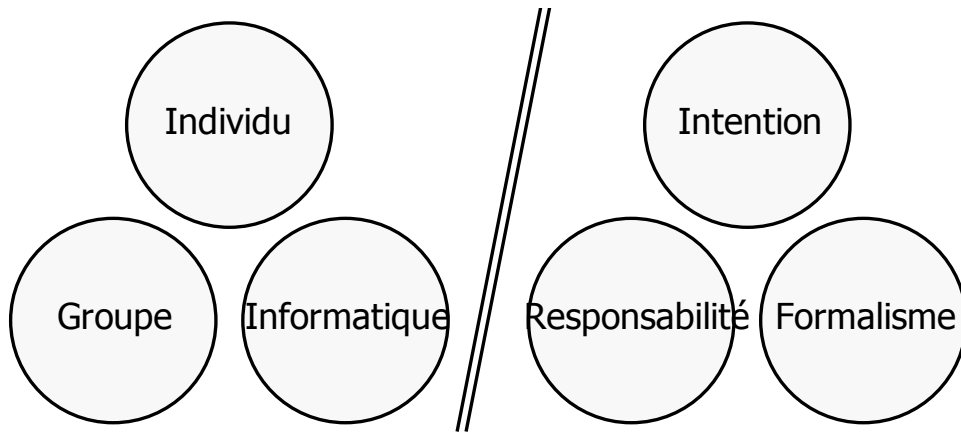
Les enjeux de l'innovation globale désignent la connaissance au sens d'expertise comme le moteur des cycles de vie des produits. Pour faire face à des degrés de complexité de plus en plus forts, les individus cherchent dans l'ordinateur le relais de leur capacité cognitive. Il faut néanmoins s'interroger sur les possibilités offertes par ce nouvel outil. Il n'y a plus de correspondance entre le support et le contenu [BAC 04]. Les coûts de transformation ou de duplication des supports sont maintenant nuls et cette nouvelle gestion donne à la connaissance une nouvelle fluidité avec laquelle il faut apprendre à travailler. Cet apprentissage est encore loin d'être achevé.

Comme l'a introduit la section précédente, l'interaction de l'homme et de l'informatique permet de faciliter la progression de la maturité de l'utilisation de la connaissance, en commençant par la tâche d'une seule personne jusqu'aux efforts de normalisation. Ainsi, au sein du cycle de vie du produit, chaque tâche récurrente d'ingénierie peut être améliorée par la rationalisation des flux d'informations utilisés. L'expérience tirée de ces efforts ponctuels peut, si elle est suffisamment poussée pour être généralisée, se propager dans l'ensemble du cycle de vie du produit.

Ainsi, avant même de résoudre leurs objectifs, les équipes projet doivent relever le défi d'identifier leurs méthodologies de travail. Dénominateur commun et outil permettant d'affronter la quantité de l'information, l'ordinateur tente d'apporter des solutions. Celles-ci, outre les possibilités de calcul, passent notamment par l'interopérabilité des systèmes d'information entre différents partenaires d'une même collaboration ou la mise en place de réseaux de communication.

On doit alors s'interroger sur la légitimité et la salubrité de cette perspective pour savoir quelles tâches et quelles responsabilités peuvent être attribuées à ce nouvel outil. La virtualité, le manque de repères durables, la diminution de la proportion des contacts humains par rapport aux échanges numériques contrebalancent les améliorations espérées comme la possibilité de travailler en groupes plus larges et plus éloignés géographiquement. La séparation de la gestion du fond et du support remet en jeu les notions de preuve et de justification. Les processus de construction de la connaissance entre les individus sont à rebâtir. Il faut trouver de nouvelles méthodes de travail.

Dans cette section, trois points sont abordés pour répartir les notions d'intention portée par la représentation informatique, de garantie d'une cohérence formelle des modèles mis en œuvre et enfin de responsabilité de l'expertise et de sa gestion. Cette répartition s'effectue par la discussion du rôle de l'individu, de l'informatique et enfin du groupe, comme l'illustre la figure suivante.



**Figure 3-18 : Comment Individu, Groupe et Informatique se partagent-ils Intention, Responsabilité et Formalisme ?**

### 3.2.1 Séparation naturelle entre formalisme et intentionnalité

Les enjeux de l'innovation globale et de la maîtrise du cycle de vie du produit désignent le support informatique comme intégrateur des outils de modélisation nécessaires. Les nouvelles technologies apportent des solutions à un vaste panel de problèmes :

- Gestion de flux importants de données pour maîtriser un maximum de contraintes du cycle de vie du produit grâce aux capacités de traitement
- Capitalisation des décisions qui crée la possibilité de retrouver les justifications des choix
- Duplication et partage facilités des documents pour augmenter les capacités de diffusion et de communication
- Référentiel potentiellement commun à l'ensemble d'un groupe de collaborateurs, à la fois au niveau des outils et des méthodes de travail.

Cependant les solutions de stockage et de traitement des données ne sont pas des solutions de stockage et de traitement des connaissances. Elles ne constituent au mieux que des traces d'une expertise qu'il faut réactiver. Labrousse et Gardoni présentent l'humain comme système d'interprétation dans le triplet information / utilisateur / domaine. Cependant Labrousse ne précise pas s'il écarte les systèmes informatiques de cette capacité d'interprétation. Pourtant il semble important dans une démarche de maîtrise des différents aspects de l'expertise de définir le rôle de ces systèmes. Les travaux de J. R. Searle sur ce qu'on appelle « Intelligence Artificielle » (IA) apportent un éclairage sur ce point.

Le qualificatif *strong* dans *strong intelligence* fait référence à un article de J.R. Searle, *Minds Brains and Programs*, [SEA 80] qui a été longtemps et reste le sujet de nombreuses polémiques. L'intelligence *strong* (forte, dure) s'oppose à la *weak* (faible) qui confine l'ordinateur dans le rôle d'outil. Il s'intéresse à la question de la possibilité pour un ordinateur :

- d'avoir des états cognitifs,
- d'expliquer les états cognitifs humains à la lumière d'un certain programme informatique.

Il reprend une démarche similaire à la problématique du test de Turing [TUR 50]<sup>1</sup> et propose l'argument de la chambre chinoise.

Ainsi succinctement, si J.R.Searle est enfermé dans une pièce hermétique et qu'on lui donne des caractères chinois avec des instructions en anglais pour, à certaines entrées, proposer certaines sorties, il peut théoriquement proposer des réponses aussi pertinentes qu'un chinois.

---

<sup>1</sup> Marvin Minsky, qui travaille entre autre sur des logiciels capables d'apprendre et/ou d'enseigner, souligne un des pièges que le test de Turing met en évidence et qui font son intérêt : la machine doit pouvoir accéder au « sens réel » et non utiliser des « tricks » (moyens frauduleux) pour en donner l'illusion. [MIN 82]

Pourtant, il n'a pas accès à la compréhension de la langue. Il sépare ainsi formalisme et intentionnalité<sup>2</sup>.

*« But the main point of the present argument is that no purely formal model will ever be sufficient by itself for intentionality because the formal properties are not by themselves constitutive of intentionality, and they have by themselves no causal powers except the power, when instantiated, to produce the next stage of the formalism when the machine is running. »*

[Mais le point principal de l'argument présent veut qu'aucun modèle purement formel ne soit jamais suffisant par lui-même pour accéder à l'intentionnalité car les propriétés de la formalisation ne sont pas constitutives par elles-mêmes de l'intentionnalité, et elles n'ont par elles-mêmes aucun pouvoir causal excepté le pouvoir, une fois instanciées, de produire le niveau suivant de formalisme par le travail de la machine.]

Pierre Jacob explique :

*« Avec Searle, distinguons l'intentionnalité originare et l'intentionnalité dérivée : un livre ou un ordinateur ont l'intentionnalité dérivée que leur prête un individu doué d'un cerveau humain ayant l'intentionnalité originare. Admettons que seul un système physique possédant l'intentionnalité originare peut avoir la compréhension authentique d'une langue naturelle. La conclusion que Searle voulait tirer de l'argument de la chambre chinoise, c'est que le fait de suivre les instructions d'un programme n'est pas une condition nécessaire de l'intentionnalité originare. »<sup>3</sup>*

La réponse de Searle est donc négative pour les deux hypothèses. Il écarte ainsi la possibilité de compréhension réelle de l'ordinateur et montre son inefficacité à clarifier ou reproduire les mécanismes mentaux de gestion de la connaissance. Ainsi, dans l'état actuel de la structure physique des machines, Searle soutient qu'il n'est pas possible d'obtenir d'ordinateurs « intelligents ». Pour l'instant, les machines ne contiennent que l'intentionnalité que l'on a bien voulu y mettre et elles n'en créeront pas d'elles-mêmes. Privé de la compréhension du contexte, on peut supposer que les ordinateurs n'ont pas accès à la manipulation de la connaissance, mais seulement de la donnée, voire de l'information. Un programme doit donc se contenter d'intégrer ces informations (et non les connaissances) pour aider l'utilisateur à formaliser des informations supplémentaires, traitées à la lumière de ses propres expertises. Ainsi un échange s'installe entre le support numérique et un ou plusieurs individus dans lequel l'ordinateur n'a que la responsabilité de la restitution de l'information qui lui a été proposée. L'ordinateur ne peut pas se substituer au travail d'appropriation classique de

---

<sup>2</sup> Intention : fait de se proposer un certain but

Intentionnalité : qualité des comportements dirigés vers un but.

<sup>3</sup> Au-delà de cette explication Pierre Jacob, comme d'autres auteurs, est critique par rapport à la démonstration de Searle. Il lui fait la demande légitime d'expliquer où se situent les états mentaux si ce n'est dans un traitement formel. <http://www.carnetpsy.com/Archives/Recherches/Items/p14.htm> Roger Schank propose une piste pour essayer de sortir de cette impasse et relancer l'IA. Pour lui la première étape consiste à permettre aux machines de poser des questions et à leur donner les moyens « d'apprendre » [SCH 95]. Ce projet reste cependant à réaliser.

l'individu, il peut seulement être le dépositaire d'informations entre plusieurs personnes. La qualité et la pertinence des informations retournées est tout l'enjeu de la programmation des ordinateurs, du moins dans leur forme actuelle. La maîtrise de l'intentionnalité, du « déplacement » vers un but n'est la propriété que de l'homme et l'insertion d'un média intermédiaire peut constituer un risque de perte dans la communication d'un groupe, comme le détail le point suivant. La formalisation en connaissance risque en effet la perte des informations du contexte. La préservation à travers elles des savoirs est actuellement tentée à travers par exemple l'émergence d'un réseau social (Social Web ou Web 2.0) qui permet de créer un univers navigable entre des descriptions naturelles, plus riches en savoirs même si moins formalisables du point de vue des connaissances (ex : blogosphère, folksonomies, wiki).

### **3.2.2 Informatique : perte de communication non-verbale**

Une personne doit être consciente de sa position relative au groupe et envisager le jeu des contraintes, comme la compréhension d'un contexte ou la connaissance des habitudes sociales, qui détermine les comportements des autres individus notamment à travers leur culture et leur travail. Ainsi si l'on ne s'imagine pas la manière de remettre en contexte des personnes recevant des informations via un ordinateur, il est normal qu'apparaissent des malentendus. Cependant, appréhender l'attitude réceptrice d'un interlocuteur qui n'est ni dans notre proximité spatiale, ni dans notre temps n'est pas une démarche évidente, malgré l'illusion que peuvent parfois donner les nouveaux médias.

Daniel Goleman [GOL 95] présente l'importance de la gestion des émotions dans les rapports humains par rapport à l'intelligence dite « classique » que l'on a l'habitude d'évaluer par les tests de QI. L'intelligence émotionnelle se décline dans plusieurs qualités de la personne. Cependant Goleman place une importance toute particulière dans l'empathie. Cette caractéristique est plus ou moins filtrée par la communication via l'ordinateur qui se contente d'une formalisation verbale, souvent écrite. Goleman montre l'importance des signaux non verbaux :

*« [L'empathie] – la capacité de comprendre ce que ressentent les autres – se manifeste dans une multitude d'activités [...].*

*Les gens traduisent rarement leurs émotions par des paroles ; ils les expriment beaucoup plus souvent par d'autres moyens. Connaître intuitivement les sentiments des autres, c'est avant tout être capable de déchiffrer des signaux non verbaux : le ton de la voix, les gestes, l'expression du visage, etc. C'est peut-être à Robert Rosenthal, un psychologue de Harvard, et à ses élèves que l'on doit les recherches les plus complètes sur la question. Rosenthal a imaginé le PONS (Profile of Nonverbal Sensivity), un test permettant d'évaluer l'empathie grâce à une série de vidéos montrant une jeune femme exprimant des sentiments divers comme le dégoût ou l'affection maternelle. Les images représentent toute la gamme des sentiments, de la crise de jalousie à la demande de pardon, de la gratitude à la séduction. Les séquences ont été tournées de telle façon que dans chacune d'elles un ou plusieurs canaux non verbaux de communication sont systématiquement supprimés. Non seulement la jeune*

*femme s'exprime à mots couverts, mais, dans certaines scènes par exemple, toutes les autres manifestations des sentiments sont éliminées à l'exception de l'expression faciale. Dans d'autres, on ne montre que les mouvements du corps, et ainsi de suite, de sorte que le spectateur doit reconnaître l'émotion à partir de tel ou tel canal non verbal.*

*Les tests effectués sur plus de sept cents individus au Etats-Unis et dans dix-huit autres pays montrent que la capacité de déchiffrer les sentiments à partir d'indices non verbaux permet entre autres de mieux adapter ses émotions à une situation donnée [].*

*Comme pour d'autres composantes de l'intelligence émotionnelle, la relation entre les résultats de ce test et ceux obtenus dans les tests d'intelligence ou aux examens scolaires n'est que marginale. L'indépendance de l'empathie par rapport à l'intelligence théorique a été confirmée par une version du test PONS adapté aux enfants ».*

Ces aspects qui relèvent des sciences sociales aident à comprendre la différence de construction et de transmission de l'expertise entre le couple individu / machine et le couple individu / individu. L'ordinateur qui ne peut contenir de connaissances coupe les vecteurs intuitifs de remise en contexte de l'intention d'une information transmise. C'est un réservoir d'informations qui a tendance à séparer les interlocuteurs par un filtre à leurs moyens de compréhension naturelle et d'adaptation à la compréhension de ses interlocuteurs.

Le résultat de l'intégration d'une expertise requiert l'analyse des connaissances des spécialistes, préalables à cet instant. Si l'outil résultant est utilisé par ces spécialistes ou des personnes formées à leur contact, on peut supposer que tous peuvent mettre en contexte les informations contenues dans l'outil pour se les approprier et les utiliser.

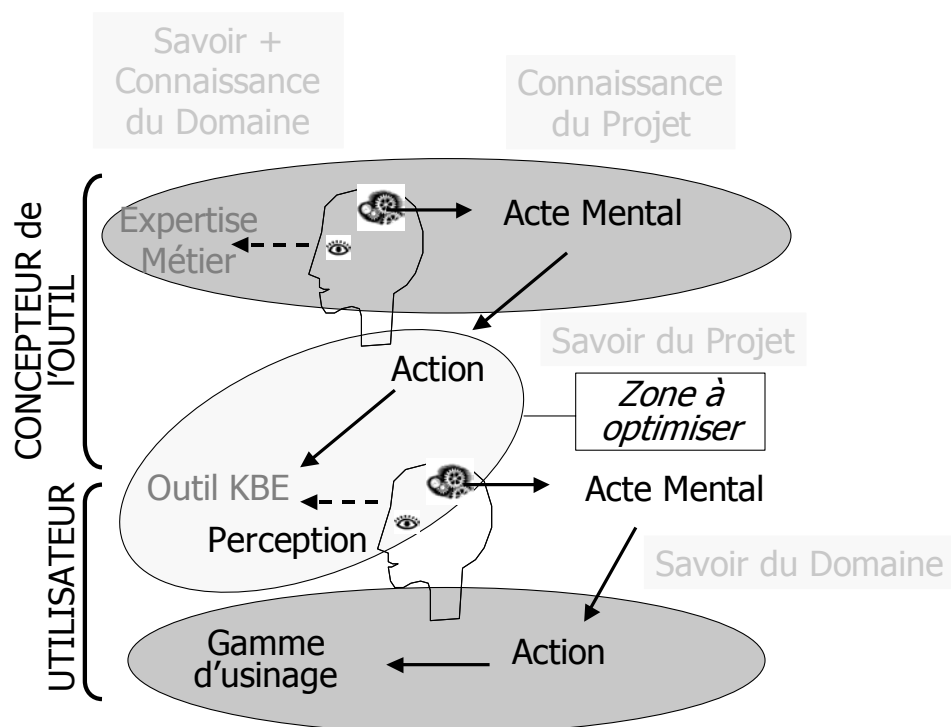
Par contre deux limites peuvent apparaître.

- D'abord, l'outil peut être utilisé hors de son contexte de création : des personnes, séparées de l'intentionnalité des concepteurs, ne peuvent pas facilement imaginer le contexte d'interprétation.
- Ensuite, par l'habitude d'utiliser un système automatique, une « déspecialisation », voire une « déresponsabilisation », peut apparaître face à un réflexe « presse-bouton ».

Dans les deux cas, une formation ou un long apprentissage, par exemple par essai erreur, est nécessaire pour récupérer, chez les utilisateurs, le niveau de connaissance requis par les concepteurs.

Le déploiement d'un outil intégrant une expertise présente donc un fort enjeu d'ergonomie didactique. Elle doit prendre sa place entre une efficacité de la tâche quand elle est devenue routinière pour l'utilisateur et la possibilité de ralentir et de proposer des voies d'interprétation quand cette tâche s'adresse à un nouvel utilisateur. Cependant le manque de formalisation des méthodologies de gestion de projets basés sur la connaissance, le manque de ressource ou d'appui hiérarchique amènent souvent des solutions intégrées qui ne répondent pas à ces critères de transfert de connaissance. L'outil obtenu devient une boîte noire.

Le diagramme suivant reprend les quatre étapes de la représentation introduites précédemment pour comparer l'approche du concepteur à celle de l'utilisateur selon les points qui viennent d'être décrits. Bien sur, il faut imaginer une réalité où les acteurs sont beaucoup plus nombreux et les rapports plus complexes. Une forte différence existe entre l'expertise manipulée par le concepteur et celle manipulée par l'utilisateur final. Même s'il s'agit du même problème, le concepteur doit analyser les connaissances et les savoirs du domaine à analyser pour réaliser un travail d'abstraction. Les connaissances résultant dans la dimension projet sont alors structurantes pour l'application finale. Néanmoins, elles présupposent un niveau de connaissance élémentaire et modifient d'autre part les pratiques d'application du savoir.



**Figure 3-19 : Zone de disparition de la responsabilité entre la conception d'une application d'assistance d'une expertise et son utilisation**

Entre la conception et l'utilisation de l'application existe un passage par des traces de l'expertise et non un contact humain direct. La restitution puis la réactivation de ses traces entraînent une zone d'incertitude de la communication et de changement de la nature de l'expertise (connaissance de projet vers savoir du domaine) sur laquelle doit être portée l'attention du projet d'intégration. Le but est de limiter l'effet de frein à l'efficacité des relations sociales des ressources informatiques, et donc de prévenir la fiabilité des intégrations entre la maîtrise d'œuvre, la maîtrise d'ouvrage et l'utilisation finale.

La notion de fiabilité a été abordée lors d'un workshop co-organisé par l'EPFL et Stanford [ISH 04]. La fiabilité est discutée vis-à-vis de la responsabilité dans le réseau, soit de collaborateurs, soit plus souvent de partenaires extérieurs. Plusieurs solutions sont envisagées selon les structures :

- NOKIA: assumer toutes les responsabilités



- GM: « Workshare » i.e. négocier les responsabilités
- NASA: même en présumant des responsabilités, les problèmes existent!
  - Prévention Dynamique
  - « Error Proofing »

La question sous-jacente demande comment sont « visualisés » ces réseaux de responsabilités et comment chacune est mesurées. De manière évidente, on ne s'interroge plus sur avoir des partenaires ou non mais comment choisir ses partenaires et travailler avec eux. Un troisième acteur à prendre en compte apparaît inexorablement : le groupe.

### **Positionnement de l'informatique face à la gestion du capital intellectuel :**

#### **Les plus :**

Possibilité de calcul, capacité de gestion de la quantité et donc multiplication de la capacité de travail.

Fluidité de l'information. La gestion du contenu est de moins en moins contrainte par le support. La duplication est rapide et « gratuite ».

Nouveaux moyens de diffusion et de communication (travailler en groupe plus large, plus éloignés, de manière désynchronisée...)

Emergence du comportement « web 2.0 » où la discussion des points de vue est systématique et où l'ensemble des acteurs peuvent critiquer les sources sur les sources elles-mêmes

#### **Les moins :**

Virtualité et navigation : une nouvelle manière de consulter. Ce changement d'habitude modifie le comportement d'abstraction encourager par le support « papier » pour augmenter la part de comportement intuitif. Les repères sont moins durables, moins fiables (grandes quantités d'information, multiplicité des points de vue, versions plus nombreuses...)

La quantité d'information et les moyens de référencement (notamment Google) insistent sur la rapidité d'accès et le consensus de l'information jugée importante sans en évaluer la qualité. On arrive a des phénomènes de « scoop » favorisant la présence d'une information plutôt que sa pertinence par rapport au sujet.

Diminution des contacts humains directs. Cela entraîne une perte de la responsabilité et l'adaptabilité présente entre les individus

Séparation de l'intention du concepteur de l'utilisation finale

### **3.2.3 Un troisième acteur : le groupe**

Les efforts de construction d'un modèle de connaissance (première section de ce chapitre) et la génération d'outils et de méthodes qui s'en suivent (prochaine section) participent en général à une démarche cartésienne, décrite par [LAB 04]

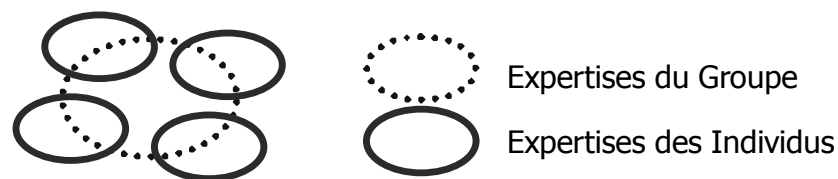
*« Le processus cartésien de connaissance tente de surmonter la résistance liée à la complexité de l'objet en le divisant préalablement en éléments qui sont séparément soumis à une analyse particulière.*

*Cette approche est communément admise : les connaissances sont alors supposées décomposables en connaissances d'un degré de granularité plus faible à la manière de la décomposition structurelle d'un ensemble mécanique. »*

Cependant, cette approche est à relativiser par la notion d'émergence. Brièvement, comprendre ou connaître les propriétés de chacun des sous-systèmes ne permet pas forcément de comprendre ou connaître les propriétés du système constitué de l'ensemble de ces parties, et réciproquement. Les possibilités d'émergence de propriétés inattendues augmentent avec la complexité du système.

Une modélisation des connaissances on l'a vu est de facto incomplète et dépendante du groupe d'acteurs et de ses objectifs. Il faut donc relativiser la stabilité du modèle à celle du groupe considéré. La section suivante montre entre autre combien les méthodes de gestion des connaissances sont complexes à déployer. Il y a donc pour le groupe qui déploie une méthode de gestion des connaissances le risque de s'enfermer dans un « piège de compétence » et de ne gérer que les éléments prévus par le fonctionnement de départ. Si par la suite le groupe est modifié (par exemple : changement d'un ou plusieurs acteurs, ouverture à un nouveau marché, apport d'une nouvelle technologie, changement des pratiques de communication de l'entreprise et élargissement du groupe) alors des comportements non prévus peuvent émerger et remettre en cause le système déployé.

De plus, même si le groupe reste dans sa définition de départ, il constitue un système suffisamment complexe pour que ne puisse être décrit l'ensemble de ses propriétés à un instant donné. Il n'est même pas possible de savoir si le groupe contient plus d'expertise que la somme des expertises que les acteurs lui dédient. De même les membres du groupe peuvent augmenter leurs expertises hors du groupe et donc en modifier la balance en les intégrant dans la partie commune. (Cf. figure suivante)



**Figure 3-20 : Comment est composée l'expertise d'un groupe ?**

Si l'on reprend le modèle d'expertise et le concept d'intentionnalité, chaque individu, en tant que système d'interprétation, possède la possibilité d'abstraction nécessaire à la manipulation de la connaissance et la capacité d'application et d'enrichissement de ses savoirs. Ces deux opérations ne sont a priori pas explicables. On doit par conséquent les supposer systématiquement différentes d'un individu à l'autre, au nom du même principe d'émergence, même si elles peuvent présenter parfois une grande zone de recouvrement.

Si deux individus sont en présence, constituent-ils une troisième capacité d'activation de l'expertise ? L'expérience du lien social est là pour répondre par l'affirmative. Un projet de gestion des connaissances peut par exemple tirer profit de différents types d'individus comme les accoucheurs, les innovateurs, les archivistes, les associateurs, les synthétiseurs. Chacun de ses rôles n'a d'intérêt que dans le contexte d'une collaboration.

Dans les interactions Individu / Informatique / Groupe, il existe donc un double enjeu de modélisation. D'une part, la modélisation doit être suffisamment précise pour faciliter les tâches concrètes mais elle doit aussi permettre d'avoir rapidement un recul sur la situation globale. Ce deuxième aspect doit être pris en compte par l'ensemble des acteurs et non seulement par une partie du management. [MOK 01] relate l'épisode suivant :

*« Un Ingénieur des Connaissances devait collecter des connaissances sur la conception de moules. Bien que lui-même ingénieur, il n'était pas spécialiste du travail de fonderie. Un concepteur fut assigné au projet et un bon rapport s'établit rapidement. L'Ingénieur des Connaissances commença à collecter des connaissances mais devait fréquemment demander au concepteur d'expliquer le sens des mots et des concepts. En expliquant ces significations, le concepteur finit par devoir passer d'un aspect à l'autre du processus de conception jusqu'à ce que la vue globale soit complètement embrouillée. L'Ingénieur des Connaissances demanda de plus en plus d'éclaircissements. Il constata que le concepteur commençait à être ennuyé d'avoir à expliquer chaque point de connaissance.*

*A ce stade, le travail fut interrompu. Ils décidèrent de regarder plus précisément une seule petite partie du processus de conception. L'Ingénieur des Connaissances commença à comprendre la terminologie associée avec cette petite partie mais il était très perturbé quand le concepteur continuait à faire référence à des choses extérieures.*

*Une fois encore le travail fut stoppé – les deux parties se sentaient très frustrées. Cette fois l'Ingénieur des Connaissances décida de demander une vue globale de l'ensemble du processus – ils comprirent tous les deux qu'ils voulaient identifier les couches supérieures du processus. Quand les deux furent satisfaits de ce qu'ils avaient capturé, ils étaient capables d'étudier chaque partie du processus en détail. L'Ingénieur des Connaissances était capable de comprendre les relations entre les connaissances et possédait une structure pour comprendre la terminologie.*

*Il expliqua ensuite qu'il avait eu besoin d'une vue d'ensemble de l'ensemble des connaissances avant même de pouvoir commencer à comprendre le détail. »<sup>4</sup>*

Cet exemple montre combien les adaptations de comportement vis-à-vis des signes de compréhension de l'autre sont importantes. De plus seulement deux personnes étaient concernées. Les difficultés de compréhension sont croissantes avec la taille du groupe et souvent, le résultat de telles interviews est difficile à retranscrire dans un format qui permet

---

<sup>4</sup> Traduction libre de l'anglais

une appropriation rapide de la part des autres partenaires. S'affirme un réel besoin d'instruments qui permettent de plonger rapidement dans l'analyse d'une situation modélisée.

C'est à ce prix que l'individu peut prendre sa place dans le groupe et l'envisager comme un espace d'interactions et d'enrichissements réciproques. Cette remarque est forte de transformations profondes :

- Ne plus encourager et rémunérer le travail personnel mais valoriser les interactions, ce qui implique un fort remodelage de la gestion des ressources humaines et de l'approche capitaliste de la gestion.
- Casser puis repenser les systèmes de représentations cartésiennes de gestion des connaissances pour leur donner plus d'agilité face à l'émergence de la nouveauté mais en préservant les avantages de simplification des problèmes.
- Savoir prendre du recul par rapport à des tâches de modélisation pour les repositionner dans une dynamique d'évolution des structures et des connaissances qu'elles véhiculent.
- Outiller les structures organisationnelles pour supporter des fonctionnements en réseaux, finalement plus larges que les structures elles-mêmes.

Plusieurs réflexions témoignent de la recherche de nouveau modèle de travail. On peut citer notamment, le management de cinquième génération de [SAV 91], les « Knowledge Workers » développés par [AMI 97] et enfin les écosystèmes, enjeu européen de recherche [COR]. Charles Savage rappelle que les premiers systèmes de gestion de la valeur ajoutée des entreprises passaient d'abord par la gestion des produits, ensuite par la gestion de projet puis par une gestion systématisée et globale de l'entreprise. La quatrième génération ouvrait les frontières de l'entreprise par une organisation orientée vers le client. La cinquième génération proposée propose de piloter les connaissances à travers une innovation participative et des réseaux symbiotiques. Amidon [AMI 97] s'appuie sur ce courant et propose cinq tendances pour décrire la nouvelle économie globale :

- Passer de l'information à la connaissance en prenant en compte l'aspect dynamique et l'importance de l'être humain.
- Passer de la bureaucratie aux réseaux, d'une organisation traditionnellement hiérarchique à une architecture plus souple et enfin prendre l'avantage des deux genres.
- Passer de l'enseignement à l'apprentissage, en privilégiant la connaissance créée et appliquée (et donc à la transformation en savoir) à la connaissance accumulée (c'est à dire à l'abstraction continue sans retour systématisé vers le contexte).
- Passer du local au transnational, en prenant une vision d'ensemble sur les compétences spécifiques et les interactions entre les cultures pour tirer le meilleur parti des possibilités

- Passer d'une stratégie compétitive à une stratégie de collaboration, en créant des situations de confiance pour générer des scénarios gagnant / gagnant.

Le « Knowledge Worker » évolue avec beaucoup de mobilité à travers les communautés, n'étant ni exploité ni exploitant [DRU 89]. Chacun sait constituer son environnement de travail pour être apprenant et force de proposition, garantissant ainsi la pérennité des organisations. Le concept « d'Unified Information Ecosystems (UIE) » complète cette approche. Cette initiative proactive de l'Union Européenne dans le secteur des technologies futures et émergentes «  *vise l'exploration et la validation des nouvelles technologies et des scénarios qui peuvent transformer l'infrastructure complexe de l'information qui émerge actuellement en un environnement riche, adaptatif, réceptif et véritablement ouvert »* [@COR]. Cette structure devrait être capable de se réguler seule et de faire interagir une très large quantité « d'Infohabitants », c'est à dire des individus, des organisations ou même des entités virtuelles.

La sphère virtuelle voit déjà apparaître des nouveaux comportements, résumés autour du concept encore flou de Web 2.0. Internet de manière générale prend un virage en donnant aux internautes la possibilité de critiquer, commenter, agréger, référencer les informations disponibles. On parle par exemple de :

- Blogosphère : ensemble des journaux personnels discutant de sujets variés ou bien des spécialités de leurs auteurs, livrant alors une information très précise, mise à jour seulement quand l'actualité le demande et facilement repérable grâce aux flux « RSS ». « Blog » vient de « Web Log » ou le nom correspond au verbe « Log up », inscrire au journal de bord.
- Réseaux Wiki : réseaux enrichis par les utilisateurs eux-mêmes, en fonction de leur expertises. Les erreurs peuvent alors être corrigées par les autres utilisateurs pour une information de plus en plus fiable, précise, concise et rapidement navigable. Le plus célèbre est l'encyclopédie Wikipédia [@WIK]. « Wiki » provient de l'hawaïen « wiki-wiki » qui signifie vite, rapide.
- Folksonomies : zones de partages notamment des URL référencées par mots clefs. La fréquence des référencements et les regroupements par thèmes permettent de faire ressortir rapidement les lieux virtuels les plus fréquentés traitant d'une information recherchée.

Une tendance forte émerge pour mettre en évidence la valeur de l'humain en tant que système d'exploitation des expertises. La pérennité des groupes constitués de ces individus passent par une valorisation des relations, dans une perspective collaborative et non concurrentielle. L'informatique, bien que privé de cette capacité d'exploitation, constitue un environnement virtuel dans lequel se constituent ces réseaux. Entre autres, la compréhension de ces mécanismes et des représentations des connaissances qu'ils véhiculent, à la fois en tant que domaine d'expertise qu'en projet d'évolution, nécessitent des outils de compréhension des expertises précises mais également une aptitude à la navigation dans une vue d'ensemble.

### 3.2.4 Synthèse : naviguer les réseaux virtuels pour maîtriser la réalité

La gestion des connaissances est une discipline en effervescence depuis au moins deux décennies. Son développement, concourant avec l'émergence des nouvelles technologies est difficile à prévoir et des comportements inattendus apparaissent, faisant évoluer les technologies, les outils et les meilleures pratiques. Le bouillonnement actuel autour de la notion de Web 2.0 montre que les nouvelles technologies conditionnent fortement la manière de gérer les connaissances.

La première section de ce chapitre a permis de mettre en évidence la coexistence en réseau d'expertises et d'individus, sans préciser les liens entre ces deux éléments. Cette deuxième section avait pour but d'analyser les comportements des individus et du groupe d'individus face à l'outil informatique pour préparer l'analyse, dans une troisième section, des principales approches de gestion des connaissances actuellement utilisées. Les trois points de cette section ont dégagé les schémas de répartition suivants :

- *L'intention* portée dans un modèle est relative à *l'individu* qui le construit, l'ordinateur n'a que la responsabilité de restituer les traces de cette intention qui lui ont été confiées.
- *La cohérence du formalisme* utilisé pour modéliser est garantie par *les outils informatiques* et doit permettre de supprimer les possibilités d'erreurs d'interprétation au sein d'un groupe. Le risque est de perdre la flexibilité de la communication directe (plus « pragmatique »).
- *Le groupe* définit les *responsabilités* et les relations de ces membres. Les tâches d'un individu ne sont pertinentes que vis-à-vis d'un groupe donné. La difficulté des outils de gestion des expertises passe par la traçabilité et la navigabilité de ces responsabilités.

A travers l'analyse de ces trois comportements, on aboutit à laisser la responsabilité de l'expertise à l'individu qui en maîtrise l'intentionnalité et donner par contre à l'outil informatique la gestion des liens entre les différentes expertises.

Finalement, même si les outils informatiques ne contiennent pas directement de connaissances, ils modifient profondément les pratiques de travail. Un comportement de « réseau » encore peu formalisé apparaît. Il ne s'agit donc pas de considérer une seule modélisation ou une seule méthodologie, mais de prendre en compte la complexité des interactions dans une organisation et des différents systèmes d'informations partagés à différents niveaux. Les projets mettant en œuvre des problématiques de gestion de la connaissance sont donc à comprendre dans une plus large dimension, prenant en compte les interactions entre projets similaires, leur impact sur les cycles de vie des produits et des organisations et les évolutions des expertises interpellées. Si d'une part les vues spécifiques permettent de lever les verrous technologiques, seule une vue d'ensemble, souvent plus large que le projet lui-même, peut permettre de s'assurer de l'intérêt des connaissances interpellées pour une utilisation optimale du savoir.

Ainsi pour la maîtrise d'ouvrage d'un projet de modélisation et d'intégration d'expertise, il faut définir une méthodologie constituée des éléments suivants :

- Des outils pour comprendre les modèles et les interactions entre les modèles
- Des outils pour analyser une expérience de modélisation
- Des outils pour comparer différentes expériences de modélisations

En gardant à l'esprit le modèle d'expertise introduit et discuté dans la première section de ce chapitre et le contexte d'évolution de la gestion de la connaissance présentée ici, la section suivante présente les principales grandes catégories de recherche autour de la gestion de la connaissance. Des exemples de méthodologies les illustrent. Les outils construits dans la première section y servent à analyser comment ces méthodologies répondent aux comportements des individus et du groupe, présentés dans cette deuxième section.

### **3.3 Grandes catégories d'outils de gestion de la connaissance**

Cette section permet de confronter à la réalité des méthodologies déployées en gestion des connaissances, les conclusions des réflexions des deux précédentes sections sur les comportements humains vis-à-vis des processus de représentation. Cette confrontation permet d'obtenir de la pratique actuelle les éléments sur lesquels peut s'appuyer l'assistance à la maîtrise d'ouvrage pour les projets de modélisation et d'intégration d'expertise. Ces éléments de positionnement d'analyse de cas (niveaux de maturité et phases d'utilisation) permettent dans le chapitre suivant de compléter les outils déjà mis en évidence (notamment les trois couples de concepts) pour constituer une proposition méthodologique.

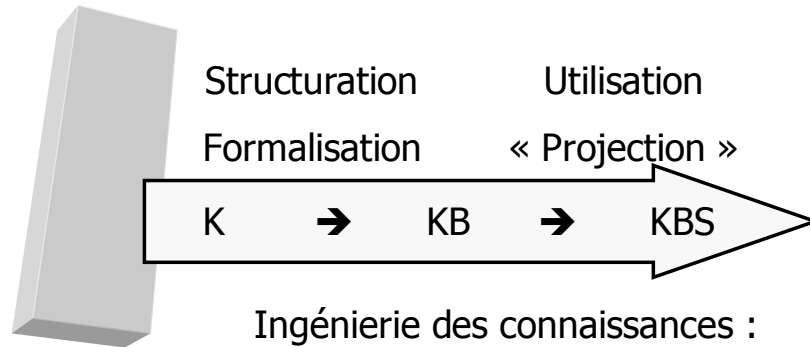
Pour préciser le contenu de cette section, on peut identifier trois grandes familles de systèmes gérant des connaissances à travers l'outil informatique. Si on les classe des moins formalisées mais plus globales, vers les plus formalisées répondant à des besoins spécifiques, on obtient d'abord tous les systèmes utilisés par la sphère du Web, rapidement décrits dans la section précédente dans la dynamique des réseaux. Ensuite viennent les recherches sur l'ontologie qui peuvent être à cheval sur la catégorie précédente et la suivante. La dernière catégorie regroupe les activités de formalisation au service d'activités spécifiques dont notamment l'ingénierie. On y trouve les notions de KM, KBS ou KBE que l'on résume par ingénierie des connaissances.

Il est encore difficile de prendre du recul sur les outils émergents du Web 2.0. Ce nouvel espace où l'adresse est libérée de toute référence géométrique et de toute frontière, constitue une nouvelle zone temporaire de non-droit d'où doivent émerger de nouveaux modèles de gestion et d'économie [FOG 05] [SER 05]. Pour l'instant, dans l'industrie, leurs meilleures utilisations semblent être relatives à la veille technologique. Les applications au sein même d'une organisation commencent à apparaître mais ces technologies ne sont développées que dans la section précédente, en tant qu'illustration des mécanismes de fonctionnement d'un groupe. Il est intéressant cependant de les garder en tête pour relativiser les approches conventionnelles traitées dans cette section.

En effet, un besoin d'intégrer la dimension projet des connaissances à l'intérieur même du système de gestion contraint les acteurs de projets à base de connaissances à relativiser le niveau de maturité de la gestion de l'expertise considérée et l'envergure de leur projet. Ce besoin est dans un premier temps mis en évidence à travers les réflexions sur l'ontologie, ensuite sur la première phase d'ingénierie des connaissances allant de l'extraction à la formalisation puis enfin dans la deuxième phase de cette ingénierie qui consiste à activer l'expertise potentielle emmagasinée pour la projeter dans la réalisation d'un outil d'assistance. Ces trois étapes, dont la couverture par rapport au projet de modélisation et d'intégration d'expertise est illustrée ci-dessous, sont introduites et analysées dans les sections de ce chapitre.



Ontologie :  
Maîtrise du domaine d'expertise



Ingénierie des connaissances :  
Un projet vers une nouvelle gestion d'une expertise donnée

Figure 3-21 : Les deux grandes phases de l'ingénierie des connaissances et le positionnement relatif de l'enjeu de la recherche sur l'ontologie

### 3.3.1 Réflexion sur l'ontologie et bijection dans les représentations

Dans l'effervescence de la globalisation des échanges d'information, la recherche d'une standardisation de la formalisation et la construction d'un référentiel sémantique stable débouche sur le concept d'ontologie. Utilisé plus ou moins pertinemment, il apparaît dans de nombreux domaines comme par exemple :

- les projets de Web sémantique [@W3C],
- la recherche sur l'interopérabilité des systèmes [@INT],
- des groupes de travail hétérogènes en recherche de consensus [@VRL] [@USI],
- les moteurs de recherche et les référentiels d'entreprise [@IND] [@MON],
- le domaine de l'archivage [TRO 02],
- la gestion des nomenclatures.

Les confusions entre plusieurs notions proches comme terminologie, glossaire ou thesaurus sont fréquentes. La figure suivante propose un positionnement de ces différents termes, avec une rupture séparant les concepts simplement formels de ceux tentant de refléter une part de l'intentionnalité conceptuel.

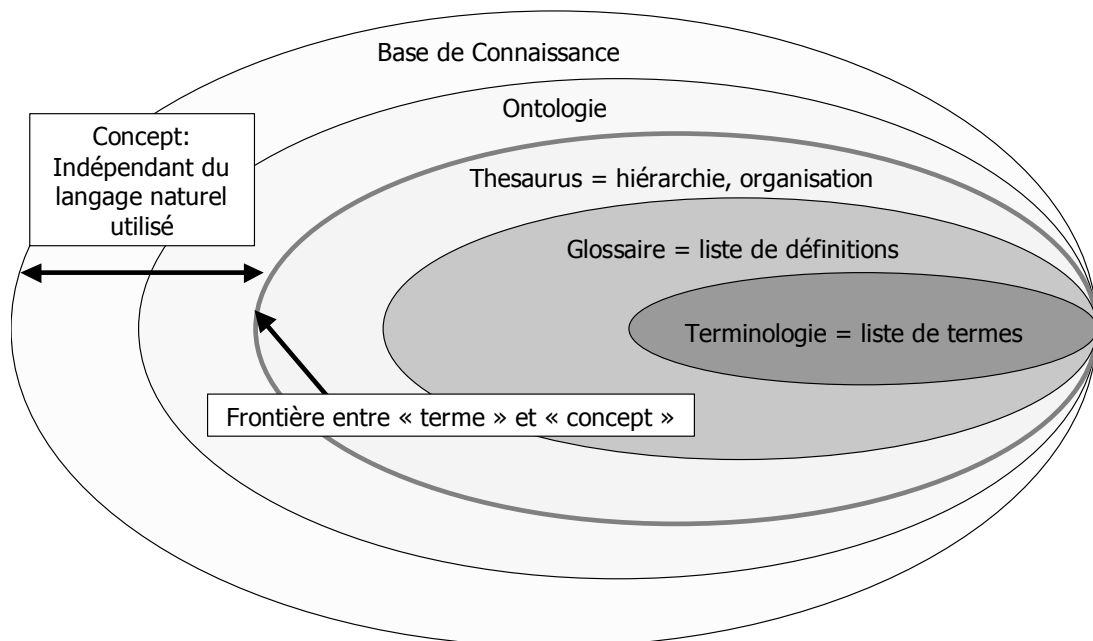
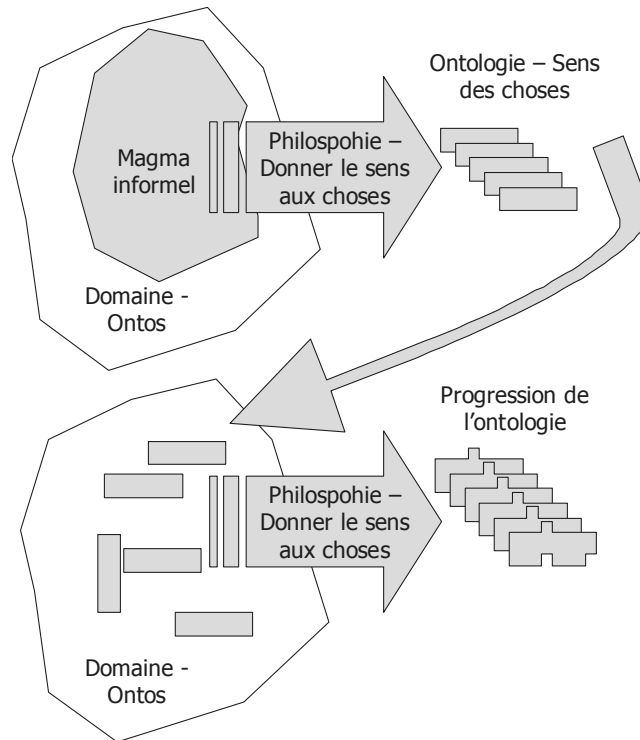


Figure 3-22 - Hiérarchie des organisations de termes et de concepts, proposée par [MIS 04]

Outre la difficulté de séparation entre ces termes, les racines philosophiques de l'ontologie contribuent également à l'ambiguïté de son interprétation et donc de son utilisation. Un rapide positionnement étymologique donne les distinctions suivantes :

- Ontos : les choses
- Philosophie : goût de la connaissance ou encore chercher le sens aux choses
- Ontologie : les mots pour décrire ce qui est ou encore le sens des choses

On peut donc imaginer le scénario illustré par la figure suivante dans la recherche de formalisation associée à la démarche générale de modélisation.



**Figure 3-23 : Processus de raffinement de l'ontologie par la philosophie**

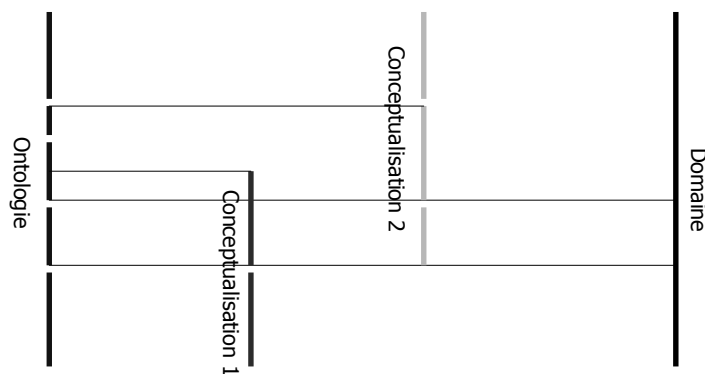
La recherche d'une ontologie exhaustive est un processus sans fin de délimitation par des concepts de la réalité qui nous entoure. Elle constituerait l'objectif idéal d'un travail de modélisation global. Cependant, la notion de modèle remplace l'objectivité par une intersubjectivité. On ne peut donc être sûr qu'une conscience extérieure ou à venir ne puisse remettre l'ensemble de l'édifice en question. Si d'un côté le travail de raffinement de la connaissance paraît séduisant, il ne doit pas être sans compter avec le pragmatisme du savoir, qui modifie le découpage ontologique selon le groupe ou le contexte d'interprétation.

Ainsi une distinction apparaît entre deux conceptions de l'ontologie [ZUN 01]. La première, correspondant à la définition philosophique, tente de cartographier ce qui « est », c'est à dire la réalité absolue des choses. La deuxième approche préfère penser l'objectivité comme l'intersubjectivité d'un groupe. Les gens appartenant à une communauté, à un domaine d'expertise, partagent une certaine culture. L'ontologie en décrit les usages. C'est sur cette deuxième définition, construite initialement autour du travail des concepteurs de systèmes d'information, que portent les travaux liés à l'ingénierie. [ZUN 01] soutient que l'ontologie des systèmes d'information s'approche plus de ce qu'on appelle une conceptualisation. Le tableau ci-dessous précise les principales différences entre les deux définitions.

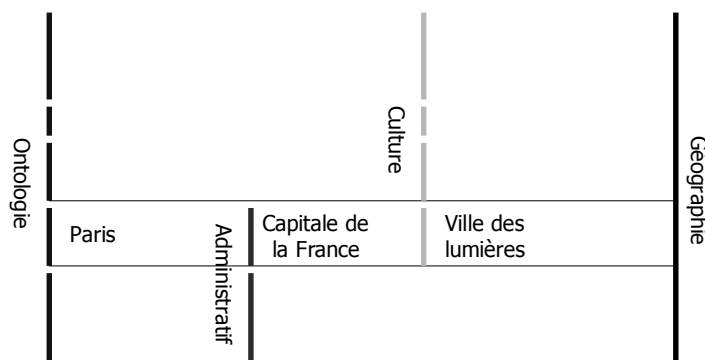
		L'ontologie dans:	
		Ingénierie	Philosophie
But		Formalisation pour informatisation	Compréhension métaphysique
Validité		Intersubjectivité des partenaires	Recherche épistémologique
Langage formel		Dépendant	Indépendant
Découpage du domaine d'étude		Par un expert	Pré-existence naturelle
Niveaux:	lois et types	Méta-modèle (s'il existe)	Ontologie Formelle
	intension	Conceptualisation	Ontologie matérielle
	extension	Ontologie d'un SI	

**Tableau 3-3 : Tableau de comparaison entre ontologie appliquée et ontologie théorique**

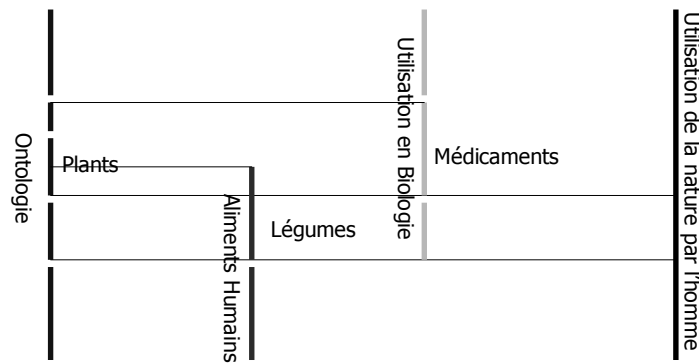
Si l'on reprend la terminologie de conceptualisation pour l'ontologie en ingénierie, l'expérience et la discussion de la deuxième section de ce chapitre impliquent que d'une personne à l'autre ou d'un groupe à un autre, les concepts peuvent se correspondre différemment, voire même de façon non bijective. On perd alors le rôle de référentiel que l'on recherche dans l'utilisation de l'ontologie dans la modélisation. Les figures suivantes illustrent le découpage d'un domaine du réel en concepts. A droite la partie « Domaine » représente l'expertise objet du modèle. A gauche, les découpages représentent ce que devrait être l'ontologie parfaite. Entre les deux, des conceptualisations interprètent le domaine selon leurs objectifs et proposent un découpage pour leur utilité propre.



**Figure 3-24 : Illustration de la différence entre l'ontologie et la conceptualisation**



**Figure 3-25 : Quand les conceptualisations sont bijectives avec l'ontologie**



**Figure 3-26 : Quand les conceptualisations ne sont pas bijectives avec l'ontologie**

Dans le premier exemple, on imagine un découpage relativement facile de la réalité, sans qu'il n'y ait recouvrement des concepts. La géographie, la culture et les responsabilités administratives suivent un découpage très similaire. Par contre dans le deuxième exemple, qui pourtant manipule des objets concrets, des zones de recouvrement commencent à apparaître quand les catégories se découpent différemment selon les utilisations.. Elles correspondent à des classements de mêmes références à la réalité mais dans des inter-subjectivités différentes. Il faut ensuite imaginer la difficulté d'un travail similaire avec des concepts à la matérialité plus faible et à la définition plus floue, jusqu'à par exemple le classement de jugements de valeurs (validation experte, travaux d'ergonomie...). A un niveau de difficulté plus élevé, on peut trouver dans un groupe de collaborateurs une organisation différente de concepts aux terminologies identiques, avec des sens très proches mais sensiblement différents (par exemple sur la définition de la notion d'entité ou de « feature » entre des concepteurs, des développeurs et des chercheurs, comme dans le cas du projet USIQUICK détaillé dans le chapitre 5).

Pour éviter ces écueils, deux familles de pistes sont étudiées avec bien sûr un intérêt à tenter de combiner leurs avantages réciproques. La première piste, dans la dynamique cartésienne, consiste, à travers une méthodologie très systématique, à séparer les concepts structurants des concepts descriptifs d'une réalité. On obtient deux représentations reliées La première structuration servant à uniformiser la deuxième vue formalisée. Le prochain point détaille cette approche. La deuxième piste consiste à conserver l'ensemble des points de vue. Par exemple la plate-forme EDEN™ conserve dans un modèle de Roadmap les documents d'un projet et permet de les piloter par des méta-données puis d'utiliser ces méta-données pour faire des requêtes ou des consolidations [@IND]. Ainsi, la somme de toutes les subjectivités, positionnées les unes par rapport aux autres, constituerait l'ontologie recherchée. La difficulté dans ce cas vient de la difficulté à systématiser de telles approches dans un fonctionnement uniforme qui permette un équilibre entre un maintien à jour économique et l'utilité de l'outil comme référence sémantique.

Cette recherche d'une référence commune à travers la quête de l'objectivité s'inscrit dans la démarche générale de progrès. Les points de vue de chacun sont mutualisés pour essayer de

construire la relation de travail la plus objective possible. Préalablement à l'émergence de ce comportement à travers les nouvelles technologies, la définition de l'individu passait par les facultés cognitives de mémoire, de raison et d'imagination. Grâce d'abord à l'écriture puis à travers l'émergence des nouvelles technologies jusqu'à des méthodologies d'innovation [CAV], elles sont progressivement externalisées du sujet vers l'objet. Michel Serres [SER 05] soutient que l'évolution des techniques correspond à l'objectivation des facultés du vivant. Cet allègement des obligations intellectuelles de l'individu libère sa capacité pour développer son « agilité d'inventivité ». Si la technique garde une place importante dans les réalisations, l'enjeu n'est plus de réussir à maîtriser une expertise particulière, mais de comprendre comment se comportent les flux d'expertises [FOG 05]. On ne s'intéresse plus uniquement à l'un ou l'autre des nœuds de l'ontologie mais à la manière dont la définition de l'ontologie entière évolue. Il est donc important de porter dans le modèle que l'on observe, ici l'ontologie, les informations même de son évolution, comme l'ADN porte les perspectives de construction de l'individu. Des données sur le projet doivent coexister avec des données sur le domaine pour permettre de facilement reconstruire les contextes d'application des savoirs. C'est la faculté à maintenir et pousser une modélisation vers un objectif que l'on cherche maintenant à externaliser.

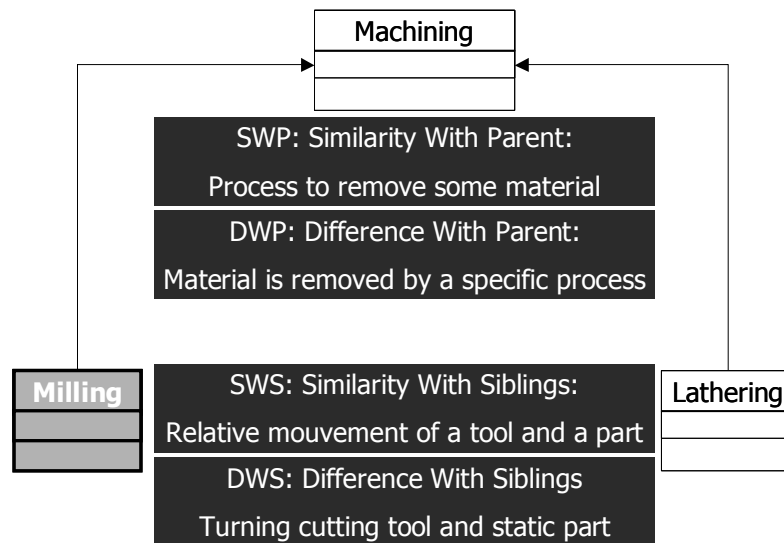
Le point suivant reprend des recommandations pour la construction ontologique. Les points suivants continuent sur le même schéma alternant discussion du principe puis illustration par l'exemple, les deux phases principales de la gestion des connaissances.

### **3.3.2 Outil : Ontologie différentielle et ontologie référentielle**

On entend ici ontologie au sens de conceptualisation ou d'ontologie de système d'information conformément à la discussion du point précédent. Un expert est, si l'on pousse la définition à l'extrême, une personne dont les connaissances et les pratiques sur un domaine donné ne sont pas partagées par les autres. Il y a donc entre l'expert et les autres ou entre plusieurs experts de domaines différents, la possibilité de voir apparaître des problèmes de communication dus à des jargons, à des mécanismes de réflexions, à des évidences relatives. Une ontologie d'un domaine vise à faciliter la compréhension des singularités des points de vue des experts ou des différents interlocuteurs. Ce n'est pas alors le moyen d'avoir une pensée unique ou d'imposer un point de vue mais de mieux partager les pensées de chacun lors de débats ou de travaux. Si les ambiguïtés sont levées une à une de manière systématique, on peut éviter incompréhension, malentendu ou même parfois mauvaise fois.

La méthode de différenciation proposée par Troncy et Bachimont ([TRO 02], [BAC 02]) permet de créer une première arborescence et vise une relative exhaustivité par son systématisme. Le but de cette première partie est de lever les ambiguïtés. Un mécanisme de questionnement est proposé. La figure suivante l'illustre en reprenant ses quatre questions. Plusieurs arbres sont ainsi créés petit à petit par rapprochement des différents éléments. Ces conceptualisations, ou ontologies locales sont principalement créées selon les relations « is a » ou « is composed of ». Ces arbres sont ensuite reliés via une ontologie formelle de plus haut niveau quand les spécificités du domaine étudié ne permettent plus les rapprochements. Cette

ontologie formelle s'éloigne de l'idée de conceptualisation et se transpose à plusieurs modélisations.



**Figure 3-27 - Méthode en quatre questions pour différencier les termes d'une ontologie [TRO 02]**

Certains concepts ne peuvent pas s'inscrire simplement dans les arbres. Ils font appel à plusieurs liens. Il s'agit donc non plus de concepts discriminants mais de concepts donnant un point de vue sur la réalité. Plusieurs feuilles des arbres constitués peuvent être reliées par ces concepts lors de la création dans une deuxième phase pour atteindre les sémantiques associant plusieurs concepts. Ce deuxième groupe de concepts constitue l'ontologie référentielle.

On peut s'interroger sur l'utilisation possible de l'ontologie finale. Si elle permet de lever des ambiguïtés, comment peut-elle être utilisée à la lecture d'un document d'expert, lors d'une discussion entre deux personnes ? Mis à part les perspectives d'informatisation dues à la formalisation qui restent relatives, Bachimont explique qu'il est encore difficile d'utiliser efficacement une ontologie. On peut alors se demander si le bénéfice de l'ontologie n'est pas d'abord sa construction qui permet à son architecte de comprendre un domaine. Dans ce cas, l'ontologie redevient un outil didactique qui le rapproche de son premier lieu philosophique.

Néanmoins, l'ontologie apporte un nouveau regard sur la formalisation et la divise en deux principales étapes. La première constitue des inventaires arborescents. La deuxième étape associe le pragmatisme de l'utilisation à la connaissance des justifications en repositionnant les éléments des différentes arborescences au sein de diagrammes ou de modèles. Après une extraction des concepts, la première étape de structuration correspond à un découpage syntaxique formel et systématique. Elle correspond à l'utilisation de connaissances. La deuxième étape formalise du sens à travers une représentation pragmatique. Les savoirs sont ici sollicités.

A titre d'exemple, considérons une liste de difficultés d'usinage dans la problématique des gammes d'usinages. Un expert de la gamme sait identifier à la perception d'une pièce les difficultés qu'elle contient. Il mobilise un savoir sur lequel il dispose éventuellement de connaissance justificative. Pour le chercheur travaillant sur la gamme, l'enjeu est différent. Il s'intéresse aux justifications de l'existence des familles de difficultés identifiées par l'expert

et à l'exhaustivité de leur cardinalité. Cette construction épistémologique sollicite des connaissances. Enfin, l'association des concepts structurants validés permet de représenter les outils intellectuels pragmatiquement utilisés par l'expert et modélise enfin ses savoirs. L'aboutissement de ces deux phases fournit un modèle de données pour manipuler les instances de la réalité.

### **3.3.3 Du K au KB, les approches de KM**

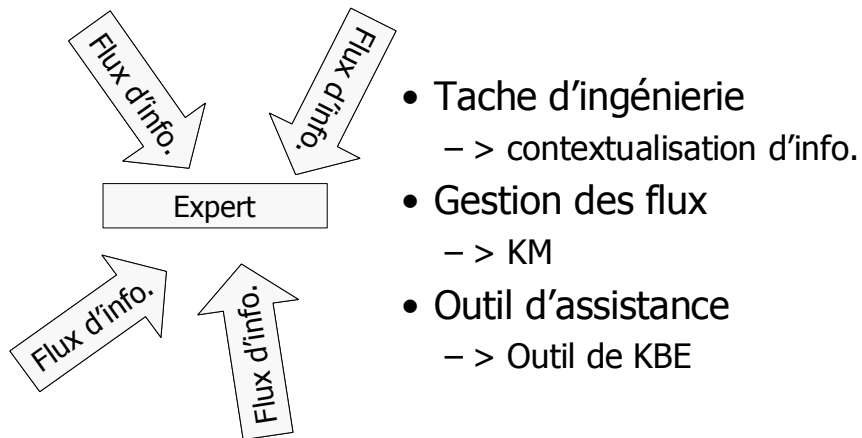
Après l'ontologie, les approches que l'on qualifie ici d'appartenant à l'ingénierie des connaissances sont plus directement orientées vers la capitalisation de l'expertise d'une entreprise.

Ainsi, les ingénieurs qui doivent mettre en place des cycles de nouveaux produits sont confrontés à des flux d'informations qui complexifient, par leur taille et leur manque de formalisme, les prises de décisions. Ces flux proviennent d'autres services, de la production ou des expériences précédentes de conception. L'organisation et la gestion de ces flux donnent lieu à une ingénierie des connaissances (KM), c'est-à-dire à une activité de structuration des flux d'informations. Les ingénieurs du produit peuvent donc avoir à leur disposition de l'information structurée et faire de l'ingénierie basée sur les connaissances issues de ces flux d'informations. Ils font alors de l'ingénierie basée sur la connaissance (KBE). Si l'ergonomie de cette utilisation est simplifiée par la création d'un outil permettant de synthétiser et de présenter des moyens optimum de prise de décision, on parle alors par exemple d'outil de KBE.

Deux phases principales se dégagent. La première phase formalise des expertises dans des bases de données (du K au KB que l'on résume ici par KM). Ces bases constituent un référentiel d'entreprise dans lequel on peut venir puiser pour résoudre des problèmes déjà rencontrés ou compléter une expertise par des informations manquantes ou des justifications. La deuxième phase (du KB au KBS) réutilise les résultats de la première phase pour les spécialiser vers un service d'assistance donné. Les connaissances sont alors reconfigurées pour être intégrées en un outil d'assistance. La principale différence avec la première phase est donc la spécificité de l'application finale qui peut profondément modifier l'expertise en retour.

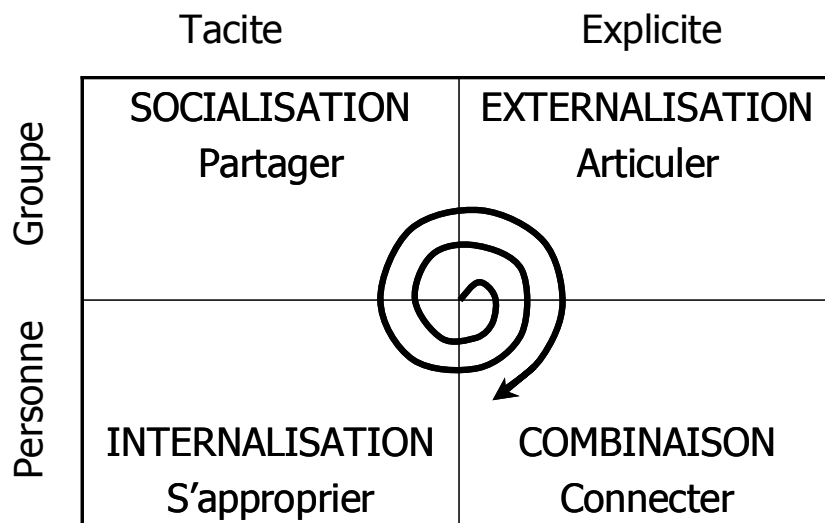
Sont étudiés ici les enjeux de la première phase. Le déclenchement d'un projet d'intégration et les méthodes associées correspondant au KBE sont analysés après le point suivant qui illustre l'approche KM à travers MKSM et MASK. Le point présent confronte plusieurs approches classiques de KM.



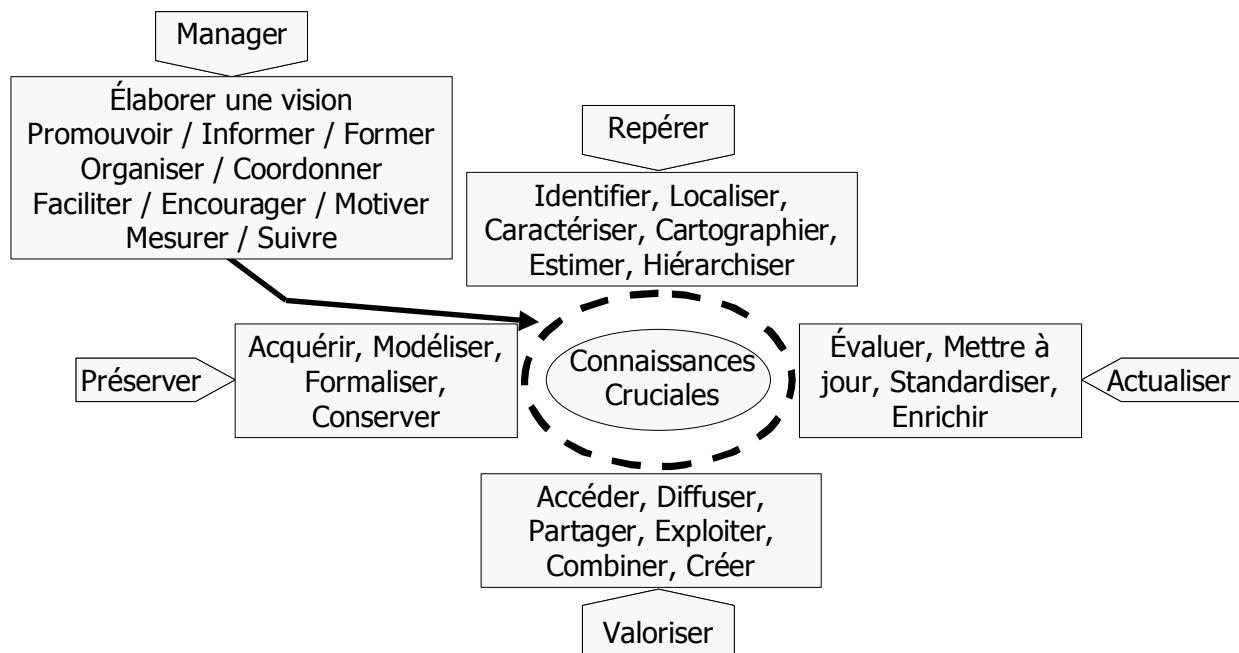


**Figure 3-28 : L'expert, en tant que nœud d'expertise, a besoin d'une structuration des flux d'information et d'outil d'assistance pour la prise de décision liée à son domaine**

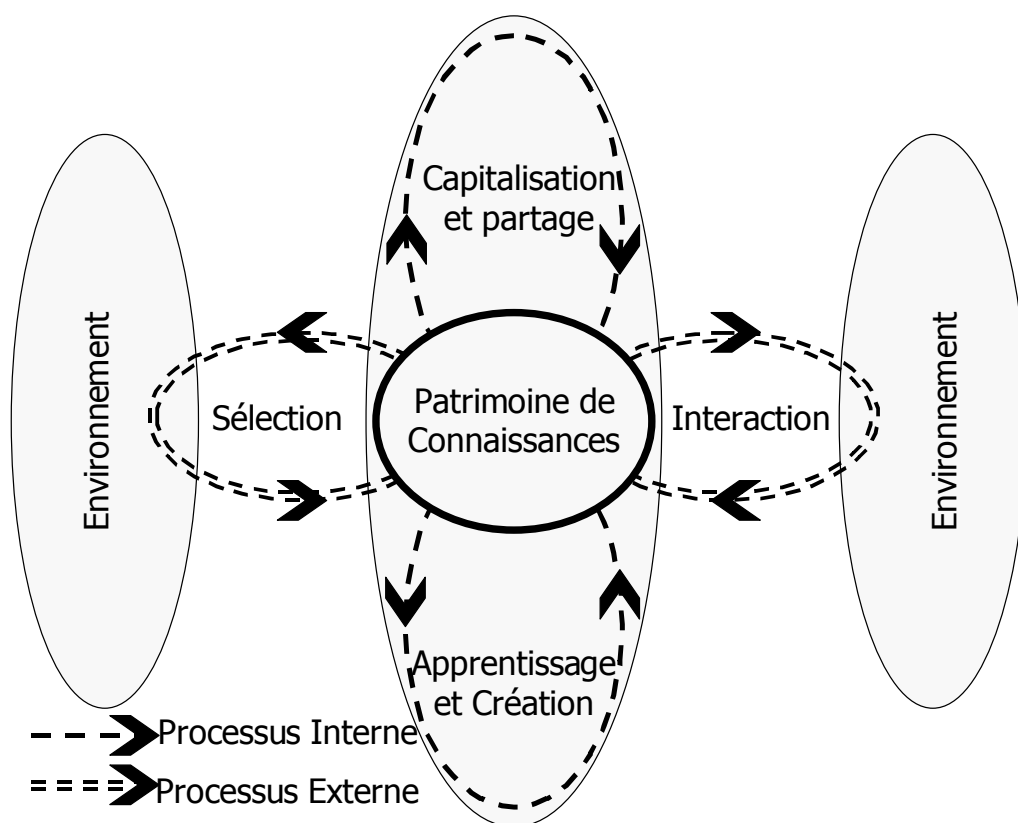
Parmi les approches les plus répandues, Nonaka [NON 97] introduit la dimension sociale de la gestion des connaissances. Plusieurs démarches se basent sur la distinction introduite entre connaissances explicites et connaissances implicites. Grundstein [GRU 94] et Ermine [ERM 96] complètent respectivement par les problématiques de gestion et par la prise en compte des processus externes. Les cycles de vie des connaissances qu'ils proposent sont résumés par les figures ci-dessous.



**Figure 3-29 : Représentation du modèle SECI de Nonaka**



**Figure 3-30 : Résumé des problèmes de capitalisation des connaissances en entreprise, proposé par Grundstein dans le modèle GAMETH**



**Figure 3-31 : Gestion du patrimoine de connaissances à travers les processus externes, d'après Ermine et le modèle Marguerite**

Deux remarques sont à noter sur ces trois approches. D'abord, en prenant en compte les constructions de Nonaka, elles reposent sur la distinction binaire entre connaissances

explicites et connaissances implicites. Si cette distinction permet d'amorcer la capitalisation des connaissances, elle peut paraître insuffisante pour l'acquisition d'expertise. L'expérience pédagogique montre qu'il ne suffit pas de lire une connaissance explicitée pour se l'appropriée en tant qu'expertise. Une mise en œuvre à travers des exemples et des cas concrets est par exemple souvent nécessaire.

En effet, principalement basées sur la construction donnée / information / connaissance, elles prennent difficilement en compte le savoir et la capture du contexte, très dépendant de l'intentionnalité de l'utilisation et donc de l'individu. Si le premier impact est la remise en cause de la distinction binaire implicite / explicite que l'on vient de voir, cette simplification du modèle peut induire un déficit de prise en compte des a priori historiques dans l'évolution de l'application des expertises. L'expertise risque alors d'être reconnue comme absolue et non comme une construction dans le contexte d'application.

Ainsi l'épistémologie amenant au couple explicite / implicite peut être remise en cause comme le fait par exemple Spender [SPE 98] avec une approche multidimensionnelle du savoir. Stenmark [STEN 02] résume plusieurs constructions épistémologiques servant de base à du KM :

- Tacite, explicite [NON 94]
- Individu, groupe, organisation et inter-organisation ([NON 97] cité dans sa version anglaise de 95)
- Propriétaire, publique, personnel et sens-commun [BOI 95]
- Tacite, explicite et culturel [CHO 98] [CHO 00]
- « Embodied, embedded, embrained, encultured, and encoded » [BLA 95]
- Tacite, explicite, individuel et collectif [SPE 98]

Comme la définition de modèle<sup>5</sup> le faisait entendre, il n'est pas possible de construire une vue objective d'un modèle unique de connaissance source de KM, seule une vue de consensus est envisageable. Difficile à définir, le modèle de connaissance d'un projet doit donc donner lieu à une phase d'identification des besoins pour construire les typologies à piloter. Le choix de ces typologies montre qu'au-delà de la dimension propre à l'expertise, il existe de la connaissance de projet. Le couple domaine / projet incite à distinguer les éléments propres à l'exécution de l'objectif de l'expertise des éléments permettant de modifier la gestion de cette expertise. Les méthodes proposant des modèles prédéfinis figent la dimension projet de l'expertise et contraignent la progression de la maturité de la gestion de l'expertise durant le projet d'intégration. L'avantage est d'assurer une progression effective mais la contrepartie est un manque de flexibilité aux contraintes spécifiques du projet et donc une diminution des prérogatives de la maîtrise d'ouvrage et éventuellement d'une ouverture sur des pistes plus favorables à la spécificité du projet d'intégration. Les méthodes existantes ne sont toute fois

---

<sup>5</sup> « Un modèle est un consensus sur une représentation partielle de la réalité: »

bien sûr pas inutiles et peuvent convenir dépendamment des situations. La difficulté tient alors dans leur confrontation et dans la pertinence du choix et la possibilité de maîtrise selon un cadre donné.

### 3.3.4 Outil : Les méthodes MKSM et MASK

Le modèle d'Ermine Information / Sens / Contexte, introduit précédemment dans le positionnement de l'expertise comme partie supérieure du triangle correspondant, forme un « microscope de la connaissance » à partir duquel ont été construites les méthodes MKSM puis MASK. Merlo [MER 03] revient sur la formation de ces méthodes. Le microscope est formé par la mise en perspective des deux approches, systémique et sémiotique, introduites par Ermine. Le triangle systémique est appliqué à chaque sommet du triangle sémiotique Information / Signification / Contexte, comme illustré par la figure ci-dessous. Merlo explique que MKSM est formé à partir de six de ces neuf axes et que MASK complète MKSM en intégrant les aspects d'évolution (Modèle historique, modèle de lignée et modèle de traitement).

L'intégration de cette deuxième phase montre l'importance de l'aspect temporel mis en exergue dans la comparaison entre connaissance et savoir. La connaissance vise une construction objective historique mais il ne faut pas passer outre la construction à partir des a priori historiques (ou encore la démarche archéologique) d'évolution des savoirs appliqués.

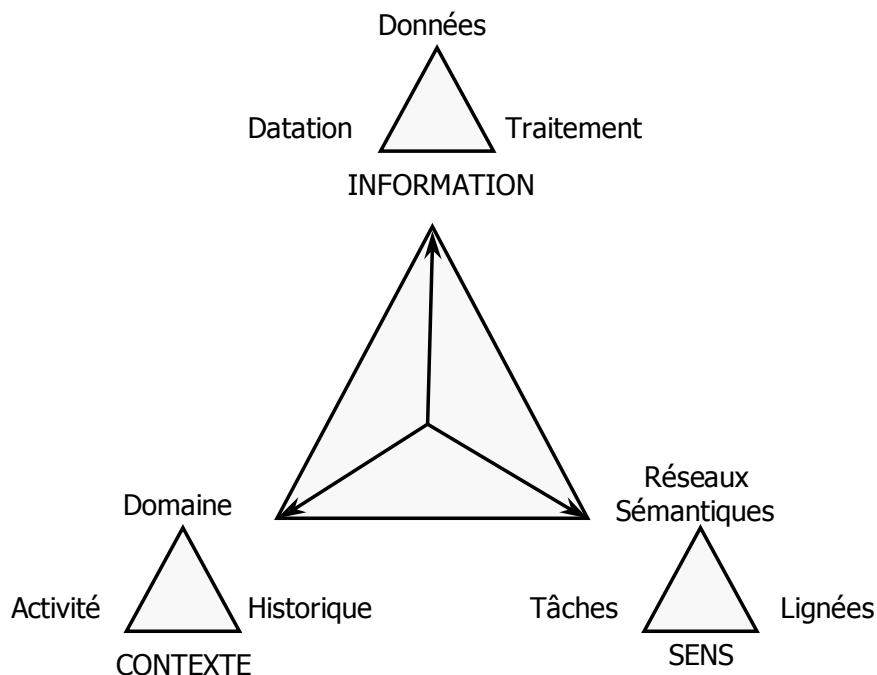


Figure 3-32 : Macroscopie de la connaissance [ERM 01] donnant lieu aux modèles présents dans les méthodes MKSM et MASK

Ammar-Khodja [AMM 04] rappelle l'articulation en trois étapes de MASK, le cadrage, le cycle de modélisation et le schéma d'orientation. La phase de cadrage montre l'importance de l'initiation du projet avec le besoin d'une prise de responsabilité à la fois de la hiérarchie et des partenaires. On peut néanmoins s'interroger sur la capacité de flexibilité du « Macroscopie

de la connaissance » face à la réalité du contexte étudié. Les modèles ne sont pas forcément tous étudiés. On peut également imaginer l'intégration d'autres modèles répondant plus exactement à certains contextes (par exemple des modèles de décision de la méthodologie GRAI [@GRA]).

Le cycle de modélisation reprend les étapes déjà identifiées d'extraction et de formalisation à travers les modèles de domaine, d'activité et de tâches. On peut considérer obtenu le systématisme de la phase de structuration, à travers l'approche croisée des différents modèles. Cependant les liens entre les modèles ne sont pas triviaux [AMM 04]. Le schéma d'orientation détaille quant à lui la manière d'utiliser le système construit, à travers la stratégie, la tactique et les risques induits.

Cette illustration de l'approche KM implique une orientation relativement large par rapport à l'entreprise étudiée. Cependant elle préfigure la phase de déploiement d'outil d'assistance, décrite par les deux points suivants, qu'elle peut initier par une décision stratégique d'assister plus spécifiquement une partie ou une autre de l'utilisation de l'expertise modélisée.

### **3.3.5 Du KB à l'application finale, KBS ou KBE**

Pour positionner les concepts de KBS et de KBE, on peut reprendre l'introduction faite sur [@MOK], librement traduite de la manière suivante :

#### **Qu'est ce que l'ingénierie basée sur la connaissance ?**

L'Ingénierie à Base de Connaissances (Knowledge-Based Engineering ou KBE) concerne l'informatisation des processus associés aux produits industriels. L'exploitation du capital associé à la connaissance de conception a été reconnue comme source d'économie importante sur le coût et le temps d'obtention de la conception détaillée de nouveaux produits.

#### **Quelle est la différence entre KBE et KBS**

Les Systèmes à Base de Connaissance (Knowledge Based Systems ou KBS) et les systèmes de KBE font partie du champ de technologie résumé par Intelligence Artificielle (Artificial Intelligence ou AI). Les systèmes experts ou les systèmes à base de règles sont d'autres membres de ce groupe. Le comportement intelligent d'un système se présente à travers des inférences symboliques et l'utilisation d'heuristiques. Le terme de Système à Base de Connaissance s'applique à tout système assurant une tâche en appliquant un répertoire de règles à des représentations symboliques des connaissances, plutôt que des méthodes plus algorithmiques et statistiques. Une clef caractéristique des KBS réside dans le degré prononcé de séparation entre leurs connaissances et les modules de contrôles. La différence majeure entre KBE et KBS provient de la particularité du domaine sur lequel l'AI est utilisée. Le processus d'ingénierie est par définition un processus itératif. La base de connaissances doit être maintenue synchronisée avec le rythme des répétitions du processus d'ingénierie. De plus l'ingénierie nécessite et produit des éléments qui posent des problèmes de manipulation. Tout System à Base de Connaissance appliqué au domaine de l'ingénierie devra supporter des données produites par les aspects géométriques du processus, inextricablement lié au produit

final. Les données de sorties sont mieux traitées si elles sont considérées en tant qu'objet. Ainsi la base de connaissance devra être basée sur le paradigme de l'ingénierie logicielle Orientée Objet.

### **Le besoin d'un cadre pour les connaissances**

Jusqu'à maintenant il n'y a pas eu de manière courante de collecter, structurer et formaliser les connaissances d'ingénierie associées à la conception. Cela ne rend pas seulement plus difficile la planification et l'organisation du processus de construction d'applications de KBE mais signifie également que leur maintien à jour et la réutilisation de module est quasiment impossible. MOKA a été créé pour combler ce vide.

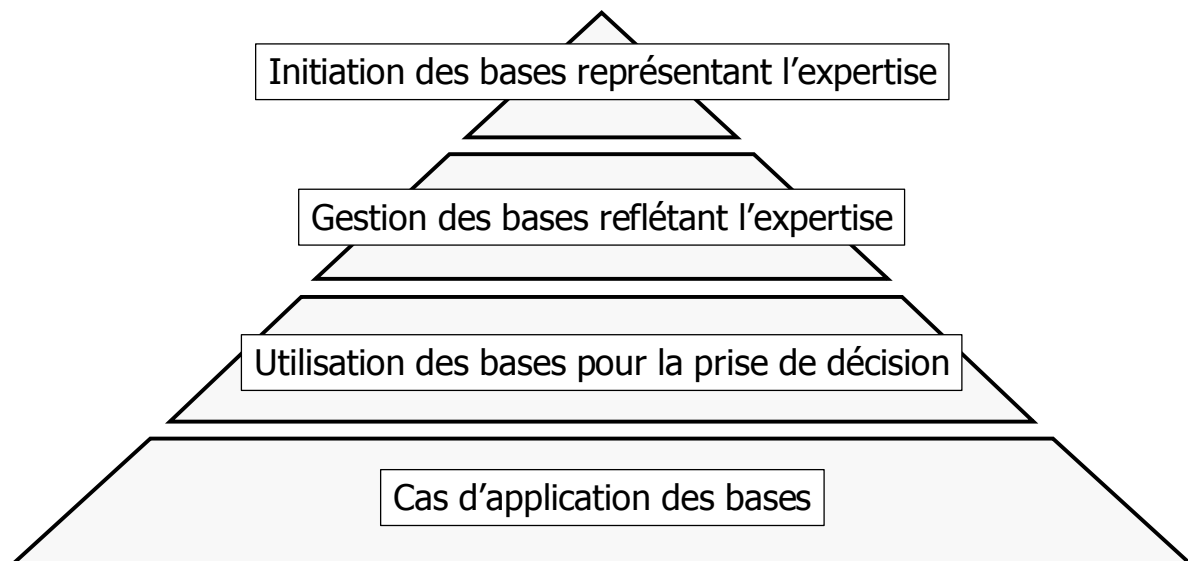
Il faut distinguer trois entités différentes pouvant être qualifiées relativement au KBE : l'ingénierie elle-même basée sur des connaissances formalisées, la méthodologie de gestion des connaissances pour assister l'ingénierie et enfin l'application finale. A partir de ce point, KBE est utilisé dans le premier sens, méthodologie ou méthode de KBE pour le deuxième et application de KBE ou application KBE pour le troisième.

Ce point complète l'approche du « schéma d'orientation » de MASK par un besoin d'interaction entre l'utilisateur et la capitalisation de l'expertise et le besoin d'une maintenance capable non seulement d'assurer le fonctionnement de l'outil de support à la méthodologie mais aussi sa projection dans des utilisations futures. Un besoin d'application spécialisée émerge : l'application de KBE.

L'application de KBE est donc l'interface qui reflète à travers le premier filtre du KM un domaine d'expertise particulier dont elle doit gérer les flux. Une application de KBE est reliée par conséquent à une ou plusieurs bases de données (ou base de connaissance, d'information ou autre, selon la littérature étudiée, mais décrivant des tables contenant des éléments structurés). Cela implique deux niveaux de fonctionnement, identifiables notamment via le couple domaine / projet :

- Définition, déploiement et mise à jour des bases de données (fonctionnement orienté administrateur). Ce niveau est fortement déterminé par les contraintes du projet et impacte l'expertise modélisée. La flexibilité laissée dans la gestion de ce niveau est une garantie facilitant les transformations dues à l'évolution de la maturité de la gestion de l'expertise.
- Utilisation des bases de données pour la prise de décision (fonctionnement orienté utilisateur) et éventuellement retour d'expérience vers le niveau précédent. Cette fois on se situe plus directement dans l'expertise du métier, au niveau de maturité de la maîtrise du domaine fixé comme objectif du projet.

Chaque niveau a donc un niveau de pilotage et un niveau d'application. Les quantités d'éléments de ces niveaux s'élargissent jusqu'aux différents cas adressés (potentiellement infini) et des données contenues. Ces niveaux sont illustrés par le schéma ci-dessous.



**Figure 3-33 : Niveaux de gestion des bases de connaissance dans le cadre d'une application de KBE**

Les domaines qui nécessitent la création d'une application de KBE sont naturellement des tâches complexes qui ne permettent pas une intégration exhaustive et complètement automatisée (sinon, comme l'introduction l'explique, d'autres méthodes d'AI plus automatiques pourraient être utilisées). Il s'agit souvent de processus complexes, reliés entre eux dans un maillage non linéaire et souvent changeant d'un groupe de personne à l'autre. Les fonctionnements initiaux s'approchent de l'intuitif et d'un fonctionnement par essais / erreurs pour faire converger des problèmes à plusieurs variables dont la combinatoire est largement trop grande pour une approche systématique. Les applications de KBE ont donc pour enjeux :

- D'harmoniser les processus d'utilisation d'une expertise et leurs résultats entre les utilisateurs
- De fiabiliser les processus de l'expertise
- D'accélérer la prise de décision et l'obtention de résultats

La phase de modélisation est donc suivie par un raffinement des concepts. Dans la recherche d'homogénéité et de cohérence, des concepts sont mis en évidence pour piloter le reste des éléments d'expertise à travers le déploiement de l'application. Les choix déterministes sur l'utilisation de la capitalisation doivent être effectués à partir d'eux. On atteint ainsi la notion de plate-forme qui sous-tend plusieurs questions [ISH 04] :

- Comment assurer la transformation de l'expertise d'origine vers des outils d'assistance plus robustes ?
- Comment définir le périmètre des différents modules ou interfaces la constituant ?

- Comment assure-t-on la fiabilité de son utilisation dans un réseau d'utilisateurs éventuellement distribué ?
- Comment définir la balance entre la fiabilité recherchée et les questions de coûts et de services ?
- Est-il possible de gérer les risques liés à son développement et son utilisation ?

Les bénéfices sont les corollaires de ces questions : fiabilité et prévention des risques, meilleure utilisation des ressources, maintenance facilitée, réutilisation. Avec une architecture simplifiée, on augmente alors les possibilités de réponses. Les méthodologies CommonKADS et MOKA s'inscrivent dans cette perspective.

### **3.3.6 Outil : les méthodologies CommonKADS et MOKA**

Les deux méthodologies décrites dans ce point repartent des principes proposés notamment par MKSM. L'étape précédente de KM est complétée par une deuxième étape d'intégration vers une application spécialisée dans l'assistance de l'expertise étudiée.

La méthodologie CommonKADS [AMM 04] [SCH 99] [@KAD] étend et complète KADS (Knowledge Acquisition and Design System) pour constituer une méthodologie complète. Elle vise à faciliter le développement d'application intégrant des connaissances. Le type d'expertise adressée correspond aux activités « Knowledge intensive », dénomination laissée délibérément vague pour signifier une large possibilité d'adaptation. De même, le terme utilisé pour définir le type d'application développée a évolué de « système expert » vers « système à base de connaissance » puis enfin « système de connaissance » (« knowledge system »). Cette évolution est significative de l'évolution de la considération de l'expertise, initialement cantonnée dans des « bases » et maintenant reconnue comme partie prenante de la plupart des applications dédiées à l'assistance d'une tâche complexe.

Les constats tirés des expériences de KM dans [SCH 99] et servant de bases de réflexion à la méthodologie corroborent les conclusions obtenues dans les analyses précédentes de ce chapitre. Elles peuvent être résumées par les points suivant :

- La gestion de la connaissance (connaissance est utilisée dans cette liste comme traduction de Knowledge) doit être tournée vers les individus car la connaissance réside en grande partie dans les individus.
- La connaissance est relative à l'activité par laquelle elle est sollicitée. La connaissance s'inscrit dans une dynamique et sa valeur s'active par rapport à une action, à un objectif.
- Pour ces deux raisons, la connaissance implique un fonctionnement en réseau et le maintien d'une connectivité entre des acteurs partageant cette même ressource. Elle représente un fort enjeu de communication.

Cette méthodologie comporte plusieurs principes constitutifs, dont notamment :



- Séparer la phase de conceptualisation de l'expertise (ou des connaissances) de son intégration
- Regrouper les connaissances selon leur homogénéité et leurs objectifs, en essayant de maintenir visible les contextes d'application
- Obtenir, capitaliser et utiliser des blocs ou modèles génériques de connaissance
- Préserver les schémas obtenus dans la phase conceptuelle lors du déploiement de l'application

La méthodologie MOKA défend une approche plus directement dédiée à l'ingénierie et constitue une alternative spécialisée à CommonKADS.

MOKA (Methodology & software tools Oriented to Knowledge based engineering Applications) est, à l'origine, un projet de recherche européen qui a eu pour objectif le développement d'un cadre pour modéliser et représenter des connaissances de conception et d'ingénierie [AMM 04] [CAL 98] [@MOK]. L'issue de ce projet comprend une méthodologie et un outil de support tous deux également nommés MOKA. On entend dans ce document MOKA au sens de méthodologie, à moins d'une précision contraire.

La distinction entre un modèle formel et un modèle informel, spécifique à MOKA, tend à dépasser l'alignement classique entre ce qui est modélisé et ce qui ne l'est pas et le couple formel / informel. MOKA donne ainsi l'occasion de référencer des éléments de savoir et de les positionner dans une construction assurant la cohérence épistémologique. La figure suivante schématise les étapes de modélisation de MOKA conduisant à l'application finale :

- Phase MOKA Informelle, avec le modèle ICARE (précisé ci-après)
- Phase MOKA Formelle, avec le modèle MML (MOKA Modelling Language, i.e. UML spécialisé pour MOKA)
- Application finale

# MOKA

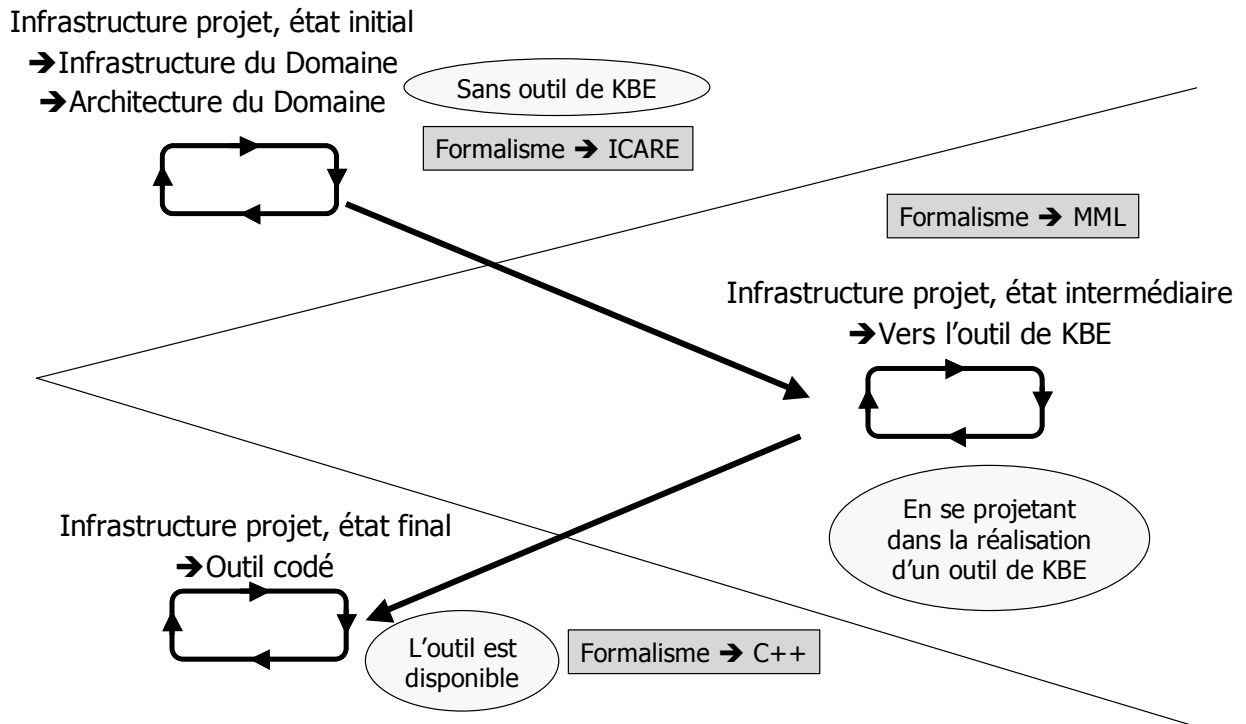
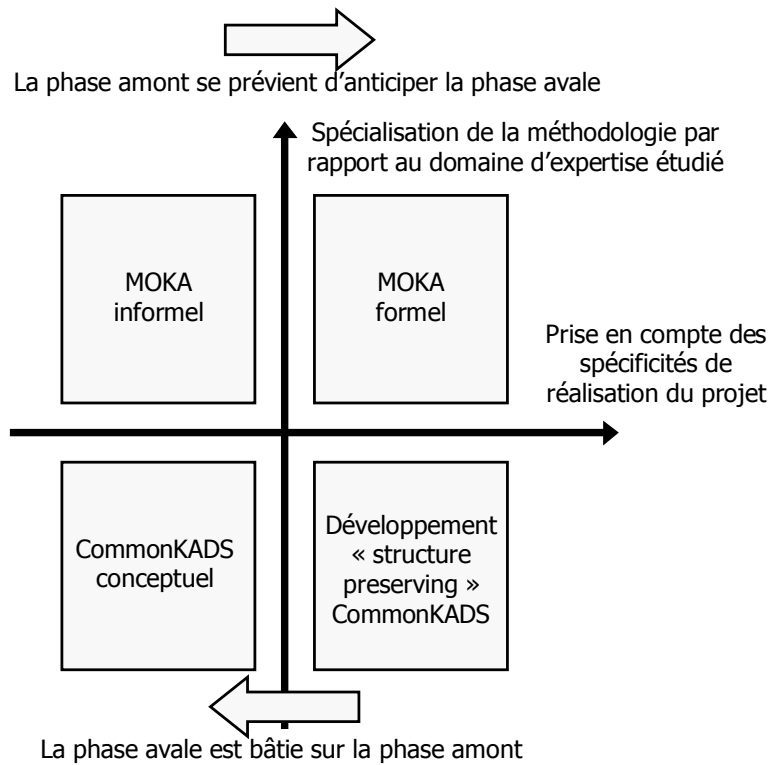


Figure 3-34 : Schéma de principe de la méthode MOKA

Une différence intéressante entre CommonKADS et MOKA provient de la recherche dans la première méthodologie de schémas à appliquer alors que le premier modèle informel de MOKA sous-entend une liberté de formalisation des schémas capturés. Pourtant là aussi, une ontologie des connaissances participe à la structuration préalable de l'expertise. Il s'agit du modèle ICARE : Illustration, Contrainte, Activité, Règle et Entité.

Dans chacune des quatre phases illustrées dans le schéma ci-dessous, il existe donc un enjeu relatif au couple syntaxe / sémantique quant à la réalité de l'expertise modélisée par rapport à l'expertise attendue ou entendue entre les acteurs du projet. L'utilisation des modèles d'expertise pour la maîtrise d'ouvrage impose donc le positionnement parallèle au plan décrit dans cette figure, de concepts permettant d'identifier comment et dans quelle mesure sont réalisées les phases de modélisation et d'intégration.



**Figure 3-35 : Positionnement relatif des principales phases MOKA et CommonKADS selon le couple domaine / projet**

L'analyse de ces deux méthodologies permet de mettre en évidence une partie des besoins nécessaires pour l'assistance à la maîtrise d'ouvrage pour la modélisation et l'intégration d'une expertise. Voici ce que confirme ou met en évidence cette analyse :

- Il est difficile d'être générique sans être complexe et sans perdre de pertinence sur certains points par rapport à des solutions spécialisées. Même les approches génériques doivent être complétées par des outils de questionnement et d'identification des spécificités d'un projet.
- Il existe un réel enjeu à identifier et maîtriser les combinaisons des couples connaissances / savoirs et formel / informel, notamment à travers la définition syntaxique des liens les unissant (comme par exemple dans la proposition du modèle ICARE).
- Il y a un besoin distinct de maîtrise de l'expertise et de maîtrise de la coopération (couple domaine / projet), qui signifie l'existence de niveaux de maturité de la gestion de l'expertise.

Comme l'a présenté l'étude sur l'ontologie, il existe une problématique d'homogénéité des représentations entre les individus mais également entre les utilisations de ces représentations. Les méthodologies présentées dans ce point tentent de séparer la captation de l'expertise des objectifs, des contraintes ultérieures qui conditionnent l'intégration. Deux phases aux objectifs différents apparaissent sous un même cadre. Cela signifie qu'au-delà des spécificités de ces deux principales phases (rappelées pour chacun des deux exemples dans l'illustration

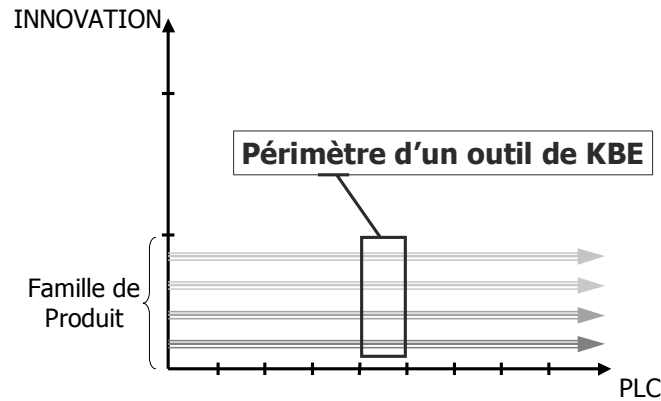
précédente), il existe une stratégie de maîtrise du projet. Les méthodologies présentées présupposent une utilisation directe et linéaire. Cependant le déclenchement de ces méthodologies dépend de la maturité maîtrisée de gestion de l'expertise. Une organisation choisissant de les appliquer peut se situer à un autre niveau dans sa maturité de gestion de l'expertise étudiée. Ces différents niveaux possibles sont étudiés dans le point de synthèse suivant. L'existence d'un cadre méthodologique au-dessus de plusieurs phases et la dépendance à des niveaux de maturité de l'expertise soulignent le besoin d'une assistance méthodologique souple pour naviguer dans les possibilités d'ordonnement des différentes phases de modélisation et d'intégration, dépendamment des niveaux maîtrisés et envisagés de maturité de la gestion de l'expertise.

### **3.3.7 Niveaux de maturité de la gestion de l'expertise**

Le périmètre d'une application de KBE vise un espace précis de la chaîne du cycle de vie des produits. Il s'agit classiquement de la conception des produits mais d'autres aspects peuvent être considérés comme la gamme de fabrication dans le projet USIQUICK [@USI] par exemple. Il a été proposé d'articuler en deux étapes la gestion des connaissances aboutissant à une application de KBE (du K au KB et du KB au KBS). La base obtenue à la première étape doit être capable d'absorber les innovations et les changements de la pratique de l'expertise étudiée. Une fois déployée, elle est sensée pouvoir entretenir la capitalisation (cf. les cycles de vie de la connaissance de Nonaka, Grundstein ou Ermine introduits plus haut.). La difficulté de la deuxième étape consiste à construire un outil dédié à cette expertise tout en maintenant dans l'outil la possibilité de se redéployer pour s'adapter aux changements majeurs. Pour une application donnée, on obtient donc le périmètre schématisé par la figure suivante. Il faut donc introduire dans le système de gestion, des connaissances propres à la dynamique de projet illustrant les collaborations nécessaires pour maîtriser l'architecture de ce projet.

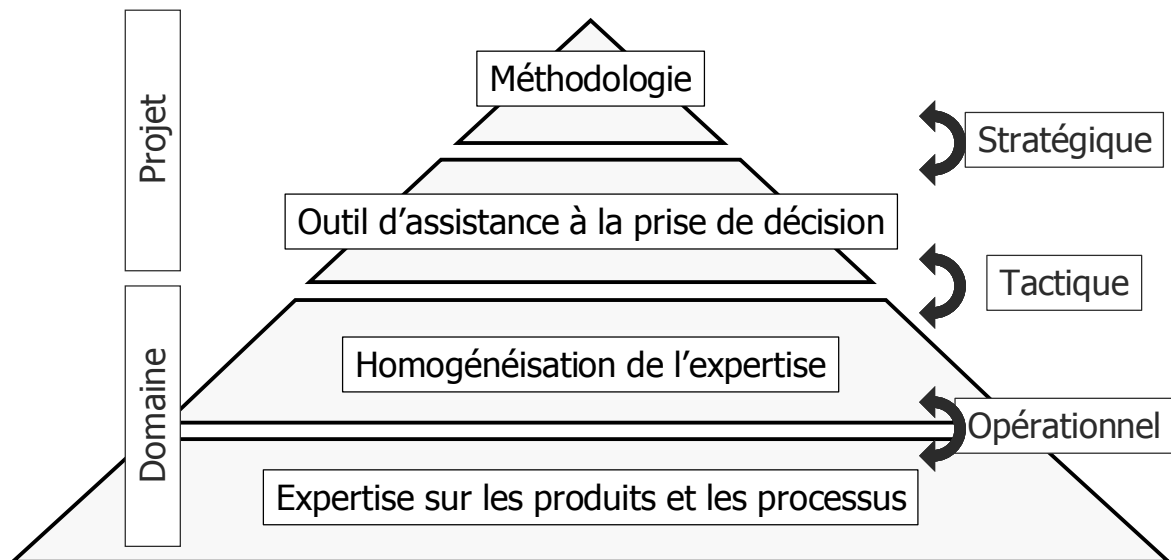
En effet, la notion de relativité de l'expertise intégrée dans l'application inscrit cette application dans une perspective temporelle. Le projet de déploiement et de maintien de l'application de KBE doit donc gérer en plus des connaissances du domaine étudié, des connaissances propres au projet lui-même pour pouvoir conserver son aspect dynamique. Le pilotage du projet se dirige vers une gestion des décisions soutenue par la maîtrise de l'expertise relative à son contexte. L'intégration des connaissances « de projet » doit permettre de relativiser les connaissances « de domaine » et donc de faciliter la construction d'un système plus flexible qui prendra en compte les évolutions. Ces connaissances « de projet » doivent également permettre de justifier aux utilisateurs les modifications de leurs méthodes de travail introduites par les nouveaux outils informatiques.

# Innovation & KBE



**Figure 3-36 : Positionnement des applications de KBE par rapport à l'évolution du cycle de vie du produit (Product Life Cycle, PLC)**

Le différentes possibilité d'évolution désirée pour l'application de KBE implique l'existence de plusieurs niveaux de maturité de la gestion de l'expertise. La dimension domaine apporte une idée d'identification et le besoin de son abstraction à travers la représentation pour en capturer l'objectivité. La dimension projet ajoute également deux niveaux à l'échelle de maturité selon le même mécanisme. En mettant en évidence la prédominance des dimensions domaine et projet, la figure suivante reprend la pyramide déjà introduite pour illustrer ces quatre niveaux. Dans les quatre paragraphes suivants, ces niveaux sont décrits et articulés par les trois niveaux de décision : opérationnel, tactique et stratégique.



**Figure 3-37 - Niveaux de maturité de la gestion d'une expertise dans la création d'une application KBE**

L'expert métier face à sa tâche constitue le premier niveau de maturité de gestion. Il s'agit d'une maîtrise technique obtenue plus ou moins formellement par l'histoire de la structure. Il ne faut pas confondre le type de maturité avec l'excellence de la maîtrise de l'expert qui n'est pas discutée ici. Néanmoins, d'un expert à l'autre les connaissances ou savoirs utilisés

peuvent être sensiblement différents pour effectuer une même tâche. Ce niveau est nommé niveau « Produits / Processus » étant donné son objectif direct et instantané de production. La recherche d'amélioration sur ce niveau démarre un cycle de projet de gestion de la connaissance qui peut mener par exemple à la création d'une application KBE. Signe avant-coureur, les différents experts ressentent le besoin d'améliorer la précision, la répétabilité et le temps d'exécution de leur tâche.

La recherche d'un contrôle opérationnel amène donc un nouveau niveau de partage des expertises du métier, orienté vers l'amélioration des processus. On parle parfois de « lissage » ou de « peignage » des processus. A ce niveau, les pratiques sont analysées pour trouver des voies d'amélioration. La simplification des échanges, la mise en commun d'outils, de pratiques ou de vocabulaire en font partie. Ce niveau « Modélisation » reflète une volonté commune de travailler en groupe, selon une conscience percevante commune. Cependant l'expertise manipulée est encore très spécifique au domaine, les perspectives de projet sont encore faibles et une sorte de conservatisme prévient les modifications du métier. Si les personnes concernées maintiennent cependant une volonté d'amélioration, elles sont amenées à formaliser le fonctionnement de ces interactions dans un niveau supérieur qui implique la modification profonde de leur expertise par l'intégration de nouvelles technologies.

Cette nouvelle formalisation vise un degré d'amélioration à travers la coordination des efforts. On obtient une nouvelle orientation de la connaissance non plus seulement technique mais également sociale. Tous les acteurs proches ou éloignés de l'expertise sont alors susceptibles de proposer des solutions innovantes. Les processus qui sont visés par ce niveau « Intégration » ne concernent plus seulement la production mais de manière plus notable les interactions humaines, vecteurs de changement. C'est à ce niveau que se décide la création d'une application KBE pour que l'utilisation de cet outil remplace à terme les pratiques présentées aux deux niveaux précédents. La stabilisation du maniement des connaissances de ce niveau correspond à une maîtrise des choix tactiques. Elle permet l'introduction argumentée de nouvelles méthodes ou technologies. L'expertise est profondément modifiée. Cependant, ce niveau d'organisation reste dépendant de la structure et des personnes concernées qui construisent à travers leur subjectivité commune une nouvelle conceptualisation de référence. Pour stabiliser les pratiques sociales établies, il faut rechercher un niveau d'abstraction encore supérieur.

Pour pérenniser les systèmes sociaux de gestion de la connaissance, un niveau induit par la stratégie s'impose. Il s'agit par exemple de définir les valeurs défendues, les normes respectées et les efforts de normalisation. L'expertise manipulée à ce niveau de « Généralisation » doit pouvoir être utilisée d'une structure à une autre par des personnes différentes. Les connaissances concernées sont donc rares, de fortes valeurs et impliquent de profondes transformations des pratiques. Par contre elles possèdent un haut niveau d'objectivité. Elles ne peuvent évidemment pas exister sans les niveaux inférieurs car comment imaginer le respect d'une norme ou la défense de valeurs dans une entreprise où les gens ne collaborent pas dans une perspective d'amélioration de leur pratiques respectives. Les

connaissances de ce niveau agrègent l'ensemble des justifications des niveaux inférieurs pour approcher de ce qu'on peut appeler une science.

L'expérience de création d'une application KBE généralisée à ce niveau permet d'envisager le déploiement de plate-forme similaire pour d'autres domaines et, à terme, d'intégrer l'ensemble du cycle de vie du produit. Cette approche par plate-forme doit chercher dans un processus continue, à être suffisamment souple et abstraite pour éviter les « competency traps » (Piège de compétence [LAB 04]). Si l'abstraction de l'essence d'une méthodologie de conception d'une application KBE est poussée vers cette généralisation, on arrive à des principes de gestion de projet comme les conseils en 10 points présentés précédemment [MIN 03] [PRO 03] ou des recueils comme le PMBOK (Project Management Body of Knowledge), c'est à dire à des standards, voire des normes.

Cette construction « croissante » peut être inversée. Une démarche « Qualité » peut par exemple être mise en place à partir du niveau de généralisation. Les décisions sont répercutées pour intégration dans les diverses sections concernées. Suivant les décisions tactiques de ces sections, chaque expertise agit ensuite sur le partage de ses propres représentations pour être modifiée au niveau opérationnel. Le modèle Middle / Top / Down est également très répandu. Les efforts d'homogénéisation d'un groupe d'individus sont repris par la direction pour être ensuite rediffusés sur l'ensemble de la structure.

Après, chaque structure peut avoir une stratégie différente. Le caractère innovant ou routinier de chaque niveau est évidemment relatif à l'expertise de chacun et au domaine étudié. Chaque structure peut décider de spécialiser une partie de ses effectifs sur chaque niveau, d'avoir une approche globale ou bien de se placer en conseiller expert sur un niveau unique. La démarche entreprise ici tente d'adresser l'ensemble de ces niveaux et de retirer des principes permettant d'en gérer l'articulation le plus facilement possible. La pertinence des enjeux discutés dans les parties suivantes peut s'évaluer suivant le degré maximum adressé sur l'échelle présentée dans la figure suivante.

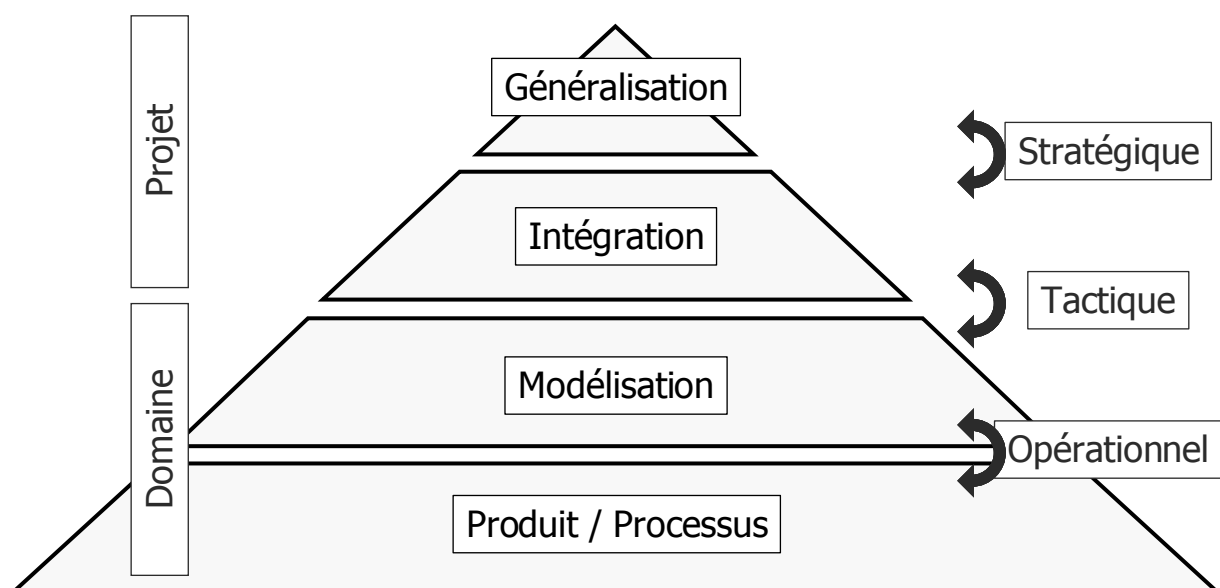


Figure 3-38 : Synthèse des niveaux d'analyse de la maturité de la gestion des expertises

## **Niveaux d'analyse de la maturité de la gestion des expertises**

### **Niveau Produit / Processus :**

A priori historique, manipulation des connaissances et savoirs propres au domaine d'expertise.

L'expertise est gérée à travers la gestion des individus. Les pratiques peuvent varier d'un expert à l'autre. Les projets d'assistance dans ce cadre produisent des applications très simples (macro, fonction...) pour faciliter un élément précis et récurrent de l'expertise. Celle-ci n'est pas réellement modifiée par les projets d'assistance.

### **Niveau Modélisation :**

Conscience percevante, manipulation des connaissances et savoirs dans une perspective d'homogénéisation et d'amélioration.

Les acteurs se préoccupent de la qualité de leur expertise et mettent en commun leur pratiques pour aboutir à un fonctionnement commun. Les projets d'assistance passent par une phase de modélisation qui aboutit notamment à des procédures. Grâce à elles, la montée en compétence et les temps d'exécution sont réduits. L'expertise perd en diversité mais gagne en robustesse.

### **Niveau Intégration :**

Conceptualisation, manipulation des connaissances et savoirs pour optimiser et fiabiliser les relations de collaboration entre expertises.

A ce niveau s'opère un profond changement par la prise en compte de l'outil informatique. On envisage une systématisation de l'expertise et de ses principes qui donne lieu à des développements soit méthodologiques soit informatiques. L'interaction entre les experts et l'organisation est au cœur du changement. Les projets de ce niveau se trouvent à l'intersection d'une ou plusieurs expertises de l'entreprise et modifient fortement leur perception par les acteurs. Le changement est beaucoup plus lourd. Il est difficile à assumer seulement par les experts et nécessite l'entrée de nouveaux acteurs responsables de la dimension « projet ».

### **Niveau Généralisation :**

Science, Manipulation des connaissances et savoirs dans une perspective d'abstraction et de propagation de l'expérience de modification d'expertise.

Les comportements de l'expertise sont maîtrisés. Les forces et les faiblesses sont connues et des mesures sont prises pour prévenir les erreurs. L'intégration des évolutions de l'expertise est planifiée. La généralisation permet le transfert des principes vers d'autres applications.

Le tableau ci-dessous reprend cette échelle d'évaluation du niveau de maturité de gestion des connaissances et la compare à des approches similaires. Le but n'est pas de montrer la supériorité d'une analyse sur l'autre, étant donné qu'elles s'appliquent à des contextes différents. Il s'agit de montrer l'actualité de ces considérations et d'en valider la structuration.



Dans la deuxième colonne, les cinq générations d'entreprises [AMI 97] sont introduites pour montrer l'idée d'évolution qui sous-tend l'importance de maîtriser les niveaux les uns après les autres. Le « Capability Maturity Model » ou CMM [RAD] formalisé dans la norme ISO 15504, propose l'évaluation et une vue de l'évolution des capacités de développement logiciel. Il apporte un éclairage sur les éléments opérationnels de gestion de l'expertise. La dimension décisionnelle [DOU 84] constitue une articulation forte de ces différents niveaux. Ces articulations sont reprises dans la quatrième colonne. Avant dernière colonne, la synthèse personnelle reprend l'interprétation des quatre premières colonnes et propose une vision des étapes de progrès autour des discussions précédentes sur le groupe et l'informatique. Elle tente de décrire les tendances que subit la problématique de maîtrise des expertises et les nouveaux enjeux posés par une démarche de réseau. Enfin, la dernière colonne résume succinctement ces niveaux à l'aide du couple projet / domaine mis en évidence plus haut. « K » est à comprendre au sens large comme la somme de ce qui constitue l'expertise.

Echelle de mesure	Génération d'entreprise	Capability Maturity Model	Dimension décisionnelle projet	Synthèse personnelle	Catégorie de K
		Niveau 1 « initial » : Crises, absence de procédures, fort Turnover		"Fire Fighting"	
				ARTISANAT	
Produit / Process	1ère - Actif: Produit (changement imprévisible)	Niveau 2 « reproductible » : Expertise garantie par l'engagement humain		"a la main"	K domaine peu partagé
			opérationnelle	INFORMATIQUE: Homme - Machine	
Modélisation	2ème - Actif: Projet (Interdépendance)	Niveau 3 « défini » : formalisation des procédures, gestion des compétences		le PC, les outils du commerce	K domaine partagé
			tactique	INFORMATIQUE: Homme - Machine - <b>Homme</b>	
Intégration	3ème - Actif: Entreprise (Technologie et Management systématique)	Niveau 4 « maîtrisé » : Mesure et amélioration de l'expertise		interopérabilité, mise en commun, travail transverse sur le PLC	K projet
			stratégique	INFORMATIQUE: Homme - Machine - <b>Groupe</b>	
Généralisation	4ème - Actif: Client (changement global, REX)	Niveau 5 « optimisé » : Veille technologique, amélioration continue		prévoir les comportements, les erreurs...	K projet normalisé
				INFORMATIQUE: "Knowledge Workers"	
	5ème - Actif: Connaissance (Innovation participative, réseaux symbiotiques)			Autonomie d'apprentissage, synergie au delà des barrières (entreprises, pays)	

**Tableau 3-4 : Comparaison de l'échelle proposée avec les générations d'entreprises, le CMM utilisé en informatique et les niveaux de décision**

Si les dimensions présentées introduisent plus de niveaux que la catégorisation retenue, il faut rappeler que la construction présentée dans ce point n'envisage pas l'exhaustivité mais cherche à éclaircir et positionner les problèmes autour de la modélisation et de l'intégration d'expertise. En s'appuyant sur l'enchaînement K / KB / KBS et les méthodes introduites précédemment, les quatre niveaux introduits, élargissant d'un degré aval et d'un degré amont les niveaux modélisation et intégration, donnent au projet de déploiement d'application de KBE une échelle suffisante pour prendre en compte la plupart des cas. Seuls deux niveaux sortent du scope. D'abord les situations dites de « fire fighting » sont incompatibles avec le recul nécessaire à une approche de gestion d'expertise. A l'autre extrémité des enchaînements, le niveau correspondant aux réseaux symbiotiques est atteint quand les processus d'amélioration continue du niveau de généralisation se sont propagés suffisamment. Les remises en cause des modèles économiques et d'organisation qui sont susceptibles d'être

induits sortent du scope de la modélisation et de l'intégration d'expertise. Les concepts méthodologiques construits dans ce document tentent seulement de préparer et d'accompagner ces transitions.

### **3.4 Synthèse**

Les trois sections de ce chapitre se résument de la manière suivante :

- Une étude épistémologique : construction et positionnement du modèle d'expertise, émergence des besoins et mise en évidence de premiers points de méthodologie
- Etude des systèmes d'interprétation de l'expertise et la répartition de la responsabilité entre le groupe, l'individu et l'informatique.
- Grandes catégories d'outils de gestion de la connaissance

Suite à la construction d'un modèle d'expertise, les systèmes de création de valeur ont été mis en perspectives par rapport à l'individu et au groupe, à travers la problématique de l'innovation. Dans la deuxième section, la conjonction des différentes définitions étudiées de la connaissance valide l'hypothèse de l'absence de connaissance dans un support informatique. A priori, dans l'état actuel de la technologie, il s'agit seulement d'un moyen de manipuler des données, voire de l'information. On parle de traces de la connaissance. Le manque de recul par rapport à cet état peut entraîner une utilisation inefficace de l'ordinateur, par rupture des liens de responsabilités. Le passage intermédiaire par l'informatique absorbe une partie du contexte de l'information. L'émergence d'une utilisation de groupe cherche à contourner cet obstacle.

Pour résoudre cet enjeu de la modélisation, l'analyse dans ces deux premières sections fait progressivement émerger des nouveaux couples de concepts contribuant à la désambiguïsation des problèmes de modélisation :

- Infrastructure et Architecture (I/A)
- Syntaxe et Sémantique (Sy/Sé)
- Domaine et Projet (D/P)

L'étude des tendances d'évolutions par rapport à trois grandes catégories d'approches permet d'aboutir à une réflexion sur les niveaux de maturité de la gestion d'expertise. Quatre niveaux sont retenus :

- Niveau Produit / Processus
- Niveau Modélisation
- Niveau Intégration
- Niveau Généralisation

A l'aide de la structuration des premiers concepts cités ci-dessus, l'analyse de plusieurs méthodes et outils de gestion de la connaissance met en évidence l'existence de deux grandes

catégories de phases de gestion des connaissances. Les points de questionnements et les spécificités relevées sont synthétisées dans le premier tableau de synthèse ci-dessous. Cette étude amène à distinguer une étape de modélisation d'une étape d'intégration. Une proposition de phases est constituée pour répondre aux besoins du pilotage d'un projet de modélisation et d'intégration d'expertise. Le fonctionnement de ces phases est traité dans le chapitre 4. Une description est effectuée dans ce point pour rappeler les éléments que la présente étude a fait émerger. Ainsi, pour résumer la première étape de modélisation, quatre phases sont mises en évidence :

- Une phase de positionnement du projet de modélisation et d'intégration de l'expertise étudiée, avec notamment la définition du type d'objets support d'expertise à capitaliser (types de connaissance et de savoirs)
- Une phase de recherche des connaissances et des savoirs
- Une phase de structuration systématique
- Une phase de formalisation permettant de construire des représentations d'une situation de la réalité

Ces quatre phases constituent la partie de modélisation nécessaire à l'intégration d'une expertise. Pour obtenir une vue d'ensemble des comportements de cette première grande étape, on peut se reporter au deuxième tableau de synthèse ci-après. Il reprend le mécanisme d'activation de l'expertise (cf. cycle en V dans la première section) par rapport aux modèles de KLC présentés dans la troisième section. Des approches de modélisation d'entreprise ont été ajoutées pour montrer le caractère générique de la réflexion et sa capacité à étalonner d'autres approches. Il est important de souligner les alternances inévitables entre les niveaux connaissances et savoirs et le niveau donnée. C'est la contrepartie du concept de représentation sans lequel la collaboration est impossible. Néanmoins, ces alternances ne sont pas vaines. En effet les données « en sortie » d'un mécanisme de représentation ont été interprétées et remises dans un contexte créateur de valeur ajoutée. Les traces d'expertise obtenues en sortie sont normalement mieux adaptées à l'objectif qui a déclenché le cycle de représentation que les traces d'expertise en entrée.

La deuxième étape spécialise les résultats de cette modélisation pour répondre à un besoin spécifique de l'entreprise à travers la constitution d'un outil d'assistance. Elle montre quant à elle les besoins décrits à travers les quatre phases suivantes :

- Une phase de pilotage du déploiement de l'application envisagée pour l'assistance de l'expertise étudiée
- Une phase de spécification du développement de l'application
- Une phase d'interaction entre la partie projet et la partie utilisation finale de l'application
- Une phase de maintenance de l'application devant prendre en compte la potentielle revalorisation des parties de l'application dans des applications futures

Cependant, même si elles sont en général exhaustives sur la description des besoins que recouvre leur périmètre d'application, les phases des différentes méthodes ne répondent pas forcément à l'ensemble de ces besoins et n'adressent que certaines parties du cycle de vie de l'expertise. Par exemple, la méthodologie MOKA décrit un KLC de 6 phases (Identifier, justifier, capturer, formaliser, emballer, activer) et précise ne se focaliser que sur les phases de capture et de formalisation [MOK 01]. Il devient alors nécessaire d'avoir une approche plus large (pour pouvoir étudier et prendre en compte les points forts de chaque méthodologie et leurs enchaînements possibles) et plus légère (pour permettre rapidement de faire des bilans, de prendre des décisions et d'utiliser les concepts de l'approche pour communiquer). Son objectif est dans un premier temps d'initier les réflexions sur l'expertise selon la progression envisagée par l'échelle de maturité de gestion de l'expertise. Par la suite, elle doit permettre l'évaluation des méthodes et des outils investigués par rapport aux objectifs obtenus pour le projet. Enfin elle doit permettre aux acteurs de prendre leur pleine responsabilité dans le projet par une meilleure compréhension de leur position par rapport à la modélisation et à l'intégration. Cette approche doit permettre de construire un tableau de bord pour faciliter la maîtrise d'ouvrage d'un projet d'intégration d'une expertise.

Ces objectifs s'inscrivent dans l'émergence de réseaux d'interactions entre les groupes et les individus. Leur accomplissement garantit la transition en cours de la modélisation actuelle vers un comportement dynamique, flexible et robuste que l'on regroupe à travers le comportement attendu du concept de plate-forme. Le chapitre 4 reprend les concepts introduits ici pour construire une telle approche méthodologique. Par la suite, à travers des études de cas ou des exemples de méthodes (chapitre 5 et 6), un algorithme des décisions avec ses étapes associées est construit pour favoriser un déploiement maîtrisé d'un projet de modélisation et d'intégration d'expertise.

(D/P)	(Sy/Sé)	Réflexion sur l'ontologie	Ontologies différentielle et référentielle	Réflexion sur la phase K -> KM	MKSM	MASK	Réflexion sur la phase KM -> KBS	MOKA	CommonKADS	Proposition d'une organisation méthodologique en phases	(IIA, D/P)	
Maîtrise du domaine d'expertise	Construction de la syntaxe pertinente pour l'expertise	Définition de l'espace à modéliser	Définition d'un corpus documentaire	Aspect multidimensionnel de l'expertise	Proposition d'un "Macroscopie de la connaissance" qui définit les représentations à construire		Des méthodes différentes selon les cas	Spécificité de la conception	Adaptable selon les cas étudiés	Phase d'identification	Archi. du domaine Infra. du domaine Infrastructure du projet d'intégration d'expertise	
			Recherche sur l'extraction de concepts					Elements à rechercher prédéfinis (ICARE)	"Knowledge-Elicitation Techniques"	Phase d'Extraction		
		Homogénéisation sémantique, Structuration		Identification et gestion des flux d'informations (sans perspective de création d'un outil d'assistance spécifique)	Confrontation des différents modèles représentés			Phase Informelle: structurer les objets de K ("Ladders"), puis les formaliser dans des représentations ("Diagrams")		Formalisation normalement indépendante du déploiement		Phase de Structuration
		Utilisation de la structuration pour construire des représentations pragmatiques			Constitution des modèles correspondant au Macroscopie	Introduction de la notion d'évolution (et donc de projet)						Phase de Formalisation
		Charnière entre la compréhension par les acteurs de l'organisation confrontés à l'expertise étudiée et les concessions nécessaires au déploiement informatique. Difficulté du paradoxe de la modélisation: les choix de formalisme modifient la perception du domaine et conditionnent l'efficacité du modèle par rapport à ses objectifs.										
Maîtrise de la spécialisation des expertises modélisées pour constituer des outils d'assistance dédiés	Construction de la syntaxe relative à la maîtrise de la gestion envisagée de l'expertise		Difficulté à orienter les résultats vers un objectif	Les cadres prédéfinis correspondent-ils au mieux à l'utilisation envisagée? Rôle de la maîtrise d'ouvrage?	En parallèle de la modélisation, constitution d'un schéma d'orientation pour l'utilisation finale. Génération et approvisionnement de bases de données.		Recherche d'éléments de pilotage du projet	Deuxième étape de modélisation: regroupement des objets	Recherche de blocs génériques	Phase de Raffinement	Architecture du projet d'intégration d'expertise	
						Connaissances et modules de contrôle séparés	ICARE vers des classes UML dédié MOKA (MML)	Développement respectant les modèles capturés	Phase de Spécification des Développements			
		Comment maîtriser la valeur de la sémantique sous jacente au réseau des représentations?		Comment sont utilisées les représentations?			A-t-on atteint un meilleur niveau de gestion? Fiabilité?		La gestion du K passe par la gestion de la communication	Phase de Diffusion		
							Difficulté d'une mise à jour ou d'une réutilisation sans capitalisation. Problème du coût de mise à jour		Orienté réutilisation des blocs génériques	Phase de Maintenance		
<b>Etape d'Intégration</b>												

Tableau 3-5 : Points de questionnements et spécificités relevées par les concepts introduits, selon les méthodes étudiées ; Emergence de phases

		<b>ENRICHISSEMENT</b>		<b>RESTITUTION</b>			
<b>Philosophie</b>	<i>Kant / Frege</i>	Vorstellung	Gedanken	Vertretung	Repräsentierung	Epistemologie Allemande	
	<i>Traduction Approximative</i>	Sensation	Pensée	Procuration	Représentation		
<b>Sens KM consolidés pour "Représentation"</b>		<b>Perception</b>	<b>Acte Mental</b>	<b>Action</b>	<b>Véhicule</b>	<b>Points de vue :</b>	
<b>Cycle de Vie de la Connaissance (KLC)</b>	<b>Nonaka SECI Model</b>	Internalisation	Combinaison	Externalisation	Socialisation	Aspect Social	
	<b>Ermine Marguerite Model</b>	Apprendre	Créer	Capitaliser	Partager	Amélioration Continue	
	<b>Grundstein GAMETH Model</b>	Identifier	Actualiser	Préserver	Valoriser	Maintenance KLC	
<b>BPM (Business Process Modelling) &amp; GERAM (Generalised Enterprise Reference Architecture Model)</b>	<b>PERA</b>	Identifier	Analyser	Construire	Opérer et Démanteler	"Life Cycle"	
	<b>4 Objectifs de CIMOSA BPM</b>	Acquérir une connaissance explicite sur le BP	Soutenir les activités de prise de décision	Exploiter les connaissances dans des projets "BPR "	Faciliter l'interopérabilité	Standardisation / interopérabilité	
	<b>Démarche GRAI</b>	Modélisation	Diagnostic	Conception	Implantation	Flux de Décision	
	<b>PMI: Développement informatique représentatif</b>	Identifier	Concevoir	Construire	Evaluer	Gestion de Projet	

Tableau 3-6 : Consolidation de l'activation d'expertise suivant les distinctions allemandes de « Représentation » par rapport aux KLC déjà introduits et à des standards de BPM et GERAM

## 4 Contribution Méthodologique

Le chapitre précédent a permis de mettre en avant l'importance de l'interaction entre les méthodes déployées au sein d'un projet et entre un projet et le reste de l'organisation. Pour maîtriser le déploiement de ces méthodes, il faut proposer des outils qui, sans complexifier les méthodes à déployer, permettent de contrôler leur fonctionnement par rapport aux attentes et au fonctionnement général de l'organisation qui les conduit. Ce fonctionnement en réseau ouvert entre dans des stratégies d'entreprises dont les frontières elles-mêmes peuvent être remises en question. La tendance de la globalisation encourage cette collaboration en réseaux. Pour de plus en plus d'initiatives, plusieurs partenaires aux cultures souvent différentes rentrent en jeu. A chaque fois, la synchronisation des points de vue, pour l'instant souvent principalement informelle, détermine le bon fonctionnement ultérieur de la collaboration.

La propagation des « nouvelles technologies » informatiques encourage également le fonctionnement en réseaux. Elle implique une migration des comportements à travers plusieurs étapes :

- Travailler sans ordinateur
- Travailler seul avec un ordinateur
- Collaborer avec son réseau proche à travers les outils informatiques
- Prendre part à des réseaux d'expertises, délocalisés et désynchronisés

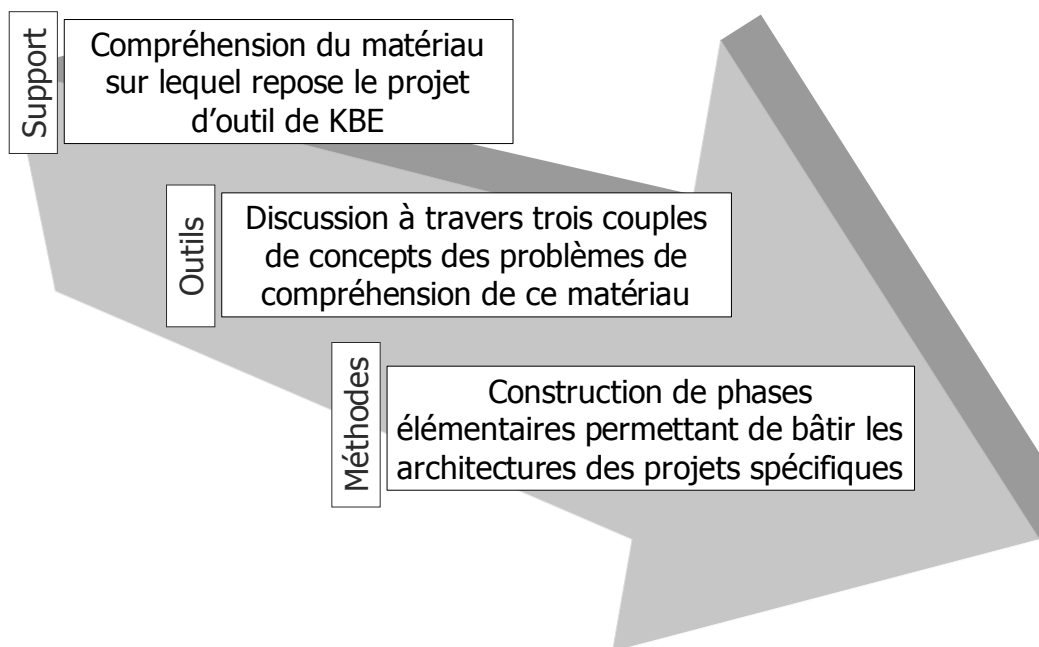
Quand lors des dernières décennies l'ensemble des acteurs a franchi collectivement et progressivement ces étapes, les retardataires et les nouveaux entrants sont confrontés directement à la dernière marche. Son fonctionnement encore assez peu formalisé ne permet pas de lui appliquer de modèles éprouvés.

Les projets de KBS font partie des solutions qui accompagnent la migration progressive des expertises vers les nouvelles pratiques. Les méthodologies présentées dans le chapitre précédent permettent d'accomplir cette transition dans des structures habituées à leur fonctionnement et qui possèdent donc des personnes qui ont développé la faculté de les piloter. Cependant, leur niveau de complexité peut impliquer pour leur déploiement des coûts importants pour lesquels il est difficile d'investir en temps d'apprentissage et en communication sans être sûr de leur pertinence par rapport aux problèmes à résoudre. Des outils conceptuels adéquats doivent permettre de franchir cette barrière.

Le chapitre précédent proposait une vision d'ensemble des problèmes de modélisation de l'expertise, de collaboration, d'innovation et de maturité de la manipulation de cette expertise. Il fait ressortir à la fois ce besoin de simplification des approches et les premiers éléments de réponse pour simplifier les déploiements de tels projets. Dans ce nouveau chapitre, ces éléments sont repris de manière globale. Leurs intérêts et leurs interactions sont étudiés pour construire une boîte d'outils conceptuels qui facilitent l'appréhension, la définition, la communication et le suivi de projet d'intégration d'expertise dans les outils informatiques.



Un premier point d'ensemble permet de positionner les éléments de la discussion et d'esquisser l'approche d'utilisation. Une recherche de justification est ensuite effectuée à travers les quatre éléments supports du déploiement de l'expertise en entreprise : réseaux de concepts, corpus de documents, listes de spécifications et outils de gestion. Ces deux points généraux sont ensuite suivis de l'étude de trois couples de concepts précédemment introduits qui permettent l'identification et l'analyse des problèmes classiquement rencontrés. Après avoir étudié la valeur de chaque binôme, une synthèse propose des axes de réflexion pour l'identification, à travers eux, d'indicateurs de la performance du déploiement du projet d'intégration d'expertise. Enfin, la définition de briques élémentaires permet de construire une architecture de projet permettant de positionner les différents outils méthodologiques à déployer pour avoir ainsi une vue d'ensemble des enjeux et des objectifs du projet et pouvoir le piloter.



**Figure 4-1 : les "pourquoi", "quoi" et "comment" de la proposition de concepts d'assistance méthodologique à l'intégration d'une expertise**

## 4.1 Vue d'ensemble

Dans ce point sont repris les éléments mis en évidence et résumés à la fin du chapitre 3, pour les présenter cette fois sous l'angle de leur utilisation dans une approche homogène. Si l'on résume les concepts introduit on obtient la liste suivante :

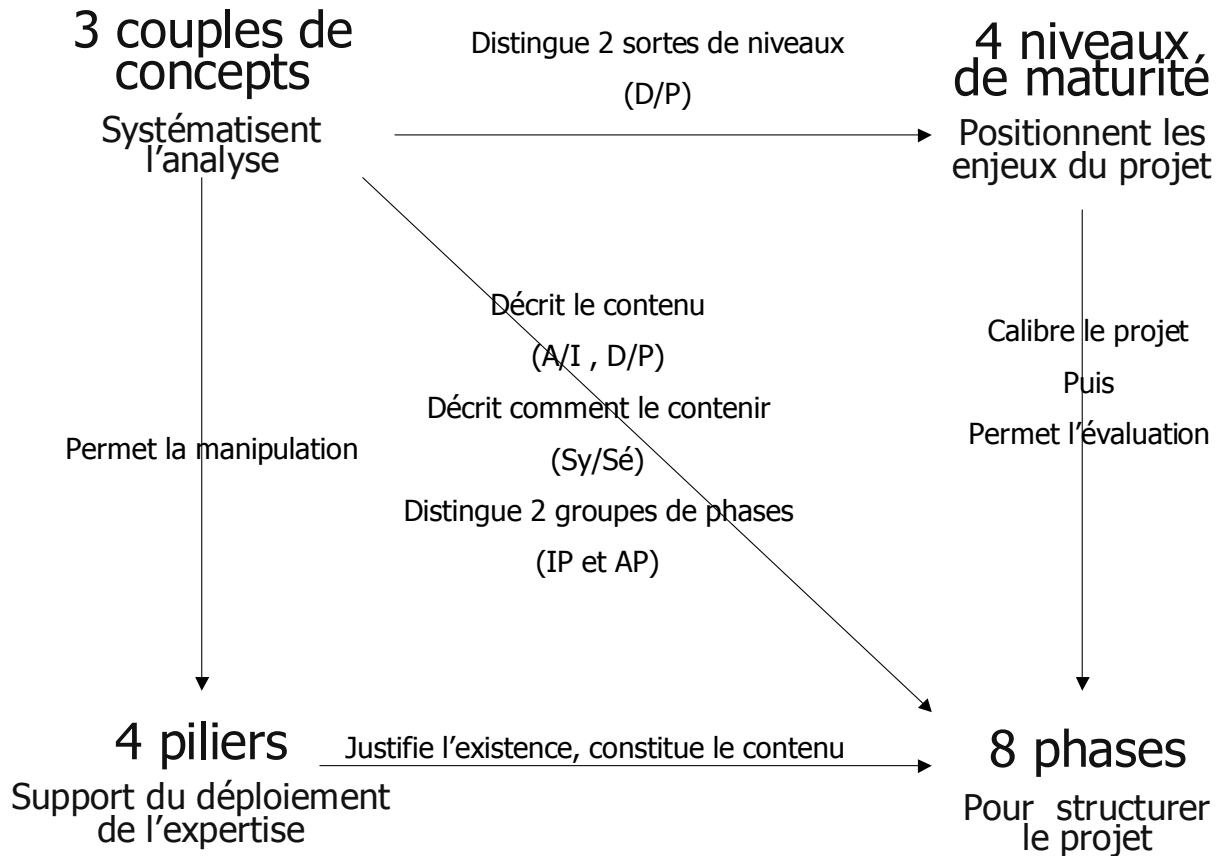
- Quatre niveaux de maturité de la gestion de l'expertise, les deux premiers correspondant prioritairement aux expertises « métiers », les deux suivants correspondant plutôt à la maîtrise de l'expertise « organisationnelle » :
  - Niveau Produit / Process
  - Niveau Modélisation
  - Niveau Intégration
  - Niveau Généralisation
- Des éléments supports de l'expertise et de son évolution, que l'on résume par la suite par « piliers » du déploiement. Leur justification est développée dans la section suivante.
  - Des individus, s'inscrivant dans une dynamique de groupe et créent entre eux un réseau de concepts.
  - La volonté d'accomplir une transition de métier pour maîtriser les différents niveaux de maturité de gestion de l'expertise, s'expriment à travers des spécifications.
  - Les traces de connaissances et de savoirs sont contenus dans les différentes sortes de documents.
  - Les outils et notamment les outils logiciels, par leur structure, impliquent des modifications de comportements et permettent de multiplier l'efficacité des individus et de groupes. Ils participent également à la constitution d'autres applications.
- Trois couples permettant de discriminer les problèmes d'appréhension des problèmes d'intégration d'expertise :
  - Infrastructure et Architecture (I/A) : ils permettent de désigner l'ensemble des éléments d'un système et de distinguer dans cet ensemble les interactions.
  - Syntaxe et Sémantique (Sy/Sé) : issus de la sémiotique, ils permettent d'estimer les éléments dont la maîtrise est suffisante pour que le formalisme puisse rendre de façon univoque le sens réellement attaché par les acteurs du projet.
  - Domaine et Projet (D/P) : la dynamique qu'imposent à la fois la globalisation et les « nouvelles technologies », à travers la disparition des barrières aux échanges et aux interactions, implique de maintenir en parallèle des

connaissances d'interprétation les savoirs d'application ; cette relativité nécessite d'outiller dans la modélisation la possibilité d'identifier les nœuds d'expertise et l'évolution de leur appréhension et de leurs interactions à travers l'évolution de la maturité de leur gestion.

- Pour modifier une expertise en l'intégrant dans les ressources informatiques, deux grands groupes de besoins que l'on peut regrouper en deux catégories de phases, sont résumés ci-dessous. Le fonctionnement général de ces phases est détaillé dans la quatrième section de ce chapitre. Il faut toute fois rappeler que basées sur des regroupements de besoins, ces phases ne sont pas nécessairement organisées dans cet ordre. Elles doivent être utilisées comme des éléments de base pour constituer une feuille de route (Roadmap) spécifique à chaque projet. Ainsi, la liste ci-après ne constitue pas nécessairement une séquence à suivre linéairement et de manière exhaustive.
  - Phases de modélisation, constituant l'infrastructure du projet
    - Identification : mise en évidence des objectifs et des typologies de connaissances et de savoirs à rechercher ; première phase de définition des autres phases du projet (Roadmap).
    - Extraction : mise en place d'une campagne de recherche des sources et de leur traitement pour alimenter les deux phases suivantes.
    - Structuration : constitution d'arborescence suivant les typologies listées dans la première phase d'identification pour obtenir un systématisme de recherche pour analyser la complétude de la capitalisation.
    - Formalisation : représentations de la réalité obtenues par combinaison des arbres de la structuration, en général deux à deux.
  - Phases d'intégration, représentant l'architecture du projet
    - Raffinement : amélioration de la compréhension des enjeux des expertises identifiées et sélection des éléments privilégiés par lesquels peuvent être prises les décisions déterministes initiant le déploiement de l'application finale.
    - Spécification : transfert dans l'univers d'intégration des expertises modélisées en accord avec les choix structurants de l'étape précédente.
    - Diffusion : prise en compte des futurs utilisateurs pour estimer leur niveau d'acceptation et corriger les choix de déploiement.
    - Maintenance : définition des modes d'utilisation de l'application finale et prévision de sa projection éventuelle vers la génération suivante d'outil.

L'analyse de ces quatre familles d'outils fait ressortir des interactions. Certaines ont déjà été identifiées dans le chapitre précédent et ont contribué à justifier la construction de ces

familles. Les autres relations sont explicitées dans la suite de ce chapitre. La figure suivante présente une vue d'ensemble des interactions d'utilisation des ces familles d'outils. Les couples de concept ont été résumés par des lettres pour une meilleure visibilité. (I/A, Sy/Sé, D/P)



**Figure 4-2 : Vue d'ensemble des interactions entre les éléments structurants proposés pour assister l'intégration d'expertise**

A travers ces éléments, quatre axes de réflexion sont visés, chacun correspondant à l'une des articulations du mécanisme de représentation. Les éléments introduits doivent faciliter chacun des points suivants :

- Perception : la contribution proposée doit faciliter la montée en compétence des acteurs sur les enjeux du projet à travers l'appréhension du problème, du cadre du projet, de l'expertise étudiée et de l'assistance qu'on souhaite lui apporter. Des exemples de consolidation de retours d'expérience sont proposés dans ce sens dans le chapitre 6.
- Action mentale : la définition d'une architecture de projet doit permettre de se projeter facilement dans une définition de la situation attendue pour pouvoir prendre les décisions de déploiements des méthodologies, méthodes et outils permettant d'en accomplir les différentes étapes. Des exemples de positionnement de projets sont proposés dans les chapitres 4, 5 et 6.

- Action de restitution : la communication et la clarification des enjeux entre les acteurs du projet facilitent la transdisciplinarité de ce type de projet. Des exemples de problématiques clarifiées par les couples de concepts introduits sont décrits dans le chapitre 5.
- Rôle du véhicule de la représentation : le suivi de projet par rapport à l'avancement de sa maturité, de celle de la gestion de l'expertise et de l'avancée vers la réalisation finale constitue un tableau de bord de l'évolution de la plate-forme « projet ». Des exemples d'analyse de niveaux de maturité et des exemples d'indicateurs de performance sont proposés dans le chapitre 6.

En répondant à ces points, les principes de réflexion résumés dans la figure précédente assistent la maîtrise d'ouvrage de la consolidation et de l'intégration d'expertise.

## **4.2 Elargir la vision de l'expertise**

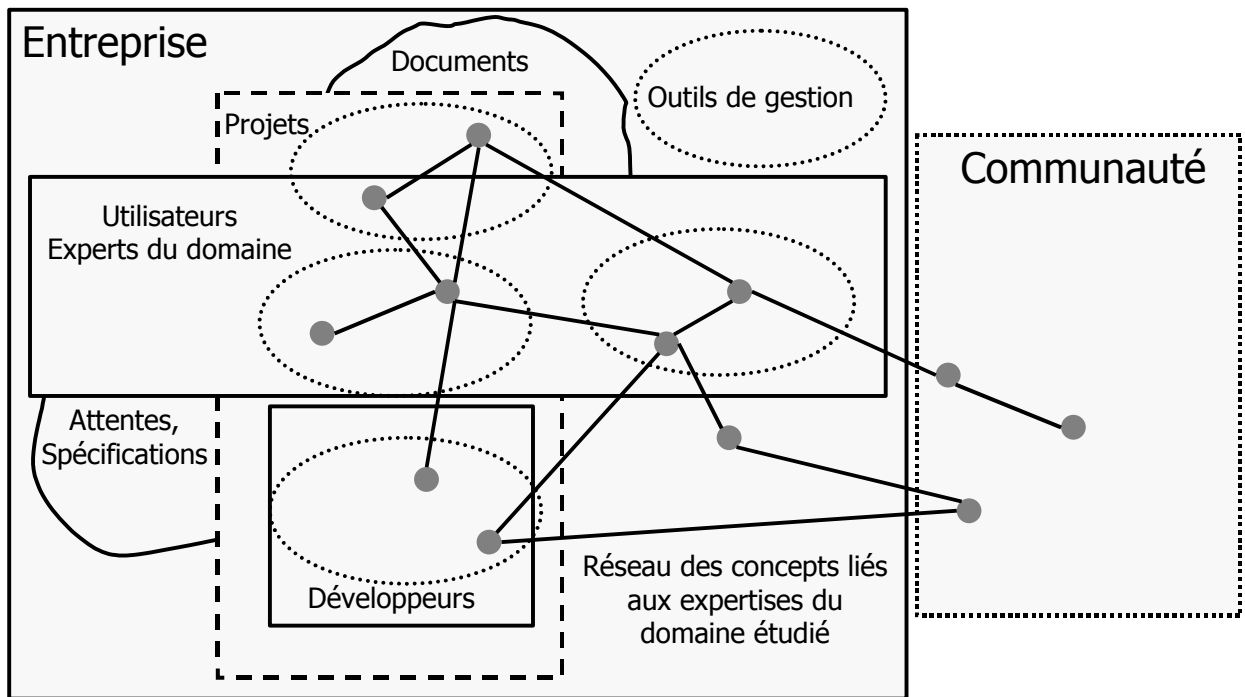
Les modèles construits dans le chapitre précédent se concentrent sur une vue abstraite de l'expertise qui, pour le besoin de la construction, semble unipersonnelle. Pourtant on y a vu émerger l'importance du groupe et la relation de responsabilité qui peut exister, notamment entre les développeurs d'un outil d'assistance de cette expertise d'une part et les futurs utilisateurs de cette application d'autre part. Cette démonstration qui identifiait les mécanismes de représentation de l'expertise est à replacer dans le contexte de la pluralité, de la granularité et du caractère parfois très abstrait de cette expertise.

Il existe en effet une multitude d'expertises acquises par une appropriation de connaissance ou une acquisition de savoirs par l'expérience. L'exécution d'une tâche ou la prise d'une décision nécessite de mobiliser le spectre des nuances des expertises techniques et sociales.

Le point du chapitre précédent abordant la question du groupe permet de pressentir que la réunion d'individus permet de développer une culture propre au groupe. Elle repose à la fois sur des repères flous et des messages formalisés. Dans cette section, les éléments de cette culture d'entreprise utilisables dans un projet de déploiement d'application de KBE sont regroupés en quatre grandes catégories, résumées par le terme « piliers » de ce déploiement : réseaux de concepts, liste de spécifications, corpus de documents et outils de gestion.

Il est important d'estimer convenablement cet aspect culturel qui joue un rôle prépondérant dans la progression sur l'échelle de maturité de la gestion de l'expertise précédemment exposée. Il est ainsi très difficile d'estimer le degré d'abstraction et de généralité d'une expertise que l'on utilise. Une nouvelle technologie, de nouvelles pratiques remettent souvent en question des fonctionnements qui semblaient définitivement acquis.

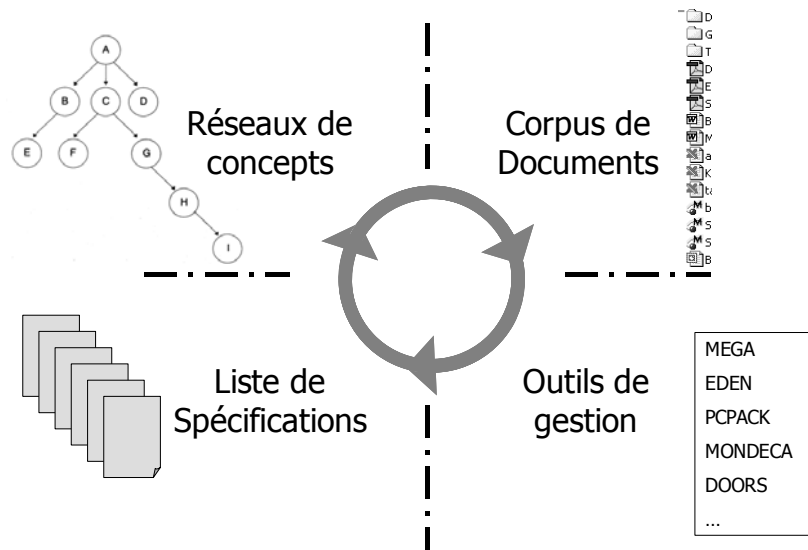
L'expertise est donc un matériau dont les frontières sont très floues, souvent inter-reliées et dont la dynamique est difficile à identifier. L'influence des principaux facteurs peut rapidement dépasser le cadre du projet. La condition de capture de ce matériau implique de pouvoir recevoir les traces de cette dynamique. Dans cette section, le détail et la justification des quatre piliers sont présentés. Ils sont ensuite mis dans la perspective de la notion de plateforme qui permet de faire émerger les enjeux de sa gestion.



**Figure 4-3 : Illustration des interactions entre les piliers du déploiement d'un outil d'assistance à une expertise et les groupes d'individus liés à domaine d'expertise correspondant**

### 4.2.1 Les 4 Piliers de l'intégration de l'expertise

Le projet d'intégration d'un outil d'assistance à une expertise s'inscrit dans la dynamique stratégique d'une organisation. Ce projet est donc un élément d'un système plus complexe et plus étendu. Les influences entre le projet et l'organisation sont réciproques. Ce point vise à présenter l'esprit des quatre éléments identifiés ici comme principaux vecteurs des échanges entre le projet et l'organisation. Ils forment le cœur de la culture nécessaire à une appropriation efficace de l'expertise dans l'application. Ces quatre « piliers » sont illustrés par la figure ci-dessous.



**Figure 4-4 : Les quatre "piliers" par lesquels interagissent l'organisation et le projet de déploiement de l'application de KBE**

La proposition de ces quatre piliers est issue de l'analyse des éléments constitutifs :

- D'une organisation (car celle-ci est impactée par le projet d'intégration),
- Des réflexions sur la systémique (pour confirmer le premier point et se positionner d'un point de vue de pilotage),
- Des sources utilisées par la théorie TRIZ (en effet, le chapitre 3 a montré les liens de similitude entre l'innovation et l'évolution d'une expertise ou de sa gestion),
- De l'objet de la méthodologie MOKA (en tant qu'exemple de méthodes de gestion d'expertise, MOKA adresse les éléments qui supportent cette expertise dans l'entreprise).

Ces éléments sont listés dans ce point et synthétisés dans le prochain tableau pour illustrer la cohérence des « piliers » proposés.

Abrotons donc d'abord les éléments constitutifs d'une organisation. La synthèse de l'analyse de Bassetti [BAS 02] sur la conception d'une organisation aboutit à renforcer la valeur de la définition de Livian [LIV 98] :



« Une organisation est un système dont la dynamique est le résultat des interactions entre une structure fonctionnelle, des ressources humaines et physiques et des systèmes de gestion, formels et informels, et dont l'efficacité peut être mesurée par sa capacité à satisfaire aux objectifs de l'entreprise ».

L'approche systémique explique qu'un système est entre autre défini par une aptitude à évoluer sans remettre en cause son intégrité. Cette aptitude se répartie selon quatre zones illustrées ici dans le contexte de l'intégration d'une expertise :

- Changements (Spécification), influençant les trois autres
- Mode de fonctionnement (Réseau de relation, architecture des concepts)
- Configuration structurale (Trace documentaire)
- Contexte opérationnel (Outil d'assistance)

[CAV] rappelle les quatre sources des travaux d'Altschuller, sources de la théorie TRIZ :

- Analyse des brevets
- Analyse des comportements psychologiques des inventeurs
- Analyse des méthodes et outils existants
- Analyse de la littérature scientifique

La méthodologie MOKA [MOK 01] souligne la liste des sources de connaissances à considérer :

- Experts humains
- Documents
- Fichiers informatiques

Ces différents éléments sont compilés dans le tableau ci-dessous. Ils sont regroupés par lignes selon les piliers qu'ils illustrent. L'intégration d'une application d'assistance à une expertise s'appuie donc sur :

**Des corpus de documents.** Ils forment une trace concrète et accessible de l'expertise. Leur contenu déjà fermé et formalisé, leur orientation selon un objectif prédéfini et souvent incompatible avec l'objectif de l'intégration constitue leurs principaux désavantages. On voit comment la théorie TRIZ joue sur deux axes : avec d'une part les publications, pas nécessairement structurées entre elles pour une application directe de la méthode et les brevets d'autre part dont la structure systématique permet la comparaison et la consolidation des concepts identifiés.

**Des réseaux de concepts.** L'expertise n'est pas un concept dont les limites sont faciles à définir et que le fonctionnement autant individuel qu'en groupe implique la sollicitation d'un vaste espace d'expertises. Comme l'a également montré la discussion sur l'ontologie, il existe ainsi un réseau de concepts créant la culture partagée du groupe. Ces réseaux et ces concepts

sont souvent plutôt informels. Leur dynamique et leur mise à jour sont garantis par le jeu des relations sociales. Ces réseaux constituent une source d'expertise contextualisée à forte valeur. Cependant, leur manque de formalisme les rend difficile à capter. Ils peuvent même devenir un danger pour l'application qui ne les prend pas en compte : elle peut, au fur et à mesure de l'évolution de l'organisation, être en complet décalage avec l'évolution invisible de ces réseaux.

**Des listes des spécifications.** En quelque sorte à la fois partie des corpus documentaires s'ils sont formalisés et partie des réseaux de concepts, les spécifications représentent les objectifs, les attentes et petit à petit les conditions opérationnelles de validation de l'application finale. La mise en avant de ce pilier permet d'insister sur l'existence et la prise en compte d'une expertise de projet dont la maturité influe fortement sur le domaine d'expertise étudié.

**Des outils de gestion.** Soit déjà maîtrisés par l'organisation, soit investissement nécessaire au projet, les outils de gestion constituent un nœud de rencontre des piliers précédents. Ils permettent à la fois l'édition des documents, la clarification des réseaux de concepts et l'expression des spécifications. Mais ils sont aussi sources d'expertise de part leur structure propre. En tant qu'outil d'assistance eux-mêmes, ils contiennent une part de la culture de l'entreprise. Leur formalisme et les hypothèses de leur fonctionnement conditionnent dans une certaine mesure l'expressivité des trois autres piliers. Par exemple un outil de CAO implique une conception guidée par la géométrie alors que d'autres approches préconisent par exemple une conception guidée par les spécificités des métiers. Enfin, l'application fournie devient à son tour un élément de cette collection.

Analyse du lieu du projet	Points d'entrée du pilotage	Exemple d'un autre système de pilotage	Alimentation des méthodes pilotées	
Éléments de définition d'une organisation	Sources de changements de l'approche systémique	Sources de la théorie TRIZ	Sources de connaissances pour MOKA	Pilier du déploiement d'une application de KBE
Ressources physiques	Configuration structurale (Trace documentaire)	Analyse de la littérature scientifique / Analyse des brevets	Documents	Corpus de documents
Structure fonctionnelle, ressources humaines	Mode de fonctionnement (Réseau de relation, architecture des concepts)	Analyse des comportements psychologiques des inventeurs	Experts humains	Réseaux de concepts
Objectifs de l'entreprise	Changements (Spécification)	(Sous entendu: recherche de principes)	(Sous entendu: assistance à la conception)	Liste des spécifications
Ressources physiques et Systèmes de gestion	Contexte opérationnel (Outil d'assistance)	Analyse des méthodes et outils existants	Fichiers informatiques	Outil de gestion

**Tableau 4-1: Analyse des 4 piliers supports de la maîtrise d'ouvrage d'un projet de modélisation et d'intégration d'expertise**

Ces quatre sources d'influences sur un projet d'intégration d'expertise rentrent dans la discussion sur la dichotomie entre connaissances formelles et connaissances informelles apparue notamment dans les travaux de Nonaka. Cependant, le chapitre précédent a montré que des réserves étaient émises par rapport à cette modélisation. Bien qu'utile, elle tend à occulter l'aspect multidimensionnel de la connaissance. La mise en perspective du concept de savoir par rapport à celui de connaissance montre qu'une connaissance développée n'est pas forcément facilement efficace dans le contexte d'application et qu'inversement, un savoir très développé pouvait manquer l'aspect d'interprétation et d'abstraction nécessaire à la généralisation d'une transposition de l'expertise.

Ainsi, si le travail de formalisation est nécessaire, il doit cependant être inexorablement répété pour se maintenir à jour. De plus, il ne correspond qu'à une part de l'expertise dont la proportion, difficile à évaluer, ne peut être que faible. Tout n'est pas forcément non plus propice à une formalisation. Certaines expertises peuvent ne pas avoir d'intérêt à être formalisées (expertises très locales, expertises gérées par une autre organisation, expertises simples et consensuelles).

L'intérêt premier de l'identification de ces piliers est bien sûr l'alimentation de la base de connaissance nécessaire au projet d'intégration (comme dans la méthodologie MOKA par exemple). Ces piliers sont également utiles à la compréhension des relations entre le projet et

l'organisation. Chacune des phases du projet connaît des interactions particulières entre ces piliers (comme le montre la section 4.4), certains influençant les autres, modifiant ainsi l'organisation.

#### **4.2.2 La notion de « plate-forme »**

L'enjeu de cette étape de démonstration pour la méthodologie proposée pour l'assistance à la maîtrise d'ouvrage de projets de modélisation et d'intégration d'expertise consiste à montrer une perspective d'évolution des méthodes et de proposer des axes d'organisation des équipes liées à ce projet et des réflexions sur le moyen de favoriser leur synergie.

Ainsi, la plate-forme, concept déjà largement utilisé par exemple dans l'industrie automobile, intègre des composants déjà existants pour constituer une base de travail modulable à partir de laquelle plusieurs produits peuvent être définis. Une partie des choix d'experts est encapsulée.

Grâce à cette encapsulation, on tire un maximum de profit de l'investissement passé à fiabiliser chaque décision. Si le concept de plate-forme aboutit, il garantit une amélioration de la fiabilité et de la robustesse des produits qui en sont issus.

Néanmoins cet accomplissement n'est pas trivial. Paul Hansen [ISH 04] souligne qu'il faut être capable d'épeler A-R-C-H-I-T-E-C-T-U-R-E avant de pouvoir dire PLATEFORME. Il faut donc être capable de maîtriser les réseaux d'interaction entre les différentes expertises.

Si comme le chapitre précédent l'a présenté, un modèle est lié à ces objectifs, l'architecture de l'organisation et les plates-formes qu'elle peut produire sont à leur tour dépendantes d'un objectif. La modélisation arrive à un paradoxe : l'objectif d'une plate-forme est de se libérer au maximum des contraintes des objectifs pour pouvoir être déployée dans un maximum de situations.

Il y a donc un double questionnement à mener pour estimer l'apport d'outil méthodologique vers l'obtention de plates-formes :

- Quelle est l'architecture étudiée ? Pour ce questionnement, la réflexion autour du couple infrastructure / architecture permet d'identifier les éléments de réponse.
- Dans quelle mesure la maturité de la gestion de l'expertise est-elle suffisante pour s'adapter à un maximum de situations ? Pour constater l'évolution de cette maturité, le couple projet / domaine permet d'analyser les niveaux de progression.

L'enjeu des outils méthodologiques introduits ici se situe à l'intersection de ces deux questionnements sur l'architecture du projet. Comme le rappellent les quatre niveaux de maturité, la maîtrise de l'architecture organisationnelle conditionne l'évolution de la maîtrise de l'architecture du domaine étudié. La notion de plate-forme s'applique par conséquent à ces deux aspects. D'un côté, la plate-forme du domaine étudié, par exemple l'automobile, constitue une base pour les produits. De l'autre, la plate-forme du projet favorise la robustesse du développement du projet et de ses collaborations. Cependant la nature de cette deuxième plate-forme collaborative et la manière dont elle peut accomplir son objectif ne sont pas instinctives.

Pour spécifier ceci, il faut revenir au modèle d'expertise précédemment introduit, qui insiste sur la distinction entre savoir et connaissance. Cette distinction remet en question la dichotomie entre connaissances formelles et informelles en précisant qu'en dehors du formalisme existe une part importante de l'expertise qu'il est important de considérer pour estimer la valeur et la pertinence de la partie formalisée. Le couple syntaxe / sémantique doit favoriser cette évaluation.

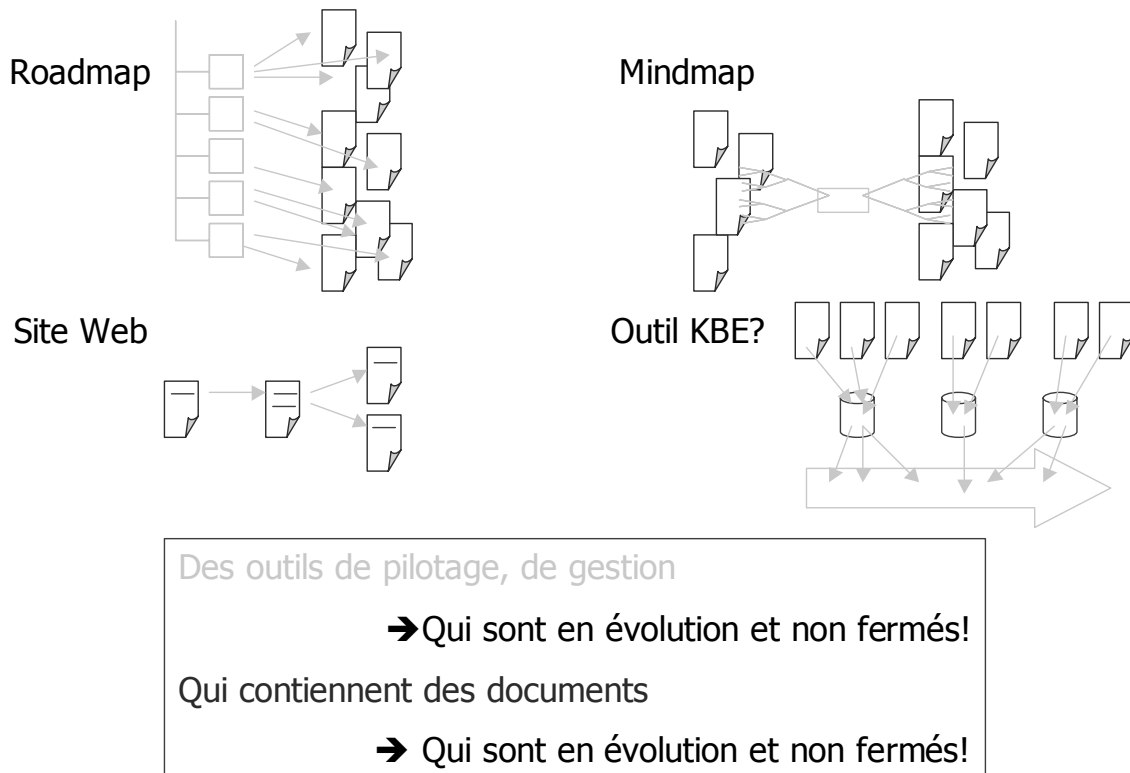
La recherche des conditions de constitution d'une plate-forme collaborative se résume à ce point de la discussion de la manière suivante :

- Encapsulation des choix organisationnels, à travers l'étude de l'architecture du projet
- Abstraction des objectifs à la fois de l'expertise étudiée et de la spécificité du projet, malgré le paradoxe de la modélisation
- Valorisation des savoirs et des connaissances en dehors de la seule formalisation

Elle devient un intermédiaire modulable au sein du groupe pour répondre à des objectifs redevenus spécifiques et permettant de construire une relation de confiance sur la pertinence et l'autorité des informations partagées. La responsabilité des acteurs y est précisée, délimitée et garantie. Ainsi, le but de cette deuxième plate-forme n'est pas de s'adresser au contenu de l'expertise mais s'assurer que les flux de contenus et les liens entre les expertises au sein de l'organisation ont été pleinement validés.

L'expertise et la plate-forme de la dimension projet sont en interaction continue. Si cette interaction est remise dans la perspective de la discussion sur les piliers, cette interaction dépasse le cadre du projet. En effet, la structuration de l'information n'existe pas a priori, elle n'est qu'une inter-subjectivité partagée par un groupe plus ou moins large et nécessite donc une maintenance dynamique (cf. exemples illustrés par la figure ci-après). La plate-forme de la dimension projet s'élargit et devient une « œuvre ouverte » [FOG 05].

Le but est alors non plus de donner un environnement qui structure l'expertise mais un environnement qui donne de l'expertise à structurer. L'interaction des acteurs dans cet environnement doit naturellement conduire à l'encapsulation progressive des meilleures décisions. Selon la structure de cet environnement, il doit pouvoir être possible de séparer les connaissances, préparatrices de décalage innovant, des savoirs qui augmentent la robustesse des processus déjà utilisés. Comme l'expertise est répartie dans le triptyque de Labrousse, il est vain de chercher à formaliser l'intégralité de l'expertise. Il faut préférer indiquer comment se diriger vers les éléments d'expertise recherchés, même informels, et inciter la dynamique de réseau. Environnement de travail naturel de l'expert, il doit faire émerger la caractérisation de ces marqueurs d'expertise et augmenter continuellement l'intérêt de l'expert à contribuer au réseau. Les contributions permanentes doivent garantir la maintenance de la plate-forme.



**Figure 4-5 : Exemple d'organisation des contenus, illustrant le concept d'œuvre ouverte et préfigurant l'émergence de plate-forme de la dimension projet**

Les briques permettant de construire un tel environnement commencent à apparaître notamment à travers les outils de ce qu'on appelle le Web social ou Web 2.0 (syndication, agrégation des contenus, facilité de construire son environnement, proposition de choix par algorithme). Bien qu'au cœur de projets de recherche [COR], l'appropriation individuelle de ces outils est actuellement plus rapide que l'utilisation à l'échelle de l'entreprise (ou d'un autre type d'organisation comme une équipe de recherche par exemple). Les couples de concepts de la section suivante favorisent le rattrapage de ce retard.

### 4.3 3 Couples de concepts pour la discrimination des difficultés

Préalablement au choix des méthodes de résolution de sa problématique, un projet émerge à travers des contours flous. Avant d'obtenir le périmètre d'application d'une méthode, la compréhension du projet doit mûrir. Cette étape souvent très informelle a tendance à disparaître une fois les méthodes de gestion mises en places. Bien que nécessaire, la frontière qui a été créée entre le scope du projet et le reste de l'expertise de l'entreprise est pourtant artificielle. Comme le rappelle Bassetti [BAS 02], l'entreprise est un système ouvert qui doit pouvoir s'adapter aux variations des effets externes. Le projet d'intégration d'une expertise doit donc s'adapter à cette dynamique.

Ainsi, autant avant la structuration définitive du projet que pendant son déroulement, il peut être nécessaire d'avoir des outils d'analyse simple pour prendre le recul nécessaire au pilotage ou même plus simplement à la compréhension de sa tâche propre. Ces outils viennent en complément des principes existants.

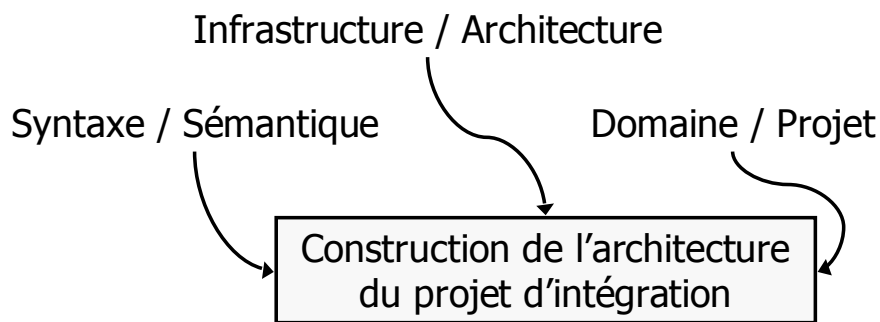
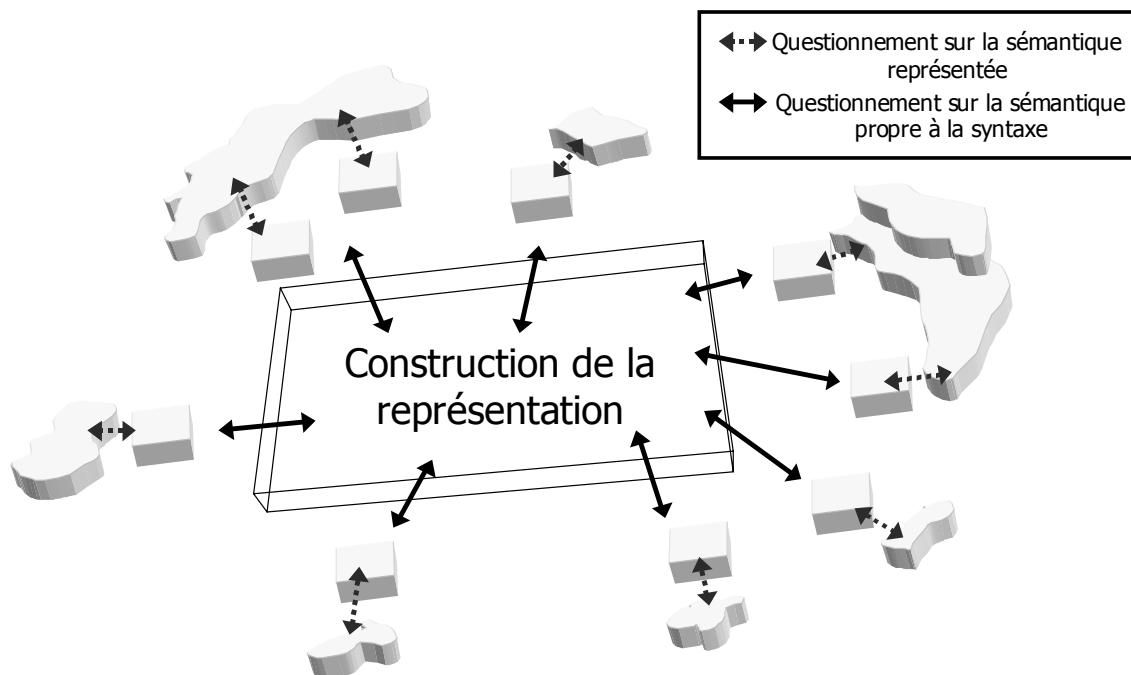


Figure 4-6 : Trois couples de concepts pour préparer et suivre le projet d'intégration d'une expertise

### 4.3.1 Syntaxe et Sémantique



**Figure 4-7 : l'interrogation continue entre l'expertise et son formalisme de représentation constitue une image du domaine**

Lors du travail de modélisation, les participants du projet ont tendance à sous-entendre le sens des signes de représentations. Chaque groupe de culture différente ou même chaque individu peut développer sa propre herméneutique implicite.

Si l'interprétation est donc parfois prise à défaut, la modélisation peut aussi être source d'ambiguïté. Par exemple, un diagramme de classe UML bien formé ne garantit pas une unique interprétation juste. Ce mécanisme entretient le problème de l'herméneutique.

Enfin, l'expertise non-formalisée doit pouvoir être prise en compte. L'analyse du concept de plate-forme de la section précédente introduit l'idée que l'intérêt de la formalisation tend à se porter plus sur la signalisation de l'expertise que sur sa représentation effective. Cette idée raisonne avec la discussion de Searle (discutée dans le chapitre précédent) qui précise qu'un programme ne contient que l'intentionnalité que l'on a bien voulu y mettre. Ainsi la dénomination classique de système de gestion de connaissances devient système de gestion des traces des connaissances, se rapprochant ainsi de sa réalité ontologique. Une partie des conclusions de la thèse de Bachimont [BAC 96] éclairent ce point :

*« Nous avons en effet constaté que les systèmes formels conçus en IA reposent sur l'interprétabilité linguistique de leurs signifiants symboliques pour représenter les connaissances du domaine et sur leur formalité pour être effectif sans qu'il y ait de rapport direct entre les deux. En d'autres termes, un système formel modélise le domaine non pas parce qu'il est formel, mais parce qu'il est interprétable linguistiquement dans les termes des connaissances du domaine, elles-mêmes exprimées en langue naturelle. Cependant, nous avons constaté que, bien que la formalité ne soit pas un principe du caractère modélisateur*



*des systèmes formels, l'effectivité qu'elle implique permet la constitution de nouvelles connaissances dans le domaine, bien que ce dernier ne soit pas formel. »*

Si on systématisé le mécanisme illustré par la figure précédente, on obtient le cycle suivant :

- Dans un premier temps, on doit « [...] construire l'ontologie du domaine, c'est à dire les primitives munies de leur signification du formalisme de représentation. »
- En retour, l'utilisation de la syntaxe amène une nouvelle compréhension du domaine et fait potentiellement apparaître de nouveaux aspects de l'expertise.
- Cet enrichissement de l'expertise peut :
  - Mettre en lumière des manques du formalisme de représentation et donc par son éclaircissement, redémarrer un nouveau cycle.
  - Continuer à proposer dans le formalisme des associations interpellant l'expert et entretenant ainsi le progrès de l'expertise.

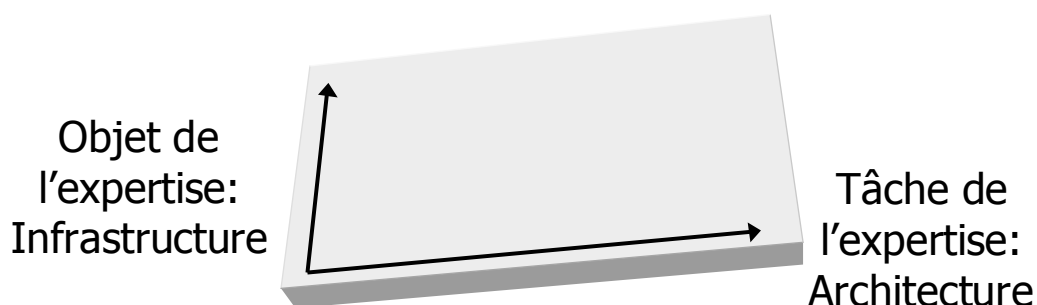
Comme l'imprimerie avait permis l'externalisation de la fonction cognitive de mémoire, l'informatique permet une externalisation de la fonction cognitive de raisonnement [SER 05], concentrant l'expert sur le jugement et la stimulation de nouvelles alternatives.

A un niveau plus opérationnel, le questionnement syntaxe / sémantique se constitue de la manière suivante :

- Quelle sémantique, quels éléments de l'expertise, doivent être représentés ?
- Quelles règles de syntaxe sont choisies ? Comment sont-elles explicitées ? (Quelle est la sémantique associée à la syntaxe elle-même ?)

Ainsi, au cours des travaux de modélisation ou par exemple pendant des revues d'avancement, un blocage ou un manque d'expressivité doit spontanément amener le questionnement syntaxe / sémantique à propos du modèle de représentation de référence.

### 4.3.2 Infrastructure et Architecture



**Figure 4-8 : La nature et le rôle d'un objet induisent deux éléments différents de représentations**

L'expertise se sépare entre les objets manipulés, porteur de sens, et leur rôle dans la tâche accomplie par l'expert. Bachimont [BAC 96] explique :

*« En d'autres termes, d'une part il faut dégager les objets du raisonnement, leur signification et contenu correspondant à leur rôle dans le raisonnement, d'autre part il faut dégager les*

*objets du domaine, leur signification et contenu correspondant à la réalité ou rôle dans le domaine. Alors que les objets du raisonnement se définissent indépendamment du domaine, les objets du domaine se définissent indépendamment de la tâche. C'est la raison pour laquelle ces deux types de travaux sont naturellement complémentaires et correspondent à deux dimensions de la réutilisabilité des composants des SBC. »*

Les objets de la réalité possèdent deux rôles qui doivent naturellement aboutir à deux éléments distincts dans l'espace des représentations. Dans son modèle conceptuel, Labrousse [LAB 04] utilise cette distinction de la manière suivante :

*« Rôle d'un objet : le rôle permet de définir le type d'usage circonstanciel qui est fait d'un objet. Les rôles peuvent être processus, produit, ressource ou effet externe. »*

*« Nature d'un objet : la nature est une notion abstraite qui renvoie à des caractéristiques intrinsèques de l'objet. Elle peut être temporelle, matérielle, logicielle, organisationnelle ou énergétique ce qui permet de classifier les objets. »*

Un risque de confusion existe souvent dans la modélisation des objets. Si le rôle seul est par exemple proposé dans un modèle de donnée, la validité de ses instances peut être remise en cause par rapport à un changement de contexte. Par exemple, une gamme de fabrication peut être perçue comme un produit par le gammiste et devenir un processus une fois réalisée en fabrication.

Le questionnement infrastructure / architecture permet d'éviter de donner une réflexion discriminante écartant cette discussion. L'infrastructure regroupe les éléments constitutifs de l'expertise et donc les représentations de la nature des objets. L'interaction entre les objets conditionne leur rôle dans le système. L'architecture consiste à organiser les éléments de l'infrastructure selon un contexte pour accomplir un objectif (justification du rôle).

Les questionnements relatifs à ce couple sont les suivants :

- Les éléments de l'infrastructure sont-ils structurés indépendamment de leur utilisation (i.e. de l'architecture) ? (ex : constitution d'une ontologie)
- Les relations entre les éléments d'infrastructure sont-elles identifiées et normalisées ? Souvent l'herméneutique de l'architecture est très implicite et porte à confusion. Là aussi il est conseillé de structurer les types de relations.

Ainsi, l'identification des éléments d'architecture permet de mettre en évidence les points sur lesquels travailler pour augmenter la robustesse et la flexibilité du système. En effet, ce sont ces éléments qui portent la mise en contexte. Leur consolidation (amélioration des savoirs) et leur justification épistémologique (amélioration des connaissances) permettent d'estimer la capacité du système à changer de contexte.

Néanmoins, si l'on rappelle les définitions déjà données (cf. ci dessous) on constate que l'architecture, constituée d'éléments de représentation spécialisés dans la relation, fait partie de l'infrastructure de manière générale.

**Infrastructure** : ensemble des éléments constitutifs d'une représentation.

**Architecture** : ensemble d'éléments de l'infrastructure reliant et régissant les relations entre les autres éléments.

La combinaison de ce couple avec le couple suivant, domaine / projet, permet de désambiguïser cette répartition des appartenances.

### 4.3.3 Domaine et Projet

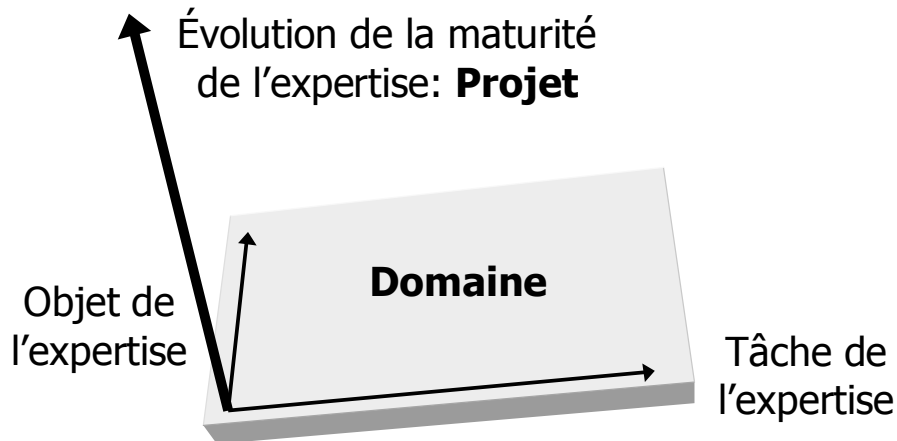


Figure 4-9 : Ajout d'une dimension d'analyse au domaine d'expertise

Quand le couple infrastructure / architecture faisait la différence entre les éléments « statiques » et les relations créant une « dynamique » au sein même de l'expertise, le couple domaine / projet reprend ce même mécanisme mais cette fois pour prendre en compte les évolutions de maturité. La dimension domaine concerne l'étude de l'innovation sur l'expertise métier étudiée, la dimension projet concerne l'innovation dans la gestion de cette expertise.

On obtient en combinant ces deux couples, les groupes d'objets suivants :

**Infrastructure du domaine** : Ensemble des représentations des natures des objets réels de l'expertise étudiée. Il représente les éléments statiques de cette expertise.

**Architecture du domaine** : Ensemble des représentations des rôles des objets réels de l'expertise étudiée. Il permet de construire des vues instantanées du cycle de vie de cette expertise.

**Infrastructure du projet** : Ensemble de l'infrastructure et de l'architecture du domaine pour une configuration et un niveau de maturité de la gestion de l'expertise. Pour ces objets, qu'ils soient nature ou rôle d'une réalité, on ne considère que leur nature en tant que représentation. Le projet étant une vue organisationnelle, son matériau de réflexion est la représentation.

**Architecture du projet** : Éléments de justification permettant de relier deux infrastructures de projets. Ils représentent le rôle des représentations elles-mêmes.

La figure ci-dessous propose une première schématisation de ces groupes. Les attributs qualifiant les liens d'architecture de projet peuvent par exemple être les suivants :

- Source / Auteur
- Date / Version

- Criticité (sur l'intégration, sur la viabilité de l'expertise)
- Importance historique (niveau de sauvegarde)

L'enjeu du questionnement domaine / projet est de préparer les consolidations des différents niveaux de maturité du cycle de vie de l'expertise. On peut ainsi s'interroger sur les points suivants :

- Est-ce que le nombre de cycles de modélisation a été correctement estimé vis-à-vis des niveaux de maturité de départ et d'arrivée ? (nombre estimé d'états de l'infrastructure du projet)
- Quelles sont les décisions stratégiques qui doivent être prises au court du projet ? Les représentations peuvent-elles être facilement consolidées ? (identification des éléments qui peuvent lier les différentes infrastructures du projet)
- Les liens entre les différents points de vue du domaine sont-ils relativement bijectifs où les infrastructures de projet sont-elles très différentes ? (Dans ce cas on retombe dans les problèmes de relations entre les conceptualisations évoquées dans le chapitre précédent à propos des ontologies)

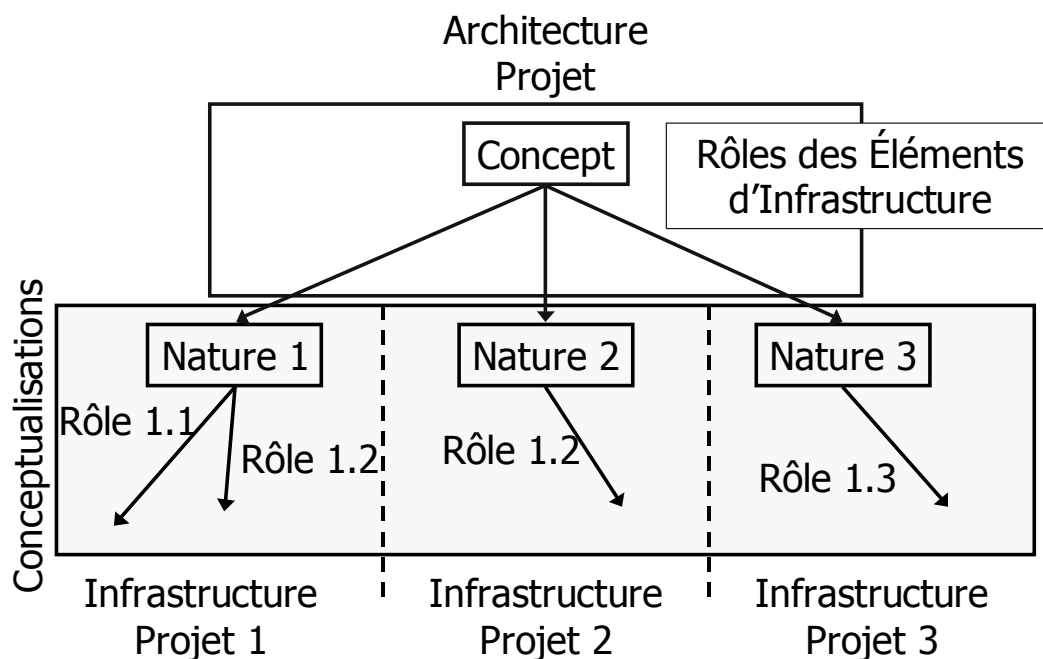


Figure 4-10 : Schématisation des liens nécessaires entre les différentes infrastructures du projet

Les liens d'architecture constituent le matériau sur lequel organiser la collaboration. En effet ils permettent de transposer des éléments de représentation de l'expertise du contexte d'un utilisateur vers un autre. Le point suivant reprend les trois couples de concepts introduits et propose des éléments de réflexion pour construire des indicateurs pour ce type de plate-forme.

#### 4.3.4 Mise en perspective des 3 couples

Le couple syntaxe / sémantique discute de l'expressivité des représentations choisies tant au niveau du domaine d'expertise étudié que du projet visant à faire progresser la maturité de sa

gestion. Dans ces deux éléments, le domaine et le projet, une vue statique et une vue dynamique sont à distinguer. Les groupes de ces éléments sont discriminés via le concept infrastructure / architecture.

Ainsi, comme l'indiquait l'étude des KLC dans le chapitre précédent, le domaine étudié est lui-même dynamique. Dans la figure suivante, un KLC est représenté par une boucle fléchée. La dynamique du projet vient s'y additionner pour opérer des sauts qualitatifs qui transforment ces KLC. Ces sauts sont caractérisés par des changements d'équilibre dans le couple syntaxe / sémantique. Ils peuvent être induits par un simple changement des codes de représentation, par un changement de phase, de méthodologie ou enfin, par exemple, par le passage vers la programmation. Globalement, à chaque étape, l'adéquation syntaxe / sémantique est précisée. Petit à petit, disparaît le besoin de pragmatisme pour désambiguïser les modèles. La connaissance est de plus en plus structurée et son interprétation par les différentes personnes qui lui sont confrontées, de plus en plus univoque. On se rapproche de plus en plus de quelque chose d'intégrable informatiquement.

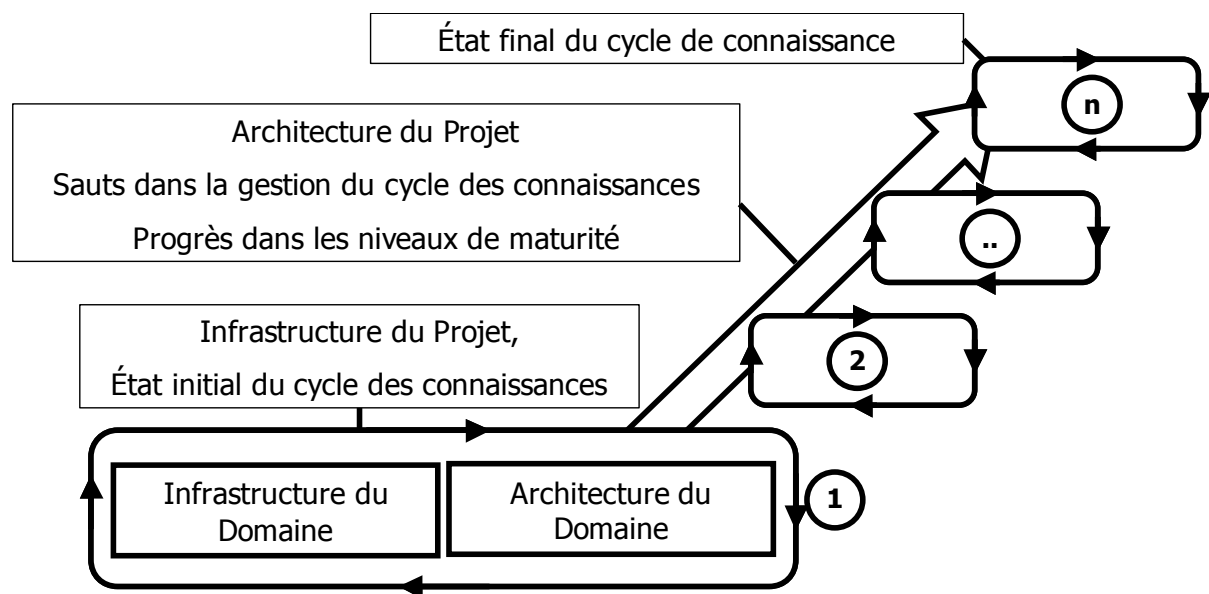
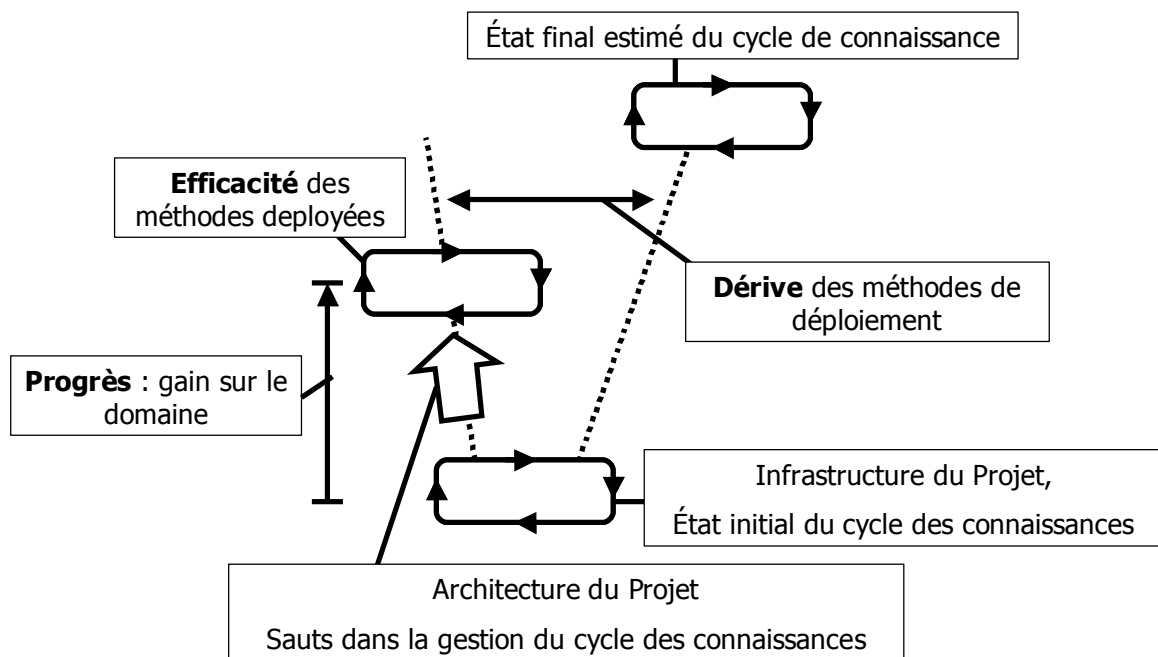


Figure 4-11 : Vision de la dynamique du projet par rapport à l'évolution de la maturité de la gestion du domaine d'expertise étudié

Si la trajectoire de la figure précédente peut être anticipée, alors des indications apparaissent sur le pilotage du projet. Les deux prochains chapitres proposent des exemples permettant d'illustrer comment les liens d'architecture peuvent être concrètement utilisés pour former des indicateurs. La figure suivante propose trois pistes de réflexion pour généraliser les types d'indicateurs qui peuvent être recherchés dans ce contexte :

- Analyse de l'architecture du domaine pour évaluer l'**efficacité** des méthodes mises en œuvres sur l'expertise étudiée.

- Des indicateurs peuvent être constitués par une analyse sur le nombre d'objets manipulés (par exemple une simplification des processus relatifs à l'accomplissement d'une tâche : un exemple relatif au projet USIQUICK est abordé dans le point 5.3.3) ou sur des critères d'amélioration de l'expertise (plus rapide, produisant moins de rebuts, plus économique).
- Comparaison d'infrastructures du projet pour évaluer **la dérive** par rapport aux résultats attendus en terme de gestion de l'expertise.
  - Les phases proposées dans ce chapitre peuvent par exemple servir à évaluer l'avancement du projet par rapport à une Roadmap constituée au début du projet. Par exemple, un enchaînement entre une phase de formalisation et une phase de raffinement peut avoir pris du retard à cause d'un manque de maîtrise des modèles de l'expertise devant être délivrés par la formalisation. Il faut alors reconsidérer la Roadmap et éventuellement les objectifs à atteindre si la compréhension du projet à été fortement modifiée. Un autre exemple, détaillé dans le point 5.3.3 sur le projet USIQUICK, analyse les éléments de l'infrastructure par rapport à la réalité de leur déploiement dans l'application finale pour constituer deux indicateurs permettant de voir quelle quantité de l'expertise à été traité et avec quel degré de robustesse par rapport aux cas problématiques répertoriés.
- Analyse de l'architecture du projet pour mesurer **le progrès** du déploiement.
  - Il s'agit ici de juger de l'interaction des différents modèles et outils à mettre en place pour finaliser le projet. La comparaison entre le niveau de maturité de la gestion de l'expertise au départ du projet par rapport à celui attendu à la fin permet par exemple de constituer une échelle de positionnement de l'état en cours. Abordée dans le point 5.2.2 du projet USIQUICK, l'analyse des documents mis en commun durant le projet permet d'analyser la couverture du projet par les partenaires selon les différentes phases proposées dans ce chapitre.



**Figure 4-12 : Schématisation des principes d'analyse pour proposer des indicateurs dans l'évaluation des changements dans la gestion de la maturité de l'expertise**

Ainsi, ces trois couples contribuent à l'enrichissement de l'outillage conceptuel de collaboration et à la mise en place de la dynamique d'auto-entretien nécessaire à la notion de plate-forme collaborative. En effet, un phénomène commun d'enrichissement apparaît dans ces trois couples. Les notions de sémantique, d'architecture et de projet viennent compléter par leur questionnement les représentations décrites par la syntaxe, l'infrastructure et les objets du domaine. Les objets des premiers membres des couples augmentent du nombre de ceux proposés par les deuxièmes membres mais dans une dynamique de désambiguïsation et de complémentarité.

Le tableau suivant conclut sur l'apport que ces trois couples proposent dans la modélisation et l'intégration de l'expertise. Ce tableau reprend les articulations de la représentation qui ont servi à la fin du chapitre précédent à montrer les différentes spécificités des apports de la littérature sur les KLC. Les trois couples proposés permettent une appropriation par les acteurs de la maîtrise et du pilotage des modèles nécessaires à l'amélioration de leur maturité dans la gestion de leur expertise.

		<b>ENRICHISSEMENT</b>			<b>RESTITUTION</b>						
<b>Philosophie</b>	<i>Kant / Frege</i>	<b>DONNEE</b>	Vorstellung	<b>INFORMATION</b>	Gedanken	<b>EXPERTISE</b>	Vertretung	<b>INFORMATION</b>	Repräsentierung	Epistemologie Allemande	
	<i>Traduction Approximative</i>		Sensation		Pensée		Procuration		Représentation		
<i>Sens KM consolidés pour "Représentation"</i>			<i>Perception</i>		<i>Acte Mental</i>		<i>Action</i>		<i>Véhicule</i>	<i>Points de vue :</i>	
<b>Modélisation et intégration d'expertise</b>	<b>Proposition d'apport</b>		Comprendre l'enjeu		Concevoir une stratégie		Communiquer avec les partenaires		Piloter les représentations	Collaboration	

Tableau 4-2 : Visualisation de l'apport par rapport à l'épistémologie allemande de la représentation



#### 4.4 Phases Élémentaires pour la construction de l'algorithme d'un projet d'intégration

Pour construire un contexte d'application aux concepts proposés, huit phases sont proposées en deux groupes de quatre, la modélisation et l'intégration. Etant donné que les couples de concepts proposés ouvrent sur une gestion élargie de l'expertise devant prendre en compte plusieurs déploiements de méthodes ou méthodologies tout en respectant les spécificités du projet, les phases présenter ne sont pas à appliquer de manière séquentielle. Elles doivent être considérées comme des briques élémentaires à partir desquelles construire l'architecture générale de la stratégie de l'organisation à travers une Roadmap.

Ces phases sont introduites par l'analyse des piliers de la deuxième section de ce chapitre. Les changements opérés sur ces piliers constituent les entrées et les sorties des phases. On en déduit les conditions d'achèvement des phases par rapport aux objectifs contextuels (relatifs à chaque projet) qui leurs ont été affectés.

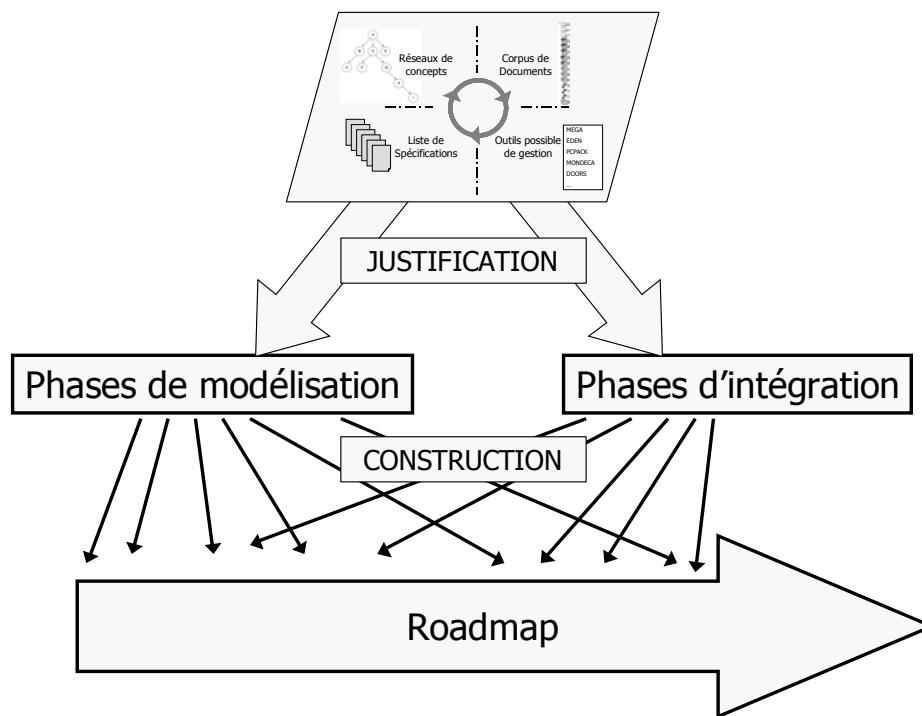


Figure 4-13 : Justification à travers les piliers du déploiement des phases génériques constitutives d'un projet de modélisation et d'intégration de l'expertise

#### 4.4.1 Validation de Phases par la systémique

Les phases d'un projet d'intégration d'une expertise peuvent être considérées comme des plans découpant en tronçons les piliers précédemment introduits. Le schéma ci dessous représente un de ces plans.

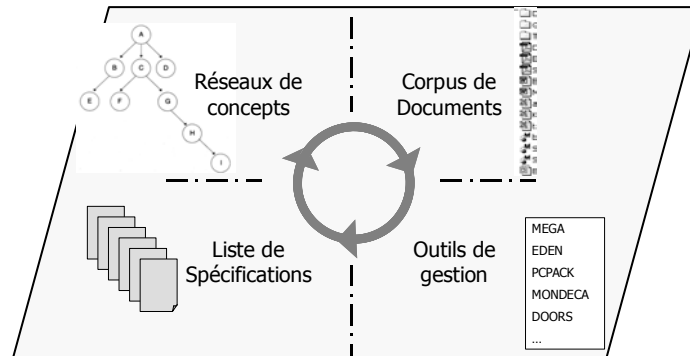


Figure 4-14 : Les phases sont des plans qui coupent les piliers en tronçons

Ainsi, chaque pilier subit ou provoque un changement différent dans chacune des phases. La figure suivante reprend la liste des phases mises en évidence à travers la synthèse du chapitre précédent et décline les influences que les piliers s'échangent pour chacune de ces phases. Des livrables résumant les enjeux de ces phases sont proposés pour synthétiser l'esprit de chacune d'entre elles. Les points suivants dans cette section reprennent plus en détail les enjeux de ces phases. On les regroupe de la manière suivante :

- Phases de modélisation, constituant l'infrastructure du projet
  - Identification
  - Extraction
  - Structuration
  - Formalisation
- Phases d'intégration, représentant l'architecture du projet
  - Raffinement
  - Spécification
  - Diffusion
  - Maintenance

Les phases de modélisation visent à construire une compréhension globale, une culture d'entreprise ou du moins une culture du groupe de recherche autour de l'expertise modélisée, même si l'on a vu qu'elle était difficilement complètement dissociable du reste de l'entreprise.

Les phases d'intégration quant à elles recherchent l'intégration et donc l'ajout aux outils de gestion d'un nouvel élément. Elles impliquent sur l'ensemble du raisonnement de maîtriser les objectifs opérationnels de l'intégration et ce, dès les premières phases de la modélisation.

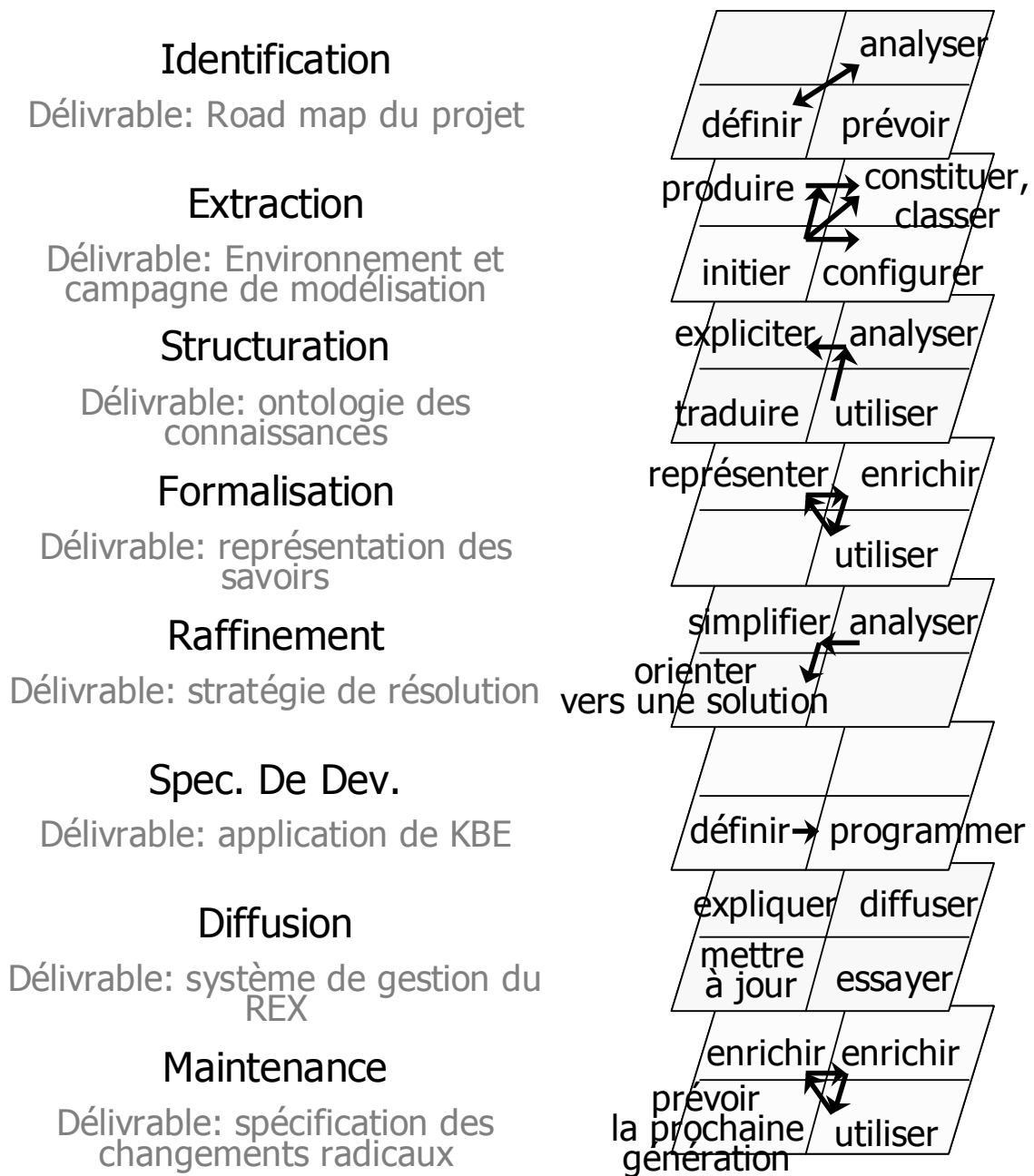


Figure 4-15 : Comment les piliers sont impactés par chacune des phases

Ainsi le paradoxe de la modélisation (pour modéliser, il faut un objectif mais pour avoir une représentation la plus réutilisable possible, il faut avoir pour objectif de se dégager des objectifs) ouvre deux voies :

- Soit on connaît les objectifs : d'après la définition proposée, le modèle est possible, à travers la recherche d'un consensus

- Soit on ne connaît pas les objectifs : une importance relative à des éléments d'expertise est pressentie mais on ne sait pas encore comment ces éléments seront appliqués. On entre dans un questionnement de préservation du patrimoine.

Dans le cas de la création d'un service d'assistance à une expertise, l'objectif est affiché, sinon défini, dès le départ. On peut estimer s'écarter de la deuxième alternative. Néanmoins, se poser cette question du patrimoine crée dans le projet une perspective de long terme. Il semble que ce soit également une condition pour garantir l'agilité de l'application produite au final. Cependant, modéliser sans objectif est un écueil pour l'utilisation de la capitalisation. Des travaux sont donc à mener sur :

- L'identification et la protection du patrimoine,
- La forme effective de capitalisation des expertises.

A ces sujets, on peut se reporter aux travaux respectifs en cours de Laroche [LAR 06] et Ammar-Khodja [AMM 06]. Dans le contexte de l'intégration d'expertise, les phases possèdent un enchaînement privilégié dont la logique est apparue dans l'analyse des enjeux de méthodes existantes.

Certains enchaînements ou influences privilégiées apparaissent. Ils sont représentés par la figure suivante dans des blocs de couleur. En rouge, la phase d'identification initie le processus de modélisation puis l'intégration. Les mesures de validation apparaissant dans la diffusion et la maintenance sont à déterminer dès cette première phase. Ces mesures contribuent à définir le cadre de travail des autres phases. Les trois phases reliées en orange représentent le cœur de la modélisation avec les phases d'extraction, structuration et formalisation. Elles construisent des représentations référentes pour le pilotage de projet et les phases ultérieures d'intégration. En noir, la jonction est faite entre la modélisation et l'intégration. Le premier triangle bleu de l'intégration fait interagir les phases de raffinement et de spécification des développements. Ce groupe se caractérise par la prise de décision pragmatique et déterministe vers le développement. Enfin, le dernier groupe relié en vert (spécification, diffusion et maintenance) concerne le déploiement et la vie de l'application vers les utilisateurs finaux.

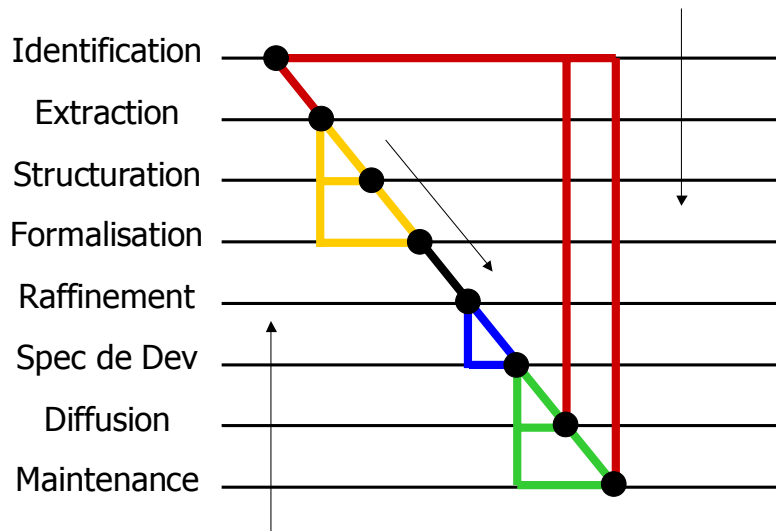


Figure 4-16 : Schématisation des enchaînements ou influences significatives entre les phases

Les phases proposées ne sont pas incompatibles avec d'autres systèmes de phases comme le cycle en Oméga d'Ardans [ARD], les tâches élémentaires de CommonKADS [SCH 99] les phases du Rational Unified Process [PRO 03] ou bien les pratiques du PMBOK [PMB 04]. Cependant elles ont été choisies par leur intérêt par rapport à la construction en cours, notamment les éléments identifiés comme piliers du déploiement.

La différence importante avec les phases proposées dans d'autres contextes vient des alternatives d'enchaînements possibles tout en maintenant une vue de haut niveau d'abstraction. Elles permettent ainsi de décrire un plus grand nombre de projets de ce type en tenant compte de leurs aléas et de leurs contextes, en facilitant le pilotage et la communication. Ces phases peuvent être également parfois menées simultanément. Les deux points suivants reviennent sur la description de ces phases et leurs objectifs rapidement décrits dans ce point. Le dernier point de la section propose une synthèse à travers un exemple fictif illustrant les possibilités de déploiement et le rôle fédérateur entre des méthodologies plus directement opérationnelles.

#### 4.4.2 Les quatre Phases de Modélisation

**Identification<sup>6</sup>** : mise en évidence des objectifs et des typologies de connaissances et de savoirs à rechercher ; première phase de définition des autres phases du projet (Roadmap).

La phase d'identification est constituée des objectifs suivants :

- Définir et délimiter le système étudié
- Définir les objectifs des différents modèles envisagés
- Identifier les typologies de représentation permettant d'alimenter la résolution des objectifs

<sup>6</sup> Le premier paragraphe d'introduction de chaque phase correspond à celui décrit dans la vue globale de la première section

- Planifier l'enchaînement prévu des phases

Pour la délimitation du système et la compréhension de ces enjeux, Amidon [AMI 97] a utilisé le questionnement suivant pour mieux comprendre son expertise dans la modélisation des connaissances. Elle précise qu'il peut être utilisé par un groupe de travail ou un individu pour déterminer les perspectives de son expertise.

- « *Quelle période voulez vous analyser ?*
- *Listez les références (livres, articles, vidéo, etc.) qui ont influencé votre expérience durant cette période.*
- *Désignez les personnes clés de votre sphère d'influence (celles qui ont eu un impact sur votre carrière et votre point de vue ainsi que ceux que vous avez pu influencer).*
- *Identifiez les éléments précurseurs qui ont joué un rôle majeur dans votre (vos) profession(s).*
- *Décomposez votre expérience professionnelle en termes d'accomplissements majeurs.*
- *Tracez des lignes connectant les activités pour indiquer leurs interdépendances potentielles. De nouveaux événements, références et réalisations feront surface.*
- *Prenez du recul et réfléchissez sur votre passé et vos objectifs »*

Parmi les exemples de typologie de représentations, on peut noter les rôles du modèle FBS PPRE [LAB 04], les connaissances adressées par chaque type de tâches de CommonKADS [SCH 99] ou les modèles de coûts [PER 06a]. Ces types sont ensuite soumis à différents modes de représentation qu'il faut aussi choisir (Labrousse [LAB 04] en propose par exemple plusieurs, confrontés à sa syntaxe propre : IDEF0, IDEF3, SAGEP, GRAI, PATTERN, FBS, MOKA ou modèle d'Harani). Les chapitres suivants traitant des exemples contiennent également des listes de typologies.

Bassetti [BAS 02] présente une liste de pratiques favorisant la fiabilité du processus de conception en clarifiant les enjeux pour les parties prenantes (comme le préconise la norme ISO 10 006 relative à la qualité en management de projet). Ces principes rentrent de manière cohérente dans les projets d'application de KBE et doivent être pris en compte dès la phase d'identification :

- L'objectivation de la situation perçue
- La construction en commun des finalités du projet
- L'intégration des besoins des différentes parties prenantes
- La construction d'une vision partagée par l'élaboration d'un langage commun
- La déclinaison des objectifs tout au long du projet
- Le pilotage par les finalités et non par les actions

Un moyen de s'assurer le maintien des objectifs sur l'ensemble du projet consiste à anticiper et programmer dès cette phase les conditions opérationnelles de validation à travers les phases de diffusion et de maintenance. Evidemment, les objectifs peuvent être soumis à changements lors du projet mais cette contrainte incite à évaluer ces changements de direction. Le livrable proposé pour cette phase est une Roadmap précisant les objectifs du projet d'intégration et constitué par les phases proposées ici. La phase d'identification doit notamment déjà préparer la prise en compte de la diffusion et la maintenance dans l'évolution du projet. C'est donc le pilier « spécifications » qui est le plus impacté par cette phase. Des disciplines comme le Requirement Management, à travers par exemple le logiciel DOORS [TEL], permettent cette gestion du progrès de spécifications depuis les premières phases du projet. Cette phase doit permettre de garantir la transition entre la formalisation, normalement abstraite des contraintes de développement et le raffinement qui tranche parmi les alternatives de déploiement.

**Extraction :** mise en place d'une campagne de recherche des sources et de leur traitement pour alimenter les deux phases suivantes.

La phase d'extraction est constituée des objectifs suivants :

- Prévoir les ressources humaines et logicielles
- Recherche des sources
- Mise en place d'un système d'analyse

Le point critique de cette phase consiste dans l'identification des sources, correspondant aux critères de la phase précédente. Une fois les sources de ces typologies identifiées, plusieurs choses sont à analyser :

- Importance de relativiser les sources (leur pertinence dépend d'un niveau de maturité de la gestion de cette expertise qui peut constituer un piège de type « competency trap »)
- Importance de les relativiser entre elles (plusieurs points de vue peuvent apparaître avec plus ou moins d'exactitude ou d'arguments. La réflexion sur les ontologies encourage le maintien de l'ensemble de ces conceptualisations. Certaines innovations peuvent en émerger. Midler [MID 93] cite le Directeur du projet X06 : « *Mieux vaut avoir vaguement raison que tort avec précision* »)
- Importance de les relativiser dans le temps (la maturité du projet peut remettre en question une partie des sources en leur redonnant de la pertinence ou plus souvent en les faisant apparaître obsolètes.)

Ainsi, dès cette phase, l'architecture du projet doit déjà être au moins esquissée, quitte à revenir dessus pour une adaptation. Le livrable de cette phase est un environnement validé de modélisation avec ses premiers modèles. Il faut s'attendre à avoir à modifier souvent les différentes représentations créées dans les phases suivantes. L'actualité apparaissant dans les sources doit également pouvoir continuer à être captée et intégrée. Les piliers « outil de

gestion » et « corpus de documents » sont les plus impactés. Le « réseau de concept », notamment à travers les interviews d'expert, est également sollicité.

Cette phase s'enchaîne très instinctivement avec les phases de structuration et surtout de formalisation. Une fois les mécanismes rodés, on peut envisager de les mener simultanément.

**Structuration** : constitution d'arborescence suivant les typologies listées dans la première phase d'identification pour obtenir un systématisme de recherche pour analyser la complétude de la capitalisation.

La phase de structuration est constituée des objectifs suivants :

- Analyse des sources
- Systématiser l'organisation de l'extraction d'information par types (arbres "is-a" ou "part-of" par ex.)
- Eliminer les incohérences (niveaux mal définis, redondances, hiérarchie peu claire)
- Converger, établir un langage commun

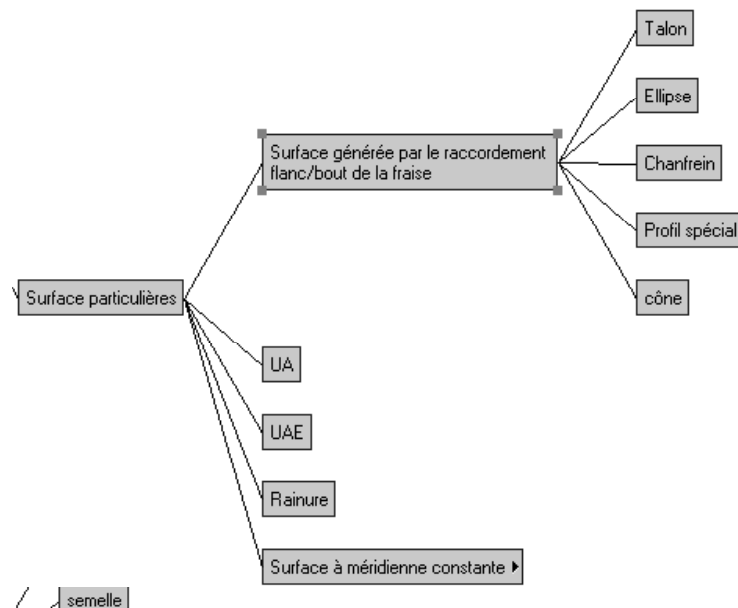
Cette phase contribue à consolider la construction épistémologique des connaissances contenues dans les sources. Le systématisme que cela implique fait apparaître de nouvelles zones de l'expertise nécessitant un complément d'information.

Ces connaissances constituent un mécanisme d'analyse qui permet de manipuler les savoirs et d'évaluer le niveau de maturité de leur gestion et donc de leur potentiel de réutilisation. On retrouve dans cette phase les besoins de création d'ontologie. Des modèles de données peuvent être également employés mais ils risquent de créer de la confusion avec les modèles opérationnels de données qui sont utilisés dans les phases d'intégration. Certaines méthodes, comme le déploiement du modèle ICARE dans MOKA, insistent sur cette phase (Cf. figure ci dessous). Elle joue un rôle important dans la désambiguïsation des signes de représentation et de la base de vocabulaire commune du projet.

Le couple syntaxe / sémantique y joue un rôle notable. Dans cette phase, le pilier « réseau de concept » est le centre d'intérêt. La clarification de son questionnement prépare l'efficacité de la phase suivante. Les bénéfices à attendre, à travers un livrable de type ontologie, sont :

- Une terminologie claire permettant le consensus et l'arbitrage lors de discussions,
- Une terminologie structurée préparant la navigation pour les grandes modélisations.





**Figure 4-17 : Exemple de structuration d'entités par un arbre « is-a »  
(Ammar-Khodja pour USIQUICK [AMM 06])**

**Formalisation :** représentations de la réalité obtenues par combinaison des arbres de la structuration, en général deux à deux.

La phase de formalisation est constituée des objectifs suivants :

- Définir un formalisme de représentation (précision de la syntaxe par rapport à la sémantique)
- Utiliser l'information structurée en associant les typologies structurées deux à deux
- Construire des représentations (Diagrammes, Bases de Faits ou de Règles...)

L'aboutissement de la modélisation intervient lors de la phase de formalisation. C'est durant cette phase que les représentations de la réalité (existante ou attendue) sont réalisées. Les formalismes de représentation peuvent bien entendu être sélectionnés parmi les formalismes standards existant. Cependant, l'utilisation d'un formalisme standard n'exclut pas les ambiguïtés d'interprétation. Là encore, le couple syntaxe / sémantique permet de s'assurer une herméneutique claire au sein du projet. Par exemple, Derras [DER 98] propose à travers la logique floue une formalisation de l'imprécision informationnelle et des incertitudes décisionnelles des connaissances expertes.

Les deux phases de l'ontologie discutées dans le chapitre précédent permettent la discussion sur la distinction entre la phase de structuration et la phase de formalisme. Si l'ontologie différentielle appartient clairement à la phase de structuration, l'ontologie référentielle se situe entre la structuration et la formalisation. Si d'une part elle contribue à la création d'un cadre d'expression et s'associe dans ce sens à la phase de structuration, elle introduit également une part plus forte de subjectivité dépendante du contexte dans les associations qui peuvent être choisies entre les éléments de l'ontologie différentielle. On retrouve le mécanisme d'association de plusieurs types caractéristiques de la formalisation. Dans MOKA, les

diagrammes constitués à partir des arborescences de la phase ICARE sont des illustrations de ce mécanisme. L'ensemble des diagrammes représentant la situation analysée (présente, à venir ou les deux, dépendamment des objectifs de la phase) constitue le livrable de cette phase. Ils forment un « corpus de documents » supplémentaire préparant les discussions de l'intégration.

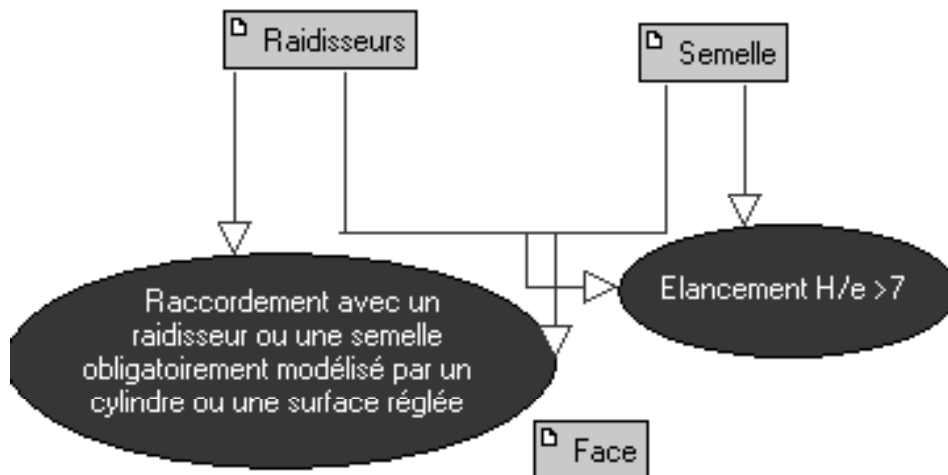


Figure 4-18 : Diagramme associant deux types d'objets ICARE : les entités et les contraintes (Ammar-Khodja pour USIQUICK [AMM 06])

#### 4.4.3 Les quatre Phases d'Intégration

**Raffinement**<sup>7</sup> : amélioration de la compréhension des enjeux des expertises identifiées et sélection des éléments privilégiés par lesquels peuvent être prises les décisions déterministes initiant le déploiement de l'application finale.

La phase de raffinement est constituée des objectifs suivants :

- Recherche des éléments clefs dans les représentations
- Consolidation du sens porté par les objets
- Recherche de consensus fort des partenaires

Le Résultat Idéal Final (RIF) est un concept structurant de la théorie TRIZ. Cavallucci explique [CAV] :

*« Selon Altshuller, les systèmes lourds, inflexibles, de type « usine à gaz », devraient être remplacés par de la lumière, par de l'air, voire des systèmes éphémères constitués de petites particules, molécules, atomes, ions ou électrons contrôlés par divers champs. Un système idéal ne devrait avoir ni un poids élevé, ni un grand volume. »*

<sup>7</sup> Le premier paragraphe d'introduction de chaque phase correspond à celui décrit dans la vue globale de la première section

La phase de raffinement propose d'appliquer ce raisonnement de la dimension domaine à la dimension projet. La représentation doit elle aussi identifier les éléments clefs structurants (molécules, atomes) et les lois les régissant (champs).

Ainsi, dans le projet USIQUICK discuté plus en détail dans le chapitre suivant, les travaux de Ben Younes [BEN 94] ont permis d'identifier dans la constitution de la gamme les trois concepts structurants : Outils, Séquences et Entités. A partir de cette identification dans le référentiel USIQUICK, une méthode de déploiement a été proposée (point de vue général : [CAN 05b], point de vue opérationnel : [CAN 06a]).

Le livrable de cette phase consiste en une liste de concepts par lesquels piloter le déploiement et une stratégie de résolution de la problématique de l'expertise par rapport à ces concepts et aux contraintes spécifiques de l'environnement de développement. Ces deux éléments forment la base d'un cahier des charges opérationnel pour le développement qui vient compléter le pilier « spécification » et permet d'envisager le développement.

**Spécification** : transfert dans l'univers d'intégration des expertises modélisées en accord avec les choix structurants de l'étape précédente.

La phase de spécification du développement est constituée des objectifs suivants :

- Prise de décisions déterministes et justifiées vers une solution technique
- Anticiper la diffusion
- Anticiper la maintenance
- Initier le développement

La stratégie construite dans la phase de raffinement doit permettre de prendre des décisions par rapport à la spécification du développement. Les spécifications sont la transformation des représentations raffinées dans l'espace formel des éléments de programmation. Suivant les possibilités du langage ou de l'architecture du logiciel dans lequel il a pu être décidé d'insérer l'application étudiée, des contraintes viennent délimiter le champ des possibles. La réutilisation de composants peut ainsi amener à faire des concessions.

A cette étape, une interaction peut être mise en place avec les phases de diffusion et de maintenance pour vérifier la validité de l'application. Par exemple les interactions avec les utilisateurs peuvent prévenir des erreurs sur la compréhension de l'utilisation de l'expertise.

Suivant les objectifs, les premières maquettes, voire une version complète de l'application, peuvent constituer les livrables de cette phase. Un recouvrement avec la phase de maintenance et surtout avec la phase de diffusion présente un fort intérêt. Là encore, le pilier « spécification » est fortement modifié. Un nouvel élément vient également s'insérer parmi les « outils de gestion » : la nouvelle application. Elle a pour l'instant un rôle client par rapport aux autres applications qui contribuent à la construire.

**Diffusion** : prise en compte des futurs utilisateurs pour estimer leur niveau d'acceptation et corriger les choix de déploiement.

La phase de diffusion est constituée des objectifs suivants :

- Mise en place d'une politique de diffusion
- Constitution d'un groupe d'essai utilisateurs finaux
- Création et test d'IHM, retours d'expériences
- Capitalisation de l'expérience de développement en vue de l'optimisation de la maintenance et du transfert d'expérience

La phase de diffusion permet de contrôler la dérive du projet par rapport aux objectifs fixés dans les phases d'identification et de spécification les plus proches. On obtient ainsi trois points de repère pour cet alignement : les objectifs initiaux, les spécifications de développement et l'application finale.

Si le but premier de la diffusion consiste en des retours d'expérience des utilisateurs, c'est aussi un moyen de juger de l'acceptation de l'application. En effet, prévu ou non, l'ajout d'une application dans un environnement de travail modifie la perception des tâches à accomplir, voire transforme complètement la manière d'appréhender l'expertise.

Certains comportements peuvent empêcher l'acceptation de l'application. Cegarra [CEG 04] discute par exemple du niveau de compréhension que doit avoir l'utilisateur de la stratégie de l'algorithme. Sur des problèmes d'ordonnancement, il montre que, même si un utilisateur souhaite au départ comprendre le fonctionnement de l'algorithme, la collaboration entre l'homme et la machine devient plus efficace quand l'utilisateur abandonne la responsabilité du raisonnement contenu dans l'algorithme.

Il est donc intéressant d'avoir une population de test relativement variée (programmeur, experts initiaux, utilisateurs finaux – qui ne sont pas forcément les experts du départ –, évangélistes de la stratégie définie en phase de raffinement) et d'analyser les résultats à la lumière du saut de maturité de la gestion de l'expertise.

Cette phase, fortement impliquée dans la dimension domaine, donne lieu à un nombre important de bonnes pratiques dans la dimension projet. L'accélération des retours ou l'augmentation de la taille de l'application en développement engendre un volume croissant d'information à gérer. Le projet d'intégration se retrouve de plus en plus exposé au reste de l'organisation.

Dans cette phase, le pilier « outil de gestion » est le plus fortement interpellé : d'une part l'analyse du nouveau composant en cours, d'autre part, si un grand nombre de retours est envisagé, un outil de gestion doit être envisagé (un outil de bug tracking par exemple [@MAN]).

**Maintenance :** définition des modes d'utilisation de l'application finale et prévision de sa projection éventuelle vers la génération suivante d'outil.

La phase de maintenance est constituée des objectifs suivants :

- Prévoir les niveaux de mise à jour du logiciel et les procédures associées

- Lister et analyser les problèmes et manques
- Déployer des procédures pour les changements lourds
- Démantèlement et migration vers la prochaine génération

Outre la mise en place des procédures de maintenance et de mise à jour de l'application, la gestion de l'expertise rencontre un nouvel enjeu. L'organisation doit envisager et planifier la prochaine génération d'outils. Cette réflexion, entamée dès la phase d'identification, influe l'ensemble des phases pour aboutir à la phase de maintenance. En parallèle de l'utilisation normale, un système de mise à jour capte les évolutions de l'expertise selon les procédures prévues.

Plusieurs types de mécanisme à des niveaux différents peuvent venir compléter l'architecture du projet pour anticiper l'évolution de l'expertise. On trouve parmi eux, par exemple, à des niveaux stratégiques différents de l'entreprise, l'intelligence économique de l'organisation, la théorie TRIZ et les recherches sur les lois d'évolution ou les choix de programmation orientée objet.

Suivant l'abstraction obtenue par l'organisation sur la maturité de la gestion de l'expertise, la modularité de l'application obtenue garantit une meilleure réutilisation des différents éléments de cette expertise.

L'application devient un élément à part entière du pilier « outil de gestion ». Elle prend sa place comme élément de la culture de l'organisation et influence les projets ultérieurs. Cette phase, normalement la plus longue, va jusqu'au démantèlement du fonctionnement créé autour de la nouvelle application. Le livrable peut être un recueil des spécifications accumulées pendant son utilisation pour préparer la génération suivante d'outil.

#### **4.4.4 Réflexions sur l'approche par vues et le Roadmapping**

« Roadmap » est un terme que s'approprie le jargon de la gestion de projet. A l'origine, il s'agit d'une liste de dates figurant par exemple la liste de sortie de nouveaux produits. Le sens se généralise vers une suite de phases à parcourir pour accomplir un objectif. Des solutions de gestion des connaissances alignées sur ce fonctionnement apparaissent [IND].

La Roadmap forme une arborescence temporelle de structuration du projet. Les phases présentées permettent de construire une séquence, avec éventuellement des phases en recouvrement, adaptée à la spécificité du projet. La Roadmap apporte un filtre sur les éléments à présenter pour utiliser une classification comme élément de navigation. Ce filtre est temporel et concerne les activités du projet. Cependant, l'organisation d'un projet relatif à un produit comporte pourtant d'autres filtres potentiels [CAN 04] [IPP] parmi lesquels :

- Découpage selon le processus de définition du produit (Roadmap « classique »)
- Découpage selon le processus de production du produit
- Découpage selon la structure physique du produit
- Découpage selon les fonctions, objectifs du projet

L'organisation des informations dans le projet doit pouvoir tirer profit de l'ensemble de ces aspects qui apportent chacun une vision d'ensemble facilitant l'appréhension des enjeux. Pour résoudre cette problématique, deux approches sont envisageables :

- Plusieurs arbres structurés trient la même information et il est possible de commuter d'une présentation à une autre. La difficulté de maintenir la cohérence d'un arbre est multipliée et les cas exceptionnels sont difficiles à absorber.
- Un seul arbre structuré organise l'information, il est combiné à un système « organique » fonctionnant par exemple sur des mots-clefs ou de l'indexation. (ex : Webeden [@IND] ou Windows + 1 Desktop [@COP]). La recherche dans l'espace organique est par contre moins facilement intellectuellement maîtrisable par l'utilisateur qui doit accepter de faire confiance à l'algorithme pour se retrouver.

La deuxième option permet d'introduire plus facilement les interactions entre les utilisateurs et donc de s'assurer une pertinence des échanges et une maintenance instinctive du système. En effet, la tendance va vers des outils qui se gèrent spontanément par les interactions entre les utilisateurs. L'importance de ces relations est mise en évidence à travers le projet IPPOP qui vise à l'aide à la conduite de la conception collaborative [ROB 04] :

*« Là où IPPOP se distingue d'autres applications c'est dans la possibilité qu'il offre de détecter les conflits potentiels. Ceci est décrit dans la partie inférieure du diagramme de séquence. Chaque expert a fourni tout un ensemble de données à IPPOP. Toutes ces données auront été identifiées comme critiques ou non, par chaque expert, pour son activité. Le modèle produit intègrera cette criticité et IPPOP pourra alors identifier un conflit lorsqu'un expert modifiera au moins une donnée critique d'un autre expert. IPPOP notifiera alors le conflit au chef de projet. »*

L'aspect relationnel est ainsi largement mis en avant de l'organisation de cette plate-forme. Pour préciser comment cette dimension projet interagit avec la dimension domaine, Merlo [MER 03] décrit :

*« la modélisation du système technologique qui s'appuie sur une vue fonctionnelle (formalisme actigrammes) et sur une vue processus (formalisme actigrammes étendus) décrivant deux processus en interaction étroite : un processus « gestion de Mise en œuvre d'un environnement d'assistance aux acteurs projet » et un processus « gestion de données techniques. »*

A travers deux vues reprenant les perspectives du domaine et du projet, il crée une architecture de pilotage organisationnel au niveau processus. Cette vue est nécessairement complétée par une vue fonctionnelle pour valider la conception par rapport à ses objectifs. A ce niveau se crée une autre architecture de projet.

Les vues, en tant qu'infrastructure du projet, constituent un moyen efficace de contextualiser les traces de l'expertise dans la modélisation selon les objectifs d'analyse. La vue apporte la possibilité de comparer à un même niveau les objets de la réalité sous plusieurs angles puis de cette comparaison faire naître un nouveau niveau.

Les notions de vue et de Roadmap sont donc complémentaires pour faire émerger l'architecture du projet. Elles permettent des comparaisons entre deux états temporellement différents (la même vue dans deux étapes de la Roadmap) ou la consolidation de points de vue (deux vues différentes de la même étape de la Roadmap).

Les couples infrastructure / architecture et domaine / projet permettent de construire la Roadmap et de proposer les niveaux d'infrastructure du projet, conceptualisations correspondant à une ou plusieurs vues. Le couple syntaxe / sémantique analyse l'expressivité de ces infrastructures et fait émerger les besoins en vues qui déclenchent l'enrichissement de l'infrastructure ou la scission de l'infrastructure en deux autres.

#### 4.4.5 Exemple de scénario

Dans ce point, un scénario fictif est décrit pour consolider les points développés dans cette section par un exemple. La figure suivante présente les étapes de ce projet. Chaque étape est ensuite détaillée. A la fin de ce point, un tableau détaille la Roadmap de ce projet. On peut imaginer qu'elle ait été construite au fur et à mesure du projet. Sa forme finale permet une capitalisation de l'expérience du projet et une réutilisation de l'expérience dans d'autres contextes. La capitalisation peut être obtenue en liant les documents du projet à chaque phase. La réutilisation est permise par l'identification de phases similaires à l'intérieur même du projet ou d'un projet à un autre.

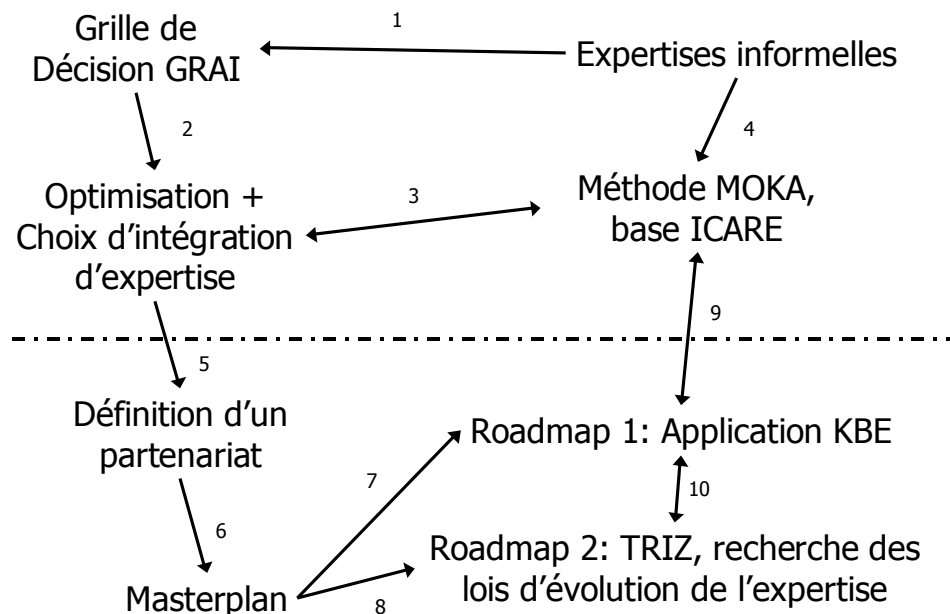


Figure 4-19 : Vue d'ensemble du scénario

1 : L'organisation prévoit un changement de ses outils de PLM. A cette occasion, il est décidé d'utiliser la grille de décision GRAI pour avoir une vision du cycle de vie du produit qui permette de faire ressortir les expertises situées à l'intersection d'un maximum de décisions.

En réfléchissant au couple syntaxe / sémantique, le groupe de réflexion encore réduit décide de ne pas déployer l'ensemble de la méthodologie GRAI et se contente de l'expressivité de la grille de décision.

2 : La constitution des devis semble être un point névralgique de l'organisation. Manquant de visibilité, le groupe de réflexion recherche une méthode pour commencer à formaliser l'expertise.

A travers le couple domaine / projet, l'équipe de réflexion comprend que la compréhension de la constitution des devis est très dépendante du point de vue de chaque expert et qu'il y a peu de communication entre eux. En déduisant que l'expertise n'est gérée qu'au premier niveau de maturité, le groupe convient de passer par une première phase de modélisation pour mieux comprendre les enjeux avant décider de la stratégie d'intégration. Les conditions de validité de ce niveau d'infrastructure du projet sont précisées. Elles indiquent le type et la densité des représentations à fournir pour que le groupe puisse prendre ses décisions.

3 : Après une première étape rapide de modélisation SADT, il est décidé de constituer un groupe de travail chargé de préparer une première phase de modélisation en utilisant la phase informelle de la méthodologie MOKA, pour constituer des fiches ICARE.

4 : A travers plusieurs itérations, le groupe de travail passe par les phases d'extraction, de structuration et de formalisation. Au court de ces itérations, l'expressivité de la syntaxe est affinée pour répondre aux spécifications de groupe de réflexion.

A l'issu de ces travaux, le groupe de réflexion confirme le manque de maturité de l'entreprise sur cette expertise critique. Il est décidé d'entrer dans une deuxième phase de projet (marquée sur le diagramme par les pointillés).

5 : A cause de ce manque de maturité et du manque de compétence d'intégration, le groupe de réflexion décide de former un partenariat avec deux autres organisations. Une première organisation doit donner un apport à un nouveau groupe de modélisation d'une base de connaissance. Une deuxième organisation doit prendre en charge les efforts d'intégration.

6 : Un « Masterplan » (plan de pilotage) est construit pour piloter deux Roadmaps et coordonner leurs actions au niveau du groupe de réflexion [@IND].

7 : Le groupe de modélisation reprend le travail entamé sur le modèle ICARE et construit une Roadmap pour développer complètement la méthodologie MOKA.

Cette Roadmap prend en charge les phases d'intégration de l'application KBE. Il y a donc une forte collaboration entre l'équipe de modélisation et l'équipe d'intégration. La diversité des cultures met en avant le couple syntaxe / sémantique pour éviter un phénomène de séparation en sous-projets trop marqué et assurer la communication.

8 : Pour garantir la pérennité des efforts et l'atteinte d'un niveau maximum de maturité, une infrastructure de projet de plus haut niveau d'abstraction est mise en place

9 : Le modèle ICARE est enrichi d'une vue projet qui permet d'intégrer les différents points de vue des partenaires, de les confronter et de les consolider [AMM 05].

Ces éléments constituent les liens d'architecture entre les deux infrastructures du projet.



10 : Suivant les chaînes de coûts identifiées, des expertises critiques du PLC sont délimitées. Un travail de recherche est effectué sur les évolutions possibles de ces expertises techniques, pour voir comment elles influencent les modèles économiques de l'entreprise.

En parallèle, une réflexion est menée sur les modèles de coûts utilisés pour vérifier qu'ils sont effectivement génériques et n'entraînent pas de « competency gaps », le risque étant de ne constituer que les PLC que l'on sait évaluer. On cherche sur cette expertise critique à atteindre le niveau de maturité maximum.

Cette interaction permet également de favoriser la phase de maintenance de l'application créée et de s'assurer de pouvoir réutiliser une partie de ces composants en cas d'une nouvelle génération d'application.

	Pré-étude	Groupe de réflexion réduit
A	Identification	Lancement de la pré-étude de la problématique
B	Extraction	Construction de la grille GRAI
C	Structuration	
D	Formalisation	
E	Raffinement	
D	Formalisation	Construction de la grille "Attendue"
F	Spécification	Spécification d'un Avant-Projet
	Avant Projet	<b>Renfort d'une équipe de modélisation</b>
B	Extraction	Déploiement du modèle informel ICARE de MOKA
C	Structuration	
D	Formalisation	
E	Raffinement	
	Lancement du Projet	<b>Partenariats avec des expertises en KM et en Développement</b>
A	Identification	Définition commune des objectifs
B	Extraction	Constitution d'une plate-forme collaborative et d'un Masterplan
	Roadmap 1	<b>Groupe de modélisation + K Experts + Équipe de programmation</b>
B	Extraction	Finalisation de la phase informelle de MOKA
C	Structuration	
D	Formalisation	
E	Raffinement	
F	Spécification	Phase formelle de MOKA
G	Diffusion	Industrialisation de l'application
H	Maintenance	
	Roadmap 2	<b>Conseil d'experts de chaque catégories</b>
E	Raffinement	Synthèse des meilleures pratiques
F	Spécification	Propositions de spécifications
H	Maintenance	Préparation des mises à niveau suivant les pratiques émergentes
G	Diffusion	Analyse de l'impact des innovations

**Tableau 4-3 : Roadmap du scénario**

#### **4.5 Synthèse : compléter les outils de compréhension des mécanismes de modélisation de l'expertise**

Le déploiement au sein d'une organisation, d'un projet de modélisation et d'intégration d'une expertise sollicite les supports matériels de cette expertise dans l'organisation. A l'intersection de ces deux systèmes dynamiques que sont le projet et l'organisation, ces supports, introduits sous le terme de « piliers », sont le lieu des problématiques conditionnant le succès du projet. On distingue les réseaux de concepts, les corpus de documents, les outils de gestion et les listes de spécifications du projet. Plusieurs contributions existent pour garantir la synchronisation des modèles du projet avec la réalité mouvante de l'organisation. L'analyse de la littérature propose ainsi plusieurs couples pour étudier la modélisation de la connaissance. Parmi eux, trois ont notamment été discutés dans ces deux derniers chapitres.

Le couple Formel / Informel, principalement introduit par Nonaka, insiste sur le besoin d'exprimer de manière structurée la connaissance pour la partager. Néanmoins, la connaissance ne supporte pas le passage vers la représentation qui la transforme en information en faisant disparaître tout ou partie du contexte d'interprétation. De plus, l'accès à ces traces de connaissances ne garantit pas l'appropriation et l'utilisation. La diversité de l'épistémologie de la connaissance implique d'apporter de nouveaux axes d'analyse pour comprendre les problèmes de modélisation de l'expertise.

Le couple Rôle / Nature, décrit notamment par Labrousse, apporte ainsi les prémices d'une approche multi vues. Cette interrogation de la modélisation permet de prendre en compte la différence entre ontologie et conceptualisation. Elle favorise la remise en contexte de la connaissance formalisée. Cependant, elle ne dépasse pas encore la dichotomie entre le formel et l'informel et ne permet pas d'interroger l'ensemble d'une expertise.

Il faut aller vers l'interrogation épistémologique sur le couple Savoir / Connaissance rapportée dans l'ouvrage de synthèse de Cassin pour trouver un outil permettant de s'interroger sur la qualité de la part informelle de l'expertise et les nécessités de sa manipulation. Ainsi, dans ces pages le terme d'expertise a été préféré à connaissance ou savoir. La distinction Savoir / Connaissance implique une modélisation qui prend en compte la chose étudiée (d'un aspect formel) mais sait également pointer l'aspect informel pour en optimiser l'utilisation. On peut ainsi piloter les différentes formes d'expertises, malgré la difficulté de les formaliser complètement.

C'est dans cette perspective que trois couples supplémentaires sont introduits. Ainsi la proposition du couple Syntaxe / Sémantique permet de discuter de la part de l'expertise à formaliser et de voir dans quelle mesure, elle permet de manipuler la part non formalisée.

La démarche d'amélioration de la gestion de cet équilibre et à travers lui, de l'expertise étudiée interroge le rôle de la modélisation dans le projet d'intégration. Pour comprendre « l'expertise sur l'expertise », deux autres couples ont été introduits.

Le couple Infrastructure / Architecture complète le couple Nature / Rôle en permettant de délimiter les ensembles d'éléments de représentation en insistant sur la prise en compte des

liens constituant la dynamique de l'évolution. Cette distinction encourage la formalisation indépendante de la nature ontologique des objets par rapport à leur utilisation. Elle participe au déplacement de la valeur de la gestion de l'objet vers la gestion de son potentiel et prépare la construction de « plate-forme ».

Si la plate-forme est déjà appliquée à des problématiques techniques, les projets de modélisation et de gestion de l'expertise (comme IPPOP par exemple) ouvre la perspective d'une utilisation sur l'axe organisationnel. Pour différencier les utilisations et les contextes d'application des couples précédents, le couple Domaine / Projet a été proposé. En reconnaissant que l'expertise technique et l'expertise organisationnelle s'enrichissent mutuellement, cet outil de questionnement favorise l'ouverture et l'interopérabilité des différents modèles et de leurs états.

Pour clarifier le contexte d'application de l'ensemble de ces couples d'analyse, une liste de phases a été proposée pour couvrir les différents aspects d'un projet de modélisation et d'intégration d'expertise. Leur nombre limité, la relative simplicité de leur description et leurs possibilités d'interconnexions permettent de prendre en compte les différents contextes de projets.

Pour valider la pertinence opérationnelle de ces éléments, les deux chapitres suivants proposent l'analyse d'une série d'exemples. Le chapitre suivant propose un retour d'expérience sur le projet USIQUICK à partir duquel ces réflexions ont été menées. Ensuite, un dernier chapitre démontre l'expressivité des éléments méthodologiques organisés dans ce chapitre. Il est constitué par la présentation, l'analyse et la comparaison de plusieurs projets de modélisation et d'intégration d'expertise. Il s'achève sur une présentation de l'utilisation de ces outils comme aide à la décision pour la sélection d'éléments de méthodologies pour ce type de projet.

## 5 Retour d'expérience : Description et Analyse de l'Exemple USIQUICK

Le projet USIQUICK, initié dans le cadre du Réseau National des Technologies Logicielles [RNT], a permis à plusieurs organisations de collaborer pour faire progresser l'expertise de la définition des gammes d'usinage en vue d'une intégration dans les outils de PLM. Plusieurs verrous scientifiques ont été ainsi adressés comme la définition d'un niveau de feature optimum, la génération d'une sémantique « fabrication » sur une pièce issue de la conception, la définition des posages, la répartition des opérations dans les différentes sous-phases ou la génération des codes de commande numérique. Face à cette multiplicité et à la diversité des partenaires du projet, un dernier verrou subsiste : assurer la cohérence des connaissances d'abord obtenues des spécifications puis peu à peu remodelées par les partenaires.

Cette tâche transverse est assurée par l'équipe IVGI et mène à deux principaux travaux de recherche : celui-ci et celui de Ammar-Khodja [AMM 06]. Le premier propose, comme le présente le chapitre précédent, une approche pour faciliter la maîtrise d'ouvrage. Le deuxième s'oriente vers une contribution facilitant la maîtrise d'œuvre. A travers les sections suivantes, l'application du premier travail est présentée. Certains aspects se partagent sur les deux travaux : seul l'angle de vue propre aux présents travaux est développé.

La première section reprend le contexte du projet et décrit les problèmes posés à la maîtrise d'ouvrage par la problématique de l'intégration de la gamme d'usinage, qui ont aboutit à proposer l'approche décrite ici. La deuxième section reprend le déroulement du projet et met en avant les points où les principes présentés sont utiles, soit pour le retour d'expérience, soit pour faire émerger et faciliter la résolution de problèmes. Enfin, la dernière section présente plus en détails trois groupes de problèmes caractéristiques, plus particulièrement spécifiques à chaque couple de concepts, qui ont progressé via la gestion des connaissances et les outils proposés d'assistance à la maîtrise.

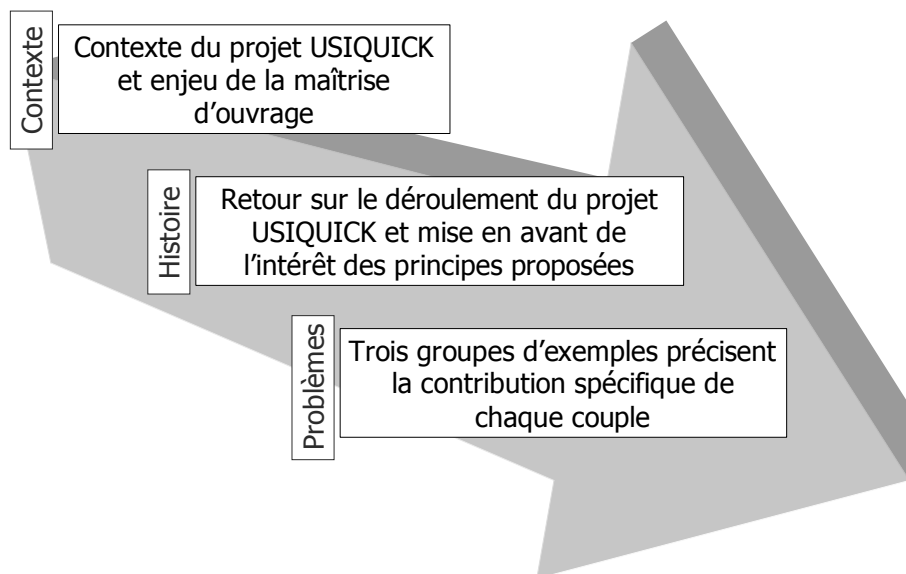


Figure 5-1 : Etapes de la description de l'exemple USIQUICK sur l'assistance à la génération de la gamme

## 5.1 Analyse du projet USIQUICK

La première partie de cette section revient sur la problématique de l'assistance à la génération de la gamme à travers la perception de plusieurs contributions sur cette problématique. Elles soulignent rapidement la complexité et la diversité des solutions qui ont pu être envisagées.

Cette première analyse permet ensuite de mettre en contexte le projet USIQUICK. Les outils méthodologiques décrits dans [LAB 04] et dans ces travaux sont utilisés pour préciser le contour précis de la mission d'intégration d'expertise du projet et le rôle de la maîtrise d'ouvrage.

Un dernier point précise les problèmes rencontrés dans ce cadre. Un premier positionnement de l'apport de la contribution sur ce cas concret est détaillé. Il illustre en contexte le périmètre sur lequel la contribution s'applique.

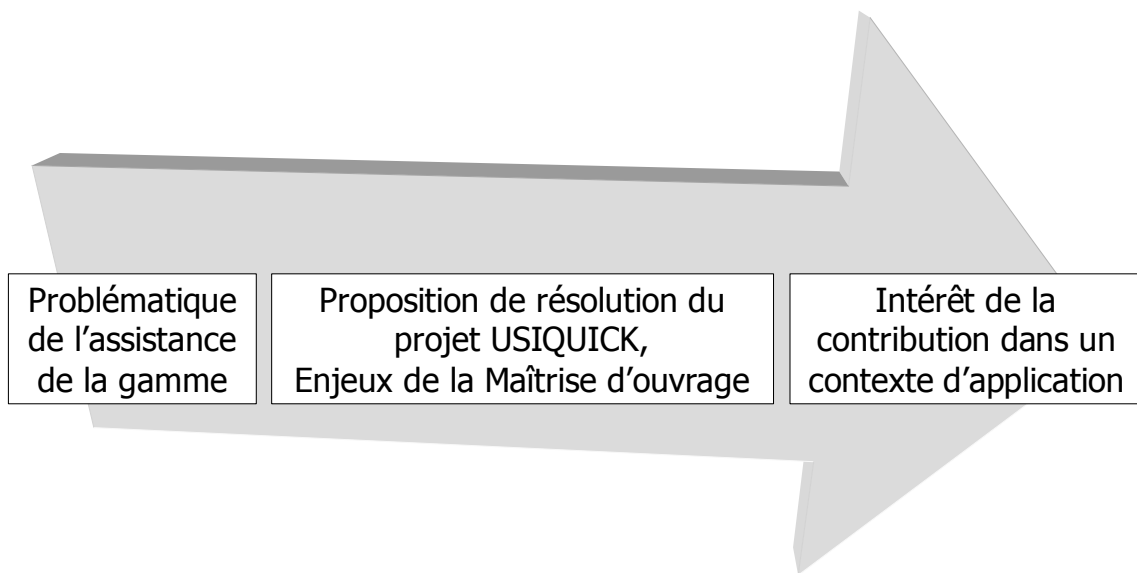


Figure 5-2 : De la description d'une expertise aux problèmes de son intégration

### 5.1.1 Problématique de la gamme

La problématique de la gamme est un univers riche en verrous technologiques [BER 03]. La convergence du large ensemble de paramètres est traditionnellement assurée par des experts qui procèdent par itérations jusqu'à l'obtention d'une solution convenant au critère d'optimisation sélectionné.

On note ainsi dans la gamme la présence des problèmes suivants :

- Identification de features, de difficultés d'usinage [SHA 95] [DER 05]
- Identification des posages
- Identification des éléments de mise et de maintien en position [PAR 95]
- Définition du brut, de l'outillage, gestion des chutes
- Association d'outil à de la géométrie à travers des séquences d'usinage [BEN 94]
  - Paramètres de coupe
  - Couple Outil / Matière
- Répartition des opérations d'usinage dans les posages
- Gestion de la qualité des pièces
  - Gestion des tolérances [TIC 05]
  - Gestion des vibrations [LEC 05]
  - Gestion des déformations et des relaxations de contraintes [LEC 05]
  - Interaction outil / matière [LEC 05]
  - Etat de surface
- Génération et vérification de trajectoire d'outils, Simulation d'usinage
- Organisation de l'atelier, Séquencement [AMA 02]
- Optimisation selon par exemple :
  - Le coût d'usinage [AMA 02]
  - le temps d'usinage
  - le nombre de changements d'outils, de phases ou de sous-phases
  - l'usure d'outils [LEC 05]
  - la qualité d'usinage

Plusieurs stratégies de résolutions ont été envisagées :

- Système algorithmique avec par exemple la gamme « enveloppe » en tournage [ANS 94]

- Génération ascendante de processus basée sur le concept de Carte Visite / Séquence [VIL 90]
- Approche générative à base de règle : PART [VAN 91]
- Système Expert : PROPEL [TSA 88] [BRI 90]
- Intelligence artificielle
  - Algorithme génétique [AMA 02]
  - Approche multi agent [AMA 02]
  - Logique floue [DER 98]

Un positionnement plus complet et le détail de certaines de ces méthodes et de leurs éventuelles commercialisation peuvent être analysés dans [CIC 06].

L'ampleur de la tâche de la génération de gamme rend propice la réflexion sur la modélisation, l'intégration et dans une mesure plus générale sur la gestion des connaissances. Plusieurs projets sont menés dans cette perspective, pour fluidifier l'échange d'information au sein et entre les différentes expertises du cycle de vie du produit.

Plusieurs approches de modélisation des connaissances nécessaires à la gamme ont été ainsi proposées : [CHE 92], [BEN 94], [AMA 02], [CAP 05], [CIC 06].

Bien sur, il faut aussi considérer l'interaction avec les modèles de connaissances de la conception : [HAR 97], [MER 03], [LEP 05].

En parallèle de ces orientations de recherche dans le Domaine de la conception ou de la fabrication, d'autres travaux portent sur l'approche Projet à travers des modèles de gestion des connaissances : [DER 98], [GAR 99], [BAS 02], [LON 03b], [LAB 04].

Les références citées ici ne visent pas l'exhaustivité mais doivent permettre au lecteur d'approfondir l'une ou l'autre de ces problématiques qui ne sont pas directement traitées dans ce travail. Cette liste permet toutefois de dresser rapidement la carte des enjeux d'un projet de génération assistée de gamme d'usinage et montre la difficulté de positionnement que rencontre la maîtrise d'ouvrage. C'est par contre sur ce dernier point, la place de la maîtrise d'ouvrage, que la contribution porte. Le paragraphe suivant décrit succinctement, à l'aide des éléments introduits précédemment et les travaux de Labrousse [LAB 04], les options prises par le projet USIQUICK.

### **5.1.2 Contexte du projet USIQUICK**

Le projet USIQUICK [@USI] est un projet labellisé RNTL [@RNT], relatif à la définition des gammes de fabrication pour les pièces complexes de structures aéronautiques, plusieurs laboratoires et entreprises se sont associés pour générer une application qui, basée sur l'expertise métier, permettrait aux gammistes de réduire d'un facteur dix leur temps de compréhension et de gestion d'une pièce.

Le cadre RNTL d'USIQUICK précise le caractère pré-compétitif du projet. L'enjeu des partenaires est de démontrer la faisabilité des solutions proposées, levant les verrous scientifiques et technologiques. La composition des partenaires, illustrée par la figure ci-dessous, se répartie de la manière suivante :

- Maître d'ouvrage, coordination, propriétaire du concept, spécifications générales, test du logiciel, utilisateur : **Dassault Aviation**
- Maître d'œuvre, responsable du développement, de la méthodologie, de la documentation, de la commercialisation et de la maintenance de l'application finale : **Dassault Systèmes**
- Gestion de la transition entre un modèle de CAO et un modèle FAO, enrichissement de la sémantique : **CRAN**
- Gestion des difficultés d'usinage, mise en place des posages et constitution de la gamme détaillée : **3S**
- Gestion de l'automatisation finale et de la simulation des trajectoires : **LURPA**
- Gestion particulière des usinages axiaux : **LGIPM**
- Gestion de la cohérence des connaissances : **IRCCyN**
- Expertise dans le domaine du fraisage, test du produit final et promotion au sein du réseau de PME membres : **CETIM**

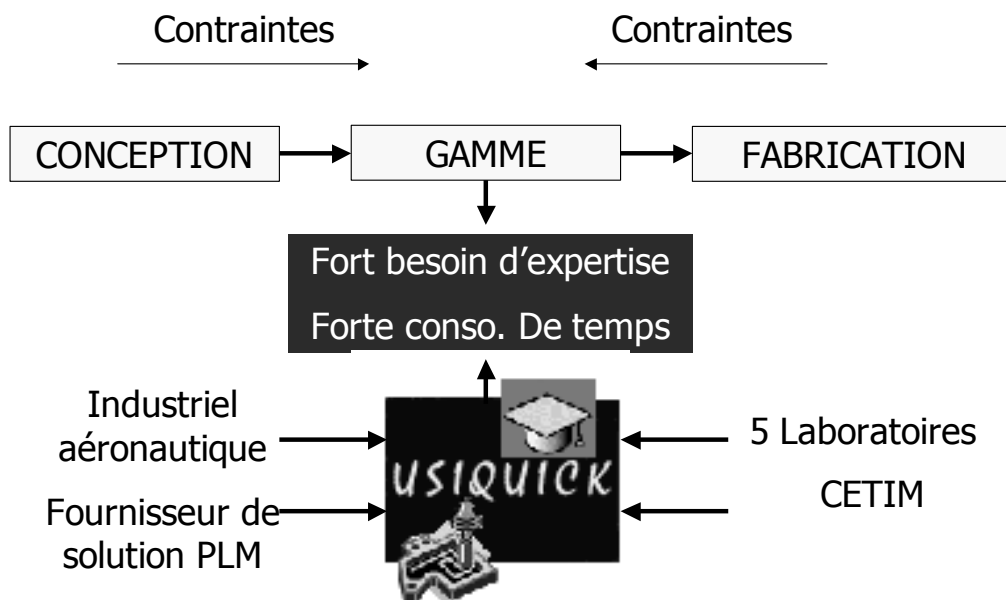


Figure 5-3 : Illustration de la structure du Projet USIQUICK

A l'état initial du projet USIQUICK, les piliers de l'intégration de l'expertise se répartissent de la manière suivante :

- Corpus de documents :
  - Etat de l'art des différents laboratoires sur la génération de gamme d'usinage



- Aide en ligne CATIA / DELMIA
- Ressources CETIM
- Outils de gestion :
  - CATIA / DELMIA et l'environnement de programmation associé
  - MEGA, partagé par seulement une partie des partenaires
  - PCPACK, utilisé par l'IRCCyN
- Réseaux de concepts :
  - Une première présentation de tout ou partie des concepts peut se faire selon le point de vue de groupes d'utilisateurs :
    - Point de vue expertise : ce découpage fait prévaloir le vocabulaire utilisé en production, développé par la pratique, orienté savoir
    - Point de vue développement : les classes déjà présentes dans l'outil de PLM servent de références à la discussion
    - Point de vue recherche : des concepts sont en construction et doivent répondre à des exigences de cohérence épistémologique et sont donc orientés connaissance
  - Par ailleurs les concepts peuvent être également présentés selon l'approche FBS (Function, Behavior, Structure) :
    - Point de vue fonctionnel : tout ou partie des concepts sont organisés selon les problématiques qui sont adressés (ex : Cahier des charges)
    - Point de vue temporel : deux vues sont possibles :
      - Tout ou partie des concepts sont organisés selon le déroulement théorique de l'application en usage (ex : Diagramme d'activité)
      - Tout ou partie des concepts sont présentés selon le déroulement du projet (ex : Roadmap)
    - Point de vue structurel : les concepts sont présentés selon leurs interactions possibles (ex : Diagramme de données)
- Listes des spécifications :
  - Un « classeur » de spécifications est fourni par Dassault Aviation

L'analyse du classeur de spécifications de Dassault Aviation fait pleinement ressortir la difficulté que laisse imaginer la combinatoire des liens entre les réseaux de concepts du projet. Comme l'ont montré les études précédentes sur l'ontologie, ces réseaux ne sont même pas forcément bijectifs et peuvent utiliser des dénominations différentes pour des concepts similaires mais laissant transparaître des nuances différentes selon les contextes d'interprétations.

### 5.1.3 Contexte de la gestion d'expertise dans le projet

Face à cette diversité, la stratégie d'imposition d'une référence commune pose le problème du maintien de la richesse de l'expressivité. Il ne s'agirait que d'une stratégie intermédiaire au réel enjeu qui consiste à modéliser et à maintenir plusieurs points de vue en parallèle. En effet, l'existence de plusieurs niveaux de maturité et de compréhension de l'expertise étudiée est nécessaire à la dynamique de projet car relative à des groupes d'acteurs de ce projet. Les outils de gestion disponibles ne permettent pas de proposer une méthode de gestion en temps réel. L'architecture du projet a donc progressivement évolué pour résoudre cette problématique des réseaux de concepts et faire évoluer le rapport entre syntaxe et sémantique.

L'expressivité des formalismes a progressé au cours du projet. Les diagrammes d'activité UML ont été rapidement enrichis par des diagrammes de données. Des scénarios ont enfin été étudiés à travers des diagrammes de séquences. Cette modélisation a permis de renforcer dans un premier temps l'aspect connaissance de l'expertise. Elle ne vise pas à se substituer aux modèles locaux des partenaires mais propose un minimum commun permettant de relier les discussions.

Cependant l'expressivité d'UML ne permet pas de rendre compte de l'aspect savoir. En effet, les modèles UML ne montrent pas à l'expert ou aux membres du projet comment va s'effectuer la pratique autour des connaissances nouvelles proposées. Le manque d'interaction entre la génération de nouvelles connaissances et l'évolution de la pratique en contexte peut induire l'échec du projet. Les maquettes développées lors du projet ont permis d'atteindre cette dimension savoir. Le code C++ devient à son tour une image des réseaux de concepts et sert de modèle des savoirs. Néanmoins, l'économie des phases dites de modélisation entraîne un manque de structuration et de formalisation des développements et donc de visibilité.

Cette double modélisation a de plus entraîné un risque de divergence. Il est en effet difficile de maintenir les deux modèles synchronisés. Pour prévenir ces deux écueils, manque de visibilité et désynchronisation entre connaissances et savoirs, une dernière couche de modélisation a donc été introduite. La méthodologie MOKA et les fiches ICARE permettent de capturer les contextes d'application de la connaissance. Ce pont entre la modélisation des connaissances et l'enrichissement des savoirs reflète le raffinement des spécifications et la réalité de l'efficacité du code développé. On vérifie ainsi l'applicabilité des savoirs.

Pour permettre la construction des liens d'architecture, une réflexion a été menée pour d'une part pouvoir intégrer plusieurs points de vue sur des objets similaires et pour d'autre part pouvoir confronter ces points de vue. Cet enrichissement de la syntaxe permettant de faire ressortir l'architecture du projet est traité dans les travaux d'Ammar-Khodja [AMM 05].

Ainsi l'architecture finale de la modélisation du projet s'illustre de la manière suivante : le rôle de l'IRCCyN consiste dans un premier temps à maintenir un premier référentiel UML en utilisant des exportations pdf de MEGA. Dassault Systèmes assure dans un deuxième temps la mise à jour régulière des maquettes développées. Enfin, l'IRCCyN reprend la main avec PCPACK pour proposer une structuration des connaissances qui permette une évaluation des développements.

A travers cet exemple de la constitution de l'architecture de modélisation, on perçoit les difficultés de pilotage pour la maîtrise d'ouvrage. A posteriori, la description de l'ensemble paraît évidente. Elle l'est beaucoup moins lors du déroulement du projet et surtout à la veille de la décision de sélectionner un formalisme ou un autre. Les couples de concepts proposés incitent à des questionnements identifiant les points problématiques des modèles et les besoins en information pour une meilleure prise de décision.

Ce questionnement, notamment à travers le couple domaine / projet, a permis de raffiner la compréhension des éléments constitutifs du projet USIQUICK. Une vision « PPR » (Produit, Processus, Ressource [LAB 04]) est proposée par la figure ci-dessous. Suivant le degré de considération, le projet USIQUICK comprend finalement un espace très large de produits. On y distingue :

- La base de données permet d'intégrer les instances des ressources nécessaires à la définition de la gamme et représente les points de fixation de l'expertise du gammiste (Outils, séquences, matériaux, machines, types de pièces et règles correspondantes, types de géométrie...).
- L'outil USIQUICK correspond à l'application produite en sortie du projet proposant l'interface du gammiste.
- Le raisonnement USIQUICK capitalise les avancées scientifique et technologique du projet pour déployer une nouvelle méthodologie de génération de la gamme.
- L'outil USIQUICK permet d'utiliser tout ou partie de ce raisonnement.
- La documentation de la Gamme, la Gamme et la Pièce sont les éléments impactées par USIQUICK qui viennent enrichir les informations du cycle de vie du produit.

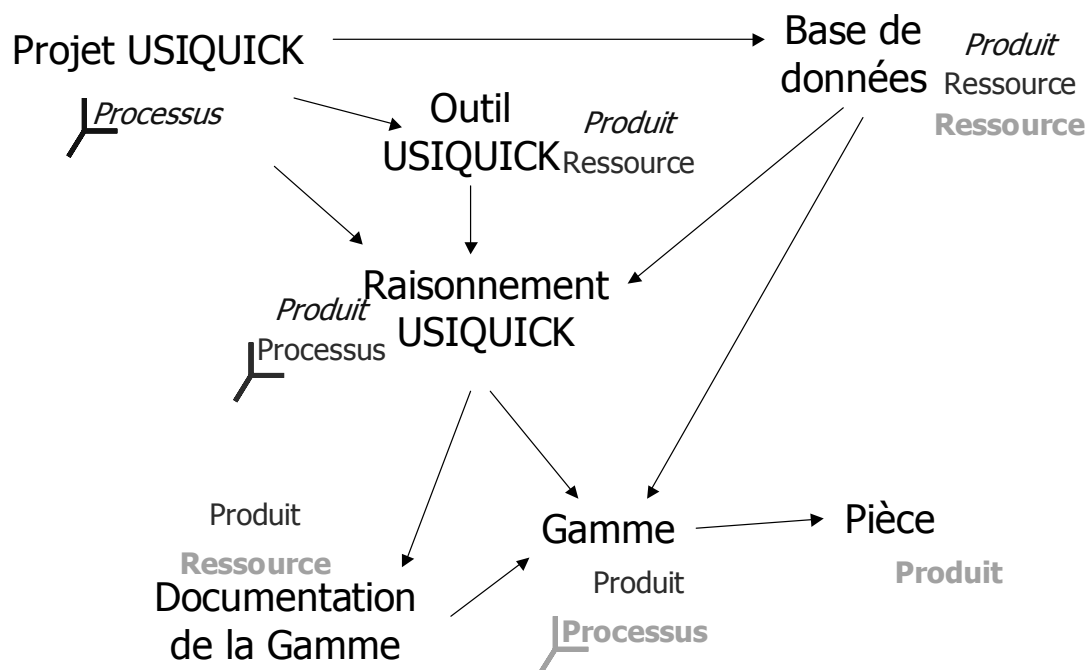


Figure 5-4 : Vision « PPR » du projet USIQUICK, le référentiel indique le centre du point de vue

L'ambiguïté présentée par la figure précédente entre la nature et le rôle des « objets » du projet montre une nouvelle difficulté de la maîtrise d'œuvre sur le projet. En effet, l'objet de la capture de l'expérience du projet se complexifie. Ainsi si MOKA s'applique au raisonnement USIQUICK, la méthodologie étudie le processus de conception d'un processus de fabrication et non le processus de conception d'un produit, comme cela est initialement prévu. L'ontologie et l'importance des éléments de cette ontologie sont modifiées. On privilégie les activités au lieu des entités. Le point 5.3.3 introduit par exemple un indicateur centré sur les activités et les règles correspondantes, alors que la construction d'un indicateur similaire entre les entités et les règles aurait pu être construit. Il aurait cependant été moins significatif. Cette vision clarifiée permet d'optimiser la répartition des ressources sur les enjeux du projet et raffine les besoins du pilier des listes de spécifications attendues.

Les deux problèmes d'architecture du projet présentés dans ce point (problème d'architecture entre les modèles, problèmes d'architecture des produits étudiés) illustrent la spécificité propre à chaque projet de modélisation et d'intégration d'une expertise et le besoin d'adaptation des méthodes existantes. Les solutions, une fois présentées, semblent souvent évidentes d'un point de vue méthodologique. Cependant leur constitution rapide lors du projet conditionne des gains de temps grâce à un pilotage plus aisé. Les concepts introduits favorisent cette articulation des étapes du projet.

La section suivante reprend le déroulement du projet USIQUICK en précisant le contexte amont de sa constitution. Les principes d'analyse présentés dans le chapitre précédents sont utilisés pour augmenter la lisibilité de ce retour d'expérience et souligner les points de questionnement qui ont pu faire émerger des problématiques fortes inattendues et amener des axes de résolution. La dernière section détaille ensuite des problématiques particulières montrant l'intérêt spécifique de chaque couple.

## 5.2 Retour d'expérience USIQUICK

Le déploiement des méthodes de gestion du cycle de vie des produits (PLM) met souvent en évidence les cloisonnements d'expertise et la difficulté d'optimiser leur utilisation sur l'ensemble du cycle. Alors que de manière naturelle, les acteurs traitent empiriquement et de manière itérative les flots d'information, l'enjeu du projet est de leur proposer, à travers une application informatique, des connaissances structurées et formalisées qui optimisent le travail d'ingénierie en concentrant les prises de décisions sur les points à forte valeur ajoutée. Une construction à base de connaissance vient assister l'utilisation pragmatique des savoirs.

La figure ci-dessous illustre l'évolution de l'expertise d'un état de caractérisation à un état de semi-automatisation. Cette transformation permet de retracer l'ensemble des différents états de l'infrastructure du projet. La figure schématise donc l'architecture du projet. Pour une meilleure visibilité, elle reprend également des états extérieurs aux bornes temporelles et administratives du projet.

Les paragraphes suivants détaillent les différents cycles présentés dans cette illustration. Chaque cycle représente un état spécifique de l'utilisation de l'expertise de la génération de la gamme dans le projet. La dynamique de projet impose des évolutions fortes générant de nouveaux cycles, plus aptes à évoluer vers la satisfaction des besoins. Ainsi, le cycle de vie de la dimension projet apparaît entre les traces des cycles de vie de la dimension domaine.

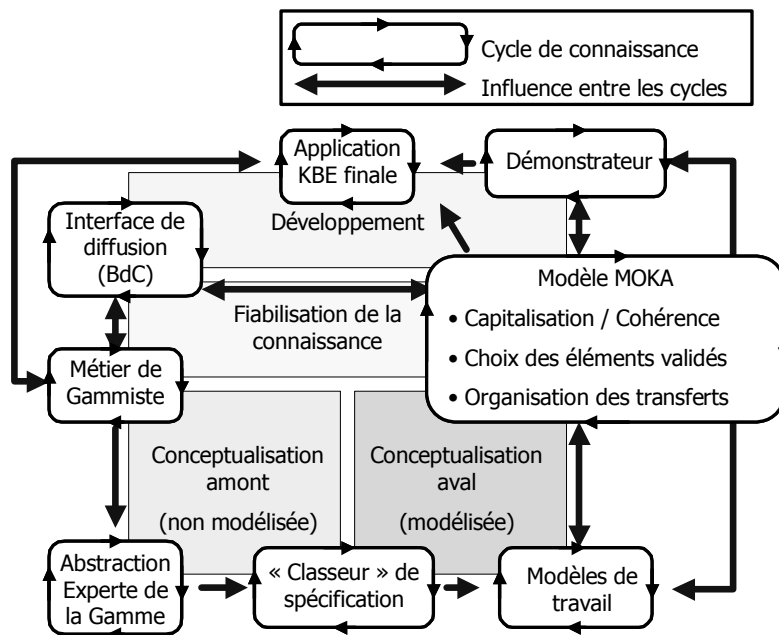


Figure 5-5 : Différents niveaux d'utilisation de l'expertise dans USIQUICK

### 5.2.1 Du métier de gammiste vers un « classeur » de spécifications

Le gammiste est la personne qui, au sein du bureau des méthodes, est chargée du choix des processus de fabrication. Le gammiste doit satisfaire un ensemble de contraintes liées au produit, au procédé et aux ressources pour proposer une gamme optimisée selon les paramètres choisis par l'entreprise, par exemple : meilleur coût, meilleur délai de livraison de la gamme, meilleur temps de réalisation. Dans ce point, la genèse du projet USIQUICK est rapidement présentée à travers les niveaux de l'échelle de maturité de la gestion de l'expertise présentée dans ce travail. Elle correspond à l'expérience de Dassault Aviation.

L'expertise est à ce niveau du projet à son degré de gestion élémentaire. Cela ne préjuge pas de la complexité, mais positionne la gestion selon l'échelle précédemment introduite à un niveau d'expertises humaines plutôt qu'à une compétence de l'entreprise. Chaque expert utilise ses propres « recettes ». L'infrastructure du domaine est utilisée dans une configuration d'architecture différente d'un individu à l'autre.

Des efforts de formalisation des pratiques tentent de fluidifier le cycle de vie du produit (Standards de conception mécanique, Instructions de Conception (IUC), Documentation méthodologique (Best Practices)). Certaines étapes de la gamme sont très formalisées (Définition des traitements de la pièce, définition des outillages, simulation des usinages). Ces deux types d'efforts caractérisent une volonté d'évoluer vers le niveau suivant de maturité de gestion de l'expertise : la modélisation.

Par manque de ressources dédiées, le niveau de modélisation est mené sur le long terme à travers l'abstraction progressive de l'expertise des parties prenantes du bureau des méthodes. Les savoirs des experts sont raffinés intuitivement vers de la connaissance. Cependant l'absence d'outils spécifiques pour la systématisation de l'étude de grande quantité de connaissances et l'absence de ressources dédiées limitent les possibilités d'accès au niveau de maturité de la gestion correspondant à l'intégration

Le précédent travail de réflexion, mûrissant à travers plusieurs expériences internes de l'entreprise, aboutit à un recueil d'expérience réunissant à la fois des spécifications attendues et des propositions de solutions « a priori ». On trouve dans ce « classeur » plusieurs types d'informations :

- Des attentes fonctionnelles
- Des listes d'objets ou d'attributs manipulés
- Des recommandations pour l'architecture du système
- Des propositions de solutions pour certains verrous
- Des cas d'études présentant des problèmes spécifiques

Cependant les éléments contenus ne correspondent pas tous à des niveaux de maturité similaires et certaines propositions peuvent par exemple reposer sur des heuristiques dont le

renforcement épistémologique reste à faire. On peut rencontrer notamment les problèmes suivants :

- Définitions incomplètes ou possiblement en désaccord avec d'autres éléments
  - Par exemple le « haut d'aile » est défini comme « le sommet ou bord libre des raidisseurs ou semelles ». Raidisseurs et semelles sont des éléments de conception, features de haut niveau, dont la reconnaissance dans la sémantique de fabrication n'est finalement pas prise en compte par le raisonnement USIQUICK qui se concentre sur l'enrichissement sémantique par face. Le concept de « Haut d'aile » est alors à redéfinir du point de vue de la face, à l'aide d'un marqueur d'une appartenance à une construction mince.
- Listes constituées par l'expérience sans que les critères d'appartenance ne soient précisés
  - Par exemple, l'élément « chanfrein » a été finalement écarté de la liste des « raccordements » car il correspond à une opération particulière et non spécifiquement à la trace de l'outil comme dans le cas du « fillet » ou du « talon ».
- Manque de lisibilité des liens entre les différents éléments
  - Liens entre les informations constitutives du modèle de données et celles du modèle d'activité.
  - Règles associées à un élément particulier.

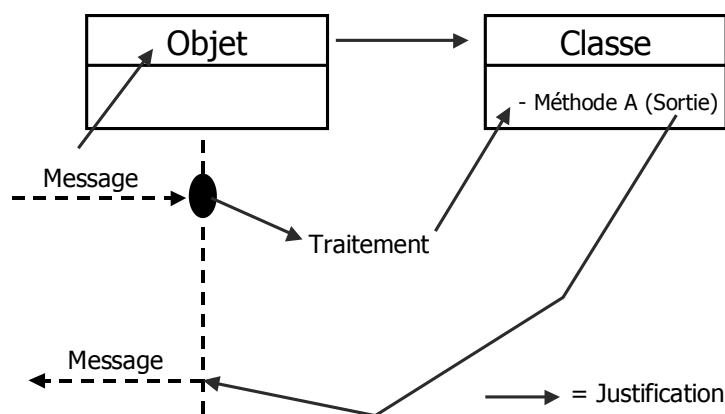
Suite à cette étape de conceptualisation amont, l'entreprise a ressenti le besoin de faire appel à des compétences extérieures : développement informatique et validation scientifique. C'est le point de départ de la construction du projet USIQUICK. Les laboratoires de recherche sont intervenus pour proposer des solutions sur les points bloquants et formaliser l'ensemble de manière scientifique pour assurer la robustesse du processus général. La maîtrise d'œuvre a permis le développement de maquettes d'évaluation. Les travaux de recherche des laboratoires et le souci de généricité nécessaire à la production d'une solution commerciale implique la recherche du niveau de généralisation dans la gestion de cette expertise.

### **5.2.2 Modèles de travail & Modèle MOKA**

Le projet USIQUICK commence réellement à ce niveau. Trois types d'acteurs interviennent autour de la thématique, avec chacun une sémantique propre qui s'illustre par une approche de réflexion, par un jargon ou une syntaxe de règles : il s'agit de l'expertise du domaine aéronautique déjà présente, d'une expertise de conception et fabrication assistée par ordinateur et de l'assistance scientifique des cinq laboratoires. A cette étape la compréhension des partenaires évolue rapidement, souvent dans différents référentiels [CAN 04]. La difficulté majeure est d'arriver à coordonner l'ensemble des référentiels et à assurer une compréhension réciproque.

Dans cet objectif, plusieurs solutions ont été mises en œuvre. Tout d'abord, un glossaire pour standardiser les termes étudiés a été défini afin que les acteurs puissent échanger sans confusion entre les idées. Ensuite, pour assurer la compréhension commune du problème trois types de modèles sont construits :

- Un modèle de données, représenté sous la forme d'un diagramme de classes UML pour la description de la structure de l'application.
  - Dans un premier temps le modèle conceptuel sert de base de discussion aux partenaires. Il est synchronisé aux définitions du glossaire par une extraction codée en XMi (XML spécialisé UML) et une feuille de style associée.
  - Ensuite un lien est recherché avec les éléments de l'infrastructure des produits de Dassault Systèmes pour assurer la capacité d'intégration des aboutissements de la recherche.
- Un diagramme d'activité qui trace le processus à accomplir.
  - Les activités ont d'abord été reprises des spécifications Dassault Aviation.
  - Une « linéarisation » des activités a ensuite permis une meilleure lisibilité du rôle des partenaires et de leurs interactions.
  - Enfin, le respect de SADT et UML a permis de déplacer la sémantique portée par la syntaxe vers l'étude de scénarios et donc du troisième modèle.
- Des diagrammes de séquences illustrent la mise en contexte des données et des activités par rapport à un référentiel temporel au travers d'une scénarisation de l'utilisation. Ces modèles permettent de confirmer la pertinence des éléments du modèle de données à travers le mécanisme illustré dans la figure ci-dessous.



**Figure 5-6 : Mécanisme de validation du modèle de données à travers l'étude de scénarios dans des diagrammes de séquence**

Etant le formalisme le plus répandu parmi les partenaires, le formalisme UML a été adopté. Son utilisation régulière et étendue dans les communautés de modélisation et les travaux de standardisations à son égard garantissent une certaine robustesse. Néanmoins, tous les partenaires n'utilisent pas les mêmes outils informatiques de gestion des modèles. En plus de cette première source de problèmes de communication, le caractère « bien formé » d'un



diagramme (i.e. un diagramme respectant les règles du formalisme) ne garantit pas une interprétation univoque.

Tout au long du projet, plusieurs cycles d'évolution des connaissances s'illustrent à travers les différentes versions de ces modèles et certaines modifications importantes de leurs syntaxes ou de leurs sémantiques. A différents moments, les partenaires se sont aperçus qu'ils ne comprenaient pas la syntaxe des diagrammes de la même manière et que différents concepts qui y étaient représentés n'avaient pas dans la réalité la même signification pour chacun d'eux.

Comme le montre la description des modèles et les étapes par lesquelles ils ont pu passer, le questionnement sur le couple syntaxe / sémantique intervient à chaque problème d'interprétation des modèles communs. Le plus souvent les incompréhensions apparaissent dans les zones d'ambiguïtés :

- L'association entre deux classes est-elle réellement bidirectionnelle ? (→ orientation des associations et forte utilisation de l'agrégation dans les règles UML)
- Quelle est la lisibilité sur les comportements d'une classe en cas d'héritage multiple ? (→ suppression des héritages multiples autorisés dans UML)
- Le contenu d'un flux reçu par une activité est-il utilisé comme ressource ou comme information ? (→ adoption de la sémantique SADT)
- Est-ce que toutes les activités procèdent d'un même niveau d'utilisation ? (→ différenciation utilisateur / administrateur par les swim lines UML)
- Comment avoir une vue intermédiaire entre un diagramme d'activités et un diagramme de séquences décrivant un cas réel ? (→ Utilisation d'un objet « liste d'objets » pour limiter la présence d'instances trop nombreuses sur un diagramme de séquences)

La clarification de la sémantique de la syntaxe et de la sémantique du domaine a donc nécessité plusieurs cycles de révision, parfois très lourds, pour intégrer des éléments modélisés d'une manière a posteriori pas suffisamment satisfaisante ou n'ayant pas encore été pris en compte. A ce niveau, l'infrastructure et l'architecture du domaine, c'est à dire l'infrastructure du projet à un instant donné, sont en phase d'explicitation.

L'arrivée des nouveaux partenaires du projet USIQUICK sur la problématique implique donc plusieurs cycles de modélisation (à travers plusieurs phases d'identification, d'extraction, de structuration et de formalisation). L'absence d'outil de réflexion sur l'architecture du projet (les éléments présentés dans ce document n'ayant pas encore été constitués) entraîne un manque de lisibilité des partenaires sur le rôle de la modélisation. On constate les conséquences suivantes, sans avoir de méthodologie de résolution :

- Difficulté de perception des représentations : manque de perspective sur l'état de maturité des différents modèles, de leur lien et de la satisfaction qu'ils apportent au projet.

- Difficulté d'action par rapport aux représentations : manque d'implication des partenaires dans l'enrichissement des modèles communs par manques de visibilité sur le projet et de compréhension de leurs objectifs.
- Difficulté de restitution dans de nouvelles représentations : difficulté de la compréhension de la délimitation des tâches et donc limitation des synergies possibles entre les acteurs.
- Difficulté de la détermination du véhicule de représentation et du choix des formalismes, des outils de gestion et des supports de communication.

A la suite de ces constats, les présents travaux ont été envisagés pour faciliter la prise de décision au niveau de la maîtrise d'ouvrage :

- Echelle de maturité de la gestion et couple syntaxe / sémantique pour améliorer la visibilité sur la maturité des modèles.
- Phases permettant de comprendre les mécanismes d'utilisation des modèles par les partenaires et couple infrastructure / architecture pour analyser les liens entre ces compréhensions différentes.
- Précision sur le rôle de la dimension projet par rapport au domaine étudié pour préciser les rôles des partenaires et les périmètres de leurs tâches.
- Utilisation des trois couples de concepts pour comprendre les possibilités des solutions de support envisagées.

Le tableau de synthèse suivant montre une vue consolidée des contributions des documents en partage du projet, à la construction d'une vision commune. Ce tableau est complété d'un graphique montrant la répartition de ces contributions selon les phases précédemment introduites de la modélisation et de l'intégration d'expertise. Les différentes phases d'un même type qui ont pu avoir lieu à des instants différents sont ramenées sous le nom générique correspondant. Cette analyse permet de faire ressortir les spécificités de chaque partenaire. Dassault Aviation se positionne plutôt sur les phases amont pour spécifier l'expertise, Dassault Aviation sur les phases aval d'intégration. L'IRCCyN apparaît transversalement conformément à sa tâche de modélisation de l'infrastructure et de maintien de la cohérence des modèles. Le CRAN apparaît fortement sur la spécification grâce à sa forte contribution sur le démonstrateur de l'étape de transformation du modèle CAO en modèle FAO. Le 3S contribue quant à lui au raffinement des concepts permettant le pilotage par IHM. Le LURPA et le CETIM mettent en évidence les éléments des problématiques dont la description leur échouait. Le LGIPM montre son rôle transversal correspondant à la gestion globale de la problématique des usinages axiaux.

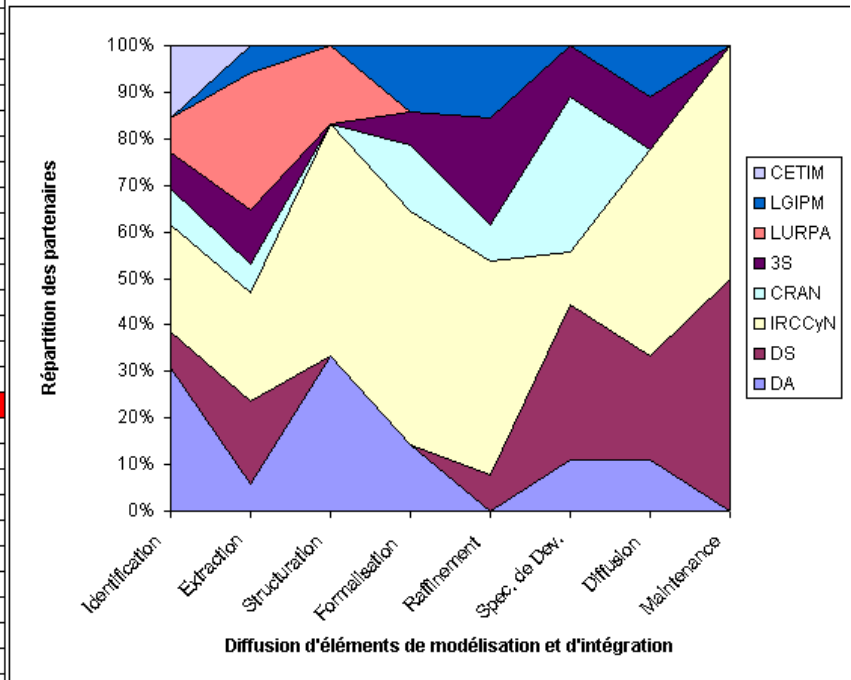
Si d'une part cette analyse permet de valider le fonctionnement des phases introduites, elle permet également de typer les contributions des différents partenaires selon les problématiques dont ils avaient la responsabilité. Ainsi, par retour d'expérience, on peut soit vérifier la conformité avec les responsabilités planifiées soit identifier le type des tâches qui

peuvent être attribuées dans un nouveau contexte et proposer une articulation de projet (une Roadmap par exemple) qui permette de tirer une meilleure synergie de chaque contribution.

Par exemple, si le travail du LURPA s'arrête à l'étape de formalisation, une étape de transfert de ses modèles doit pouvoir être organisée vers l'équipe responsable de l'intégration des résultats. On voit également apparaître un fort besoin de synchronisation entre le LGIPM, le 3S et le CRAN sur les étapes d'intégration.

Le tableau fait également apparaître les éventuelles faiblesses du projet. Comme cela a été introduit dans le précédent chapitre, la phase de structuration est souvent court-circuitée pour aller directement vers la formalisation. En tant que catalyseur de la systématisation de la représentation formelle, son résultat n'est pas non plus caractéristiquement source de communication. Néanmoins, le manque de systématisme de l'analyse est l'une des causes du déploiement d'une nouvelle méthode de modélisation complémentaire (phase informelle de MOKA, détaillée plus loin dans ce point). La phase de maintenance est également faiblement représentée. Ce manque peut être une caractéristique du caractère préindustriel du projet.

	1	2	3	4	5	6	7	8
	Identification	Extraction	Structuration	Formalisation	Raffinement	Spec. de Dev.	Diffusion	Maintenance
déc-02	■			■				
févr-03		■						
mars-03		■						
avr-03	■	■	■	■			■	
mai-03	■	■	■	■				
juin-03			■	■	■	■		
juil-03				■	■	■		
août-03			■	■	■			
sept-03		■	■	■	■			
oct-03		■		■				■
nov-03	■	■	■		■	■	■	■
janv-04		■	■	■	■	■	■	■
févr-04		■		■	■	■	■	■
mars-04			■	■	■		■	
avr-04			■	■	■		■	
mai-04	■	■	■	■	■	■	■	■
juin-04	■	■	■	■	■	■	■	■
juil-04			■	■	■	■		
sept-04	■	■	■	■	■	■	■	
févr-05		■	■	■	■	■	■	
juin-05	■			■	■	■	■	
juil-05							■	■
DA	4	1	2	2		1	1	
DS	1	3			1	3	2	1
IRCCyN	3	4	3	7	6	1	4	1
CRAN	1	1	2	1	3			
3S	1	2		1	3	1	1	
LURPA	1	5	1					
LGIPM		1		2	2		1	
CETIM	2							



**Tableau 5-1 : Consolidation des contributions propres à chaque partenaire aux travaux de modélisation et d'intégration selon les occurrences dans les documents mis en commun jusqu'à juillet 2005**

Si l'on revient à la contribution de l'IRCCyN, on note une forte dominance des phases de structuration, de formalisation et de raffinement. Cette surface est en fait à séparer en deux contributions. Face à la limite de l'expressivité d'UML, une deuxième phase de modélisation à été mise en place à travers la méthode MOKA et sa phase informelle utilisant les fiches ICARE.

Les partenaires ont en effet ressenti le besoin d'un cycle plus précis de modélisation (qui est donc finalement rempli à travers les fiches ICARE) et le besoin d'un raffinement des concepts pour un pilotage du déploiement (phase de raffinement et phase de spécification du développement). Les fiches ICARE prennent le relais sur la modélisation UML avec

l'avantage supplémentaire de relier les connaissances formalisées dans les spécifications avec les pratiques caractéristiques, alliant ainsi les deux aspects de l'expertise.

La méthode MOKA aurait pu également être utilisée dès les premières phases comme l'abstraction experte de la gamme. Dans le cas présent, cela n'a pas été le cas car la méthode a été sélectionnée ultérieurement par les partenaires scientifiques qui n'étaient pas encore impliqués dans le projet à son étape de conceptualisation amont. Son expressivité conceptuelle (relation syntaxe / sémantique) aurait pu également être insuffisante dans les premières étapes du projet, notamment par manque d'outils de supports.

Le besoin de raffinement est quant à lui finalement assuré par la convergence d'objets de recherche du projet, de problématiques de déploiement et d'expériences de la pratique académique de la gamme. Suite aux besoins identifiés à l'analyse des modèles, une étude a été menée sur le concept OSE (association de trois éléments : Outil / Séquence / Entité). La recherche sur les OSE est résumée en annexe. Le tableau ci-dessous montre la convergence des problématiques associées aux OSE menées par plusieurs partenaires.

	Théorie OSE		EGOU		Machining Process	Maquette USIQUICK	Utilisation CATIA
	<i>Par le parc outil</i>	<i>Par la géométrie</i>		<i>Implem. MP</i>			
DÉPLOIEMENT	<b>O</b> Outils disponibles du workshop	<b>E</b> Définition de la classe d'entité	Quasiment toutes les combinatoires (certains praticiens commencent par la séquence)	<b>S</b> Déf de l'Opération et de ses options	<b>S</b> Choix de l'Activité	<b>E</b> Définition des attributs de U_Sur	
	<b>O</b> Association aux OSE correspondants à sa classe, Création des Activités spécifiques puis d'OSE	<b>S</b> Association de règles pour sélectionner Activité et Outil		<b>E</b> Filtres sur la géom. et ses attributs	<b>R</b> ègles d'asso des Entités, Règles d'asso des Outils	??	
				<b>O</b> Filtres sur les Outils		??	
	<i>Par le nouvel outil</i>	<i>Par la gamme</i>	<i>Théorie</i>				
CONSTRUCT°	1 <b>O</b> Nouvel outil du workshop	<b>E</b> Reconnaissance des Entités	Outil ou Géométrie		<b>S</b> Choix de l'Activité		
	2 <b>O</b> Association aux OSE correspondants à sa classe, Création des Activités spécifiques puis d'OSE	<b>O</b> Identification d'Outils nouveaux	<b>S</b> Opération		<b>R</b> ègles d'asso des Entités, Règles d'asso des Outils		
	3 <b>S</b> Validation par REX de l'Activité	Géométrie ou Outil					
UTILISATION	1 <b>E</b> Recon. des Entités par classes	<b>E</b> Recherche des EGOU		<b>E</b> Création des Zones d'Usinage Prism.	<b>E</b> Création des U_Sur	Choix des Activités	
	2 <b>O</b> Rech. des Outils pertinents	<b>S</b> Carte de visite EUA		<b>S</b> association automatique des MP	??	<b>E</b> Choix des Entités	
	3 <b>S</b> Optim. des Activités associées	<b>O</b> Carte de visite Outil		<b>O</b> Sélection de l'Outil parmi la sélection	??	<b>O</b> Choix de l'outil	

**Tableau 5-2 : Convergence des problématiques associées aux OSE**  
 (Théorique par l'IRCCyN, sur les usinages axiaux par le LGIPM (EGOU : Eléments Géométriques Orientés Usinages) et appliqué sur l'existant ou les développements en cours, au 06/12/05)

Ces deux contributions, déploiement de la phase informelle MOKA et recherche sur le concept OSE, caractérisent un besoin d'interaction entre les deux aspects du sens :

- Les évolutions de la connaissance orientent les choix applicatifs du savoir.
- L'expérience du savoir déclenche des besoins de raffinement de la connaissance.

La figure suivante illustre l'organisation finale des modèles dans le projet USIQUICK. Les modèles ont été introduits dans USIQUICK au fur et à mesure des besoins. Les interactions entre ces modèles sont faibles et uniquement portées par l'interprétation humaine. L'utilisation en amont des couples de concepts aurait permis de mieux formaliser les besoins en formalisation et de prévenir les problèmes d'interopérabilité. Mais si ces derniers peuvent être considérés comme inévitables, ils sont tout du moins réduits quand une partie des éléments des modèles est commune et permet des transferts automatiques. Ainsi par exemple à l'initiation du projet, une passerelle XMi à partir des modèles UML a permis le maintien automatique d'un glossaire proposé sous HTML.

L'étape de raffinement permet de mettre en évidence les concepts clefs par lesquels le déploiement peut être conduit. Après cette étude de la modélisation dans USIQUICK, il faut maintenant porter l'analyse vers les cycles de l'expertise concomitants à l'intégration.

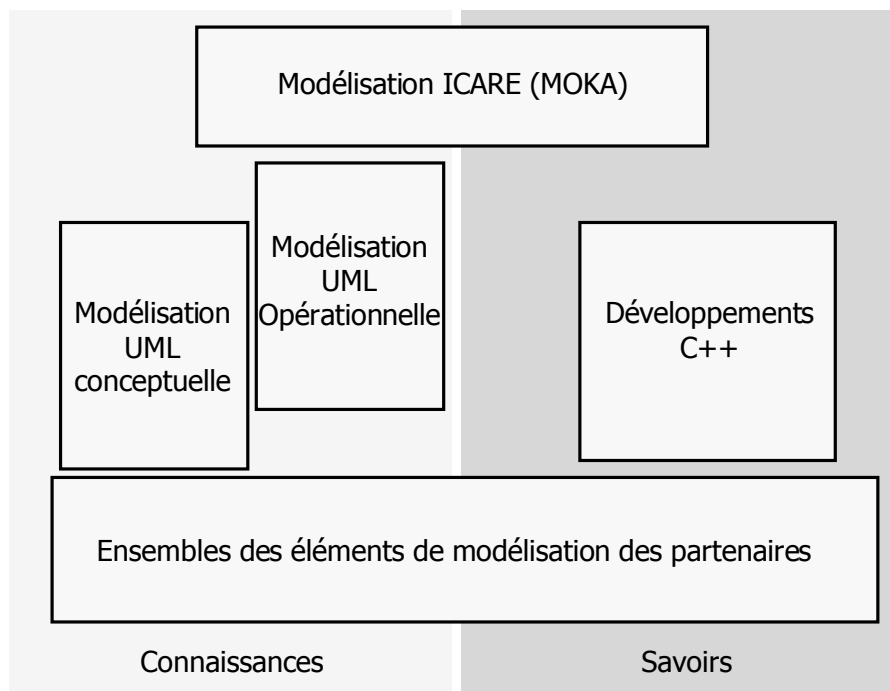


Figure 5-7 : Schématisation de l'architecture des modèles dans le projet USIQUICK

### 5.2.3 Interface de diffusion & Démonstrateur

Les démonstrateurs sont des prototypes informatiques qui permettent de valider la faisabilité des concepts sélectionnés. Certains peuvent également être utilisés comme interfaces de diffusion vers l'utilisateur final. Leur mise en œuvre requiert souvent des choix pragmatiques. Dans l'absence de capitalisation de ces choix, on peut voir apparaître une dérive du projet par

rapport aux objectifs attendus. L'interaction avec la capitalisation par le modèle MOKA permet d'identifier les choix justifiés soit par les besoins contextuels du déploiement, soit par les spécifications attendues. On obtient alors une image de la faisabilité du système par rapport aux fonctionnalités attendues, permettant de justifier les choix d'architecture du projet.

Le principal démonstrateur d'USIQUICK pré-industriel doit montrer la faisabilité du changement sémantique du modèle CAO vers un modèle FAO [DER 05]. Le déploiement d'un démonstrateur fait entrer le projet dans les phases de spécification du développement et de diffusion auprès à la fois des utilisateurs potentiels et des membres du projet.

Face à un processus automatique, l'utilisateur ressent le besoin de comprendre les choix faits à travers la connaissance mobilisée par le raisonnement assisté par ordinateur. Ceci se traduit notamment par l'enchaînement de règles déclenchées, comme dans le cas du typage d'une face masquée ou non et susceptible d'être usinée en bout (UEB) ou en flanc (UEF). Le tableau ci-dessous présente une partie des règles sur l'usinabilité UEB / UEF.

Règles	Règle Précédente						
	1	2	3	4	5	6	7
recherche face plane totalement fermée	1	N	N	N	N	N	N
recherche face plane avec au moins 1 arête courbe fermée	2	N	N	N	N	N	N
recherche face plane parallèle à face UEB	3	O	O	O	N	N	N
recherche face réglée (hors faces planes)	4	N	N	N	N	N	N
recherche face plane adjacente à faces UEB(à 1 congé près) et angle entre face $\leq 90^\circ$	5	O	O	O	N	N	N
recherche face plane adjacente T (en tangence) à face UEF	6	N	N	N	O	O	N
recherche face plane parallèle à plan UEF	7	N	N	N	N	O	O

**Tableau 5-3 : Partie des règles USIQUICK typant UEB (1 à 3) ou UEF (4 à 7) et relations d'antécédence qu'elles peuvent entretenir**

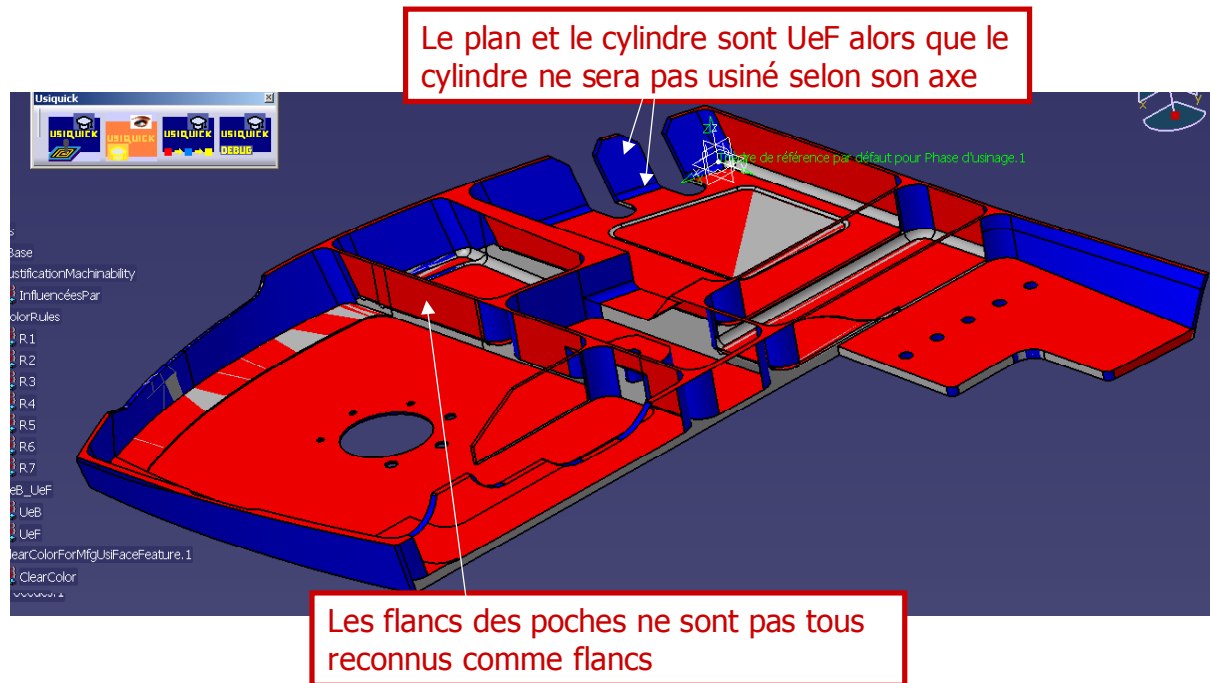
Cette compréhension de l'algorithme permet de créer à la fois une dynamique de validation et une confiance dans le système et, à terme, sera aussi la source d'apprentissage des nouveaux utilisateurs. Notons qu'en fonctionnement routinier, il peut être recommandé de ne pas essayer de comprendre systématiquement l'algorithme pour optimiser la synergie homme / machine [CEG 04]. Néanmoins, en phase préindustrielle, cette lisibilité s'avère nécessaire.

Une des principales difficultés de cette ouverture sur le fonctionnement de l'algorithme tient dans la sélection des éléments pertinents parmi l'ensemble des données capitalisées. Il faut ensuite les remettre en contexte pour passer de la donnée informatique à de l'information que l'utilisateur intellectualise à nouveau pour lui redonner sa forme de connaissance.

En fonctionnement routinier, ce sont surtout des vues de synthèses qui sont réclamées pour pouvoir évaluer rapidement une situation et prendre des décisions. Pour certains problèmes ponctuels, une justification peut être réclamée. Pour profiter de ce retour au maximum, il faut trouver les outils adéquats dès les premières phases de prototypage de l'outil final. Dans le projet décrit, les solutions sont passées par l'inclusion d'information dans l'environnement du modèle géométrique 3D. La figure ci-après illustre les interprétations qu'un expert peut être amené à faire.



A nouveau, on retrouve le besoin d’aller-retour entre la justification par les connaissances et l’application pratique du savoir. Ainsi les connaissances présentées dans le tableau précédent peuvent être complètement remises en cause par l’utilisateur dépendamment de sa compréhension de la pièce et du contexte de la face étudiée.



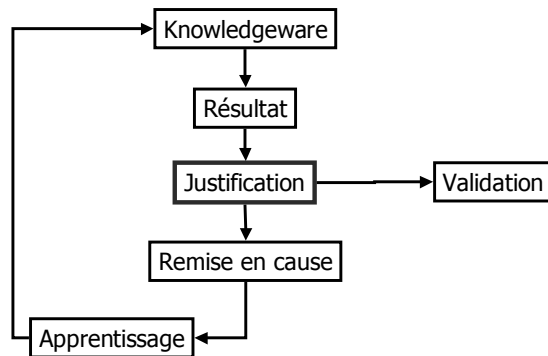
**Figure 5-8 : Exemple d’analyse d’usinabilité d’une pièce Dassault Aviation, sans calcul de masque (UEB en rouge, UEF en bleu)**

Le couple domaine / projet peut être utilisé pour résumer les enjeux de la visibilité des justifications des résultats du démonstrateur. Ainsi, on distingue pour la dimension domaine :

- Appropriation de l’outil par les utilisateurs.
- Apprentissage pour les nouveaux utilisateurs.
- Analyse particulière en cas de problème touchant les limites de la pertinence du système.

Puis pour le projet :

- Validation du développement.
- Analyse de la pertinence de la modélisation des connaissances par rapport aux savoirs des gammistes et aux connaissances des chercheurs.
- Et donc, validation des liens d’architecture entre le modèle MOKA et le modèle développé (cf. figure ci-dessous).



**Figure 5-9 : Rôle de la justification dans l'évaluation des développements avec retour de propositions sur l'exposition à l'utilisateur final des éléments développés pour le « Knowledgeware » (gestion des connaissances par l'utilisateur final)**

Il faut donc maintenant interpellier le questionnement syntaxe / sémantique pour identifier les liens d'architecture à faire émerger vers l'interface [CAN 06b].

L'interconnexion des choix et la programmation orientée objet participent à la construction d'un réseau virtuel de décisions entre les attributs des classes (principalement identifiées à la géométrie de la pièce). Pour comprendre et naviguer dans ce réseau, il est nécessaire de construire des outils de navigation adéquats.

Ce besoin provoque la création d'une trace du déclenchement de la règle utilisée pour typer un attribut. Ainsi, selon les principes de la technologie orientée objet, la capture des traces des messages échangés entre les objets géométriques permet cette navigation. On nomme « déclencheur » l'attribut porté par un objet pour identifier la trace de la source de la règle.

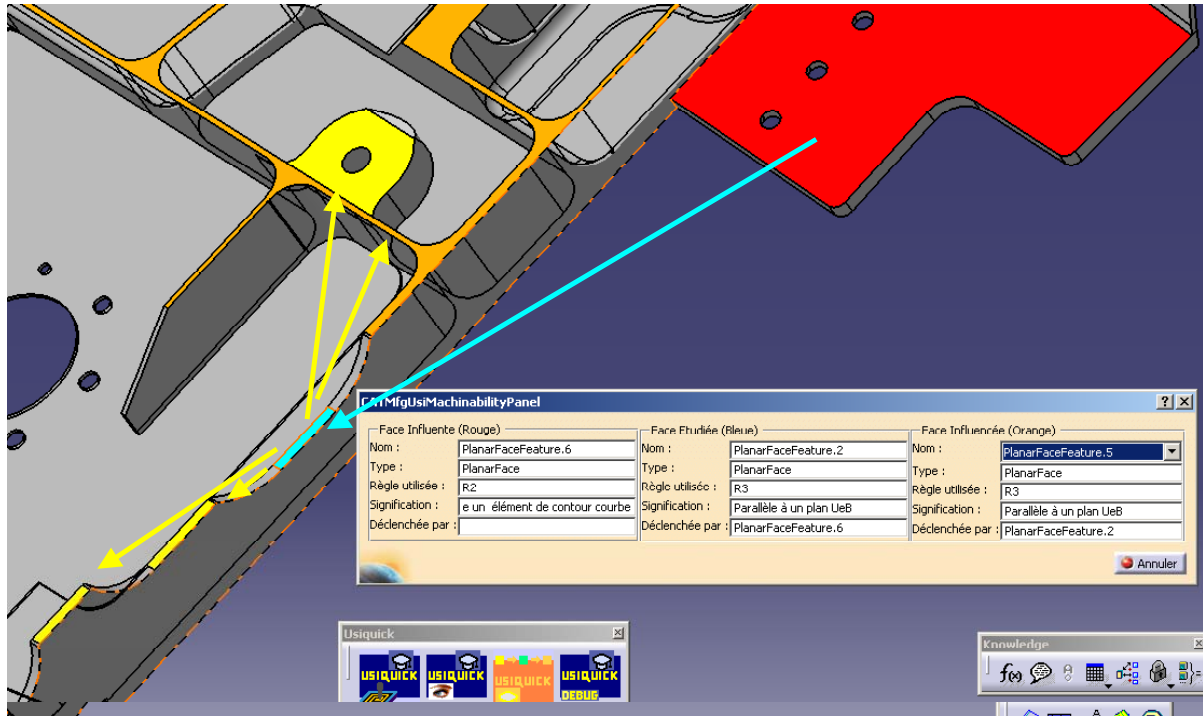
D'après le modèle d'expertise, pour que l'expert puisse être pleinement critique vis-à-vis de cette navigation, il a besoin d'avoir une bonne compréhension du contexte. Il peut alors estimer l'ampleur des modifications que son jugement peut entraîner. L'agilité du langage naturel permet de mieux refléter le savoir associé à une règle. Un attribut « signification » est ajouté pour expliquer le sens de la règle exécutée.

Pour capitaliser l'expérience sur les choix experts, un dernier attribut « importance » permet de classer les règles ou les ensembles de règles. Dans la phase de pré-étude d'USIQUICK, ce classement est effectué dans la dimension projet. Il est fondateur de l'algorithme et ne peut pas être remis en question. Cependant, le fait de pouvoir visualiser les « importances » de ces règles permet d'identifier rapidement les choix qui peuvent être facilement remis en question par l'expert.

Par exemple, si une face a été typée comme usinable en bout à cause de la règle « la face est bordée par des arêtes fermées », elle est beaucoup plus difficile à redéfinir qu'une face typée de la même façon à cause de la règle « la face est parallèle à une face usinable en bout ». La première règle reçoit donc une « importance » plus élevée que la deuxième.

Une maquette développée selon ces éléments est présentée dans la figure ci-dessous. La face étudiée est la face bleue, portée au centre du tableau. La face rouge est celle qui a déclenché son typage en UEB (en tant que face parallèle à une face UEB). Les paramètres de la face

rouge sont portés par la partie gauche du tableau. Dans la partie droite, un menu déroulant permet de faire apparaître les attributs des différentes faces (en orange et en jaune) qui sont typées par la face bleue. Ce mécanisme permet ainsi de naviguer les faces en les sélectionnant pour comprendre le réseau de leurs relations.



**Figure 5-10 : Maquette déployée pour visualiser le fonctionnement du démonstrateur du transformateur enrichissant le modèle CAO par de la sémantique FAO.**

L'évolution des réflexions par rapport à ces problèmes de visualisation, les études du 3S sur les enjeux de l'IHM pour la définition de la gamme détaillée [CAP 05] et la maturité du raffinement des concepts des modèles amènent à réfléchir sur une panellerie capable de supporter clairement l'ensemble du processus. Une proposition de synthèse est portée en annexe.

Ainsi, au moment de la spécification des développements et aux premières réflexions de diffusion, le questionnement infrastructure / architecture dans la dimension projet permet de valider la synergie entre les connaissances développées et les savoirs maîtrisés. Les liens d'architecture entre les modèles du projet deviennent le lieu d'une analyse supplémentaire permettant sinon de garantir au moins d'étudier la cohérence globale du projet. Dans la section suivante l'étude des trois couples de concepts contribue à montrer comment la maîtrise des éléments de l'expertise (ou plus classiquement le KM) peut devenir un moyen de pilotage de projet, en complément des approches traditionnelles de gestion des ressources par exemple.

#### **5.2.4 Vers l'application KBE finale, Synthèse**

En tant qu'étude pré-industrielle, le projet RNTL USIQUICK délivre des justifications sur la levée des verrous bloquant la constitution d'une application KBE pour la génération semi-automatique de gamme d'usinage.

En sortie du projet, on trouve donc une capitalisation des progrès sur les connaissances associées (à travers des modèles et des documents de travail) et des démonstrateurs développés pour valider l'applicabilité des savoirs associés. La différence entre l'état initial et l'état final de ces éléments caractérise l'évolution de la gestion de l'expertise. La dimension domaine est potentiellement profondément modifiée entre la pratique qui demeure et évolue de son côté dans les bureaux des méthodes et ce nouvel état proposé.

L'industrialisation qui doit s'en suivre doit donc prendre les résultats de cette première phase comme les traces d'une dynamique en cours. Les éléments de réflexion proposés à la maîtrise d'ouvrage seraient alors réutilisables pour analyser et bénéficier au maximum de la première phase du projet d'une part et pour d'autre part continuer à tracer l'évolution de l'expertise vers une application finalisée et éventuellement préparer les générations suivantes d'outil d'assistance.

Ainsi, cette réflexion sur la maîtrise d'ouvrage change l'angle du point de vue sur la gestion des connaissances pour amener les éléments du domaine au cœur de la stratégie projet et permettre un pilotage de la modélisation et de l'intégration par le sens de l'expertise. La section suivante montre dans cette perspective comment le questionnement sur les trois couples de concepts proposés peut amener le KM au cœur du pilotage du projet.

### 5.3 Retour d'expérience : Problématiques identifiées

La gestion des connaissances est classiquement utilisée comme ressources pour les projets de d'intégration d'expertise. Certaines méthodologies comme celles issues de CommonKADS permettent d'expliquer le fonctionnement de leur intégration. Cependant, les connaissances demeurent un matériau et sont rarement utilisées comme source même de pilotage.

Les couples proposés ne visent pas à se substituer aux méthodes existantes mais viennent les compléter à deux points de vue : la compréhension et la comparaison des méthodes et des expériences précédentes (problématique abordée dans le chapitre suivant) et identification de points d'appui sémantique pour ressortir des éléments de pilotage du projet.

Trois ensembles d'exemples relatifs à chaque couple de concepts proposés sont détaillés dans les points suivants.

Ainsi le premier ensemble d'exemples concerne le couple infrastructure / architecture. Il étudie plusieurs éléments de la dimension domaine pour voir les conséquences pratiques de leur organisation.

L'ensemble lié au couple syntaxe / sémantique détaille les problématiques de formalisme des modèles et leur évolution selon les enjeux du projet.

Enfin la réflexion sur le couple domaine / projet permet de faire ressortir des indicateurs de pilotage du projet à travers l'analyse des modèles.

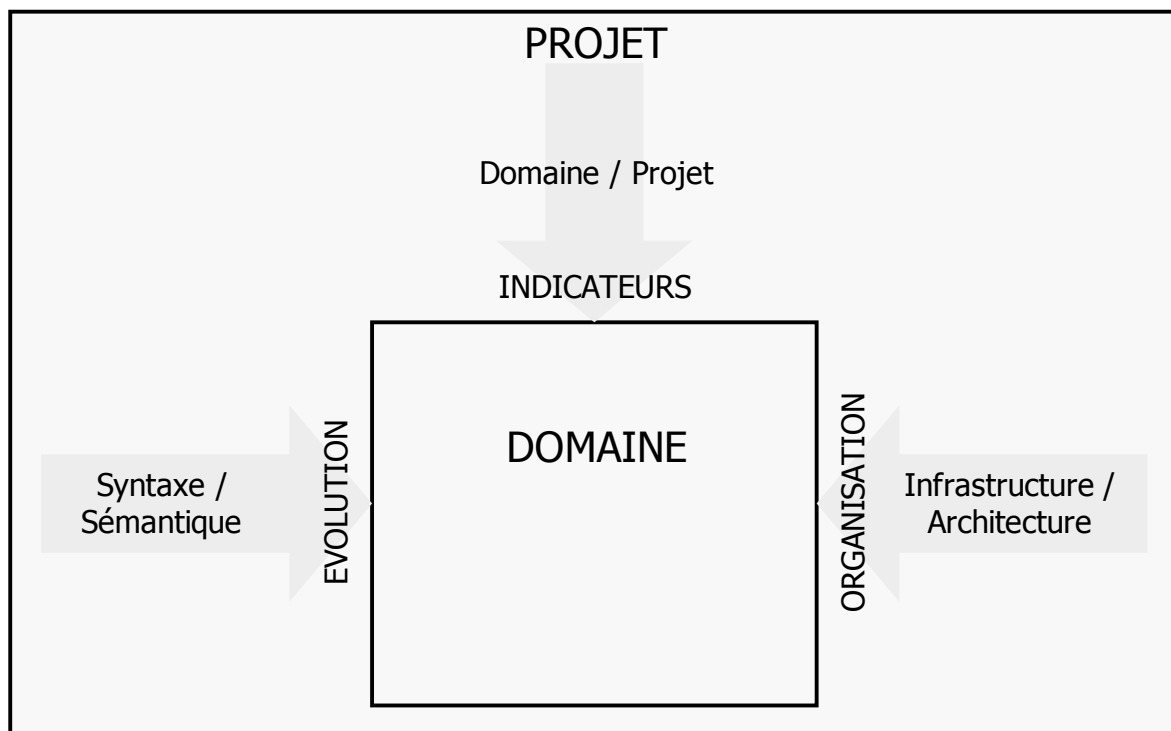


Figure 5-11 : Trois couples d'analyse pour remettre l'expertise au centre du pilotage du projet

### 5.3.1 Exemples d'utilisation du couple infrastructure / architecture

Ce couple est traditionnellement associé au couple domaine / projet. Pour cet exemple, l'attention est concentrée sur la dimension domaine. Dans cette dimension, des tâches à accomplir par l'application finale ont été identifiées. Elles forment les briques d'infrastructure étudiées ici. Une articulation initiale est proposée par les spécifications mais la réorganisation peut présenter des avantages. Trois exemples de liens d'architecture sont discutés :

- La position de l'activité de recherche des posages par rapport à l'analyse automatique des features particulières de fabrication.
- L'association d'outils issus d'une base avec de la géométrie par rapport à l'enrichissement de la sémantique de CAO vers la FAO.
- Le calcul des masques de chaque face par rapport au typage de son usinabilité UEB ou UEF.

Pour le premier exemple, la responsabilité de l'identification des features particulières de fabrication est de la responsabilité de la tâche initiale automatique de transformation de la sémantique. Cependant on trouve par exemple parmi les features particulières l'analyse des hauts d'aile (extrémité d'un élanement à usiner en priorité lors d'un posage) et des talons (trace tolérée entre le fond et un pourtour d'une poche incliné à moins de 90°). Si l'algorithme peut envisager l'étude de tous les cas de figure, l'intérêt de l'analyse de ces paramètres n'a de valeur que par rapport à la détermination des posages par le préparateur (et donc ultérieure à la transformation). La discrimination des features particulières de fabrication par un lien d'architecture du domaine vers le moment de leur analyse donne à la conduite de projet un moyen de consolidation pour prendre la décision de déplacer ou non la tâche en mesurant les impacts.

Pour comprendre l'enjeu du deuxième exemple, il faut revenir à la définition GAMA d'une feature de fabrication :

*« Une entité d'usinage est une forme géométrique et un ensemble de spécifications pour lesquels un processus d'usinage est connu. Ce processus est quasi indépendant des processus des autres entités. » [GAM 90]*

Ainsi, si la transformation de la sémantique doit proposer les features élémentaires de fabrication du projet, il faut que des informations sur l'existence d'un processus possible associé soient identifiées. Parmi celles-ci figure l'existence d'un outil capable. Deux cas sont possibles

L'utilisation de la base de données des outils peut être effectuée avant ou après le transformateur :

- La base de données est positionnée avant le transformateur :
  - Les paramètres gérés par le transformateur sont dépendants des modifications des paramètres dans la base.

- Cela permet d'avoir des estimations de l'usinabilité des faces avec des outils exacts.
- Cela pose le problème de la longueur potentielle des calculs.
- La base de données est positionnée après le transformateur :
  - Cette solution implique de faire porter les attributs de classes d'outils (cf. Annexe sur les OSE) sur l'entité USIQUICK en surcouches de la géométrie.
  - Le transformateur est déployable indépendamment de la structure de la base de données.
    - Le problème de tri de la base est repoussé.
    - Cette fois c'est la base qui est déterminée par le transformateur.

Le pilotage du projet est donc confronté à un choix d'architecture de l'expertise qui influe sur les perspectives d'utilisation. Dans le premier cas, le déploiement du transformateur doit être suffisamment agile pour prendre en compte les paramètres d'une base de données et de leur potentielle évolution. L'avantage de réussir une telle construction est d'assurer une plus grande pérennité de l'application. Etant donné que le projet est pré-compétitif, le choix s'est sciemment porté sur la deuxième alternative (un déploiement du transformateur indépendant de la base) pour arriver plus rapidement à une démonstration de faisabilité.

Le troisième exemple concerne deux attributs calculés au cours de l'étape de transformation. Il s'agit du calcul des masques et de la définition de l'usinabilité. Les spécifications initiales indiquaient sans précision de justification de calculer les masques avant de typer l'usinabilité. Cette démarche paraît logique. Néanmoins, une partie des règles métier permet de trier les faces entre UEB et UEF sans calcul de masque. Les masques sont ensuite utilisés pour discriminer certains cas. Dans cette perspective, il est apparu au CRAN plus économique en temps de calcul de déplacer le calcul des masques après le typage de l'usinabilité et de n'effectuer que les calculs nécessaires à la désambiguïsation.

La recherche des liens d'architecture entre les modules a montré que le résultat de l'analyse des masques était également utilisé par le préparateur de la gamme lors de la phase ultérieure de définition des posages. Ainsi, les remises en questions des éléments de certaines faces n'étaient plus possibles par manque d'information.

Encore une fois, les liens d'architecture de l'application font remonter une interrogation vers le pilotage du projet : doit-on revenir aux spécifications initiales ou développer le calcul des masques (et donc consommer des ressources) de manière à pouvoir le réutiliser localement ultérieurement ?

Le questionnement infrastructure / architecture permet au niveau de la dimension domaine de faire émerger des problématiques dont la résolution correspond à une décision sur le périmètre du projet et relève donc de la maîtrise d'ouvrage. Ce questionnement pose également le problème des lois qui régissent les articulations entre les activités. De manière plus générale, il conditionne la flexibilité de l'application finale.

### 5.3.2 Exemples d'utilisation du couple syntaxe / sémantique

Ce point sur la syntaxe et la sémantique reprend plus en détails les points de réflexion sur les formalismes étudiés, présentés dans la section précédente. Les exemples ci-après montrent l'enrichissement progressif de la sémantique par ajout de contraintes de syntaxe, correspondant à des évolutions des besoins de visibilité du projet.

Au niveau des diagrammes d'activités, les messages ont été progressivement de plus en plus structurés à travers plusieurs évolution des types :

- Un seul type : message. Cette étape est utilisée pour atteindre rapidement un consensus sur les activités et l'existence de liens entre elles.
- Types correspondant aux représentations SADT (Diversification et structuration des messages en flux, ressources, éléments de contrôle). Il s'agit de l'utilisation principale pour ce type de diagramme.
- Types SADT et homogénéisation des dénominations. On cherche à réutiliser au maximum les types déjà utilisés. La limite de cette recherche se situe sur l'expressivité de la syntaxe et la part de sémantique écartée. Ce travail a été envisagé dans la perspective de systématiser les interfaces « orientées objets » à développer. Il correspond aux étapes de raffinement et de spécification des développements.

Au niveau du diagramme de classes, la visualisation directe des étapes principales du projet a été permise par le groupement des classes en zones. Ainsi, les classes du modèle de données ne sont pas toutes instanciées directement mais progressivement selon les étapes du raisonnement. On distingue les zones suivantes :

- Information de conception, regroupant les classes à l'entrée de l'application
- Information de fabrication, regroupant les classes créées et enrichies pendant la première étape de transformation et qui sont ensuite utilisées par le gammiste pour déterminer les grands axes de résolution de la gamme
- Information d'usinage, regroupant les classes orientées processus utiles à la constitution de la structure de la gamme
- Les ressources, découpées en deux groupes selon le couple domaine / projet avec d'une part les classes ressources utilisées par la gamme et d'autre part, selon une évolution de la maturité des connaissances, les classes servant à construire les règles du métier

Des contraintes sont également ajoutées au formalisme UML. D'un point de vue recherche, l'association entre deux classes d'un modèle UML est souvent représentée sans orientation. Cette représentation est conforme. Cependant, la réalité du déploiement informatique impose, à travers l'utilisation des pointeurs, un sens d'utilisation privilégié. Dans le sens du pointeur, l'objet pointé est tout de suite retrouvé mais en partant de l'objet pointé, il est plus difficile de retrouver l'objet contenant le pointeur. Il faut alors parcourir les listes des candidats potentiels.



Derrière cette syntaxe de représentation existe donc un sens : ici la « direction » du pointeur. Cet élément d'expertise n'est pas initialement partagé par tous les membres du projet. Il s'ensuit des incompréhensions et des malaises, d'un côté parce que les chercheurs ont l'impression que les ingénieurs n'écoutent pas leurs propositions, de l'autre parce que les ingénieurs ont l'impression qu'on leur propose des choses insuffisamment claires. Cependant, si le formalisme est clairement établi, les deux côtés tirent bénéfices des remarques de l'autre.

L'ajout des zones, en complément des contraintes sur le formalisme UML (orientation des associations, utilisation de l'agrégation ou interdiction de l'héritage multiple), apporte un outil de pilotage du projet à travers la répartition des responsabilités des éléments du codes et sur le séquençement par priorité des développements, sans être nécessairement expert en développement.

Pour prendre en compte le double aspect temporel (échelle de temps du projet et échelle de temps de l'application en usage), des diagrammes de séquences ont été mis en place. Pour faciliter les discussions, la liberté est prise de créer de faux objets « liste de... », représentant les objets d'un même type pour éviter la redondance et permettre d'étudier des scénarios plus génériques. Néanmoins, si ce type de diagramme a rapidement apporté satisfaction sur l'échelle de l'application (usage classique) il n'a pas pu être transformé pour évaluer les problématiques de temps du projet. Il a été nécessaire de passer au questionnement domaine / projet et à l'enrichissement de la modélisation MOKA pour obtenir des éléments plus directement utiles de consolidation pour le pilotage du projet.

### 5.3.3 Exemples d'utilisation du couple domaine / projet

Si dans le sens de la traduction de la sémantique vers la syntaxe, plusieurs exemples ont été précédemment abordés, l'interrogation du sens des éléments de formalisation peut être également considérée de manière globale pour revenir vers de la sémantique. On obtient alors des éléments issus de la représentation du domaine pour piloter le projet.

Les aspects quantitatifs des éléments d'infrastructure du projet apportent des informations quant à son déroulement. Les statistiques sur les objets MEGA, utilisées pour supporter les diagrammes UML, montrent le processus de simplification caractéristique de la phase de raffinement.

<i>Diagrammes d'activités (au 01/09/04)</i>	Nombre de processus	Nombre de messages	<i>Diagrammes d'activités (spec DA)</i>	Nombre de processus	Nombre de messages
Phase Transformation	4	18	Phase Transformation	13	17
Phase Préparation	6	22	Phase Préparation	23	48
Phase Génération du Parcours d'Usinage	5	17	Phase Génération du Parcours d'Usinage	10	17
Base de données	3	0	Base de données	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>18</b>	<b>57</b>	<b>TOTAL</b>	<b>46</b>	<b>82</b>

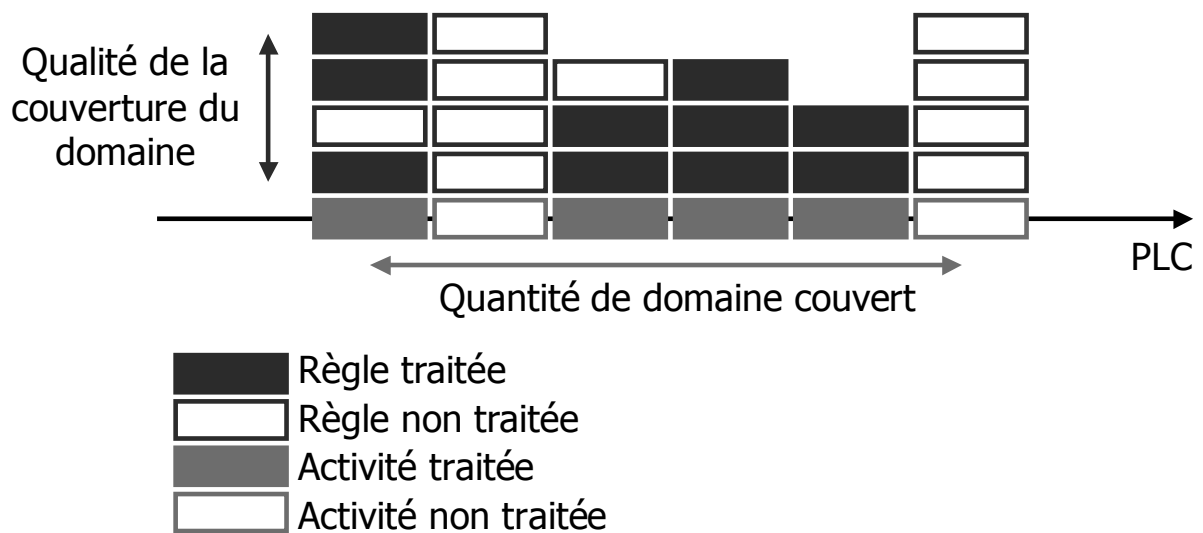
**Tableau 5-4 : Comparaison des éléments des diagrammes d'activités des différentes phases du processus USIQUICK à deux dates du projet (01/09/04 et initial)**

Le tableau ci-dessus montre outre la diminution du nombre de processus (regroupements et simplifications dus à une meilleure compréhension des responsabilités des partenaires), une nette amélioration du rapport « messages par processus » de 1,8 à 3,2. Même si cette

comparaison ne donne pas de repère absolu, elle permet de faire apparaître une tendance à une meilleure expressivité des messages et donc des diagrammes.

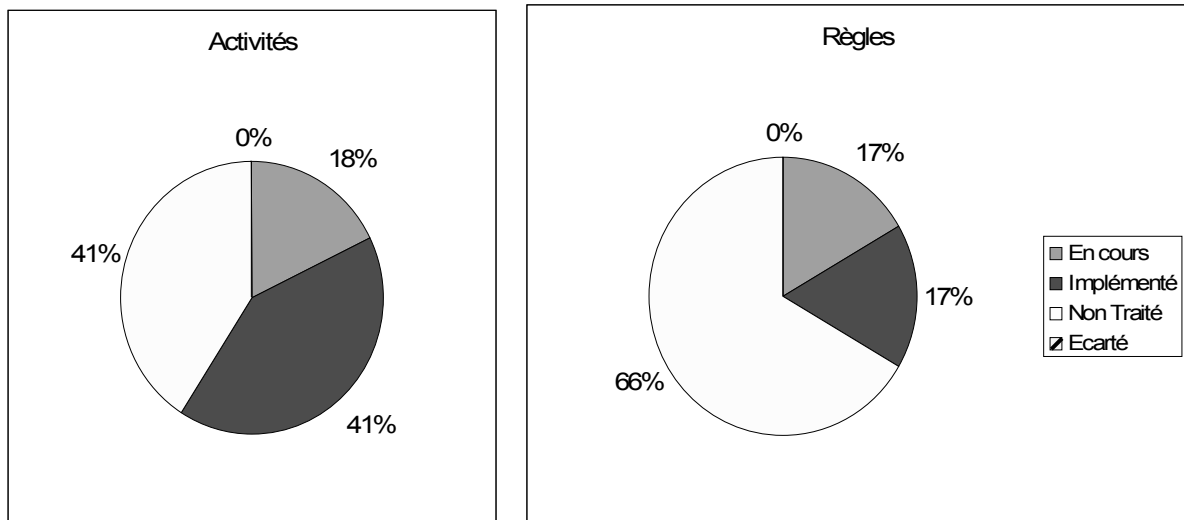
Toutefois, ce résultat n'éclaire pas beaucoup le pilotage du projet et il faut l'enrichissement de la modélisation MOKA sur le domaine par des informations de type projet pour obtenir une consolidation plus pertinente. Des attributs ont ainsi été ajoutés aux fiches ICARE pour préciser l'état du développement relatif aux éléments de connaissance capturés. On distingue quatre catégories : développement en cours, implémentation achevée, élément non traité dans le développement, élément écarté du périmètre du projet.

L'analyse consolidée de ces informations sur les règles et les activités capturées dans les fiches ICARE permet d'analyser l'avancement du projet, à la fois en quantité (est-ce que toutes les activités sont traitées) et en qualité (nombre de cas, correspondant aux règles métiers, traités pour chaque règle). La figure suivante illustre ce mécanisme.



**Figure 5-12 : Couverture qualitative et quantitative du projet par l'analyse des règles et des activités capturées par les fiches ICARE et confrontées aux développements**

Cette analyse permet la consolidation dont un exemple à la date du 15/02/06 est porté en exemple. On voit que l'enjeu de démontrabilité du projet en tant que projet pré-compétitif implique une forte couverture sur les activités mais en contre partie des concessions sur le nombre de cas particuliers traités pour chaque problème.



**Figure 5-13 : Analyse du déploiement des règles et des activités relatives à l'analyse de l'usabilité (bout ou flanc) et des masques, par rapport aux éléments spécifiés dans les modèles MOKA au 15/02/06**

Le questionnement domaine / projet amène ainsi vers de nouvelles réflexions sur l'application des deux autres couples. Selon la syntaxe choisie, les liens d'architecture du projet, ici les liens entre les modèles MOKA et les développements, deviennent la source d'indicateurs sur la progression du projet et permettent la constitution d'éléments de tableau de bord.

#### **5.4 Conclusion : des concepts descriptifs utiles au cœur du projet**

Le présent chapitre avait pour but de montrer les enjeux de la maîtrise d'ouvrage par rapport à ce que l'on nomme classiquement les problématiques de gestion des connaissances. Après un positionnement de la problématique de la génération semi-automatique de gamme d'usinage et du périmètre du projet USIQUICK, un retour d'expérience a été présenté en utilisant les outils introduits dans le chapitre précédent. Ce retour montre également les points où, au cours du projet, les outils proposés ont pu être utiles. Pour identifier encore plus précisément le rôle particulier des trois couples de concepts, trois groupes d'exemples ont enfin été détaillés.

Un des rôles identifiés pour la maîtrise d'ouvrage consiste à s'assurer d'une progression conjointe des connaissances à travers les modèles et les réflexions des partenaires avec les savoirs capturés par la pratique et les savoirs mobilisés par les maquettes de démonstration. Dans cette perspective, plusieurs modèles interagissent. Dans le cas d'USIQUICK, le consensus UML sur les connaissances, sert de référentiel pour chaque réflexion. Le consensus « C++ » des développements, représentant en partie les savoirs potentiellement activables, permet de valider la transformation des connaissances en savoirs. Enfin les fiches ICARE sont utilisées pour faire la jonction en capturant les contextes d'utilisation (= Savoirs) associés aux éléments de connaissance. L'enjeu de l'intégration réussie d'une expertise peut d'une certaine manière se résumer à faire apparaître les liens entre la connaissance livrée à l'ordinateur et le savoir pratiqué par le gammiste.

L'expertise (le sens sous-entendu par les connaissances et les savoirs) doit donc prendre sa place pleine au centre de la gestion du projet. Les outils méthodologiques existants peinent à considérer l'expertise autrement que comme une source de matériau pour des mécaniques méthodologiques pré-définies. Ces dernières ne peuvent cependant être efficaces que si elles tiennent compte des spécificités de chaque problème. Pour cette prise en compte, il faut une étape simple d'analyse et de confrontation des propositions méthodologiques, puis un questionnement récurrent sur la sémantique développée par la méthodologie sélectionnée. Les trois couples de concepts précédemment introduits contribuent à un questionnement qui favorise la focalisation sur des problématiques nécessitant une décision impliquant l'orientation du projet.

Même s'ils ne prennent leur sens que vis-à-vis les uns des autres, l'analyse spécifique de chaque couple de concepts montre comment les éléments d'architecture du projet ou du domaine peuvent permettre une consolidation facilitant le pilotage du projet, si une syntaxe suffisante a été développée. L'émergence des points d'accroche de ces questionnements peut ainsi aboutir à l'identification d'éléments de pilotage, s'agrégeant dans un tableau de bord du projet.

Si ce chapitre a permis de boucler entre l'émergence des principes décrits dans ce travail au cœur du projet USIQUICK avec un retour d'expérience USIQUICK exprimé par ces mêmes principes, il ne faut néanmoins pas en négliger l'aspect plus générique. Ces principes permettent la description d'autres exemples ou d'autres méthodologies et outils associés. Le

chapitre suivant montre comment ils peuvent être utilisés pour finaliser un retour d'expérience et préparer le déploiement d'une nouvelle intégration d'expertise.

## 6 Positionnement relatif de projets et de méthodes

Les concepts présentés dans ces travaux sont issus de l'expérience USIQUICK. La réflexion du chapitre précédent a permis de montrer une validation des objectifs dans ce contexte. Néanmoins la proposition vise une généricité plus large que l'expertise seule de la gamme d'usinage. Le présent chapitre propose une consolidation de retours d'expériences, à l'aide des concepts présentés.

Dans un premier temps, une série d'exemples de disciplines différentes est présentée. Chaque exemple est ensuite consolidé en confrontation avec l'expérience USIQUICK. Cette première consolidation valide d'une part la capacité descriptive des principes proposés et d'autre part la capacité à questionner la maîtrise d'ouvrage dans une perspective de synthèse et de pilotage.

La deuxième série de consolidation d'expériences se focalise sur des couples méthodes / outils. Après une description de quatre de ces couples, une consolidation permet de faire ressortir à nouveau un questionnement comparatif qui facilite la prise de décision des membres du projet sur la construction envisagée de l'architecture du projet et des outils de supports correspondants.

Enfin, une étude prospective est menée pour identifier, toujours à l'aide des principes de ce travail, les perspectives d'évolution dans la gestion de l'intégration de l'expertise.

Ce dernier chapitre constitue ainsi un guide d'utilisation des principes des présents travaux. Il montre comment retirer les bénéfices des expériences passées, identifier les avantages des solutions méthodologiques disponibles et imaginer les évolutions possibles.

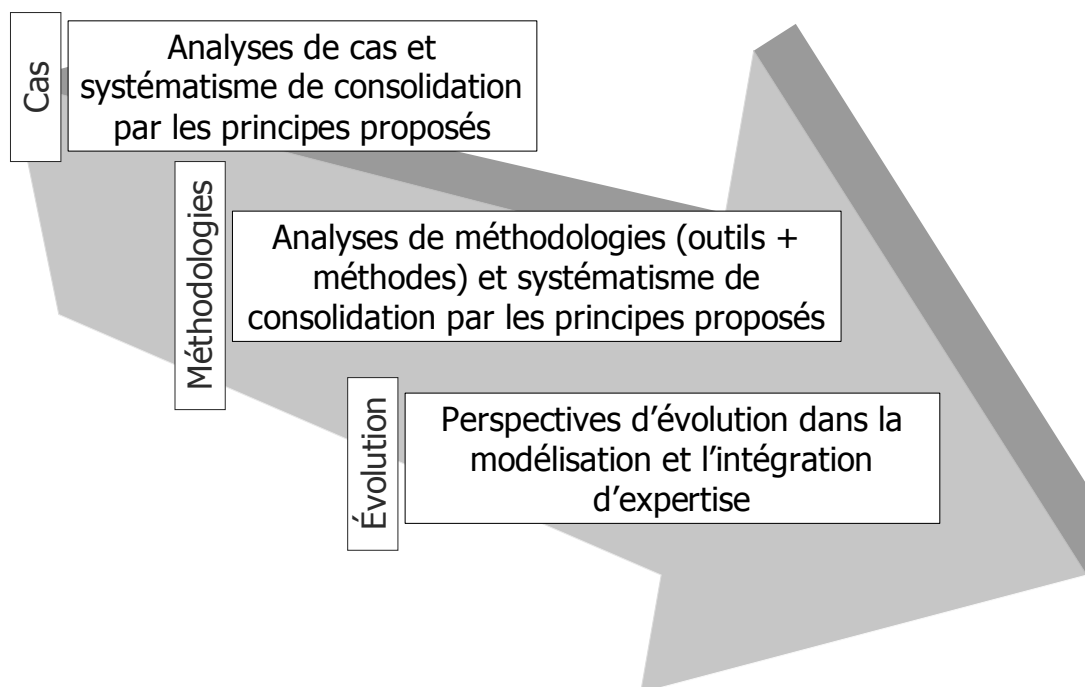


Figure 6-1 : Utilisation des principes proposés pour consolider l'expérience et estimer les alternatives

## **6.1 Exemples d'analyse de cas**

Les enjeux de l'intégration informatique des expertises du cycle de vie du produit génèrent une multitude de cas que de nombreux travaux adressent, souvent par catégories (conception, fabrication, gestion financière, mercatique...). Certaines méthodologies se spécialisent sur un type d'intégration (par exemple MOKA pour les processus de conception).

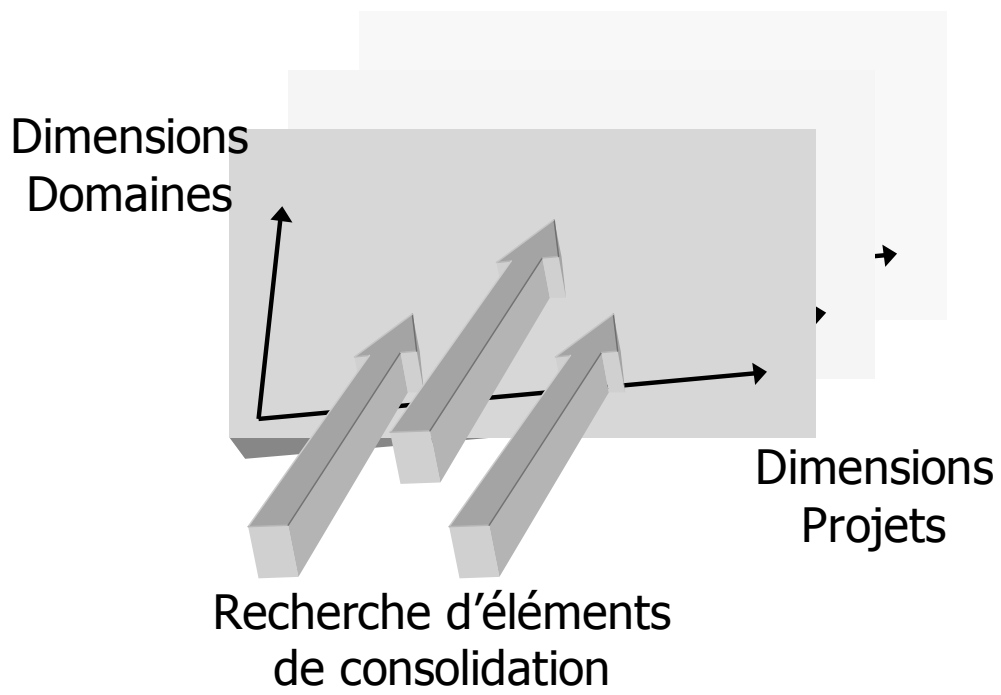
Cependant, dans une structure, l'expérience a normalement plus tendance à être transverse sur plusieurs expertises différentes. Se pose la question de la consolidation des retours d'expérience. Même si la dimension domaine de chaque intégration est différente, des points communs apparaissent au niveau de la démarche de projet. Certaines démarches se spécialisent alors sur cet aspect.

L'enjeu des principes proposés dans ces travaux est de rapprocher ces deux axes de réflexion (théorisation d'une expertise technique spécifique et généralisation des principes de pilotage) pour proposer un questionnement favorable à l'identification de la spécificité de chaque retour d'expérience, tout en permettant les comparaisons qui peuvent permettre la prise de décision sur de futurs déploiements.

Dans cette section, trois exemples sont présentés. Le premier adresse le domaine des services financiers. Il présente un projet de structuration d'un contrat type d'assurance. Le deuxième exemple revient vers l'industrie et étudie l'optimisation de la rentabilité d'une fonderie. Le dernier exemple propose de résoudre un problème d'intégration de modèles de gestion financière appliqués à la microélectronique. Ces exemples ont été sélectionnés pour leur diversité de domaine d'analyse. A l'aide des principes proposés, ils sont d'abord étudiés séparément selon les points suivants :

- Typologies de connaissances étudiées
- Outils et méthodes utilisées
- Résumé à travers une Roadmap descriptive
- Principales forces ou faiblesses

Ces descriptions visent à maintenir la spécificité de chaque exemple tout en permettant d'identifier des points de comparaison. Le dernier point de cette section reprend une partie de ces éléments pour les mettre en perspective. Le projet USIQUICK est ajouté dans cette consolidation. Enfin une série de propositions systématise le raisonnement pour le rendre plus facilement utilisable pour d'autres analyses.



**Figure 6-2 : Les principes proposés sont utilisés pour analyser des expériences d'intégration d'expertise et rechercher des spécificités permettant la comparaison**



### **6.1.1 Domaine des Services : Gestion des Contrats d'assurance**

Cet exemple s'intéresse à la modélisation de l'expertise contenue dans des contrats types d'assurance. Il présente comment la méthodologie proposée a conduit à faciliter les échanges entre une compagnie et ses souscripteurs, via une modélisation et une intégration de l'expertise. Cette recherche méthodologique a été menée en partenariat entre l'équipe IVGI de l'IRCCyN à Nantes et le GCC, à Stellenbosch, en Afrique du Sud.

Les polices d'assurance délivrées par la compagnie étudiée sont créées à partir d'un contrat type définissant les bénéfices et spécifications entre la société et les souscripteurs. Cette base de rédaction a été constituée par l'accumulation des savoirs de l'entreprise. Sur l'exemple traité, le document de base est constitué par l'accumulation de 60 années de modifications [PRE 04]. La structuration des justifications n'est pas retranscrite. Plusieurs types de problèmes émergent :

- Manque de cohérence dans l'utilisation des termes
- Manque de regroupement par thèmes et absence de liens entre les termes
- Règles complexes de fonctionnement et formulations ambiguës
- Difficulté d'associer un système d'information
- En cas de réclamation, interprétations différentes, cause de conflits entre les parties

Afin de contrôler et réduire la complexité des contrats issus de ce cadre, une approche en trois étapes est proposée :

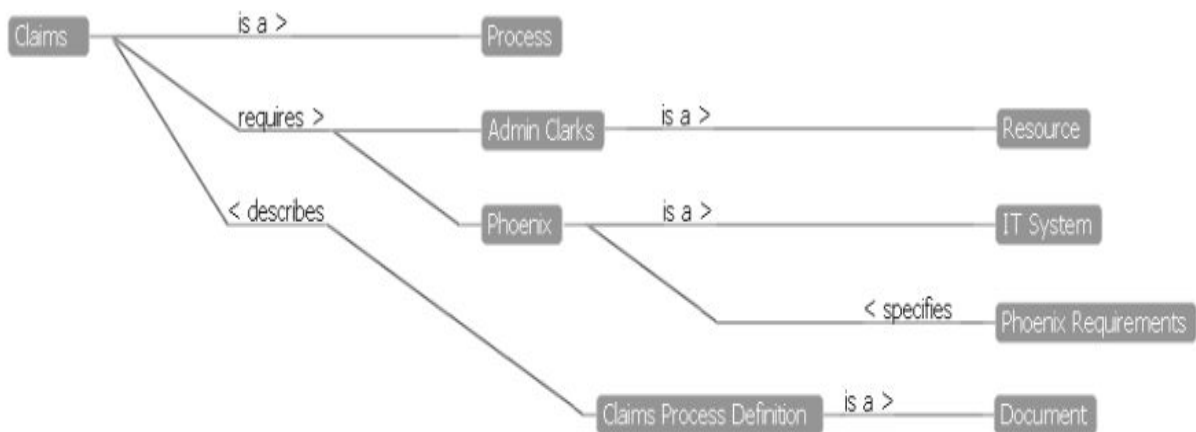
- Modéliser et analyser les paragraphes des contrats
- Extraire les concepts (infrastructure du domaine) et les lier avec d'autres concepts d'entreprise contenus dans une ontologie globale d'entreprise (architecture du domaine)
- Modéliser l'infrastructure de l'entreprise existante (infrastructure du projet) et développer les améliorations à apporter (architecture du projet)

L'analyse des phases de modélisation montre dans ce cas un fort besoin de structuration des connaissances. En effet, la modélisation de l'expertise est déjà perceptible à travers les éléments du contrat type, lieu d'extraction parfaitement délimité. Il faut donc concentrer l'effort sur les ambiguïtés des typologies de connaissances à structurer. On distingue :

- Produits d'assurance
- Règles
- Procédures
- Acteurs
- Documents

- Paragraphes

Plusieurs arborescences sont alors constituées à l'aide d'un outil expérimental [IND], Organon, développé sur la base des principes de Protégé pour pouvoir naviguer et enrichir les ontologies construites. Les arborescences constituant une première infrastructure du domaine d'expertise sont reliées selon leurs influences pour finalement distinguer les classes de leurs instances et répartir les attributs (cf. figure ci-dessous). Il résulte une visualisation souple et navigable du pilier correspondant aux réseaux de concepts. Une couche supplémentaire de gestion relie ces concepts aux paragraphes réels du contrat type.

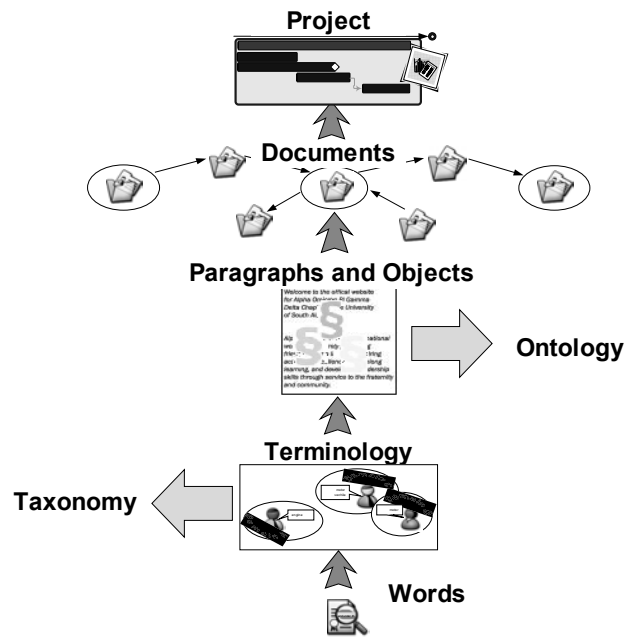


**Figure 6-3 : Exemple de navigation permise par Organon, entre plusieurs arbres de concepts (ici « is-a », « requires », « specifies » et « describes »)**

A partir de cette structuration, une phase de raffinement permet de rationaliser l'emploi des concepts en identifiant des groupes et des concepts clefs. Un nouveau contrat type constitue une infrastructure navigable du projet. A travers la synergie entretenue avec l'outil de navigation Organon, l'intégration de l'expertise est assurée par une dernière phase, qui consiste à créer des liens d'architecture organisationnelle :

- pour assurer la mise à jour cohérente du contrat type selon les modifications de la législation,
- et pour permettre une configuration du contrat selon les besoins du client.

La somme de ces deux éléments, l'outil dans la dimension projet et le document dans la dimension domaine, constitue une plate-forme permettant l'utilisation et l'évolution de l'expertise. Les liens entre les différents états d'infrastructure du projet [DUP 05b] sont présentés dans la figure suivante.



**Figure 6-4 : Schématisation des différentes étapes d'infrastructure du projet d'intégration de l'expertise contenue dans un contrat type de police d'assurance**

Cet exemple montre un cas où la priorité est orientée sur la formalisation des réseaux de concepts. Ce sont les enjeux de ce pilier qui guident les travaux sur les trois autres. Le point fort de cet exemple est constitué par la recherche d'outils de navigation des réseaux de concepts. La souplesse de l'outil constitué permet de naviguer la carte des concepts quasiment comme s'il s'agissait de langage naturel et en affinant progressivement le but de la navigation (en profitant au maximum des phénomènes de sérendipité). On peut regretter par contre le manque de systématisme de la désambiguïsation des concepts, opérée manuellement sans clarification nette des règles d'organisation. Ce manque de clarté dans la relation syntaxe / sémantique peut entraîner un manque d'adhésion progressif des utilisateurs, en rapport avec une compréhension diminuante du fonctionnement dans la durée et pouvant entraîner une dérive de la cohérence de la plate-forme.

### **6.1.2 Domaine de la Production : Optimisation de la Rentabilité d'une Fonderie**

L'automatisation des lignes de coulées pose à la fonderie un problème d'intégration des expertises. La maîtrise du cycle de production doit pouvoir se projeter et tirer profit de la chaîne numérique. Sur un exemple de fonderie sable acier, la thèse de Delplace [DEL 04] a fait l'objet de l'analyse d'une double intégration d'expertise :

- Maîtrise technologique de la mise en production pour son optimisation
  - Traçabilité des processus
  - Suivi de la qualité
- Maîtrise des estimations des coûts de production pour un pilotage financier stratégique

- Evaluation a priori de l'incidence d'une prise de commande sur le résultat de l'entreprise
- Proposition au client du meilleur produit, conforme à l'expertise des fondeurs et aux contraintes de production

La recherche des éléments d'infrastructure pour ces expertises s'est constituée autour de deux typologies principales :

- Les inducteurs de coûts
- Les leviers technologiques

Quatre systèmes concourants constituent des groupes d'infrastructure du domaine d'étude dont les relations d'architecture constituent les enjeux du projet :

- Outillages
- Moules
- Grappes
- Pièces brutes finies

L'enjeu opérationnel a instauré une priorité sur le pilier des outils de gestion de l'expertise. La phase de modélisation a donc eu le double enjeu :

- d'identifier, à travers la modélisation du cycle de production, les points de blocage et les outils de gestion pouvant les éliminer,
- et de faciliter la configuration des outils selon les attributions identifiées.

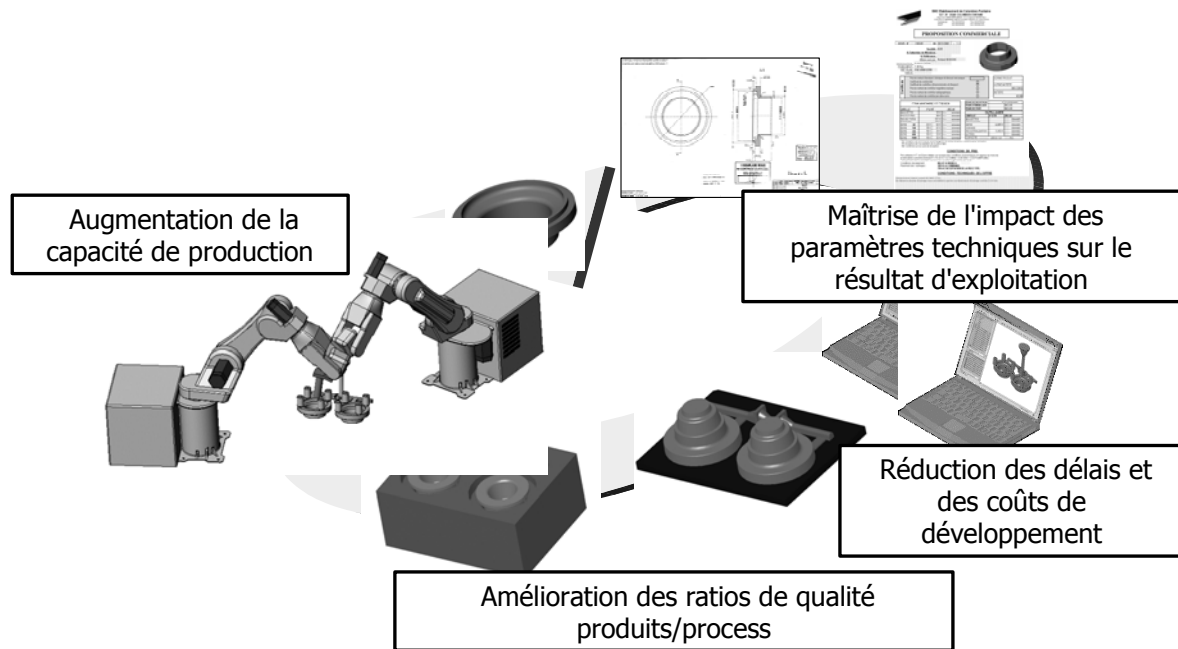
La modélisation a été constituée des éléments suivants :

- Actigrammes SADT pour modéliser le cycle de production et assurer les correspondances entre les systèmes d'information des outils d'assistance.
- Logigrammes, pour représenter les règles de chacune des deux expertises
  - Règles de fonderie utilisées par le bureau d'études
  - Règles de calculs des coûts de production

L'architecture finale du Projet (cf. figure ci-dessous) s'est naturellement orientée vers la constitution de deux outils de KBE partageant un socle commun de concepts

- Intégration couplée des facteurs économiques :
  - Rentabilité des commandes : Outil Excel, par rapport à l'historique des commandes et au point d'équilibre dynamique des coûts de production
  - Evaluation des devis : Gamme modélisée et estimée sous Excel
- Intégration des méthodes de conception des pièces, grappes et outillages :
  - Traçabilité : Intégration Solidworks

- Qualité : automatisation et suivi du dégrappage (cette fois sans application d'aide à la décision intégrant une expertise particulière)



**Figure 6-5 : Une architecture de projet calquée sur l'architecture finale attendue sur le domaine [DEL 04]**

Cet exemple tire le meilleur parti des outils de gestion existants en mettant la priorité sur ce pilier. La modélisation est donc rapide et raffinée en parallèle de l'intégration des outils d'assistance au cycle de production, vers l'évaluation directe d'un bénéfice. Son déploiement opérationnel a permis de clarifier l'infrastructure du domaine et d'optimiser les liens d'architecture les plus faibles. Suite à ces travaux, les résultats de l'entreprise ont nettement progressé dans une période économique où tout laissait croire l'inverse. Néanmoins, le manque de différenciation entre les données propres aux domaines et celles spécifiques à la démarche de projet rend la méthodologie efficace seulement sur des expertises très proches. Il paraît difficile de transférer rapidement les principes identifiés vers d'autres types de mise en production (ex : usinage de pièce de structure). Cette contrepartie était pleinement identifiée dès le début du projet qui visait une pleine maîtrise de la maturité de la gestion de l'expertise au niveau Produit / Process. Les suites de ce travail visent à clarifier les stratégies de formalisation des situations pour atteindre les niveaux de maîtrise de la modélisation et de l'intégration sur une large variété de sites de fonderie.

### **6.1.3 Domaine de la Gestion : Evaluation des Coûts et Prix en Electronique**

Comme le laissent déjà transparaître les problèmes de devis de l'exemple de la fonderie, ces dernières années furent le terrain d'améliorations significatives en ce qui concerne les concepts, les méthodes et les approches générales de détermination du coût d'un produit industriel. Il s'avère que les méthodes qui en ont émergé, n'atteignent pas encore un niveau de pertinence optimal. Des problèmes persistent, telles que des démarches de mises en œuvre très peu spécifiées et globales, sans que celles-ci ne puissent fournir de solutions pertinentes.

Aucune de ces méthodes ne propose une méthodologie de déploiement réellement établie et bien maîtrisée, pour par exemple extraire les inducteurs de coûts ou même les moyens de mise en œuvre des principes. Un travail de fond sur la généralisation des principes locaux est nécessaire pour faire apparaître les liens d'architecture qui permettraient d'identifier ces points de pilotage des coûts.

L'exemple présent entre dans cette perspective. Quatre solutions logicielles ont été développées par la société System Plus pour répondre à différents aspects du chiffrage de coût (costing) ou de détermination du prix de vente (pricing) dans le domaine de la microélectronique. L'objectif consiste à spécifier une nouvelle application. Elle doit permettre de couvrir l'estimation du cycle de constitution de produits finis, depuis la tranche de silicium sur laquelle sont implantées les puces jusque par exemple aux cartes électroniques complètes. Cependant, les outils applicatifs de System Plus sont contraints par les besoins clients qui les ont fait naître. Ils reflètent la capitalisation de savoirs sans faire transparaître la construction des justifications des connaissances manipulées intellectuellement entre leurs modèles par les spécialistes. Ces quatre outils sont les suivants :

- Virtual IC Fab pour les coûts des technologies semi-conducteurs : il calcule, sur une période définie pour une unité de fabrication donnée (les dates et cours sont fluctuants, les technologies ne sont pas accessibles partout)
- IC Purchaser pour le prix de vente des circuits intégrés : il utilise des méthodes d'évaluation des coûts issus de modèles paramétriques basés sur la technologie de fabrication associée à un assistant de génération de boîtiers
- WaCoFo, pour le coût d'une tranche : il est basé sur la simulation d'une unité de fabrication de tranches (Wafer)
- Syst Cost pour évaluer le coût d'un système électronique : il permet d'évaluer les coûts d'un projet et de réaliser un devis précis

Une étude a été menée pour mettre en évidence un modèle économique générique de détermination de la valeur industrielle [CAN 05a]. L'objectif est de consolider l'expérience capitalisée dans les outils déjà développés pour intégrer les différentes expertises dans une solution plus homogène.

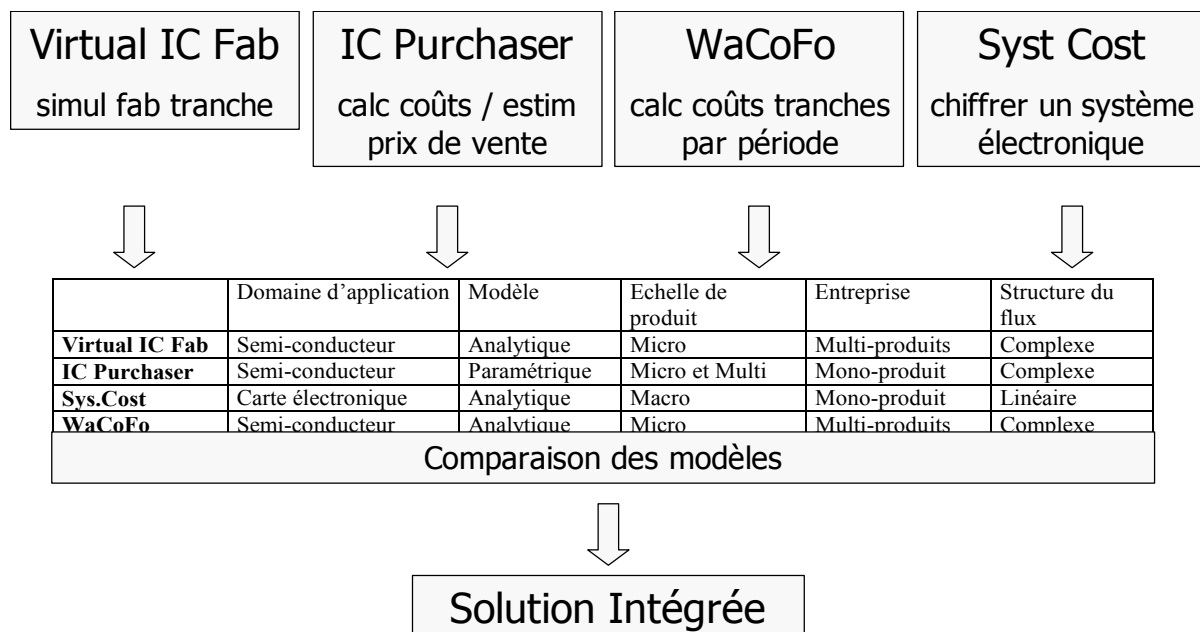
La première étape de la méthodologie mise en œuvre consiste en l'extraction des modèles d'estimation des coûts et des prix des outils logiciels déjà existants. Les concepts qu'ils utilisent sont employés dans plusieurs contextes (de la gestion de production au contrôle de gestion) et les différences d'expression des langages métiers masquent leur réelle sémantique [MEV 05]. Un enjeu fort de désambiguïsation est donc également présent.

Après une structuration et une formalisation à travers des modèles UML, une phase de raffinement conduit à la construction d'un méta modèle commun aux diverses solutions proposées par la société System Plus. La dernière phase consiste à renforcer la sémantique contenue dans le méta-modèle pour élargir les domaines d'applications et spécifier le

développement du prochain outil de gestion. Les typologies suivantes ont été principalement considérées :

- Concept, selon les contextes de chaque application :
  - Concepts d'activités et de processus
  - Concepts d'entités et d'articles
  - Ressources (matérielles et humaines)
  - Sites de production (multi ou mono produits)
  - Concepts de coûts de revient et de prix de vente
- Modèles de calcul de coûts configurés au sein des logiciels qui sont soit des modèles paramétriques, manipulant des calculs de rendement de processus, soit des modèles analytiques, s'appliquant à des calculs de coûts partiels, complets ou encore de valorisation d'un prix de vente.
- Modèles de flux de productions qui prennent en compte des degrés de complexité différents,
- Echelles de produit différentes (de la carte électronique à la puce),

La consolidation des modèles constitue une étape intermédiaire d'infrastructure du projet, entre les solutions existantes et la spécification de l'intégration envisagée. L'architecture du projet est schématisée par la figure suivante.



**Figure 6-6 : L'étape de modélisation constitue une infrastructure intermédiaire du projet où se consolident les spécifications d'une application complète**

Ainsi, l'infrastructure du domaine est constituée par l'ensemble des méthodes de calculs contenues dans les solutions logicielles et les attributs des produits dans leur contexte. Leur

formalisation et leur raffinement permettent de progresser vers une architecture d'un modèle complet et cohérent de coûts et de prix [BIG 06].

La cohérence entre les modèles initiaux a été assurée autour de la structuration entre trois types de modèles :

- Une identification des besoins (modélisation de type SADT)
- Une approche statique de définition des concepts (diagramme de classes), associée à une définition systématique dans un glossaire pour assurer la désambiguïsation des modèles (notamment la formalisation des règles de calculs)
- Une approche dynamique qui traduit leur utilisation (diagramme de séquences)

Au travers d'une analyse sémantique, la phase de raffinement enrichit et consolide le méta modèle de manière à le rendre indépendant d'un secteur industriel particulier. Progressivement le pilier des spécifications est clarifié pour proposer les bases d'un développement d'une solution intégrée. Ce problème de gestion reste néanmoins appliqué à l'électronique. L'enjeu final du projet est de tester la robustesse du modèle de coûts et de prix proposé sur d'autres types de produits.

#### **6.1.4 Consolidation**

L'analyse de ces exemples et de leurs spécificités fait ressortir une liste de questionnement utilisant les principes proposés pour préparer le déploiement d'un nouveau cas. Ainsi, lors de la phase d'identification, on peut s'interroger selon les points suivants :

- S'interroger sur la maturité de la gestion de la connaissance actuelle dans la structure et de celle que l'on souhaite atteindre pour fixer des objectifs
- Analyser les piliers principalement impactés et fixer les objectifs les concernant
- Estimer les besoins de modélisation d'expertise pour orienter les choix méthodologiques
- Construire une Roadmap à l'aide des phases élémentaires proposées, prenant en compte les niveaux de maturité à franchir et les choix stratégiques sur les niveaux d'exigence pour l'application

Ensuite, lors du projet, il est possible de le piloter en utilisant :

- Les trois couples proposés en cas de problèmes sur l'expression des modèles ou la recherche d'éléments de pilotage (les liens d'architecture constituant les éléments à analyser pour faire émerger des indicateurs)
- La mise à jour de la Roadmap selon les phases proposées (suivant l'avancement du projet pour évaluer les écarts et planifier les prochaines étapes)

L'analyse des retours d'expérience permet aussi de constituer des tableaux permettant d'orienter les décisions de la maîtrise d'ouvrage. Si l'on revient par exemple sur les niveaux de maturité, chacun des exemples présentés, en incluant l'expérience USIQUICK, permet de

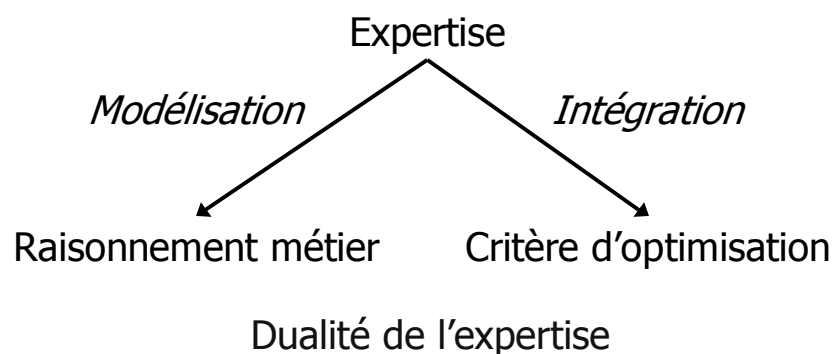


faire progresser la gestion de l'expertise dans le domaine étudié. Ainsi, si un niveau est particulièrement visé, les autres sont également plus ou moins impactés. La maîtrise de projet doit contrôler les éventuels déviance vers des résolutions de niveaux ne l'intéressant pas directement tout en analysant le coût en ressource et l'intérêt que peuvent avoir les impacts sur ces autres niveaux. Le tableau ci-dessous reprend pour les exemples traités les impacts sur ces niveaux.

Echelle de mesure	Catégorie de K	Génération de Gamme	Contrat d'Assurance	Fonderie / pièce	Fonderie / cout	Coûts et Prix en Electronique
Produit / Process	K domaine peu partagé	Capture de la pratique	Intégration manuelle de la législation	Recherche d'automatisation des étapes critiques de production	Estimation du prix au kg pondéré par l'expérience	Identification des méthodes de calculs
Modélisation	K domaine partagé	Modélisation d'un fonctionnement intégré attendu	Lisibilité et homogénéisation des liens entre les termes du contrat	BM numérique local	Estimation du prix par rapport à la gamme	Homogénéisation des méthodes de calculs
Intégration	K projet	création d'un outil de KBE	Navigation du contrat type et génération automatique	Recherche de passerelles entre les outils d'assistance	Chaine numérique pour éviter les dérives dans le PLC	Proposition d'un modèle de donnée pour un Outil "général" en Micor-elec.
Généralisation	K projet normalisé	Méthode de depl d'1 appli KBE / KM dans le PLC	Anticipation des points des points potentiels de conflits	Référentiel numérique commun	Pilotage global de la rentabilité des produits	Méthodes globales des gestion des prix et des coûts d'un produit

**Tableau 6-1 : Impacts sur les différents niveaux de maturité de la gestion de l'expertise (en orange, le niveau visé)**


Les deux derniers exemples font plus clairement ressortir une tendance qui est finalement également perceptible dans les deux premiers. L'expertise se décompose en deux aspects : le premier correspond à une lisibilité du raisonnement en phase de modélisation, de manière relativement déconnectée d'une application particulière, le deuxième aspect correspond à une maîtrise du critère d'optimisation qui permet de prendre les décisions de l'intégration. La figure suivante illustre cette distinction qui peut être intéressante à mener en parallèle de l'analyse des enjeux de maturité attendue dans la gestion de l'expertise.



**Figure 6-7 : L'application de KBE doit faire converger deux aspects qui s'influencent mutuellement**

Une analyse peut également être faite pour estimer les méthodologies à utiliser. Les différentes phases des projets font apparaître des niveaux d'infrastructure correspondants. Les exemples traités ont été simplifiés dans le tableau suivant selon les huit phases élémentaires proposées, en ramenant les éventuelles itérations dans la même phase, l'enjeu n'étant pas de comparer les Roadmaps. Ce tableau permet de comparer les démarches utilisées pour résoudre les enjeux de chaque phase.

La section suivante reprend dans le détail trois couples d'outils et de méthodes puis propose dans le sens d'une analyse des méthodologies, un algorithme de questionnement sur leur pertinence par rapport aux principes introduits.



		Phases	Exemples	Gamme	Assurance	Fonderie	Micro-Electronique
Infra. de Projet Initiale	Infra. Du Domaine	Identification	Sources initiales d'expertises	"Classeur" d'expertise	Contrat type	Analyse du site et de ses processus	Modèles de données de 4 logicielles
			Type d'Expertise	PPRE et ICARE	Expertise Juridique	PPRE et Coûts	Coûts et Prix
			Indicateur du succès du déploiement	Temps économisé sur la mise en production	Economie par les diminutions de conflits	Augmenter les capacités de production	Validité des estimations de prix et de coûts d'un PLC
Infra. de Projet 1	Domaine Archi. Infra.	Structuration	Outil de support à la modélisation	MEGA®, PCPack®	EDEN®, MindManager®	Excel - Solid Works®	MEGA®, Mindmanager®
			Outil de structuration	MEGA® et "ladders" PCPack®	Organon (protégé2000), MOOGO®	Logigrammes	Arbre MEGA®
			Formalisme utilisé	UML (Données, Activités et Séquences)	Entité / relation	Diagrammes SADT	UML (Données, Activités et Séquences)
Infra. de Projet 2	Dev. / Spec.	Raffinement	Simplification et recherche de flexibilité	Organisation OSE	Regroupements sémantiques	Paramètres structurant pour utiliser la maquette numérique	Désambiguïsation et homogénéisation des concepts
		Format	Textes + Diagrammes de classes	Cartes de Concepts	Textes	Textes + Diagrammes de classes	
Infrastructure de Projet Finale	Diffusion	Maintenance	Vecteur d'interaction avec les utilisateurs	Fiches HTML ICARE, Maquettes CATIA® / DELMIA®	Analyse des recherches dans les cartes de concepts	Constitution de tableau de bords Excel - Solid Works®	Maquettes C++
			Description de l'outil final	Assistance à la génération de gamme d'usage	Contrat type cohérent, navigable pour générer des contrats	Assistance à la gamme et estimation de la rentabilité	SI pour estimer les coûts et les prix d'un PLC complet
			Outil facilitant la maintenance	CATIA® / DELMIA®	Organon (protégé2000)	Excel - Solid Works®	Pas envisagé

Tableau 6-2 : Analyses dans plusieurs exemples des moyens utilisés pour résoudre les problématiques de chaque phase type

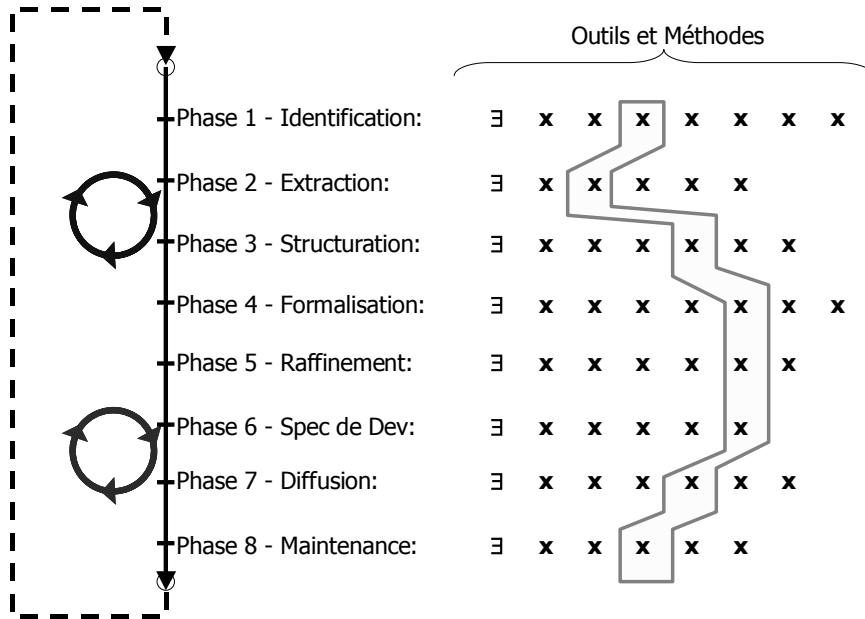
## **6.2 Exemples de positionnement de méthodes et d'outils associés**

Les principes introduits dans ce travail supposent l'existence de similarités dans les traitements des projets de modélisation et d'intégration d'expertise. Dans la construction de ces principes, plusieurs outils, méthodes ou techniques ont été rencontrés, soit pour l'étude des concepts qu'ils proposent, soit à titre d'exemple ou comme par exemple dans la section précédente, dans des contextes d'utilisation.

Des principes d'analyse de retour d'expérience viennent d'être proposés. Il faut maintenant tenter de s'en abstraire pour étudier les outils ou méthodes hors d'un contexte particulier d'application. Cette démarche finit de montrer la capacité de questionnement et de discrimination des propos défendus ici.

Ainsi, trois exemples de couples d'outils et de méthodes sont étudiés. MEGA, dans son utilisation d'UML, est sélectionné pour sa large utilisation en tant qu'atelier de génie logiciel. La méthodologie MOKA est ensuite étudiée à travers l'outil Pc-Pack. Il s'agit cette fois de montrer un couple plus directement orienté vers la gestion de la connaissance, ici en conception. Le dernier couple est plus orienté sur la gestion de projet pure. Il est constitué d'un outil de gestion documentaire basée sur le roadmapping. On parcourt ainsi un spectre allant d'une solution spécifiquement dédiée à la modélisation, passant par une solution intermédiaire de modélisation spécifique jusqu'à une solution complètement orientée pour la gestion de projet.

Cette analyse s'achève par une consolidation. On y compare ces trois couples. D'autres solutions de modélisation et d'intégration y sont associées. Le but n'est pas de montrer une exhaustivité ou d'étudier précisément chacune des méthodes. Ce point propose une grille d'analyse, utile à la maîtrise d'un projet, pour sélectionner des solutions pour un projet en déploiement.



**Figure 6-8 : Evaluer les avantages des méthodologies pour prendre des décisions de déploiements dans des contextes spécifiques**

## 6.2.1 Modélisation et Intégration des objets et des processus : UML et MEGA

MEGA [MEG] est considéré comme un atelier de génie logiciel. Il propose un large spectre de diagrammes et notamment, les diagrammes UML. Ce logiciel a été utilisé pour ce formalisme dans le projet USQUICK, à travers deux phases.

Lors d'une première phase de modélisation conceptuelle, les diagrammes d'activités et les diagrammes de classes ont été utilisés. Ils ont contribué à bâtir une compréhension commune des concepts du projet. La fonctionnalité d'extraction en XMi (XML pour UML) a permis de maintenir facilement à jour, en parallèle, un glossaire HTML navigable. La génération automatique de document (.doc / .pdf) a également facilité la communication avec des partenaires ne possédant pas le logiciel.

La deuxième phase a consisté à rapprocher le modèle conceptuel de la réalité de l'application dans laquelle l'outil d'assistance à la génération de gamme devait être déployé. La structure du modèle a donc été progressivement modifiée. L'ajout de logos sur les classes a permis d'identifier les responsabilités pour les différentes classes et l'état de leur migration entre le modèle conceptuel et le modèle opérationnel.

L'outil se présente à l'utilisateur selon la figure ci-après. La zone nommée « Entrées » permet de filtrer la base des objets du modèle selon plusieurs types de vues, d'actions ou de ressources : vues selon les projets, tri ou génération des diagrammes, constitution d'une documentation (notons la possibilité d'une gestion matricielle de la base), d'une référence de mots clefs, modules de générations automatiques (C++, Java, Access, XMi...), propositions méthodologiques. La deuxième zone, nommée ici « Objets » présente un arbre où sont organisés les éléments. Elle constitue une base très utile pour l'étape de structuration, préalable ou parallèle à la formalisation de diagrammes. La dernière zone « Bureau » permet un accès rapide aux éléments favoris de l'utilisateur. Il permet notamment d'organiser visuellement les diagrammes en cours.

Les interrogations sur le couple syntaxe / sémantique ont été traitées dans les chapitres précédents et relève plus des choix des acteurs du projet. MEGA ne propose pas à ce sujet d'éléments très limitants ou facilitants. On peut noter la possibilité de modifier la structure des objets de modélisation proposés à travers le méta-modèle. Cependant cette action requiert un fort niveau d'expertise sur le logiciel et entraîne éventuellement des complications quant à la gestion des sauvegardes ou de l'assistance technique.

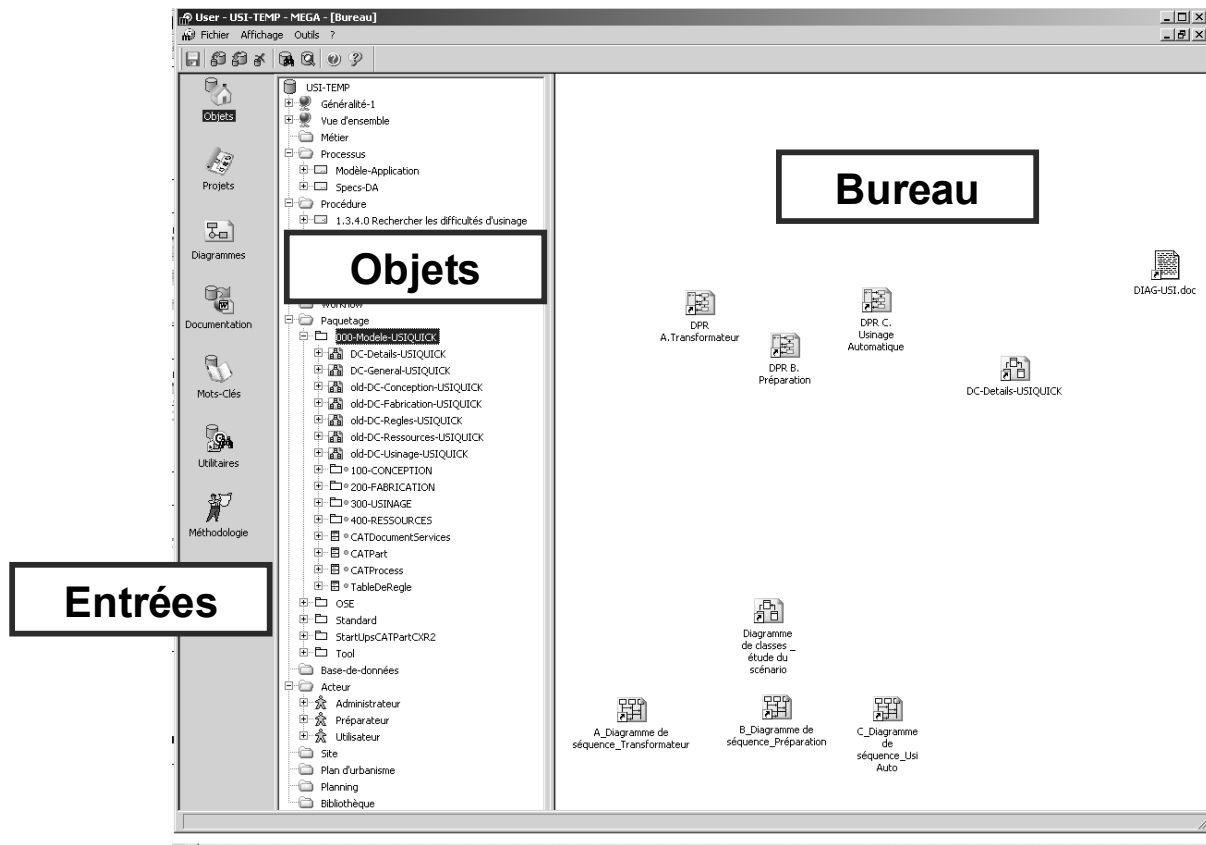


Figure 6-9 : Ecran d'accueil de MEGA

Le couple infrastructure / architecture est plus spécifiquement outillé. La cohérence est assurée entre les diagrammes. Deux objets ne peuvent être créés avec un même nom. Un objet peut par contre être instancié dans plusieurs diagrammes. MEGA assure les liens entre les instances. Les propriétés portées par l'objet révèlent l'ensemble de liens et des instances de cet objet. Un explorateur, illustré ci-dessous, permet de parcourir l'ensemble de ces liens. Avec la présentation arborescente des objets il permet de faciliter le maintien de la cohérence de la phase de structuration. Un éditeur de classe propose une fonctionnalité similaire plus directement dédiée au diagramme UML. L'édition de matrice permet de créer des vues d'ensembles sur un type de lien entre deux tris d'objets.

Même si ces fonctionnalités ne sont pas orientées vers l'utilisation par des acteurs inexpérimentés, ils sont tout de même relativement accessibles. Il peut être très profitable pour le projet de passer un peu de temps à configurer leur utilisation et à communiquer sur les bonnes pratiques associées.

Au niveau du couple domaine / projet, le bilan est plus mitigé. Des liens d'architecture existent entre les modèles. Mais il est difficile de tracer l'évolution d'un modèle et de consolider l'avancement. De même, les extractions, en C++ ou en XMI, semblent être à sens unique et ne permettent pas de reboucler sur les modèles manipulés. L'organisation en projet se contente de regrouper les éléments relatifs à un projet. Les outils de consolidation des propriétés n'ont pas été identifiés.

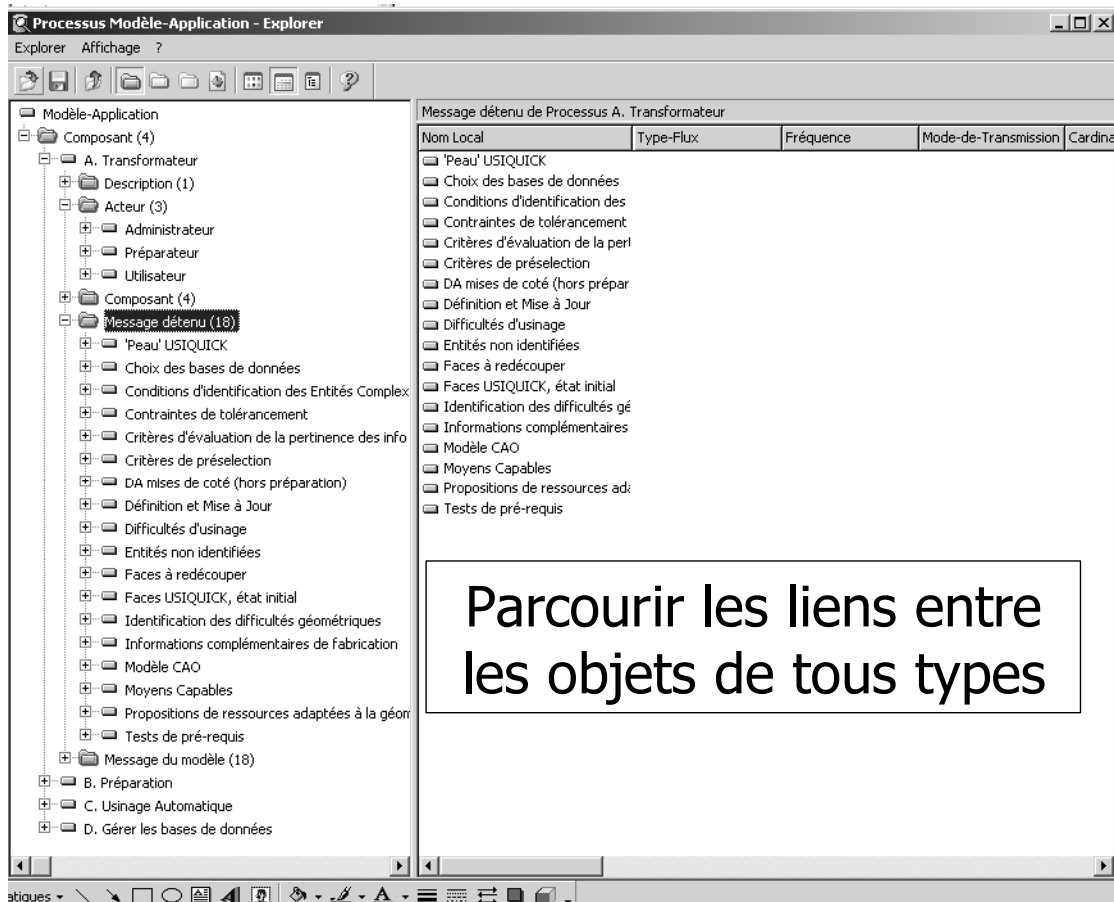


Figure 6-10 : Explorateur de la base de MEGA

MEGA constitue pour UML un outil efficace de modélisation d'un domaine ou d'une entreprise. Plusieurs outils contribuent à maintenir la base cohérente. Cependant, elle reste la vue d'un instant et ne propose donc qu'un seul niveau d'infrastructure du projet.

### 6.2.2 Modélisation et Intégration du produit : MOKA et Pc-Pack

Pc-Pack d'Epistemics [@EPI] a également été utilisé dans le projet USIQUICK pour venir compléter la modélisation UML par la modélisation de la phase MOKA Informelle. Comme présenté plutôt, l'enjeu consiste à faciliter la traçabilité entre les modèles de connaissances et les développements à travers la capitalisation des savoirs associés, issus de l'expérience des gammistes.

L'outil est structuré selon plusieurs outils accessibles à partir d'une première page HTML présentée ci-dessous. On y distingue les « Ladders » qui sont des arbres de structuration des entités. Les éléments structurés dans ces arbres sont ensuite utilisés pour constituer des diagrammes. La partie « Annotation » permet d'accéder aux fiches ICARE. Chaque élément de connaissance capturé dans la base se voit associer une fiche ICARE (ICARE pour Illustration, Contrainte, Activité, Règle et Entité). Ces fiches permettent de visualiser l'ensemble des liens. Elles constituent la capitalisation navigable des liens entre infrastructure et architecture. De plus elles permettent de capturer les éléments de savoirs (références,

contexte, informations complémentaires, illustrations) qui permettent de compléter l'accès au sens de l'expertise.

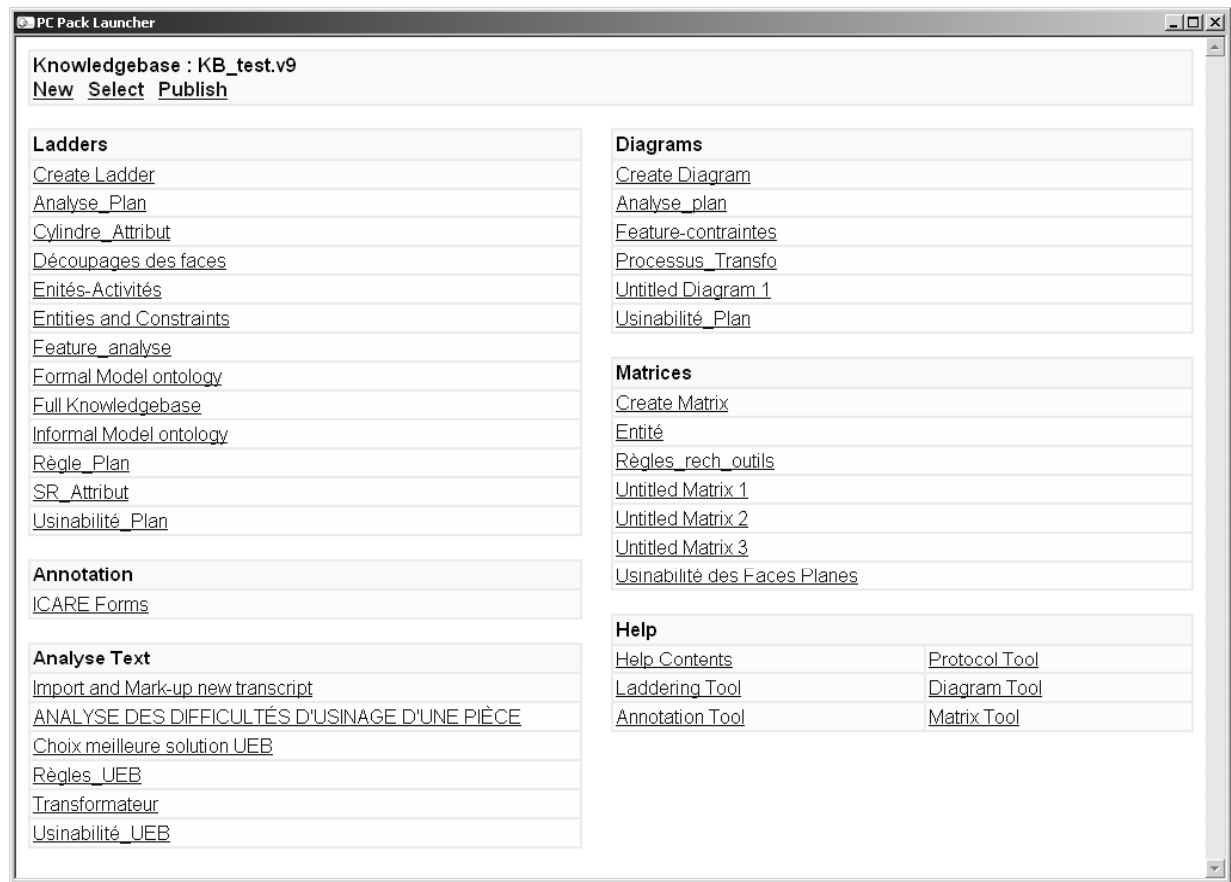


Figure 6-11 : Le « Tool Launcher » de Pc-Pack

Les matrices permettent une gestion d'ensemble de la base. On peut y afficher les liens correspondant à un type entre deux tris d'objets ou voir la répartition entre les valeurs d'un attribut plus complexe et un tri d'objet. Cet élément renforce les capacités de gestion des problèmes liés au couple infrastructure architecture.

La zone « Analyse de texte » permet d'activer l'outil d'assistance à l'extraction de concept sur le document désigné par le lien HTML. Cet outil constitue un avantage prépondérant de l'outil sur les phases d'extraction et de structuration. Une vue de cet outil sur un document de travail USQUICK est présentée ci-dessous. Il permet par une simple sélection à la souris sur le document de le baliser selon les types d'objets recherchés (si l'ontologie ICARE de MOKA est sélectionnée, il s'agira de ces 5 éléments). Les objets sont alors automatiquement créés dans le Ladder correspondant, préparant la structuration.

Les problématiques de la sémantique liée à la syntaxe peuvent être résolues grâce à la flexibilité de configuration des typologies des objets de l'ontologie ou des attributs des fiches ICARE correspondantes. En cas de modification, il faut toutefois être vigilant sur le maintien de la cohérence de toute la base. La permissivité du système peut être la cause de modifications hétérogènes de l'organisation.



Le couple infrastructure / architecture a été abordé au travers des fiches ICARE qui résolvent relativement efficacement les problèmes associés. Le couple domaine / projet est par contre à nouveau relativement peu traité. La gestion des liens entre la phase informelle ICARE et la phase formelle MML préparant l'intégration ne sont pas clairement définis.

L'avantage de Pc-Pack porte principalement sur les phases de modélisation et plus particulièrement sur les phases d'extraction et de structuration. L'outil permet ainsi, en utilisant l'ontologie ICARE de MOKA, une rapide identification structurée des liens entre les objets. Par contre la taille de la base est rapidement synonyme de complexité. Un seul niveau d'infrastructure du projet est accessible, à moins de compléter les fiches ICARE pour permettre de gérer une base maintenant plusieurs points de vue selon plusieurs dates. Les travaux d'Ammar-Khodja [AMM 06] vont dans ce sens.

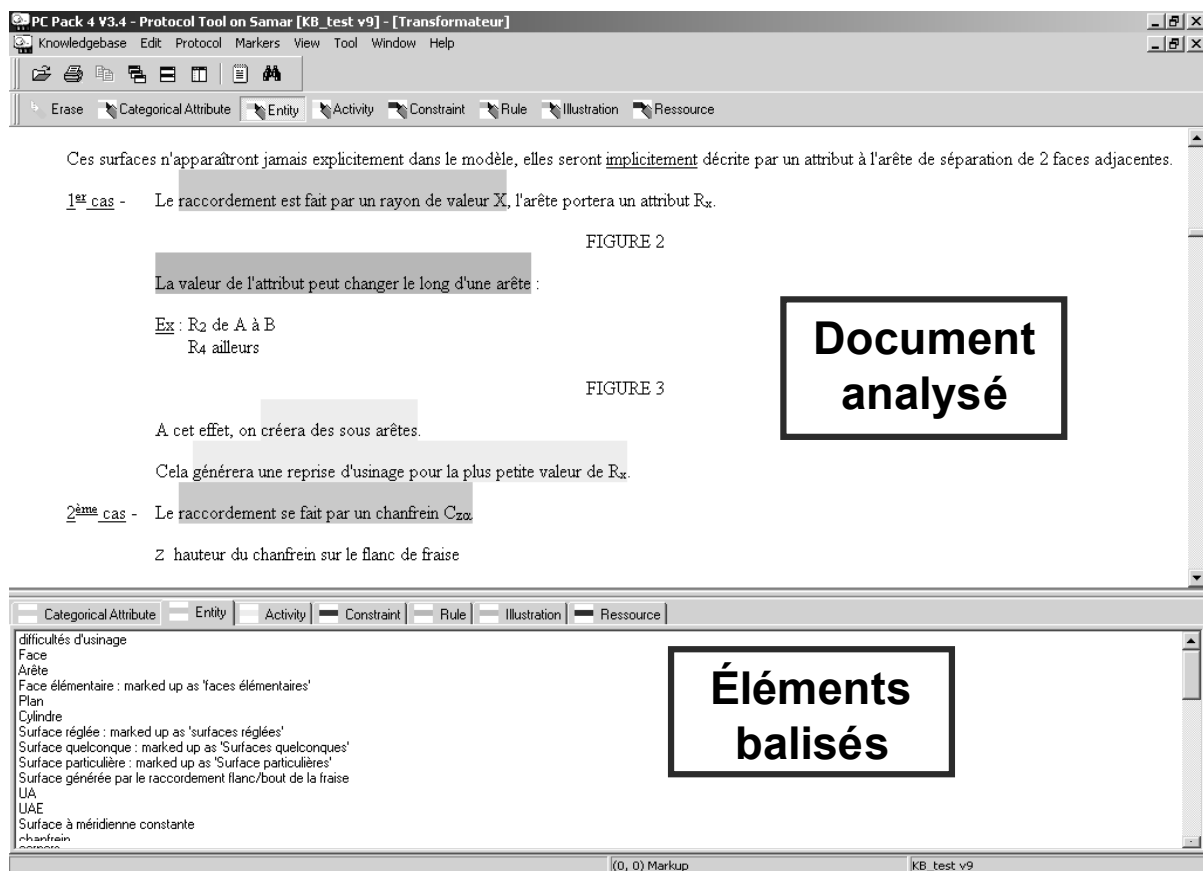


Figure 6-12 : Le Protocole Tool permet d'extraire les objets du modèle directement dans des documents de travail ou de spécification du projet

### 6.2.3 Modélisation et Intégration du projet : RoadMapping et EDEN

Les points précédents ont montré une relative lacune au niveau de la gestion de plusieurs niveaux d'infrastructure du projet. EDEN [@IND] est un outil de gestion des documents d'un projet. Il est structuré autour de la notion de Roadmap. La Roadmap, en introduisant la notion d'étapes d'un projet, permet de visualiser plusieurs niveaux d'infrastructure.

La figure ci-dessous présente l'outil de navigation d'EDEN. On y distingue plusieurs zones. Les Roadmaps permettent d'avoir des vues de haut niveau sur plusieurs projets (a priori un

projet par map) à partir desquelles on accède aux informations. A chaque étape de la Roadmap correspondent une zone de définition, une zone de ressources et une zone capturant les documents des utilisateurs. Le bloc note constitue une zone de stockage temporaire et de travail pour les utilisateurs. Chaque étape constitue ainsi un niveau de maturité du projet et présente une infrastructure homogène.

Dans chaque niveau, les documents constituent l'infrastructure du domaine. Des méta-données viennent compléter les informations pour chacun d'entre eux et complètent les liens qui peuvent les unir. Ces méta-données peuvent donner lieu à du reporting, permettant la consolidation de ces liens d'architecture.

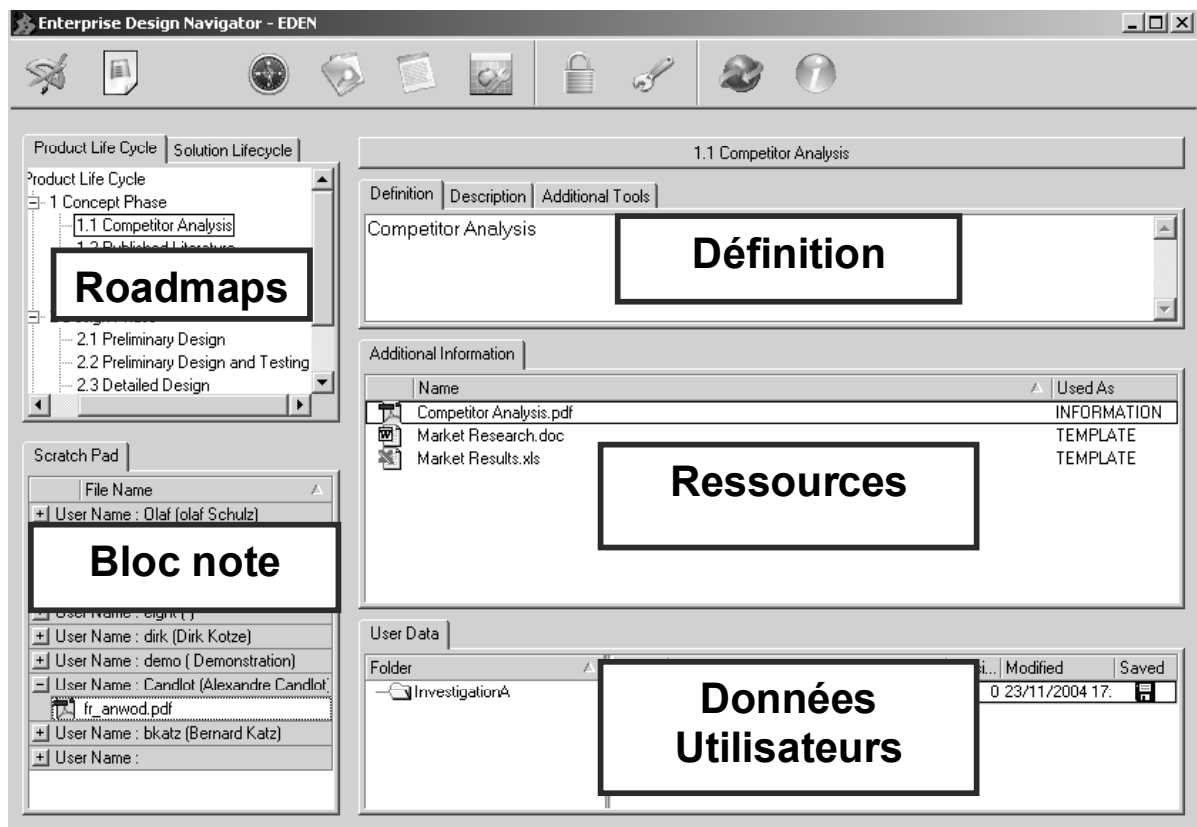


Figure 6-13 : ENterprise Design Navigator, la fenêtre d'utilisation d'EDEN

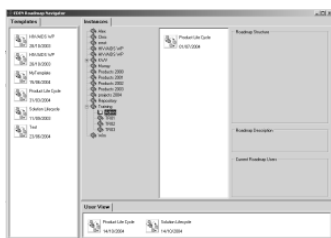
Deux autres éléments d'EDEN viennent compléter le Navigateur et adressent les problèmes liés aux couples domaine / projet et syntaxe / sémantique. L'ensemble des trois outils est résumé sur la figure suivante. Le Navigateur de Roadmap permet de gérer les types prédéfinis de Roadmaps et leur instance. Malgré une structuration arborescente, cet outil ne répond pas complètement aux problèmes du couple domaine / projet et ne propose ni lien, ni consolidation à ce niveau. Seuls les consolidations internes à une Roadmap sont permises. Cette limitation dans la gestion des liens d'architecture peut être regrettée. Une telle possibilité permettrait d'envisager la consolidation de Roadmap pour du re-engineering par exemple.

EDEN Configuration Manager adressent les problèmes de syntaxe et de sémantique. Il permet de créer les modèles de Roadmap. Complètement flexible, on peut lui reprocher de ne pas

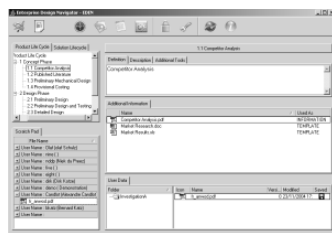
proposer de méthode de construction de Roadmap. Si le terme « road » sous-entend une vue temporelle, la spécificité de certains projets a déjà incité la construction de maps orientées sur un découpage structurel, fonctionnel ou en « workpackages » par exemple [CAN 04]. A ce point de vue, on attend donc une proposition de gestion. De plus, l’avenir des instances de ces modèles de Roadmap n’est pas clairement déterminé. Rien n’indique comment se comporteraient les Roadmaps dont on modifie le modèle (par exemple, que deviennent les document contenus par une étape supprimée).



- **EDEN Configuration Manager**  
Créer les prototypes de Roadmaps



- **EDEN Roadmap Navigator**  
Instancier et gérer les différentes Roadmaps



- **EDEN Enterprise Design Navigator**  
Utiliser les Roadmaps

**Figure 6-14 : Les trois niveaux de gestion de Roadmap associés à EDEN**

Cet outil n’est clairement pas orienté vers la modélisation mais les concepts qu’il propose permettent de discuter des possibilités d’assistance à l’intégration d’expertise. Bien que cela semble actuellement peu envisageable, la combinaison de cet outil avec un des deux outils précédents de modélisation par exemple, permettrait d’envisager une gestion plus complète des problèmes de modélisation et d’intégration d’expertise. Par exemple, le module d’analyse des statistiques des utilisateurs constituerait une base de travail intéressante pour étudier la pertinence des modèles développés ou le déroulement de la phase de diffusion.

### 6.2.4 Consolidation

La complexité des projets, les différentes phases par lesquelles ils passent, la diversité des acteurs sont autant de paramètres qui soulignent l’enjeu des choix de solutions logiciels. En tant que « pilier » du déploiement du projet, les outils de gestion conditionnent la réussite du projet et sa reconnaissance dans la structure qui l’a initié. Le traitement des trois exemples précédents indique l’intérêt d’envisager des synergies entre les solutions. Il s’agit encore d’une activité difficile pour la maîtrise du projet.

Cette étape de consolidation propose un systématisme d'analyse des expériences de modélisation et d'intégration d'expertise. Plusieurs outils ont été testés lors de formations ou sur des exemples en parallèle des réflexions sur les présents travaux. Le tableau suivant propose une vue comparative de ces expériences. A l'aide des principes proposés, il structure les résultats d'utilisation des outils et des méthodes.

Il ne vise à être exhaustif ni sur les méthodologies possibles, ni sur la description des capacités de ces méthodologies. Il propose seulement un système de questionnement pour augmenter la visibilité de l'expérience et faciliter la prise de décision sur le déploiement d'un nouveau projet.

Ce tableau est structuré selon les quatre phases de modélisation et les quatre phases d'intégration. La phase d'identification a été mise en exergue pour permettre de faire une introduction à chaque cas pour une première sélection. Les trois couples de concepts sont introduits dans le tableau pour rappeler les questionnements à privilégier selon les zones. Les cases vides restantes guident les analyses à mener sur les fonctionnalités à identifier, pour comparer la couverture des méthodologies et selon le cas étudié envisager une structuration du pilier outil de gestion d'un prochain projet. Elles permettent également d'identifier des pistes de recherche pour compléter les gammes méthodologiques proposées.

L'habitude a été prise de nommer ce type de tableau MARISKA, pour Methodological Algorithm for Requirement to Indicators Supporting Knowledge Activities. Cet acronyme tente de résumer l'idée de proposer un choix systématique sur des points précis pour s'assurer de déployer une architecture de projet qui garantisse sa couverture depuis la spécification de ses objectifs jusqu'à la définition d'indicateurs correspondants.

Les présents travaux complètent ainsi une analyse qui permet d'identifier, à l'aide d'outils de gestion, selon la spécificité de chaque projet, les éléments à surveiller. Cette analyse passe par les trois couples de concepts et notamment l'analyse des liens d'architecture. La pertinence de leur consolidation est relative à l'attention portée au couple syntaxe et sémantique. Le couple domaine et projet souligne que le pilotage efficace du projet passe par la prise en compte des spécificités de l'expertise.

MARISKA			Méthodologie orientée Domaine					Méthodologie orientée Projet				
Expérience			Bachimont	GCC / Indutech	Descriptor	FBS-PPRE	UML / MEGA	MOKA, Phase Informelle	MOKA, Phase Formelle	RoadMapping	IEM	GRAI Method
IDENTIFICATION	Identification du type d'expertise	Construction d'une Ontologie	Construction d'une Ontologie	Prise de Décision	Modélisation d'Entreprise	Standardisation de Modèles	Construction de Bases de Connaissance	Modèle de Données	Gestion de Documents	Modélisation Intégrée d'Entreprise	BPR + Modélisation de Décisions	
	Méthode / Norme / Principe développé	Ontologie	Ontologie	Heuristiques, AHP, logique floue	FBS-PPRE	Norme UML	MOKA Ontologie	Processus de spécification orienté objet	Cycle de vie inspiré de PERA	PPR		
	Outil de support	Protégé2000	Protégé2000, Organon	Descriptor	(Un démonstrateur existe)	MEGA	Pc-Pack	Pc-Pack	EDEN V4	MOOGO	GRAI Tools	
Modélisation												
Syntaxe / Sémantique	EXTRACTION	Assistance à l'extraction		Extraction assistée de mots clefs			Protocol tool (import et balisage de documents)	MOKA, Phase Informelle	Extraction assistée de mots clefs			
	STRUCT.	Infrastructure du Domaine - Systématisation de structuration	Ontologie Différentielle	Regroupements de termes, outil de taxonomie	Coconstruction et équilibrage d'arbres		Arbre d'objets - Explorateur	Ladders	Regroupements de termes, outil de taxonomie	Arbres de classes, Liste de composants	Identification de niveaux et de fonctions	
	FORMALISATION	Architecture du Domaine - visualisation d'un état de la réalité	Ontologie Référentielle	Arbre de relations circulaires entre entités	4 Types d'Arbre pour l'évaluation de Solutions	Modèle FBS-PPRE	Principal diagramme: diagramme de classes. Forte synergie avec diagrammes d'activités et de séquences	Ontologie MOKA, Fiches ICARE	MML : UML pour MOKA	Définition de la Roadmap et définition des Méta-données des documents	Objets Processus, Produit, Ressources et Ordres - Diagrammes PPRO AS-IS	Grille et réseau de décisions Grille AS-IS
		Type de formalisme: texte, diagramme, autre?		Diagramme entité / relation			UML 2.0 : 13 Types de diagrammes	Diagrammes	Diagrammes de classes	Arbre		Grille
		Flexibilité par rapport au domaine		Oui, types en fonction de la structuration			Plusieurs méthodo. (UEML 1.0, RUP, MML...)	Possibilité de modifier l'ontologie MOKA	Non, fonctionnement orienté conception	Différents types de Roadmap (tempo., fonct. struct.)		
Intégration												
Infrastructure / Architecture	RAFFINEMENT	Spécification des objectifs					Orienté capture de processus de conception	Pas d'assistance	Master Plan	Changement d'états (Diagrammes PPRO TO-BE)	Analyse et proposition de projet: Grille TO-BE	
		Raffinement - Evolutions, versions, traçabilité				versions de toute la base mais sans liens	versions de toute la base mais sans liens	versions de toute la base mais sans liens	versions liées des documents			
		Liens d'architecture entre les modèles du domaine				Pris en compte dans le modèle	Impacts entre les objets et avec les diagrammes	Ladders reliés à travers les diagrammes	Points de vue reliés	Taxonomie reliant les méta-données	time/cost ???	
	SPEC. DES DEV.	Liens d'architecture dans le projet					Création auto de classes C++ (par ex.)	Enrichissement Ammar Khodja	Faible lisibilité entre ICARE et MML	Système de reporting, Check lists	Système de reporting	
		Consolidation / Indicateurs de performance				Eléments du modèle: Etats attendus / Etats atteints	Pas de liens entre les modèles et les classes C++ créés	Enrichissement Ammar Khodja	Enrichissement Ammar Khodja			
	DIFF.	Diffusion - Perception des comportements								Statistiques Utilisateurs		
MAIN.	Maintenance - Intelligence Eco., Veille Techno., Benchmarking...						Possibilité d'utiliser la base comme outil d'aide					

Tableau 6-3 : Algorithme méthodologique pour maîtriser les objectifs et les indicateurs des projets d'intégration d'activités basées sur les connaissances

### 6.3 Ouvertures et perspectives : vers une gestion dynamique en réseau ?

La construction des niveaux de maturité de la gestion de l'expertise laissait entendre la possibilité d'évolutions ultérieures à celles correspondant aux quatre niveaux sélectionnés : produit / processus, modélisation, intégration et généralisation. L'étape suivante envisagée passait par la déstructuration des barrières entre les organisations pour favoriser l'émergence de « Knowledge Workers » autonomes et libres d'organiser des synergies, dans un réseau organisé qui en favoriserait l'émergence.

Les principes de ce travail proposent un cadre de réflexion pour la maîtrise d'ouvrage dans l'état actuel des possibilités de gestion de l'expertise. Après avoir décrit et structuré ces principes et après avoir effectué un retour d'expérience sur des cas actuels et des méthodologies contemporaines, il peut être intéressant de prendre le temps de revenir sur ce futur éventuel qui émerge à travers certaines expériences, notamment de recherche.

Cette section propose donc d'évaluer la pertinence des principes proposés pour analyser les perspectives possibles dans l'émergence de réseaux sociaux de valorisation des expertises. C'est aussi l'occasion d'ouvrir des propositions pour la continuité de ces réflexions de recherche.

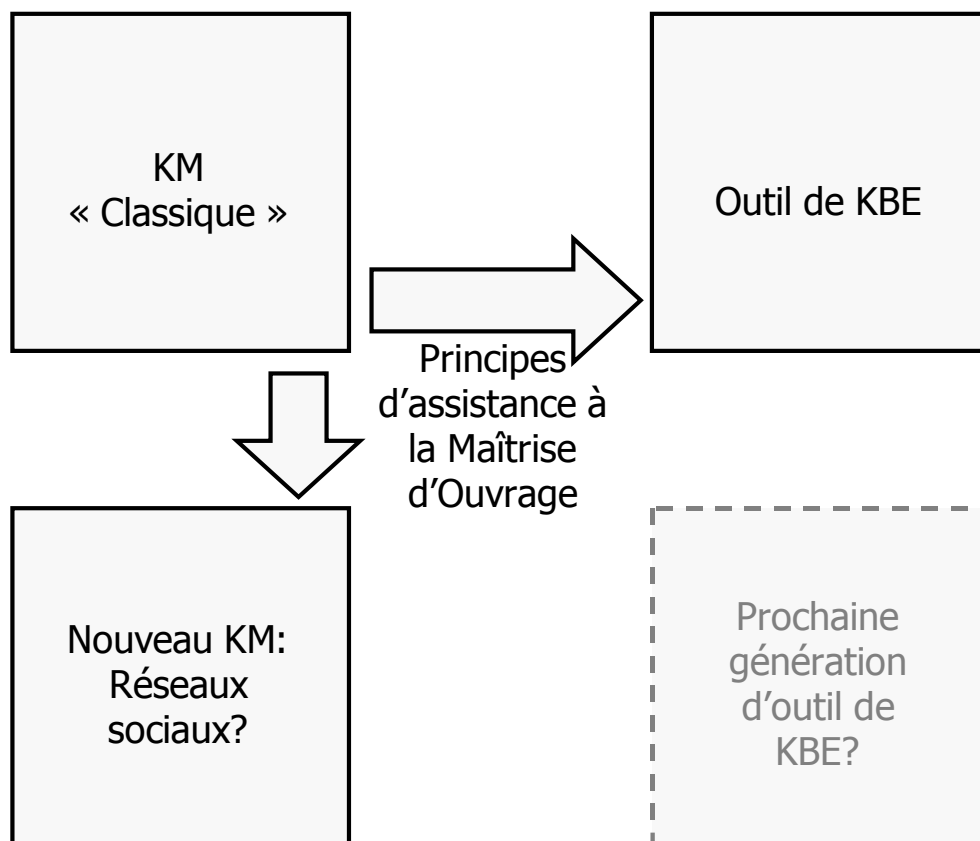


Figure 6-15 : Quels sont les axes de réflexions et d'évolutions que les principes proposés peuvent participer à identifier ?

### 6.3.1 Contexte

La gestion numérique de l'expertise est devenue un enjeu stratégique. La première génération de gestion des connaissances basée sur la distinction entre formel / informel ou tacite / explicite arrive à ces limites : comme on l'a vu, il ne suffit pas de formaliser un élément d'expertise pour en garantir l'acquisition ultérieure.

L'émergence de réseaux sociaux à travers les nouveaux outils et technologies développés par et pour Internet pose de nouveaux enjeux. Le modèle reprend sa place d'outil de manipulation de la réalité et s'éloigne de sa confusion ontologique avec la réalité qu'il représente. La possession de l'expertise est rendue et assumée par les utilisateurs et l'informatique redevient un moyen de multiplier les potentiels et non de s'y substituer.

La manipulation des éléments numériques est tous les jours facilitée, via les solutions proposées. Il devient nécessaire de positionner clairement l'avenir attendu. Le concept d'écosystème en jette les bases [COR]. La perspective d'un réseau universel d'information est proposée, permettant de s'adapter aux comportements et aux objectifs de ses acteurs. Des pistes de réflexion sont proposées pour caractériser les fonctionnalités attendues :

- S'auto-adapte aux besoins et aux variations du nombre d'acteurs, assurant en même temps sa propre stabilité et le « recyclage » des éléments inutiles
- Permet l'évolution des acteurs et l'entrée de nouveaux types d'acteurs non prévus (groupe, organisation...) en garantissant le maintien d'un niveau de service
- Favorise l'identification de synergie entre les acteurs par la réorganisation et la distribution de son contenu, en capturant les objectifs et les intentions des utilisateurs et en proposant des contextes de coopération, de coordination, d'organisation ou de négociation
- S'adapte aux variations d'environnements d'utilisation
- Favorise la réutilisation ou la recombinaison d'éléments d'expertise
- Utilise de nouveaux standards de valeurs pour permettre de créer de la confiance dans ce nouvel environnement

Le passage par la première génération de KM permet actuellement de constituer des applications de KBE. Cette nouvelle génération de KM [AMI 97] présage d'un nouveau type d'intégration d'expertise.

Pour essayer de comprendre les enjeux de ces réseaux sociaux, une étude comparative de plusieurs expériences de collaboration en recherche a été menée. Les comportements et résultats identifiés sont portés dans les deux points suivants.

### **6.3.2 Exemples de réseaux sociaux**

Le milieu de la recherche est propice à l'identification de réseaux sociaux. En effet, ses acteurs sont à la fois possesseurs d'expertise et attentifs à l'évolution des autres acteurs. Cette veille est nécessaire à leur activité alors qu'elle n'est pas forcément considérée comme prioritaire dans l'industrie.

Plusieurs situations ont été étudiées, représentant plusieurs niveaux de granularité. Tout d'abord le niveau équipe contient des profils relativement similaires qui facilitent la compréhension et l'échange informel, propice pour un petit groupe.

Ensuite la collaboration entre deux équipes amène rapidement des enjeux de synchronisation et de compréhension commune. Une collaboration de plusieurs années avec le GCC de Stellenbosch, en Afrique du Sud, supportée par le CNRS, a montré qu'il fallait des rencontres régulières sur environ deux années pour développer une compréhension commune. Si un temps trop long sépare deux visites ou deux collaborations, on constate rapidement une désynchronisation des points de vue. La difficulté à collaborer à distance fait sentir la différence entre la proximité virtuelle et la réelle proximité.

En augmentant la taille, on arrive à des projets comparables à USIQUICK, regroupant plusieurs équipes de profils très différents. A cette taille, le maintien d'une vue commune devient critique et passe par la modélisation pour créer un référentiel commun. Déjà, la taille rend difficile la maintenance du système.

La participation à deux réseaux d'excellence européens (VRL KCiP [@VRL] et INTEROP [@INT]) a permis de faire l'expérience de réseaux internationaux de très grande taille. Il y devient très difficile de connaître personnellement l'ensemble des acteurs. A cette taille, des groupes se reforment autour d'objectifs particuliers, soit entre personnes partageant un même intérêt (plutôt dans INTEROP), soit entre personnes déjà habituées à collaborer (plutôt dans VRL KCiP). Bien sûr, il ne s'agit là que de tendances distinctives.

Cette différence de granularité permet de mettre en évidence l'évolution des comportements sur le partage de l'expertise et la validité accordée à l'échange.

### **6.3.3 Propositions d'axes de réflexion**

Ce qui apparaît dans les petites structures comme un échange quasi spontané de savoir, implique dans les groupes plus importants un découpage intuitif en groupes d'échanges plus réduits. Entre la rationalisation de la structuration de la connaissance nécessaire à l'augmentation de la taille du groupe et la proximité et la flexibilité garantissant la circulation des savoirs, il y a donc un lien à maintenir pour obtenir une plate-forme pertinente d'échange d'expertise.

Les différents participants de ces échanges de plus en plus supportés par le virtuel, sont les seuls responsables du jugement de la validité des résultats qu'ils obtiennent à leur recherche d'information.



Une définition de la valeur appropriée à ce contexte de réseau social est nécessaire pour maintenir :

- L'évaluation et l'évolution des objectifs
- La stabilité des représentations communes
- La stabilité de la reconnaissance réciproque d'expertise

Face à ces retours d'expérience, et dans le contexte de positionnement de ces travaux, une piste de spécification des potentiels de valeurs est spécifiée à travers le détail d'un concept de validité. Il serait défini de la manière suivante :

- Validité = Pertinence + Confiance + Autorité

La **pertinence** est un critère validant l'existence d'un lien entre l'information identifiée et les spécifications des objectifs de la recherche de l'utilisateur (ex : le pilier « outil de gestion » propose un lien entre le pilier des spécifications et le pilier des réseaux de concepts ou éventuellement directement vers le pilier des documents)

Une confrontation entre ce lien et l'ensemble des liens déjà construits par l'utilisateur constitue le moyen d'évaluer la **confiance** que peut avoir l'utilisateur par rapport aux résultats de sa recherche.

La consolidation des expériences des utilisateurs sur des recherches similaires peut évaluer le niveau d'**autorité** de la ressource par rapport au groupe.

La ressemblance de ces principes avec le fonctionnement des moteurs de recherche actuels peut être objectée. Il faut dans ce cas souligner une différence de positionnement. Les moteurs classiques ne laissent apparaître que les documents et ne donnent pas de visibilité sur les deux autres piliers : listes de spécifications et réseaux de concepts. Les exemples introduits dans le point précédent cherchent eux à expliciter des contextes en donnant à l'utilisateur la lisibilité de ces deux piliers pour l'aider à valider des jugements de plus forte valeur. La différence de pertinence entre l'une ou l'autre stratégie reste difficile à évaluer.

Pour l'identification et la structuration des liens permettant de calculer les arguments de la validité, les trois couples de concepts proposés constituent un premier filtre de questionnement. La consolidation d'exemples et de méthodologies des deux sections précédentes montre une faiblesse au niveau des phases de diffusion et de maintenance. L'émergence de réseaux sociaux pourrait passer par une meilleure appropriation de ces phases dans les projets d'outil d'assistance.

Cette évolution doit aller dans le sens d'une maintenance quasi-automatique, assurée par la récupération de la valeur des activités des utilisateurs. Chaque utilisateur agissant dans le réseau crée de l'ordre par rapport à ses objectifs propres et organise l'infrastructure et l'architecture relatives à son expertise. La plate-forme doit arriver à consolider ces énergies pour automatiquement proposer l'architecture de projet optimisant l'organisation relative de ces domaines.

Ainsi, la tendance dans laquelle semblent s'inscrire ces travaux voudrait révoquer la recherche de la validité booléenne de l'objectivité de l'information pour aller vers une validité plus relative à un groupe ou des objectifs. La validité ne serait plus portée par les choses mais par les liens entre les choses.

## **6.4 Conclusion : des concepts descriptifs utiles à la consolidation de l'expérience**

Les trois sections de ce chapitre ont montré comment les principes proposés pouvaient être utilisés pour consolider de l'expérience et préparer la prise de décision sur la structuration d'un projet en cours de spécification. Cette consolidation de l'expertise passe notamment par :

- l'identification (couple domaine / projet),
- la création (couple syntaxe / sémantique)
- et la gestion (couple infrastructure / architecture)

des liens d'architectures entre les différents éléments déployés d'assistance à l'expertise. Ces sections ont également permis d'imaginer, toujours à travers les principes développés, comment pouvaient évoluer les pratiques de gestion de l'expertise. Un équilibre s'opère entre une formalisation des traces de la connaissance préalablement privilégiée et un système de navigation auto-entretenu entre les expertises par l'action propre des experts et permettant de gérer la complexité des contextes des savoirs.

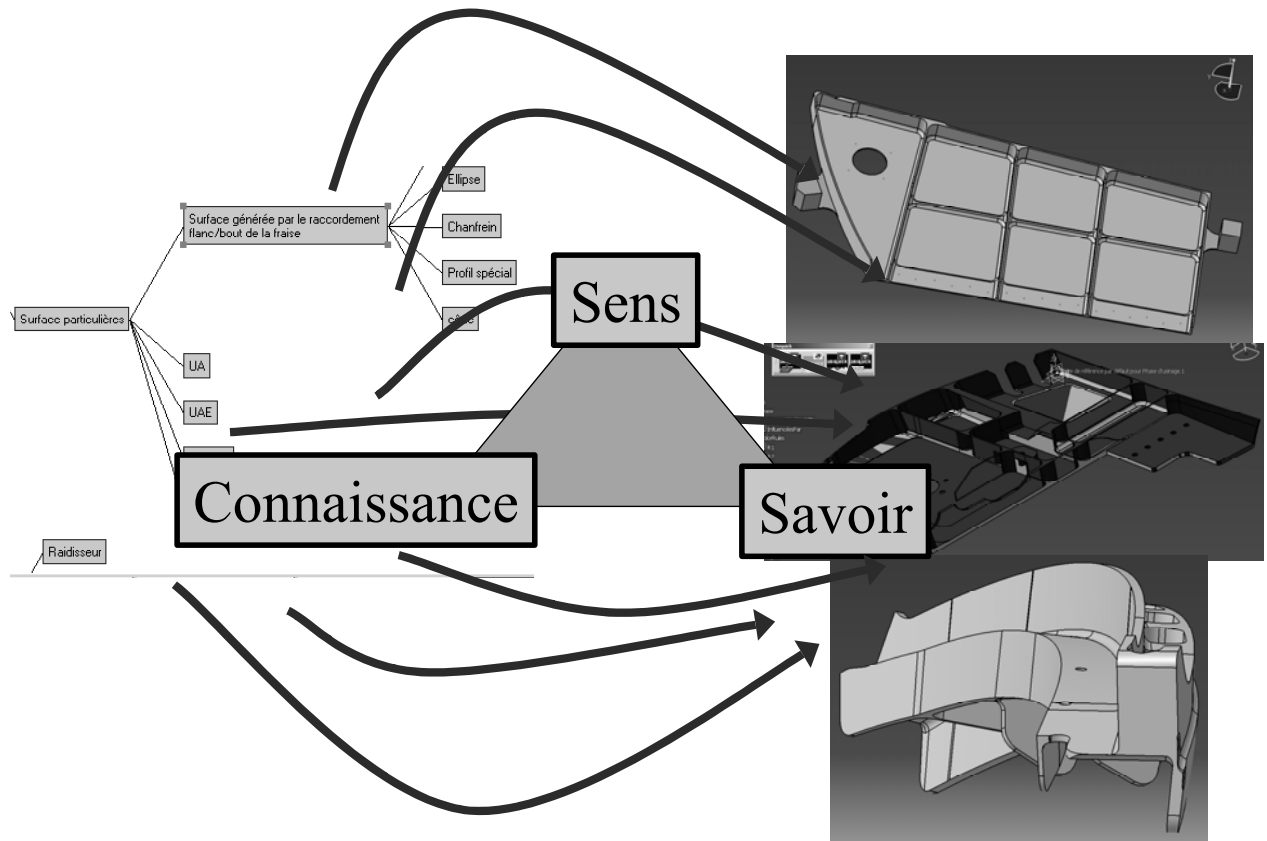
La diversité des contextes d'application illustrée dans ces sections permet de valider l'intérêt des principes vis-à-vis des quatre problématiques constituées autour du cycle de représentation. D'abord, à travers la proposition de mécanismes de consolidation, la contribution proposée facilite l'acquisition et la communication autour des expériences précédentes et permet d'évaluer le statut d'une expérience en cours.

Ensuite, à l'aide de ces mécanismes de consolidation, la définition et la recherche d'une architecture de projet permet de se projeter dans une définition de la situation attendue. Utilisable indépendamment du type d'expertise, les principes proposés par notre contribution facilitent les décisions de déploiements des méthodologies, méthodes et outils permettant d'en accomplir les différentes étapes.

Dans un troisième temps, l'enjeu de la restitution des modèles de représentation passe par l'analyse de la sémantique véhiculée par les relations d'architecture de projet. Les exemples et les méthodes ont montré l'importance de maîtriser le sens permettant de relier la représentation structurée de la connaissance avec les traces laissées par l'activation de savoirs. La figure suivante illustre le principe pour la maîtrise d'ouvrage d'avoir à gérer les relations entre ces deux types de représentations.

Enfin, les tableaux proposés dans ce chapitre, en tant que véhicules de la représentation, constituent des bases d'évaluation et de mise en évidence des faiblesses pour faciliter la constitution de tableaux de bord efficaces pour l'évaluation de l'évolution du projet.

La dernière section, en reprenant l'analyse du fonctionnement de groupes de recherche, autour des évolutions possibles des moyens de gestion de l'expertise, propose une vue possible du futur de la gestion des expertises. L'activation pertinente des expertises passerait ainsi d'une gestion de l'expertise à une gestion des liens entre les expertises.



**Figure 6-16 : Permettre à la maîtrise d'ouvrage de piloter le sens en consolidant les liens entre la connaissance et le savoir**

## 7 Conclusion

### 7.1 Evolution de la gestion de l'expertise

Après une phase d'organisation du KLC (Nonaka, Ermine Grundstein) au milieu des années 90, l'effervescence autour de la gestion des connaissances s'est stabilisée autour de méthodes structurées (MASK, CommonKADS, MOKA). Depuis 2000, un nouveau pic de publications reprend ces travaux pour en rediscuter les aspects organisationnels (Thèses de Merlo, Rose, Bassetti). Pourtant la gestion des projets a déjà largement atteint le niveau de maturité de la norme (PMBOK, ISO 10 006) et des certifications associées.

Il existe donc bel et bien au centre de ces travaux un besoin de simplifier la gestion du patrimoine des connaissances et des savoirs pour permettre la maîtrise par des non-experts de cette discipline du déploiement de tel projet. Face à ces méthodes structurées, des réflexions, recherches ou comportements apparemment de plus en plus déstructurés, sont apparus à travers les ontologies, le Web sémantique et plus récemment l'apparition du terme Web 2.0 ou Web social. A l'expertise validée et acceptée mais difficile à changer de contexte, succède une revalorisation de l'expert lui-même, en tant que participant à des synergies. Une tendance prend le contre-pied des premières méthodes : on ne donne plus un cadre structurant à la connaissance mais un cadre structurant pour les acteurs amenés à utiliser leur expertise et à prendre des décisions. La valeur n'est plus sur le contenu mais sur le flux de contenu. On identifie ce qui est utile, sans nécessairement le formaliser. Ce qui n'est plus utile est progressivement écarté. On ne met plus à jour, la maintenance étant assurée par la présence même des individus dans les systèmes, qu'ils régulent dans un rapport gagnant-gagnant.

Si les expérimentations du Web sont encore loin des entreprises, ces dernières ne peuvent ignorer les nouveaux comportements qui, petit à petit viennent transformer les métiers. Quel est par exemple l'intérêt dans les cycles d'enseignement supérieur de multiplier les disciplines ? Les élèves sont à la recherche des clefs de compréhension des domaines qui une fois obtenues leurs permettent d'approfondir ce qui leur est nécessaire. Quel enseignant peut dans son cours concurrencer la richesse du Web ?

*« Pendant que nous nous activons en diverses conférences, ateliers, et autres séminaires sur tous les aspects possibles de la communication universitaire, des technologies de l'information, des bibliothèques numériques et de la publication électronique, les étudiants sont tranquillement en train de révolutionner la recherche et l'usage de l'information. Leurs comportements, trop peu considérés ou consultés dans les congrès académiques, nous obligent instamment à reconsidérer quelques questions fondamentales à propos de nos institutions, de nos métiers et de ce que nous pensons être notre travail. » [WIT 06] d'après le blog de Olivier Ertzscheid [@AFF]*

Petit à petit, son métier se modifie : il ne propose plus un contenu mais comment agréger du contenu. Il en va de même des outils d'assistance. S'ils se concentrent sur un objectif trop déterminé et de manière trop « raide », ils sont rapidement dépassés par les contraintes du marché.

## **7.2 Apports de la contribution pour l'assistance à la maîtrise d'ouvrage pour la modélisation et l'intégration d'expertise**

Les principes proposés constituent les bases d'une plate-forme souple sur laquelle construire indicateurs et tableau de bord de la gestion des cycles de vie de l'expertise et des déploiements d'applications associées. Cette proposition d'assistance se base sur la transformation du modèle de connaissance et de la notion de valeur. Elle est construite à partir d'une synthèse des mécanismes de représentation permettant la comparaison des approches de gestion des connaissances à travers les étapes de perception, d'intellectualisation, de restitution et de communication.

Le modèle « donnée / information / connaissance » qui s'inscrit dans la tradition du KM, a été ainsi transformé vers un modèle d'expertise l'enrichissant et essayant d'identifier des éléments de plusieurs natures. Dans ce nouveau modèle les connaissances correspondent à une démarche réflexive d'analyse et de structuration de l'information. Les savoirs correspondent à l'expérience pragmatique d'un contexte. Ces deux concepts sont liés par un sens. Chacun d'eux peut avoir indépendamment un aspect formel et un aspect informel. C'est donc seulement l'intentionnalité exprimée entre connaissances et savoirs que doit piloter le maître d'ouvrage pour assurer la constitution d'une application respectant une redistribution claire des périmètres des représentations et des responsabilités des individus.

La gestion des expertises est un processus difficile à promouvoir dans le milieu industriel où la nécessité immédiate de production induit souvent une relégation au second rang des réflexions sur la gestion du patrimoine d'expertise, moins immédiatement valorisable que la rentabilisation des PLC en cours. La prise de conscience et la communication autour de ces problématiques est un réel enjeu, notamment pour les chercheurs de cette discipline. Les principes proposés dans cette contribution sont ainsi apparus à travers la confrontation des réalités industrielles, rapportées en exemple dans les deux derniers chapitres. Au cours du projet USIQUICK, l'effervescence de la recherche a été systématiquement confrontée à un besoin d'opérationnalité pour les industriels. Ainsi, la démarche proposée mêle à la fois la compréhension des mécanismes de représentation et d'utilisation de l'expertise (l'aspect « connaissance » de la proposition) avec une recherche d'efficacité opérationnelle pour convaincre les partenaires industriels (l'aspect pragmatique du « savoir »).

A travers la recherche de la structuration de liens entre la réalité et ses représentations, cette démarche redéfinit une notion de valeur qui n'est plus seulement à attribuer aux traces contenues par la machine mais à la pertinence de ces traces par rapport à une personne ou un groupe et le contexte de son objectif. La considération de la valeur se déplace du capital de connaissance vers le flux de ce capital. Ce déplacement permet de donner prise à la recherche d'indicateur de performance par l'analyse de ces flux. Il ouvre également la possibilité d'une gestion de l'expertise plus directement reliée au cycle de vie des produits et donc moins difficile à maintenir. Les experts, par l'action relative à l'utilisation de leur expertise, dispersent une énergie dont une partie doit être réutilisable pour assurer la maintenance commune du système de gestion.

Cependant la divergence entre le formalisme des outils de gestion et l'intentionnalité que peuvent connaître les projets d'intégration d'expertise reste problématique. Il faut proposer des concepts simples et discriminants pour comprendre les problèmes associés. Les principes proposés fluidifient l'utilisation des représentations et répondent aux problèmes posés en introduction de ces travaux :

- Comment analyser, choisir dans la gamme des méthodes et outils disponibles ? Puis-je en déduire les ressources nécessaires dans mon contexte (temps, moyens humains ou ressources informatiques) ?
  - MARISKA (comparaison de méthodologies)
- Puis-je appliquer les approches, méthodes ou outils identifiés à mon domaine d'activité et comment en définir le périmètre ? Ces éléments sont-ils indépendants du type d'objet analysé ? (ex : produit manufacturé, service, processus)
  - Niveaux de maturité de la gestion de l'expertise, pour estimer la situation entre l'état de départ de la gestion et celui envisagé à l'issue du projet d'intégration et pour envisager les impacts des méthodes analysées sur ces niveaux (les 4 niveaux sont Produit / Processus, Modélisation, Intégration, Généralisation)
  - Piliers de l'intégration d'expertise, pour connaître les ressources possibles pour le projet et pour établir l'influence du projet sur l'organisation (les 4 piliers sont les Réseaux de Concepts, la Liste des Spécifications, les Corpus de Documents et les Outils informatiques de Gestion)
- Comment bâtir rapidement les premiers traits d'un projet de modélisation et d'intégration d'expertise puis le piloter efficacement au regard des changements par rapport à la compréhension initiale des enjeux ?
  - 3 Couples de concepts :
    - Identification des éléments d'expertise facilitant le pilotage du projet avec le couple domaine / projet
    - Construction de liens pertinents dans et entre les représentations selon l'intentionnalité envisagée, avec le couple syntaxe / sémantique
    - Gestion des éléments des représentations selon leur nature pour orienter les choix d'indicateurs, avec le couple infrastructure / architecture,
  - 8 Phases pour construire une Roadmap pour la modélisation et l'intégration de l'expertise, respectant la maturité maîtrisée de la gestion de l'expertise par l'organisation et les spécificités du projet (Les 4 phases de modélisation sont l'Identification, l'Extraction, la Structuration et la Formalisation de l'expertise, les 4 phases d'intégration sont le Raffinement, la Spécification des Développements, la Diffusion et la Maintenance du système)

- Est-il possible d'analyser rapidement des expériences qui me semblent similaires à mon problème et d'en retirer les principaux avantages et écueils ?
  - Mécanismes et tableaux de consolidation, dont notamment MARISKA, obtenus par l'analyse des quatre principaux éléments de notre contribution (piliers du déploiement, niveaux de maturité, couples de concepts et phases de modélisation et d'intégration)
- Comment être suffisamment flexible pour intégrer les inévitables variations d'objectifs au cours du projet tout en préservant le travail acquis ?
  - Clarifier et piloter les liens d'architecture du projet
- Comment communiquer avec les membres du projet et les futurs utilisateurs de l'application développée pour leur assistance et se synchroniser sur une même compréhension ?
  - Communication des problématiques de représentation autour des 3 couples de concepts domaine / projet, syntaxe / sémantique et infrastructure / architecture
  - Communication des avancées et des objectifs des membres du projet autour des 8 phases
- Comment faciliter l'acceptation des inévitables changements induits dans l'expertise initiale par les utilisateurs finaux ?
  - Réellement planifier les tâches de diffusion et de maintenance dès la phase d'identification
  - Encourager la lisibilité et la structuration des flux plutôt que des traces de l'expertise
  - Transformer le système de valeur à travers l'étude du concept de validité de l'information échangée

Ces outils permettent la recherche et la clarification de la sémantique portée par les liens d'architecture à la fois dans le domaine et dans le projet. Ils donnent ainsi à la maîtrise d'ouvrage la possibilité d'identifier les leviers pour constituer des indicateurs. Elle peut ainsi relier la gestion organisationnelle classique du projet avec l'évolution de la maturité de la gestion de l'expertise modélisée et intégrée. La gestion de l'intégration de l'expertise se dirige alors progressivement vers une autonomie dont la dynamique est entretenue directement par les relations naturelles de travail des individus.

Pour conclure ces travaux, des perspectives sont proposées selon deux points de vue. D'abord trois points interrogent directement les axes de prolongement des recherches liées aux principes d'assistance à la maîtrise d'ouvrage. Trois derniers points ouvrent des perspectives plus larges sur le devenir potentiel des enjeux de la maîtrise d'expertise.

Les questions directement relatives aux principes proposés sont les suivantes:

- Comment évaluer l'efficacité obtenue ?



Les principes proposés ne s'inscrivent pas encore dans un ensemble méthodologique complet et demeurent à un niveau de maturité de « modélisation » en essayant de favoriser les prises de conscience aux problèmes évoqués. Ils permettent de commencer à construire des représentations prenant en compte l'évolution de la maturité de la gestion de l'expertise dans la gestion du projet.

Cependant, si la recherche d'indicateurs spécifiques à chaque projet est abordée, aucune systématisation évaluant la démarche du maître d'ouvrage n'a été proposée. De même, aucune proposition n'a été faite en vue de la diffusion possible des principes proposés vers les utilisateurs potentiels. Ces deux éléments constituent un axe de prolongement de ces recherches.

- Comment faciliter la transition entre l'étape de modélisation et l'étape d'intégration ?

La répartition des choix déterministes de l'intégration constitue une charnière importante dans les principes proposés. Le parti a été pris d'outiller les phases par le questionnement de leur impact sur les piliers et de proposer ainsi au maître d'ouvrage d'avoir une liberté sur le lieu et le temps de ces choix. Cependant, comme l'a montré la définition proposée de la notion de modèle, l'objectif de l'organisation conditionne « l'utilisabilité » des modèles construits.

Un travail complémentaire peut donc être envisagé sur l'étude de ces choix. Notamment la traçabilité des impacts des décisions pourraient être un complément efficace pour le maître d'ouvrage.

- Comment modéliser l'impact sur l'organisation ?

Si l'étude a souligné l'interaction forte entre le projet et l'organisation dans laquelle il a lieu, notamment à travers l'étude de la notion de plate-forme et des piliers, elle a privilégié l'impact dans le projet lui-même et les précautions qui devaient être prises pour augmenter ses chances d'acceptation. De la même manière une étude complémentaire privilégiant l'organisation pourrait être mise en œuvre pour identifier les recommandations à mettre en place pour faciliter l'intégration du projet et préparer la transition nécessaire à sa finalisation.

Enfin, les évolutions possibles des systèmes actuels d'organisation de l'entreprise peuvent interroger la thématique générale de la gestion des connaissances de la manière suivante:

- Comment évaluer la valeur précise de l'activation d'une expertise ?

L'objectif du groupe doit pouvoir s'inscrire dans le système de gestion pour lui permettre d'assumer la responsabilité de l'évaluation des décisions des acteurs. L'intentionnalité des acteurs ne prend de la valeur que dans la perspective d'un groupe, perspective qui conditionne l'activation d'expertises. La confrontation des triplets coûts / valeur / prix et connaissance / sens / savoir ouvre la possibilité de construire un système d'évaluation

- Quel système pourrait permettre de capter, naviguer et mettre en synergie les expertises d'un réseau, formel ou non ?

Des exemples de systèmes de capitalisation des savoirs à travers des espaces faiblement structurés (par exemple des forums d'utilisateurs) permettent une réutilisation efficace de

l'expérience pour certains problèmes opérationnels et entrent en compétition avec les systèmes préalablement structurés (de type organisation arborescente par exemple). On peut donc avoir tendance à privilégier leur organisation simplifiée (entreposer tous les retours d'expériences dans un même espace, équipé d'un moteur de recherche).

Le Web social avec notamment l'exemple des folksonomies, montre l'émergence quasi spontanée de tels systèmes. Une troisième génération se met en place dans ce terrain, avec de l'information automatiquement tirée vers l'utilisateur, par les liens de syndication par exemple.

Cependant, le transfert d'une expertise vers un autre domaine ou la recherche de progrès incite à compléter cet enrichissement pragmatique par une structuration systématique. Elle permet d'identifier les contours des problématiques et d'organiser leur résolution sur un plus long terme. Elle permet également de faciliter la systématisation journalière de l'activation d'une expertise, alors que l'exemple précédent des forums d'utilisateur privilégiait la résolution de questions ponctuelles

La réflexion sur l'équilibre à créer entre ces deux aspects précède la proposition d'outils permettant de supporter des réseaux symbiotiques d'experts, efficaces et auto-entretenus. Les systèmes d'information des entreprises pourraient alors assurer une structuration automatique tout en garantissant une ouverture et une utilisation naturelle et intuitive pour faciliter l'émergence de synergies entre les experts.

- Quel seraient les impacts sociaux, économiques ou organisationnels de ce nouveau référentiel de valeur ?

La recherche de synergie entre les modèles d'expertise et les modèles de gestion des coûts ouvre les perspectives de la construction d'un nouveau marché et de règles associées. L'industrie de l'information, actuellement en première ligne de l'évolution, peine à identifier les mécanismes possibles pour ce nouvel environnement.

Une première phase de déréglementation s'illustre à travers l'effet conjoint de la globalisation des échanges et des tentatives souvent vaines et contestées de réglementation associées aux pratiques liées aux nouvelles technologies informatiques. Rien n'indique clairement ce qui peut émerger des pratiques et comment la transition peut se faire avec les marchés actuels

## **Bibliographie Personnelle**

### ***Publications en Revues et Chapitres d'Ouvrages***

[DUP 05b] N. Du Preez, N. Perry, A. Candlot, A. Bernard, W. Uys, L. Louw, « Customised high-value document generation », CIRP Annals, Vol. 54/1/2005, Edition Colibri Publishers, ISBN 3-905 277-43-3, pp.123-126, 2005.

[CAN 06a] A. Candlot, N. Perry, A. Bernard, S. Ammar Khodja, « Deployment of an Innovative Resource Choice Method for Process Planning », CIRP ISMS 2005, Florianopolis, Brésil, accepté pour publication dans CIRP Journal of Manufacturing Systems, Vol.35, No.1., 2006.

[BER 07?] A. Bernard, S. Ammar-Khodja, A. Candlot, Y. Keraron, F. Laroche, N. Perry, « Structured Knowledge Engineering Systems for Design Performance Improvement », CERA, En cours de soumission.

[CAN 07?] A. Candlot, N. Perry, « Emergence of Knowledge Symbiotic & Collaborative Networks: how to reach the future work standards? », International Journal of Information Management, En cours de soumission.

[DUP 07?] N. du Preez, N. Perry, A. Candlot, A. Bernard, W. Uys, L. Louw, C. Schutte, « A Roadmapping and Conceptual Framework Based Approach For Efficient Knowledge and Innovation Management », International Journal of Innovation Management, En cours de soumission.

[PER 06b] N. Perry, S. Amar-Khodja, A. Candlot, A. Bernard, « Approche méthodologique pour la maîtrise du cycle de vie des connaissances – Application aux outils de KBE », Chapitre 18 rédigé pour un Ouvrage collectif, Ingénierie de la conception et cycle de vie des produits, Hermès Science Publication, ISBN 2-7462-1214-5, 2006.

### ***Publications en Congrès internationaux avec Comite de Lectures et Actes***

[CAN 04] A. Candlot, N.D. Du Preez et A. Bernard, « Synergy and Knowledge in an Innovative Project between Academia and Industry », International Conference on Competitive Manufacturing COMA'04, ISBN 0-7972-1018-0, 2004.

[CAN 05b] A. Candlot, N. Perry, A. Bernard, « Method to capitalise and Reuse Knowledge in Process Planning », IMACS 2005, Paris.

[CAN 05a] A. Candlot, S. Ammar Khoja, M. Mauchand et N. Perry, « Réflexion sur une approche systématique pour créer des structures de consolidation de l'information », 9eme Colloque National AIP PRIMECA, Avril 2005, La Plagne.

[AMM 05] S. Ammar Khoja, A. Candlot et A. Bernard, « Confrontation de la méthodologie MOKA à une expérience de développement d'outil KBE dans l'industrie aéronautique », 6eme congrès international de génie industriel, Besançon, Juin 2005.

[BER 05a] A. Bernard, A. Candlot, N. Perry, « Intégration Outil-Séquence-Entité pour l'aide à la génération des processus d'usinage », CFM'05, Troyes, France.

[BER 05b] A. Bernard, N. Perry, J.-C. Delplace, A. Candlot, « Computer-Aided-Production engineering for decisional and operational process enhancement in foundry », invited keynote, International CAPE conference, 2005, Melbourne, Australie.

[CAN 06b] A. Candlot, R. Harik, « Expert Knowledge Justification in PLC Models Applied to Flank Milling », INCOM'06, St Etienne, France.

### ***Autres Publications***

[PER 04] N. Perry, A. Bernard, A. Candlot, S. Ammar-Khodja, Y. Keraron, M. Shahrokhi, M. Pouliquen, M. Mauchand, « Virtual Engineering Team for the Industrial Engineering. », CAiSE Workshops (3) 7 au 9-06-2004, pp.359-362.

[PER 05] N. Perry, A. Candlot, A. Bernard, S. Ammar-Khodja, « High-value document generation: a common methodology proposal », EMOI-INTEROP 2005, Paper, Porto, Portugal.

### ***Rapports Internes***

[CAN int03a] A. Candlot, « Compte rendu sur les applications possibles de la méthode B dans l'équipe IVGI », Ecole Centrale de Nantes, Rapport interne, décembre 2003.

[CAN int03b] A. Candlot, « Logique Floue », Ecole Centrale de Nantes, Rapport interne, novembre 2003.

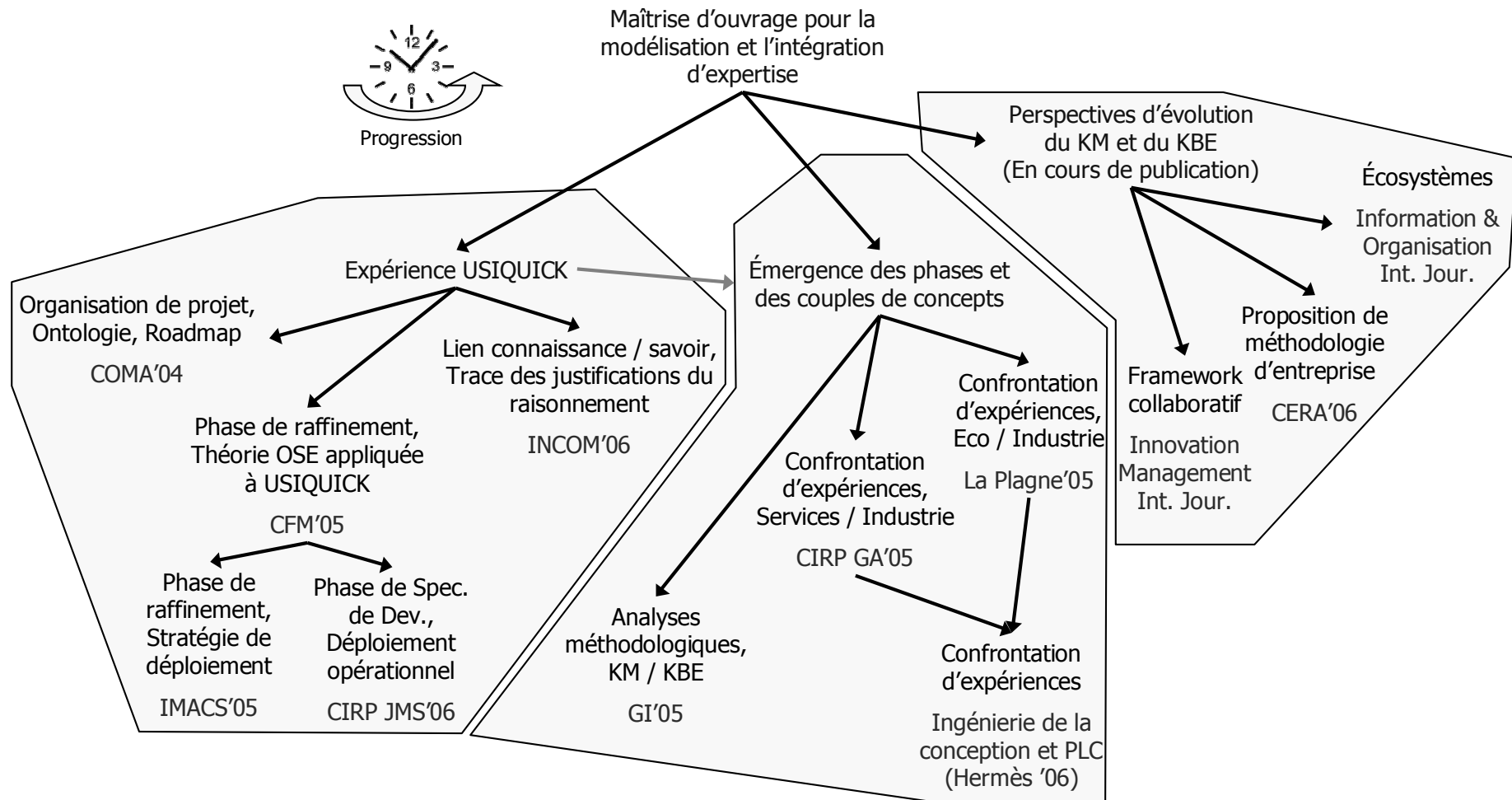
[CAN int04a] A. Candlot, « Notes sur un extrait de la thèse de Kwamivi Mawusi », Ecole Centrale de Nantes, Rapport interne, janvier 2004.

[CAN int04b] A. Candlot, « Rapport d'activités USIQUICK 2003 », Ecole Centrale de Nantes, Rapport interne, mars 2004.

[CAN int04c] A. Candlot, « Notes sur des Extraits de l'HDR d'Henri Paris », Ecole Centrale de Nantes, Rapport interne, mai 2004.

[CAN int04d] A. Candlot, « Propositions pour une meilleure compréhension dans les relations de collaborations autour de l'outil informatique comme aide à l'ingénierie », Ecole Centrale de Nantes, Rapport interne, septembre 2004.

## Vue d'ensemble des principales publications



## Bibliographie Générale Complète

[@01N] <http://www.01net.com/editorial/298952/> (visité le 22/06/06)

[@AFF] [http://affordance.typepad.com/mon\\_weblog/](http://affordance.typepad.com/mon_weblog/) (visité le 22/06/06)

[@AGI] <http://www.agilemodeling.com/>(visité le 22/06/06)

[AMA 02] H. Amara, « Contribution à la génération de gammes d'usinage : intégration de l'homme et approche multi-agents », Thèse de doctorat, École centrale de Nantes, 2002.

[AMI 97] D. M. Amidon, « Innovation Strategy for the Knowledge Economy- The Ken Awakening, Butterworth Heinemann », ISBN: 0750698411, 1997.

[AMM 04] S. Ammar-Khodja, « Vue sur le Knowledge Management », Rapport interne IRCCyN, 2004.

[AMM 05] S. Ammar-Khodja, A.Candlot, A.Bernard, « Confrontation de la méthodologie MOKA à une expérience de développement d'outil KBE dans l'industrie aéronautique », 6e Congrès international de génie industriel, Besançon, 2005.

[AMM 06] S. Ammar-Khodja, « Processus d'Aide à la Spécification et à la Validation d'Application d'Ingénierie à Base de Connaissances Expertes : Application à la Génération de la Gamme d'Usinage », Travaux de Doctorat en cours, École Centrale de Nantes, prévus décembre 2006.

[ANS 94] B. Anselmetti, « Génération automatique de gammes de tournage et contribution à la gestion d'une cellule de production » Habilitation à diriger des recherches de l'université Henri Poincaré, Nancy I, 1994.

[@ARD] <http://www.ardans.fr/> (visité le 22/06/06)

[BAC 96] B Bachimont, « Herméneutique matérielle et Artéfacture : des machines qui pensent aux machines qui donnent à penser », Thèse de doctorat, Ecole Polytechnique, 1996.

[BAC 02] B. Bachimont, A. Isaac, R. Troncy, « Semantic Commitment for Designing Ontologies: a Proposal », 13th International Conference EKAW'02, 2002.

[BAC 04] B. Bachimont, « Arts et sciences du numérique : Ingénierie des connaissances et critique de la raison computationnelle », Habilitation à diriger des recherches, Université de Technologie de Compiègne, 2004

[BAS 02] A. L Bassetti., « Gestion du changement, gestion de projet : convergence – divergence. Cas des risques en conception et mise en place d'une organisation de management de l'environnement », Thèse de doctorat, ENSAM, 2002.

- [BEN 94] J. Ben Younes, « Modélisation des Ressources en Fabrication mécanique, Application au Choix des Outils Coupants dans un Environnement orienté Objet », Thèse de doctorat, École Centrale Paris, 1994.
- [BER 03] A. Bernard & al., « Fabrication assistée par ordinateur », Hermes, Lavoisier, ISBN 2-7462-0618-8, 2003.
- [BIG 06] M. Bigand, J.P. Bourey, N. Perry, M. Mauchand, « Case Studies in Model Integration », INCOM'06, St Etienne, 2006.
- [BLA 95] F. Blackler, « Knowledge, Knowledge Work and Organizations: An Overview and Interpretation », Organization Studies, Vol. 16, No. 6, pp. 1021-1046, 1995.
- [BOI 95] M. H. Boisot, « Information Space: A Framework for Learning in Organizations », Institutions and Culture, Routledge, London, UK., 1995.
- [BRI 90] D. Brissaud, « Conception Automatique de Gamme d'Usinage: Point de vue Expertise », Gamme Automatique d'Usinage, Hermes, Paris, 1990.
- [CAL 98] M. Callot, K. Oldham, M. Stokes, N. Godwin, R. Brimble, R. Klein, F. Sellini, F. Merceron, D. Danino, « Methododology and tools oriented to knowledge based engineering applications », Rapport public 2.0, 1998.
- [CAN 04] A. Candlot, N.D. Du Preez, A. Bernard, « Synergy and Knowledge in an Innovative Project between Academia and Industry », International Conference on Competitive Manufacturing COMA'04, ISBN 0-7972-1018-0, 2004.
- [CAN 05a] A. Candlot, S. Ammar Khoja, M. Mauchand et N. Perry, « Réflexion sur une approche systématique pour créer des structures de consolidation de l'information », 9eme Colloque National AIP PRIMECA, La Plagne, 2005.
- [CAN 05b] A. Candlot, N. Perry, A. Bernard, « Method to Capitalise and Reuse Knowledge in Process Planning », IMACS'2005, Paris, 2005.
- [CAN 06a] A. Candlot, N. Perry, A. Bernard, S. Ammar Khoja, « Deployment of an Innovative Resource Choice Method for Process Planning », CIRP JMS, 2006.
- [CAN 06b] A. Candlot, R. Harik, « Expert Knowledge Justification in PLC Models Applied to Flank Milling », INCOM'06, St Etienne, France, 2006.
- [CAP 05] V. Capponi, « Les interactions homme-machine dans la génération assistée de gammes d'usinage – Application aux pièces aéronautiques de structure », Thèse de Doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble 1, 2005.
- [CAS 04] B. Cassin, « Vocabulaire Européen des Philosophies », ISBN 2-85-036-580-7, ISBN 2-02-030730, 2004.
- [CAV] D. Cavalucci, « TRIZ: l'approche altshullerienne de la créativité », © Techniques de L'ingénieur, traité de Génie Industriel, A 5221-1.
- [CEG 04] J. Cegarra, « La gestion de la complexité dans la planification : le cas de l'ordonnancement », Thèse de doctorat, Université Paris 8, 2004.



- [CHE 92] A. Chep, « Modèle de représentation et d'utilisation des connaissances nécessaires à la conception d'un processus de fabrication : application à la génération automatique de gammes d'usinage en tournage », Thèse de doctorat, École centrale de Paris, LURPA, 1992.
- [CIC 06] A. Ciclet, « Prise en compte des savoir-faire opérateurs dans un contexte de fabrication intégrée », Thèse de doctorat, INPG, Grenoble, 2006.
- [@COP] <http://www.copernic.com/fr/products/desktop-search/index.html> (visité le 22/06/06)
- [@COR] <http://www.cordis.lu/ist/fet/uie.htm> (visité le 22/06/06)
- [COR 97] B. Coriat, O. Weinstein, « Les nouvelles théories de l'entreprise », Collection « Références », Livre de poche, 1997.
- [CHO 98] C. W. Choo, « The Knowing Organization », Oxford University Press, New York, NY., 1998.
- [CHO 00] C. W. Choo, B. Detlor, D. Turnbull, « Web Work: Information Seeking and Knowledge Work on the World Wide Web », Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2000.
- [CHR 97] C. Christensen, « The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail », Harvard Business School Press, 1997.
- [DAV 94] P.A. David, D. Foray, « Dépendance du sentier et économie de l'innovation : un rapide tour d'horizon » Revue d'économie industrielle, n° exceptionnel, Economie Industrielle : développements récents, p. 27-52, 1994.
- [DEL 04] J. C. Delplace, « L'Ingénierie numérique pour l'Amélioration des Processus décisionnels et opérationnels en Fonderie », Thèse de Doctorat, École Centrale de Nantes, 2004.
- [DER 98] C. Derras, « Formalisation de l'imprécision informationnelle et des incertitudes décisionnelles des connaissances expertes pour la génération de processus de fabrication », Thèse de doctorat, Université Henri Poincaré Nancy I, 1998.
- [DER 05] W. Derigent, « Méthodologie de passage d'un modèle CAO vers un modèle FAO pour des pièces aéronautiques: Prototype logiciel dans le cadre du projet USIQUICK », Thèse de Doctorat, Université Henri Poincaré Nancy I, 2005.
- [DOU 84] G. Doumeingts, « Méthode GRAI : méthode de conception des systèmes en productique », Thèse d'état, Université de Bordeaux I, 1984.
- [DUP 05a] M. Du Plessis, « Drivers of knowledge management in the corporate environment », International Journal of Information Management, Volume 25, Issue 3, ISSN: 0268-4012, June 2005, pp.193-202, 2005.
- [DUP 05b] N. Du Preez, N. Perry, A. Candlot, A. Bernard, W. Uys, L. Louw, « Customised high-value document generation », CIRP Annals, Vol. 54/1/2005, Edition Colibri Publishers, ISBN 3-905 277-43-3, pp.123-126, 2005.
- [DRU 89] P. F. Drucker, « The new Realities: In Government and Politics, In Economics and Business », In Society and World View, Harper & Row, New York, 1989.

[@EPI] <http://www.epistemics.co.uk/> (visité le 22/06/06)

[ERM 96] J-L. Ermine, M. Chaillot, P. Bignon, B. Charreton, D. Malavieille. « MKSM, méthode pour la gestion des connaissances », Ingénierie des Systèmes d'Information, AFCET-Hermès, Vol. 4, n° 4, pp. 541-575, 1996.

[ERM 01] J.L. Ermine, « Les processus de la gestion des connaissances, Extraction et gestion des connaissances », H. Briand, F. Guillet (éd.), Hermès, 2001.

[ERM 04] J.L. Ermine, B. Pauget, A. Beretti, G. Tortorici, « Histoire et Ingénierie des Connaissances », Colloque Sources et Ressources pour les Sciences Sociales, 2004.

[FOG 05] J.F. Fogel, B. Patino, « Une Presse sans Gutenberg », ISBN : 2246699517, Ed°Grasset, 2005.

[GAM 90] Groupe GAMA, « La Gamme automatique en Usinage », Editions Hermès, Paris (France), 1990.

[GAR 99] M. Gardoni, « Maîtrise de l'information non structurée et capitalisation de savoir et savoir-faire en Ingénierie Intégrée. Cas d'étude Aérospatiale », Thèse de doctorat, Université de Metz, 1999.

[@GDT] <http://w3.granddictionnaire.com> (visité le 22/06/06)

[GOL 95] D. Goleman, « Emotional Intelligence », Bantam Book, New York, Traduction française Editions Robert Laffont, ISBN 2-290-33296-8, 1995.

[@GRA] <http://www.graisoft.com/> (visité le 22/06/06)

[GRU 93] T. R. Gruber, « Toward Principles for the Design of Ontologies used for Knowledge Sharing », International Workshop on Ontology, Padova, Italie, 1993.

[GRU 94] M. Grundstein, « Développer un système à base de connaissance: un effort de coopération pour construire en commun un objet inconnu », Actes de la journée Innovation pour le travail en groupe, CP2I, 1994.

[HAR 97] Y. Harani, « Une Approche Multi-Modèles pour la Capitalisation des Connaissances dans le Domaine de la Conception », Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Grenoble, 1997.

[@IND] <http://www.indutech.co.za/> (visité le 22/06/06)

[@INT] <http://interop.aquitaine-valley.fr/> (visité le 22/06/06)

[@IPP] <http://projects.opencascade.org/IPPOP/> (visité le 22/06/06)

[ISH 04] K. Ishii, P. Xirouchakis, organisateurs du workshop « Design for System Reliability Across the Supply Chain », co-organisé par Stanford University (Prof. Kos Ishii) et EPFL (Prof. Paul Xirouchakis), 2004

[@KAD] <http://www.commonkads.uva.nl/> (visité le 22/06/06)

[@KAW] [http://blog.guykawasaki.com/2006/01/the\\_art\\_of\\_evan.html](http://blog.guykawasaki.com/2006/01/the_art_of_evan.html) (visité le 22/06/06)

- [KER 06] Y. Keraron, A. Bernard, B. Bachimont, « Digital document structures to enable information sharing along the product life cycle », CIRP International Design Seminar, 2006.
- [LAB 04] M. Labrousse, « Proposition d'un Modèle Conceptuel Unifié pour la Gestion Dynamique des Connaissances d'entreprise », Thèse de doctorat, École Centrale de Nantes et l'Université de Nantes, 2004.
- [LAR 06] F. Laroche, A. Bernard, M. Cotte, S. Deniaud, « A new methodology for a new life of old technical machines », Colloque CIRP Design Seminar, Alberta, Canada, 2006
- [LEC 05] C. Le Calvez, V. Zerrouki, J.F. Chabot, J. Vigneau, « Usinage virtuel intégrable à une chaîne de conception robuste : les besoins de l'industrie des turbo réacteurs », 17ème Congrès Français de Mécanique, 2005.
- [LEP 05] S. Le Pochat, « intégration de l'éco-conception dans les PME : Proposition d'une méthode d'appropriation des savoir-faire pour la conception environnementale des produits », Thèse de Doctorat, ENSAM, Paris, 2005.
- [LIV 98] Y.-F. Livian, « Organisation. Théories et pratiques », Dunod, Paris, 1998.
- [LON 03a] B. Longueville, J. Stal Le Cardinal, J.-C. Bocquet « Mémoire de projet pour la conception de produits innovants », Actes du 8<sup>ième</sup> colloque sur la conception mécanique intégrée AIP-PRIMECA'03, La Plagne, Avril 2003
- [LON 03b] B. Longueville, « Capitalisation des processus de décision dans les projets d'innovation : application à l'automobile », Thèse de Doctorat, Ecole Centrale Paris, 2003.
- [@MAN] <http://www.mantisbt.org/> (visité le 22/06/06)
- [@MEG] <http://www.mega.com/> (visité le 22/06/06)
- [MER 03] C. Merlo, « Modélisation des Connaissances en Conduite de l'Ingénierie : Mise en Œuvre d'un Environnement d'Assistance aux Acteurs », Thèse de doctorat, Université de Bordeaux 1, 2003.
- [MEV 98] P. Mévellec, M. Lebas, « Managing simultaneously cost and value: the challenge, The Role of Management Accounting in Creating Value », Publication of IFAC, pp 13-25, New York, 1998.
- [MEV 05] P.Mévellec, N.Perry, « Whole Life Cycle Cost: a new approach », International Journal of Product Lifecycle Management, Inaugural Issue, ISSN (Online) 1743-5129 - ISSN (Print) 1743-5110, 2005.
- [MID 93] C. Midler, « L'Auto qui n'existait pas », InterEditions, ISBN : 2-10-004228-9, 1993.
- [MIN 03] Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie, « L'Excellence en Conception dans l'Industrie », étude réalisée avec le concours du cabinet Bird Consulting, 2003.
- [MIN 82] M. Minsky, « Why People Think Computers Can't », AI Magazine, vol. 3 no. 4, 1982.

[MIS 04] M. Missikoff, « Ontologies for Interoperability », presentation at INTEROP – EMOI Workshop, 2004.

[@MNM] <http://www.mnm-consulting.com/> (visité le 22/06/06)

[@MOK] <http://www.kbe.cov.ac.uk/moka/> (visité le 22/06/06)

[MOK 01] Managing Engineering Knowledge, « MOKA: Methodology for Knowledge Based Engineering Application », Edited by Melody Stokes for the MOKA Consortium, 2001.

[@MON] <http://www.mondeca.com/> (visité le 22/06/06)

[MOR 38] Morris C., « Foundation of the theory of signs, in International Encyclopedia of Unified Science », vol. 1, n°2, the University Press of Chicago, 1938.

[NON 94] I. Nonaka, « A Dynamic Theory of Organizational Knowledge Creation », Organization Science, Vol. 5, No. 1, pp. 14-37, 1994.

[NON 97] I. Nonaka, H. Takeuchi, « La connaissance créatrice, la dynamique de l'entreprise apprenante », Editions DeBoeck Universités, 1997.

[NON 00] I. Nonaka, R. Toyama, N. Konno, « SECI, Ba and Leadership: a Unified Model of Knowledge Creation », California Management Review, Vol. 33, pp. 5-34, 2000.

[OUE 05] M.-Z. Ouertani, B. Rose, L. Gzara-Yeslibas, M. Lombard, L. Lossent, « Vers une Structuration de la Collaboration au sein du Processus de Conception », 9ème Colloque National AIP PRIMECA, La Plagne - 5-8 avril 2005.

[PAR 95] H. Paris, « Contribution à la conception automatique des gammes d'usinage : le problème du posage et du bridage des pièces », Thèse de doctorat, Université J. Fourier – Grenoble I, 1995.

[PER 06a] N. Perry, M. Mauchand, A. Bernard, « Integration of Cost Models in Design and Manufacturing, Advances in Design », Springer Series in Advanced Manufacturing, ElMaraghy H.A. & ElMaraghy W.H. (Eds.) ISBN: 1-84628-004-4, p.315-325, 2006.

[PMB 04] PMBOK, « Guide du Corpus des Connaissances en Management de Projet », American National Standard, ISBN 1-930699-70-0, Project Management Institute, Inc., 2004.

[PIC 05] M.-H. Picard, « Mérignac: le montage final », Dassault Magazine, « Le Falcon 7X se dévoile », N°134, 2005.

[PRE 04] N.D. Du Preez, B.R. Katz, « A Methodology for the Integration of General Knowledge Management Principles into Project Driven Business Processes », COMA'04, International Conference on Competitive Manufacturing, Stellenbosch, South Africa, ISBN 0-7972-1018-0, 2004.

[PRO 03] L. Probasco, « The Ten Essentials of RUP », IBM Corporation, 2003.

[@RAD] <http://www.rad.fr/> (visité le 22/06/06)

[@RNT] <http://www.rntl.org/> (visité le 22/06/06)

- [ROB 04] V. Robin, P. Girard, D. Barandiaran, « Gestion d'Environnements de Conception pour l'Aide à la Conduite de la Conception Collaborative », Colloque IPIAtrans, 22-23 janvier 2004.
- [RUI 05] G. A. Ruiz-Dominguez, J.-F. Boujut, « Analyse Comparative de deux Expériences de Conception Collaboratives du Point de Vue Macroscopique », 9ème Colloque National AIP PRIMECA, La Plagne, 2005.
- [RUM 95] J. Rumbaugh & al. « OMT: Modélisation et Conception Orientées Objet », Masson, Prentice Hall, 1995.
- [SAV 91] C. Savage, « Fifth Generation Management, Co-creating through Virtual Enterprising, Dynamic Teaming and Knowledge Networking », Butterworth Heinemann, ISBN 0-7506-9701-6, 1991.
- [@SAP] <http://www.sap.com/france/solutions/business-suite/erp/index.epx> (visité le 22/06/06)
- [SCH 95] R. Schank, « The Third Culture: Beyond the Scientific Revolution », John Brockman, Simon & Schuster, 1995.
- [SCH 99] G. Schreiber & al., « Knowledge Engineering and Management - The CommonKADS Methodology », The MIT Press, Cambridge, Massachusetts; Londres, 1999.
- [SEA 80] J. R. Searle, « Minds, Brains, and Programs », The Behavioral and Brain Sciences, vol. 3. Copyright 1980 Cambridge University Press, 1980.
- [SER 05] M. Serres, « Les nouvelles technologies, que nous apportent-elles? », Conférence à l'École Polytechnique le 1er décembre 2005, cycle Culture Web, coordonnée par Serge Abiteboul, dans le cadre des Thématiques INRIA, 2005.
- [SHA 95] J.J. Shah, M. Mäntylä, « Parametric and feature-based CAD/CAM », Ed. Wiley Interscience, ISBN 0-47-00214-3, 1995.
- [SLO 85] A. Sloman, « Why We Need Many Knowledge Representation Formalisms », In M. Bramer, M. (Ed.). Research and Development in Expert Systems. Cambridge: Cambridge University Press 1985.
- [SPE 98] J.C. Spender, « Pluralist epistemology and the knowledge-based theory of the firm » Organization, Vol.5, n.2, pp. 233-256, 1998.
- [STEN 02] D. Stenmark, « Information vs. Knowledge: The Role of intranets in Knowledge Management », Proceedings of the 35th Hawaii International Conference on System Sciences – 2002
- [TIC 05] S. Tichadou, « Modélisation et quantification tridimensionnelles des écarts de fabrication pour la simulation d'usinage », Thèse de Doctorat, Centrale Nantes, 2005.

[@TEL] [http://www.telelogic.com/corp/solutions/application\\_lifecycle\\_management/requirements-management.cfm](http://www.telelogic.com/corp/solutions/application_lifecycle_management/requirements-management.cfm) (visité le 22/06/06)

[TRO 02] R. Troncy, A. Isaac, « DOE : une mise en oeuvre d'une méthode de structuration différentielle pour les ontologies », 13èmes Journées Francophones d'Ingénierie des Connaissances, IC'2002, 2002.

[TSA 88] J.P. Tsang, « The PROPEL Process Planner », Proceedings of 19th CIRP Seminar on Manufacturing Systems, vol. 17 N°2, p115-123, 1988.

[TUR 50] A.M. Turing, « Computing Machinery and Intelligence », Oxford University Press on behalf of MIND (the Journal of the Mind Association), vol. LIX, no. 236, pp. 433-60, 1950.

[@USI] <http://www.usiquick.com/> (visité le 22/06/06)

[VAN 91] F.J.A.M. Van Houten, « PART : A Computer aided Process Planning System », Proefschrift Enschede Ed, ISBN 90-9004127-3, 1991.

[VER 94] F. Vernadat, « Modélisation Systémique en Entreprise: Métamodélisation », la Modélisation en Entreprise – L'approche Systémique, Université d'été, Aussoi, 5-9 septembre 1994.

[VIL 90] F. Villeneuve, « Génération ascendante d'un processus d'usinage. Proposition d'une formalisation de l'expertise. Application aux entités alésage. » Thèse de Doctorat, École Centrale de Paris, LURPA, ENS de Cachan, fév. 1990.

[@VRL] <http://www.vrl-kcip.org/> (visité le 22/06/06)

[@W3C] <http://www.w3.org/2001/sw/> (visité le 22/06/06)

[WIE 92] B. Wielinga, « KADS modeling approach to knowledge engineering », academic press, London UK, 1992.

[@WIK] <http://fr.wikipedia.org/wiki/Accueil> (visité le 22/06/06)

[WIT 06] K. Wittenberg, « Beyond Google: What Next for Publishing? », Chronicle of Higher Education, Volume 52, Issue 41, Page B20, June 16, 2006.

[ZUN 01] G. L. Zuniga, « Ontology: Its Transformation From Philosophy to Information Systems », FOIS'01, Ogunquit, Maine, USA, October 2001.

## 8 ANNEXE : Analyse des contributions quantitatives à USIQUICK

Ce travail de consolidation a consisté à analyser les documents mis en partage sur le site du projet avant la fin de Juillet 2005. Il s'agit d'un comptage quantitatif qui ne prévaut en rien de la répartition des tâches ou d'un jugement de valeur sur leur qualité. L'enjeu est d'observer l'évolution des préoccupations des partenaires et de comprendre leur rôle dans le projet USIQUICK. Il faut également noter que les démonstrations orales (comme la présentation d'une maquette logicielle) ne sont pas systématiquement prises en compte ; elles ne le sont que si un document leur correspond.

Cette ressource est utilisée dans le chapitre 5 décrivant le cas USIQUICK, au point 5.2.2 qui présente une vue de synthèse.

La version présentée ici en annexe correspond à la première consolidation par mois faisant apparaître un résumé de chaque contribution.

Diagramme de classe
Diagramme de séquence
Diagramme de processus
Modèle informel MOKA
LURPA
LGIPM
3S
CRAN
IRCCyN
CETIM
DA
DS

Tableau 8-1 : Légende des tableaux suivants

		déc-02	févr-03	mars-03				avr-03				mai-03			
1	Identification	Détails du projet USIQUICK				Analyse du classeur de spécification DA	Analyse du classeur de spécification DA	les 1ères pièces tests sont fournies					1ère reflexion sur la modélisation des règles	problématique des tolérances	Question sur le périmètre du projet
2	Extraction		analyse de la préparation	Reflexion sur l'assistance aux posages	état de l'art sur les entités d'usinage	Recherche des premiers objets	Illustration par l'exemple des cas rencontrés							1ers travaux sur les trajectoires	
3	Structuration							combinaison avec un classement par type (Excel)	construction d'un glossaire	analyse des attributs et des méthodes requis (Excel)					
4	Formalisation	SADT général et WP					Diagrammes de type SADT du Transformateur	3 nvx, procédures / processus / activité, apparition du préparateur	1er diag de classe	question des attributs	modèle des entités axiales	organisation par types			
5	Raffinement														
6	Spécification de développement													1er développement sur les masques en VB	premières réflexions sur les spec de dev du démonstrateur d'Architecture
7	Diffusion							Reflexions sur les échanges XMI							
8	Maintenance														

**Tableau 8-2 : Analyse des documents partagés de Décembre 2002 à Mai 2003**



juin-03		juil-03	août-03	sept-03	oct-03		nov-03	janv-04			févr-04	mars-04
							entités d'usinage	Réunion sur la modélisation des outils coupants				
	Etat de l'Art de la gamme automatique d'usinage			1ère réflexion sur un scénario de démonstrateur (formalisme libre)	Questions sur les trajectoires, analyse des sorties transfo, rencontre experts	immersion en milieu expert		analyse des interfaces CATIA / DELMIA	recherche de consensus sur les entités d'usinage		Analyse du cas type pièce plancher	
			Tentative de complétude					demande de précision sur les objets du transformateur		Cas type de la pièce plancher		
Prise en compte des objets LGIPM	Ajout de la répartition de responsabilité par partenaires			Version stable du diagramme de classe							Déroulement de l'algorithme sur la pièce plancher mécanique	Analyse des entités d'usinage sur le plancher mécanique
Mise en évidence d'une série de classes principales		Application d'un modèle sur les exemples de pièces fournies par DA	1ère vue simplifiée		consolidation avec le modèle IRCCyN		version simplifiée du glossaire (3S, DS, IRCCyN)	Raffinement de la U_Sur	Swim lines et suppression des niveaux		introduction des concepts d'user features et de machining processes	
		Algorithmes sur l'accessibilité de l'outil et les masques de faces					Spec de dev du démonstrateur d'Architecture			1ère Spec Transfo: texte, diag activité, diag d'état		
							Posages & KBE : Rapport de stage				ppt démonstrateur d'architecture	Documentation XML des classes du modèle
					Reflexion sur les bases de règles pour les posages							

Tableau 8-3 : Analyse des documents partagés de Juin 2003 à Mai 2004

	avr-04	mai-04	juin-04	juil-04	sept-04	févr-05	mars-05	juin-05	juil-05	
		Récupération de la gamme du "Left Upper Rear Arch"		PLM Machining Data Model	typologies de connaissances	nouveau travail de modélisation ( MOKA modèle informel / PcPack )	Difficulté de gestion entre spec init, actuelle et attendue	REX CETIM sur le COM		
		Extraction sous Excel des listes de paramètres trajectoires et outils	Requêtes d'info sur les sorties transformateur	analyse des machining processes dans CATIA / DELMIA	objets DS pour décrire le process fonctionnel (sans formalisme)					
	décomposition en tâches du transformateur									
3		Modèle de données et modèle d'activité pour les usinages axiaux	Synthèses des diagrammes (avec une vue UML diag de séquence)					Enrichissement du formalisme		
		Carte de Visite Séquence	Apparition du plan neutre	Introduction du concept OSE (nouveaux modèles en parallèle)	OSE: diag de classe et diag de séquences	Construction du modèle de connaissance			utilité / utilisabilité de l'IHM	
			Résolution de la "Préparation" sur le cas type : "Left Upper Rear Arch"		Spec de dev de la génération des posages	Plan de développement technique		Analyse OSE et Machining Processes		
-		Développement d'une maquette	1ère réflexions sur l'IHM					1er travaux sur la justification des règles du Transformateur	Présentation d'une solution IHM pour la préparation	Nouvelle commande de justification des règles du transfo
			reflexion sur la gestion des règles sur les outils par OSE							

**Tableau 8-4 : Analyse des documents partagés d'Avril 2004 à Juillet 2005**

## 9 ANNEXE : La recherche USIQUICK sur le concept OSE

Cette annexe a pour but de présenter rapidement le concept d'OSE qui a été dans le projet USIQUICK, un exemple important de la phase de raffinement décrite dans ce document. Le concept OSE pour Outil / Séquence / Entité a été développée dans la thèse de Ben Younes [BEN 94]. Le principe consiste à identifier dans les capacités de production d'une unité donnée les triplets représentant la capabilité du moyen de production.

Les entités et les outils sont filtrés par des classes, correspondant de manière simplifiée, à des entités ou des outils ayant des plages à la place d'attributs. Les entités sont entendues comme entités de fabrication et répondent, par leur association avec une séquence et un outil, à la définition du groupe GAMA qui détermine l'entité de fabrication selon son association avec un processus indépendant (Cf. illustration ci-dessous).

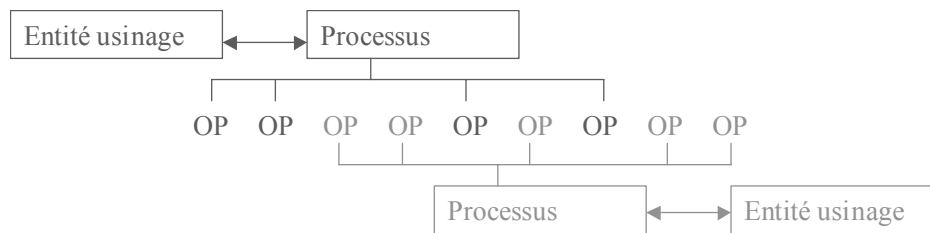


Figure 9-1 : Illustration de la définition d'Entité d'usinage selon le groupe GAMA

Les figures suivantes illustrent les réflexions menées lors du projet USIQUICK pour envisager le déploiement du projet selon ce concept [CAN 06a]. Les figures s'enchaînent comme suit :

- Schéma de principe du concept OSE
- Détail de ce schéma selon les concepts utilisés dans USIQUICK pour guider la définition des entités : chaque OSE peut ainsi être confronté à l'ensemble des entités de la pièce et au parc outil de l'unité de production
- Processus d'utilisation des OSE dans USIQUICK
- Cinq figures reprenant le principe de pilotage du déploiement des règles associées aux OSE
- Deux figures illustrant le déploiement possible du concept à l'aide des Machining Process de DELMIA ©.

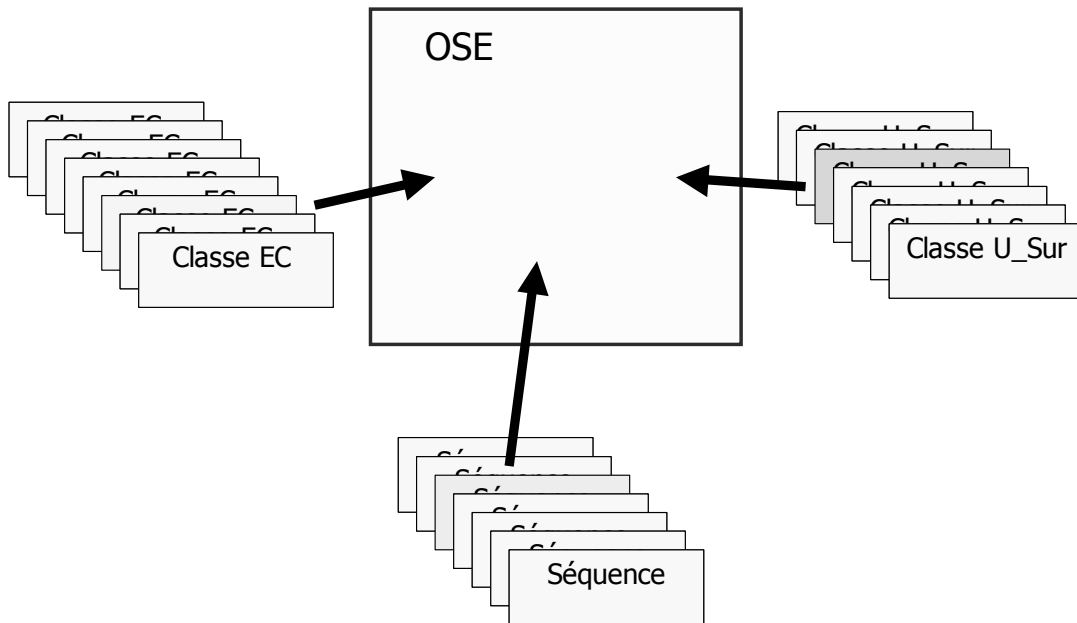


Figure 9-2 : Schématisation du principe OSE

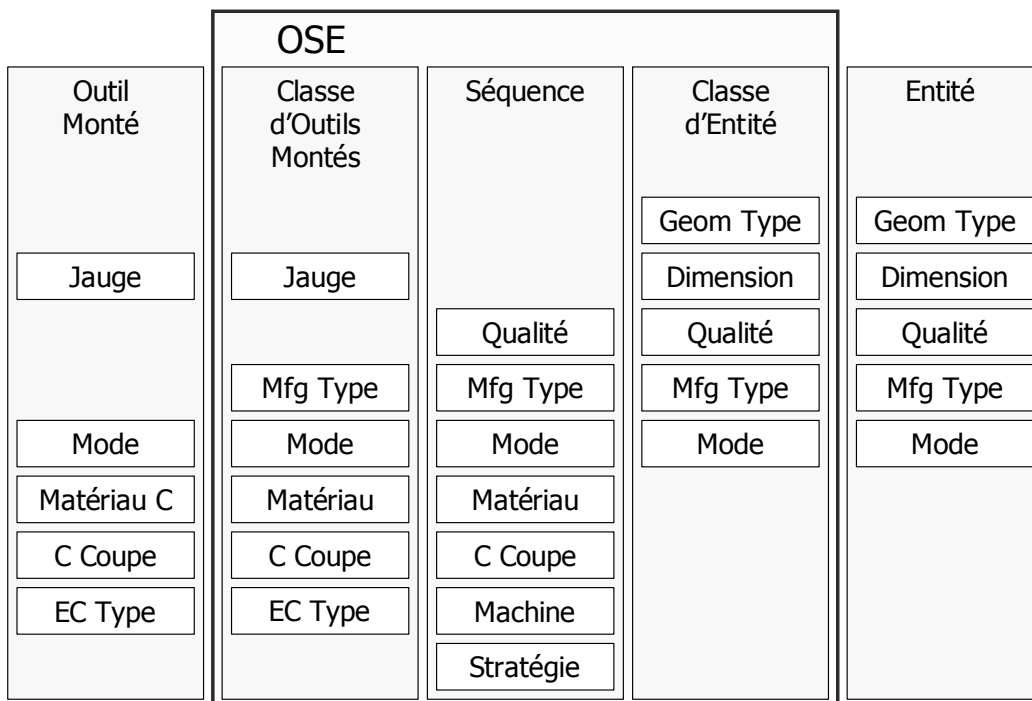


Figure 9-3 : Principaux concepts pour guider le déploiement OSE dans USIQUICK

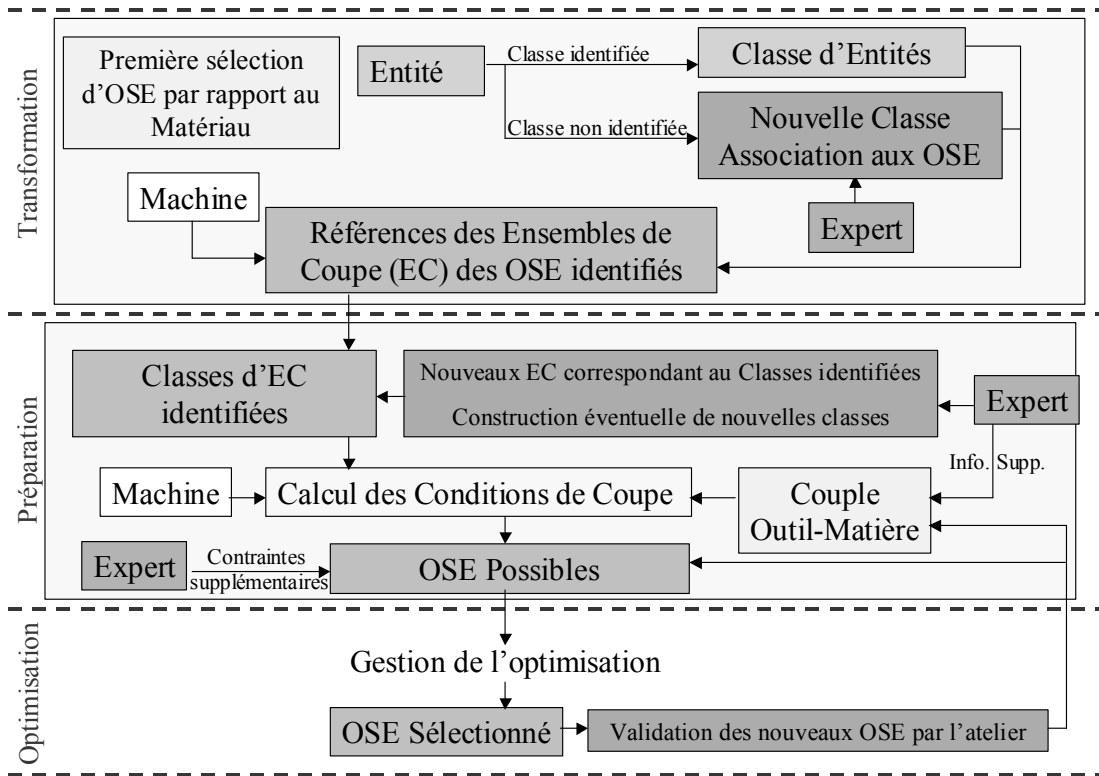


Figure 9-4 : Proposition de fonctionnement de OSE pour USIQUICK [CAN 06a]

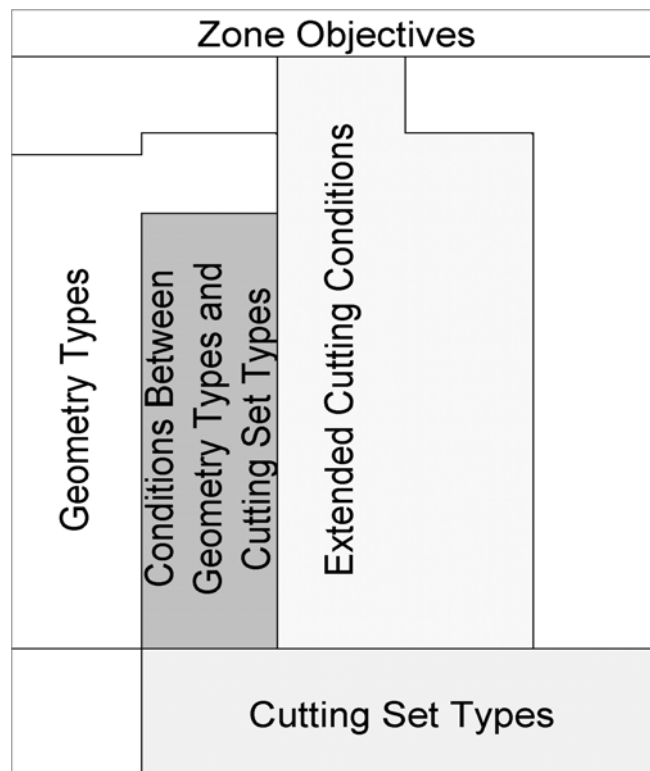


Tableau 9-1 : Zones du tableau de pilotage du déploiement des règles pour OSE appliqué à USIQUICK [CAN 06a]



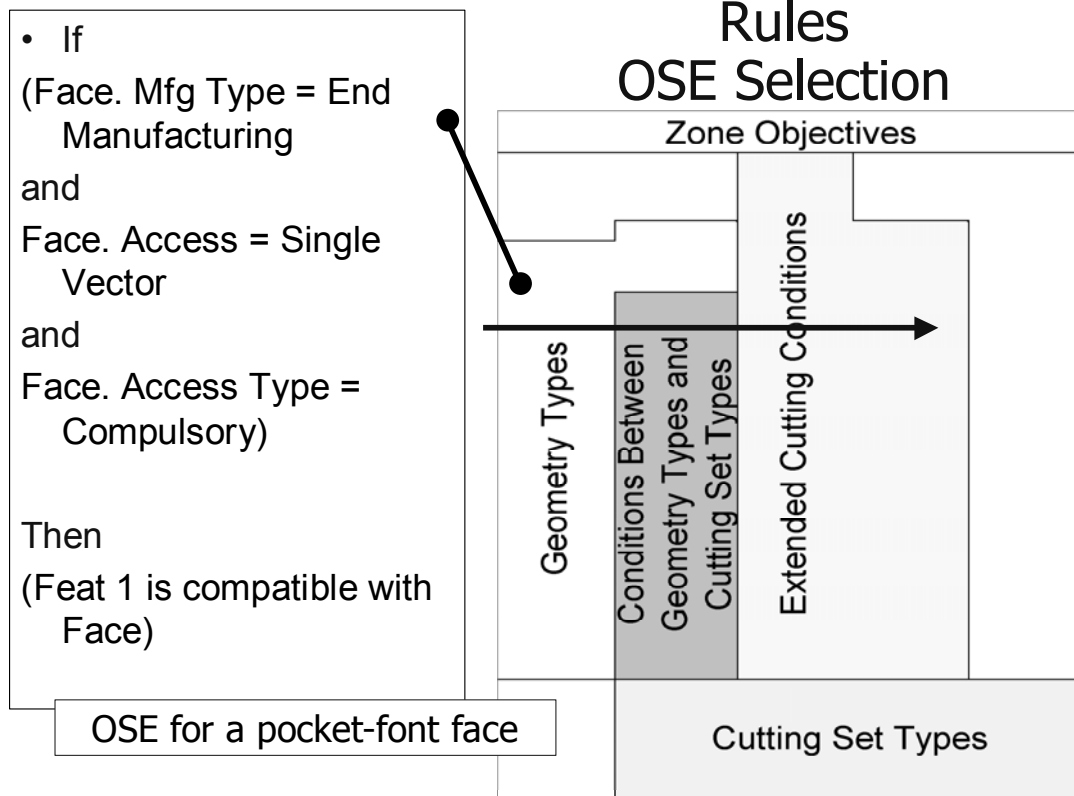


Figure 9-5 : Exemple de règle pour associer une entité à une classe d'entité [CAN 06a]

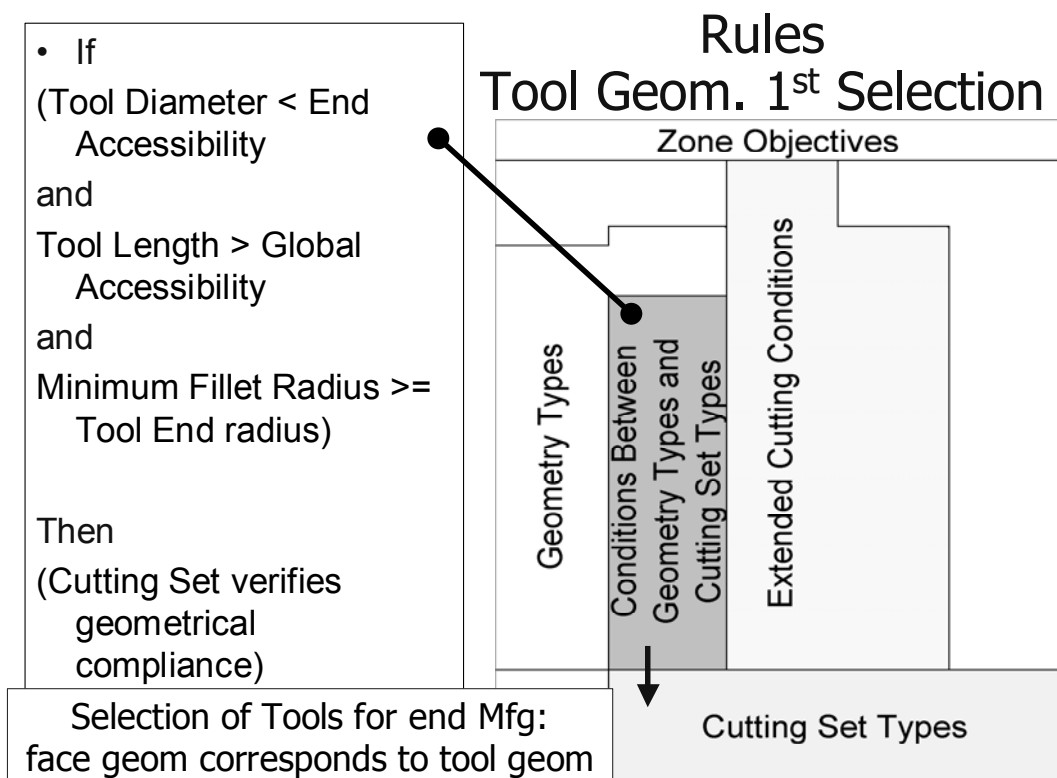


Figure 9-6 : Exemple de règle propageant des contraintes géométriques vers les classes d'outils et donc la sélection d'outils [CAN 06a]

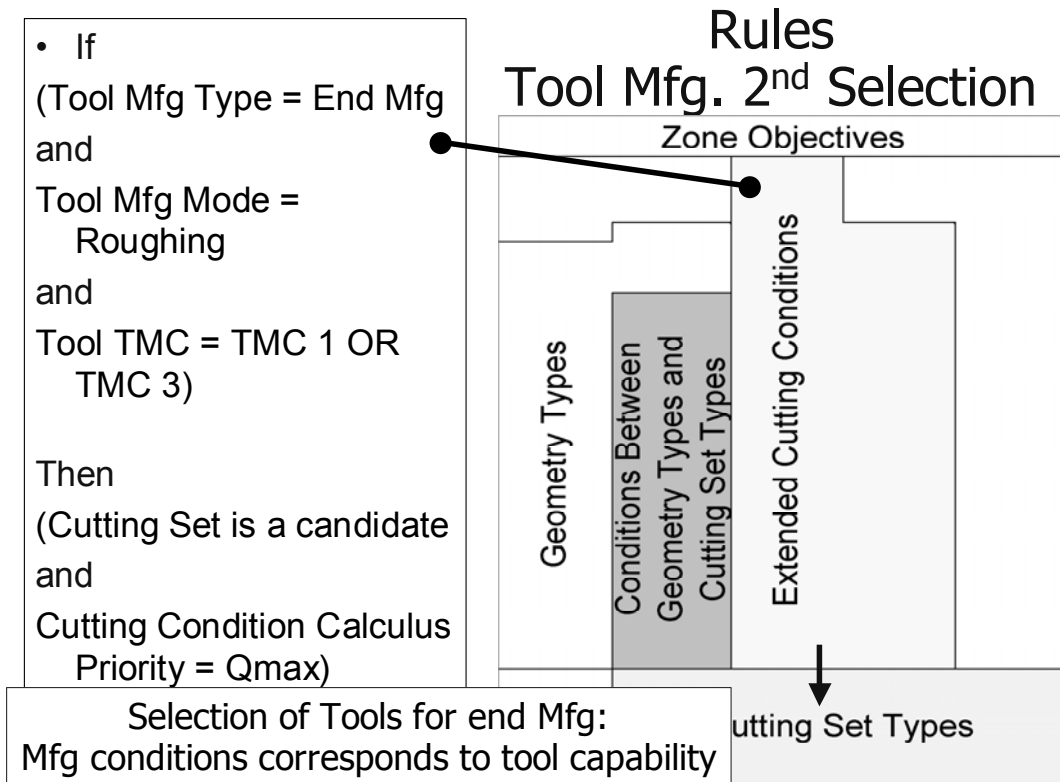


Figure 9-7 : Exemple de règle propageant des conditions d'usinage sur les classes d'outils et donc sur la sélection d'outils [CAN 06a]



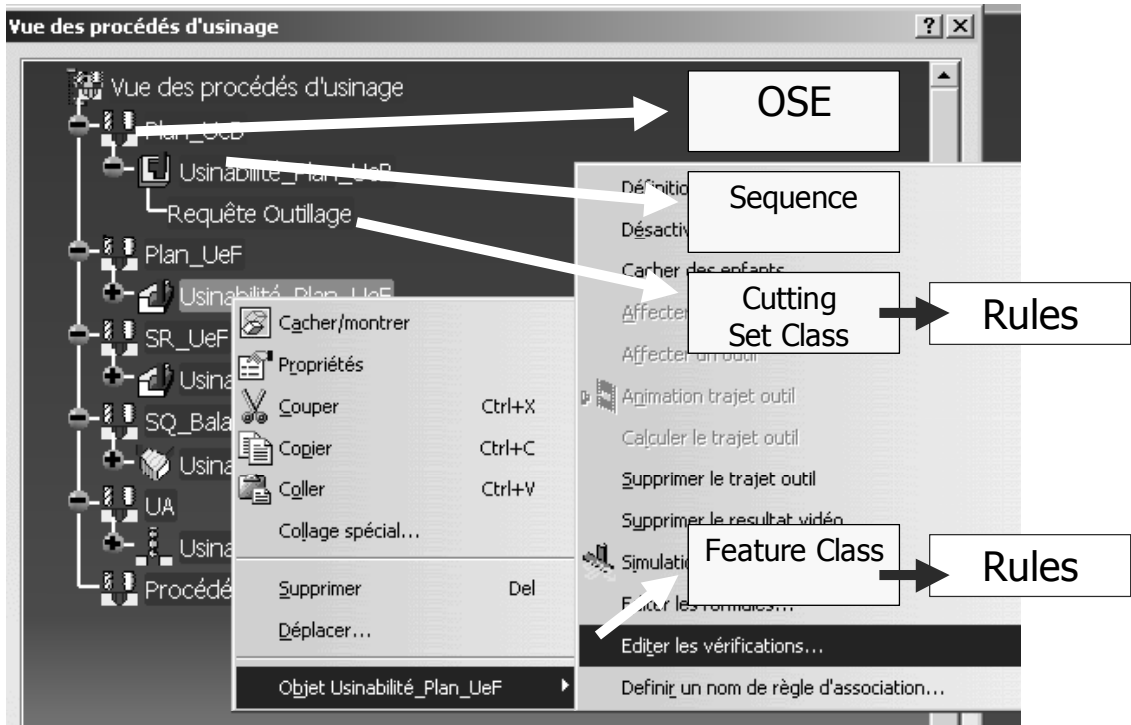


Figure 9-8 : Exemple des Machining Process de Dassault Systèmes comme base de déploiement du concept OSE dans USIQUICK

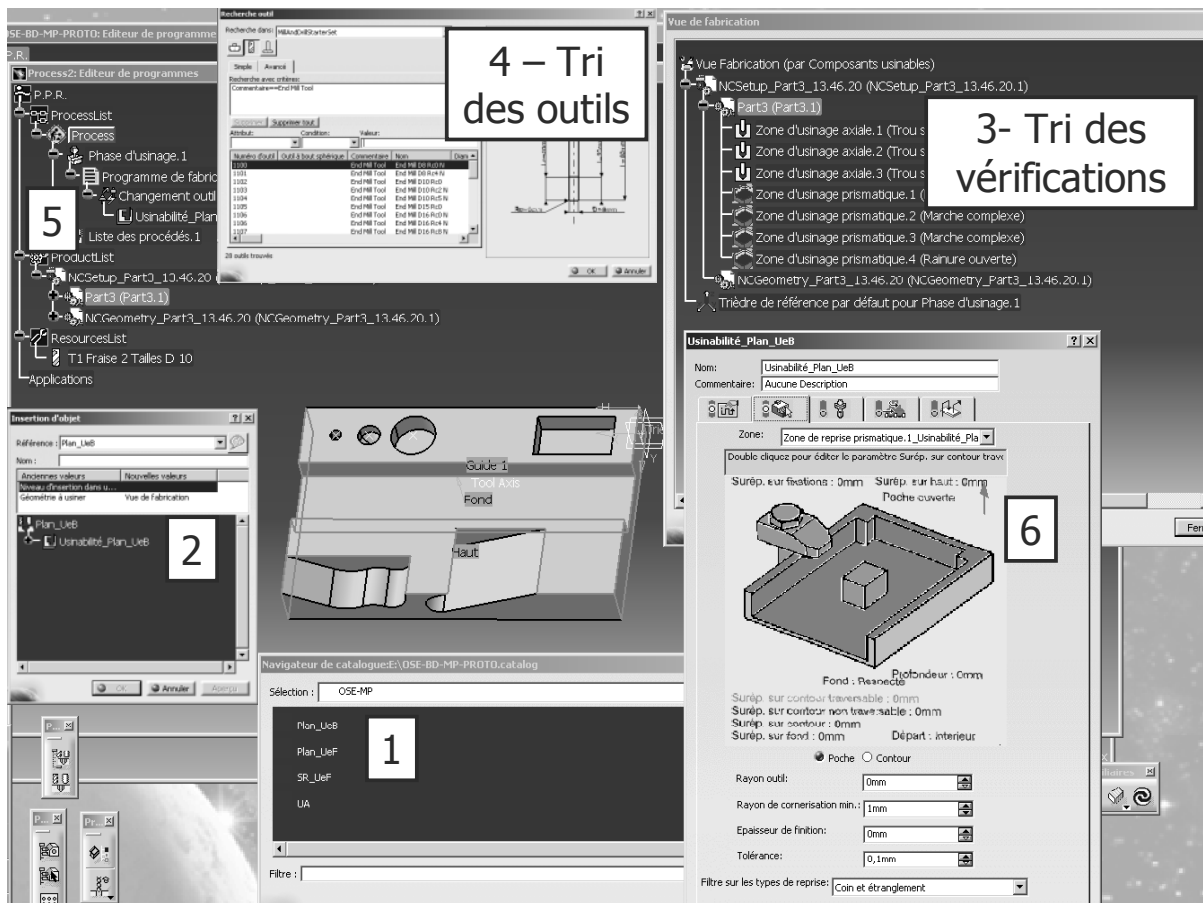


Figure 9-9 : Principe d'utilisation des Machining Process pour une répartition automatique des opérations dans les posages

## 10 ANNEXE : Proposition d'interfaçage principal pour supporter le processus USIQUICK

Approche IHM « F F P P » pour USIQUICK: reconnaissance en 4 étapes de features au fur et à mesure du processus

- Face
- Feature
- Posage
- Pièce

→ Gérer l'IHM en fonction de ces 4 niveaux?

### Lancement du Transformateur

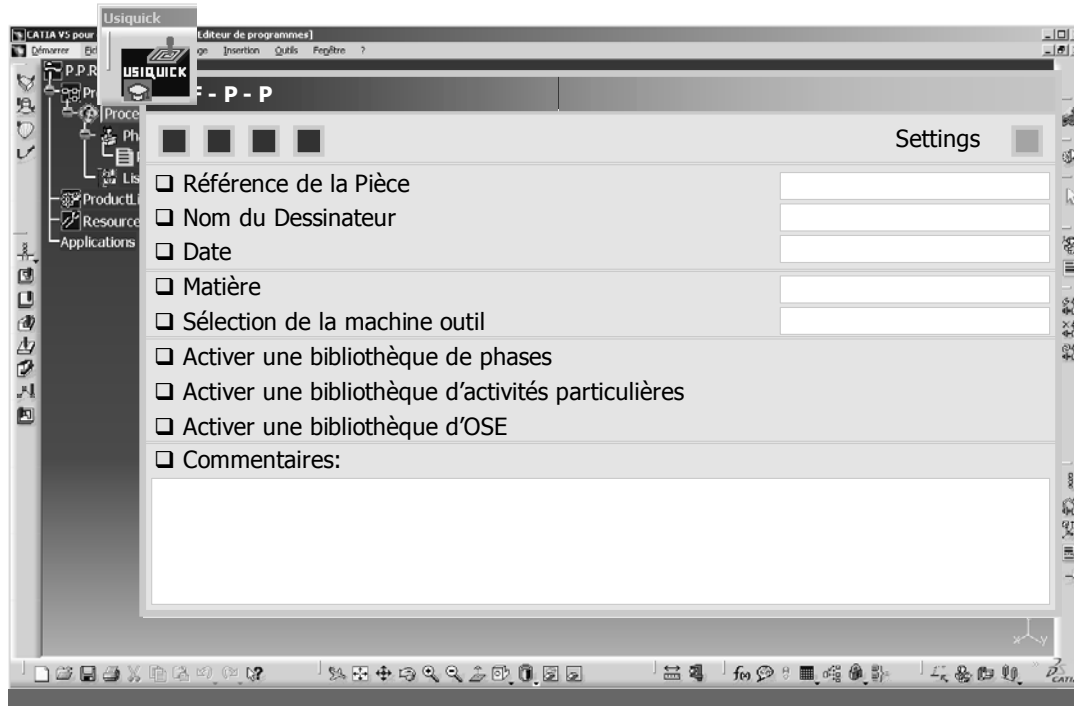


Figure 10-1 : Lancement du Transformateur

# Première étape, les Faces

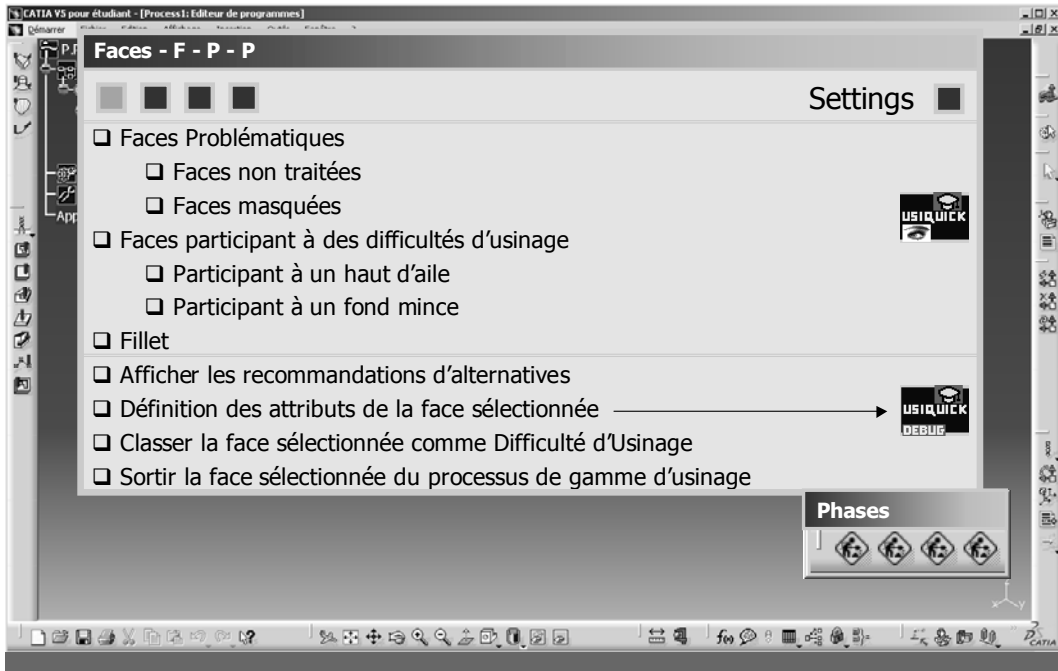


Figure 10-2 : Etape d'analyse du résultat du transformateur et de la sémantique FAO produite

# Deuxième étape, les Features

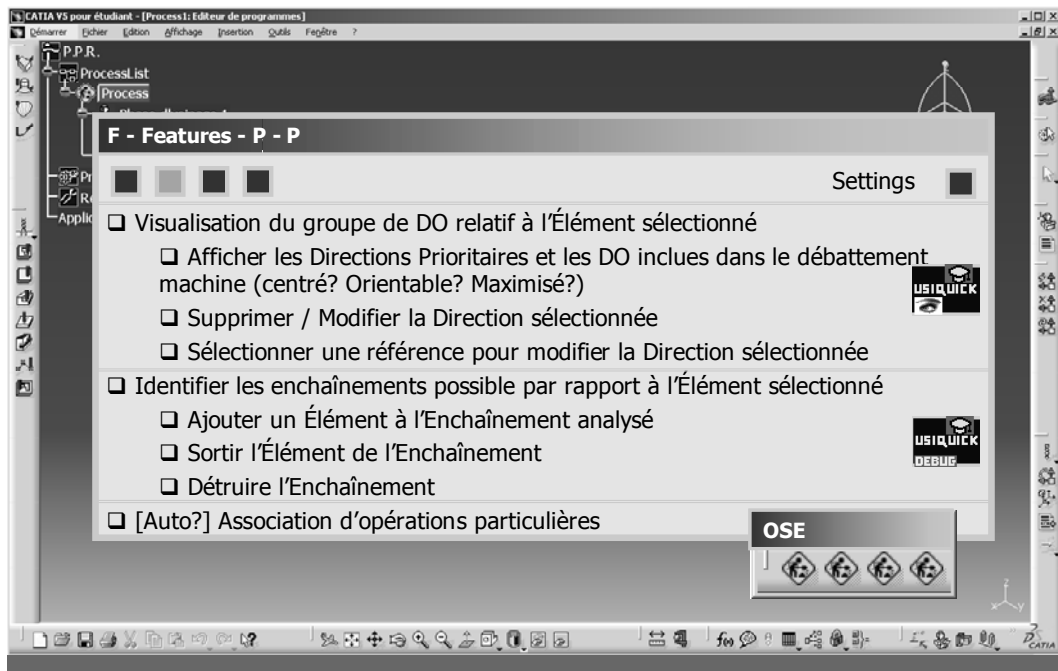


Figure 10-3 : Regroupements sémantiques et gestion des difficultés

## Troisième étape, les Posages

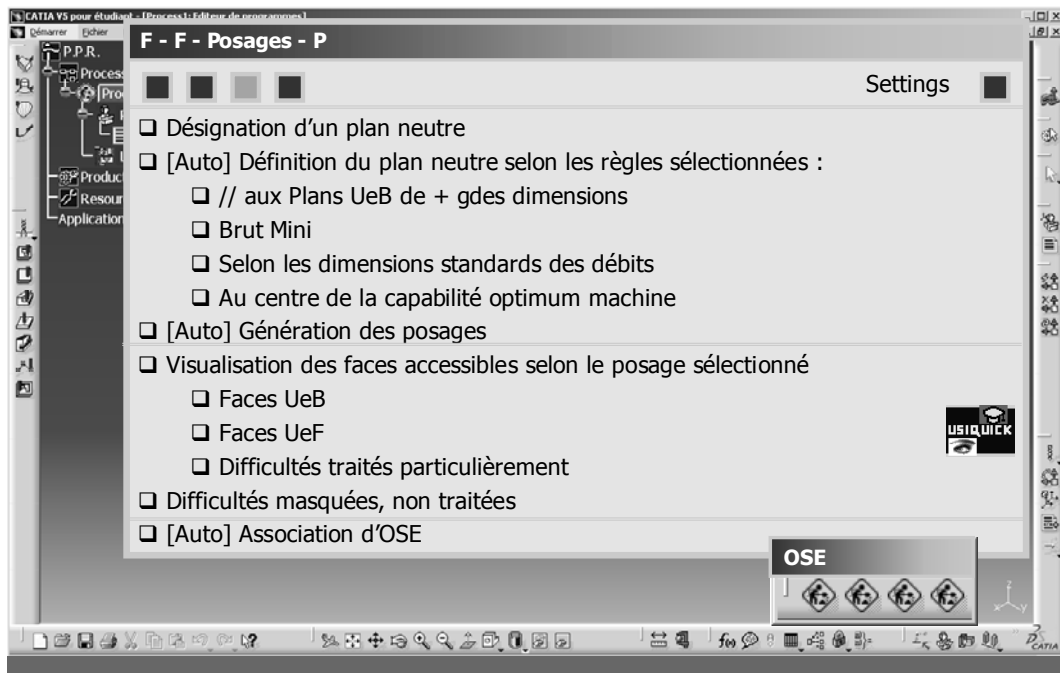


Figure 10-4 : Etape de création de la Macro-gamme puis de la Gamme détaillée

## Quatrième étape, la Pièce

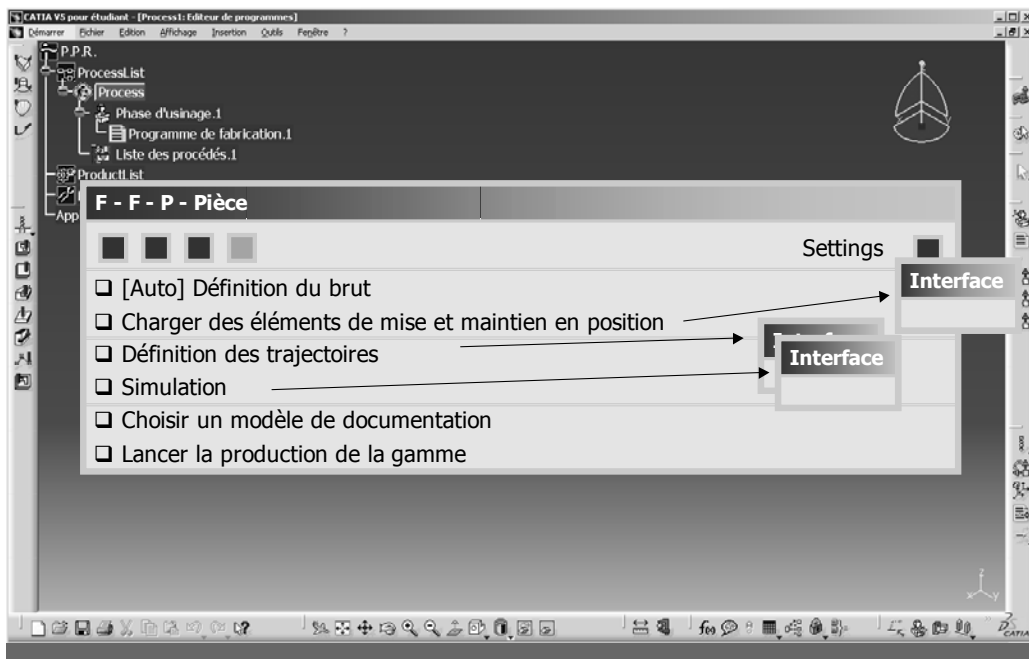


Figure 10-5 : Déclenchement des phases automatiques de vérification et de création des ressources nécessaire à l'application de la gamme

# 11 Annexe : Tableau récapitulatif du fonctionnement de la contribution



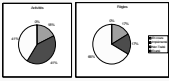

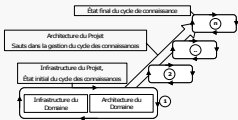
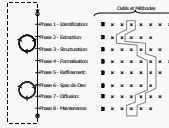
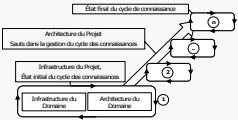
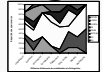
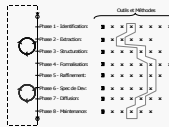
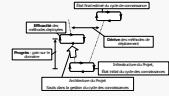

	<b>Comprendre l'enjeu</b>	<b>Concevoir une stratégie</b>	<b>Communiquer avec les partenaires</b>	<b>Piloter les représentations</b>
<b>Niveaux de maturité</b>	Se situer 	Viser 	Prise de conscience	Indicateur de dérive 
<b>Piliers</b>	Impact des phases 	S'intégrer à l'organisation	Expliquer les enjeux des phases	Décrire les impacts sur l'organisation
<b>Phases</b>	Roadmap 	MARISKA 	Roadmap 	Indicateur de progrès 
<b>Couples de concepts</b>	Définir le contenu de l'expertise	MARISKA 	Définir des indicateurs 	Indicateur d'efficacité 

Tableau 11-1 : Contribution des principes aux 4 étapes du mécanisme de représentation qui correspondent à la maîtrise d'ouvrage



## Résumé en français

L'intégration des expertises métiers constitue un enjeu primordial des nouvelles générations des systèmes de gestion globale du cycle de vie du produit. La maîtrise d'ouvrage de telles intégrations est rendue difficile par la complexité de la gestion de la connaissance proportionnelle à celle croissante du produit, la diversité des acteurs de tels projets et le manque de retour au cours ou à l'issue de déploiements de tels projets passés et présents. Ces travaux de thèse ont été menés en parallèle d'un cas d'étude sur le projet USIQUICK, visant à l'automatisation de la génération de gamme d'usinage. Cette expérience a également été confrontée à des projets dans d'autres secteurs de l'industrie ou des services.

La contribution de cette thèse propose un ensemble d'outils conceptuels utilisables en préparation ou au cours d'un projet d'intégration d'expertise. En phase amont cet ensemble d'outils peut être utilisé pour consolider les expériences précédentes et constituer des grilles d'analyses pour la prise de décision des méthodologies à déployer. Au cours du projet, cette base méthodologique d'outils donne à la maîtrise d'ouvrage des critères d'analyse pour évaluer la dynamique de projet. Elle permet de faire émerger les problèmes liés à la modélisation de l'expertise, de préparer les phases de programmation et de faire ressortir dans ces deux cas des lieux de représentations propices à l'émergence d'indicateurs de performance relatifs à la spécificité du projet étudié.

L'apport méthodologique pour la maîtrise d'ouvrage est constitué de la proposition et de l'analyse des quatre « piliers » de ressources à la modélisation et à l'intégration d'expertise (réseaux de concepts, listes de spécifications, corpus de document, outils de gestion). Ces piliers permettent de justifier une série de phases décrivant les enjeux de la modélisation (phases d'identification, d'extraction, de structuration et de formalisation) et de l'intégration (phases de raffinement, de spécification des développements, de diffusion et de maintenance). Grâce à une analyse des niveaux de maturité de la gestion initiale et attendue de l'expertise, ces « piliers » et ces phases permettent de cadrer le contexte d'un retour d'expérience ou d'un projet à déployer. En parallèle, trois couples de concepts, syntaxe / sémantique, infrastructure / architecture, domaine / projet, permettent un questionnement pour identifier les zones potentielles de problèmes dans les représentations et envisager des axes de résolution.

Il est ainsi permis de contribuer au rapprochement du systématisme épistémologique de la gestion des connaissances avec la pratique empirique et pragmatique contenue dans les savoirs. La consolidation des liens entre ces aspects de l'expertise permet un pilotage de projet par des éléments réels de connaissances et d'expertise.

Mots-clés : Expertise, Savoir, Connaissance, Maîtrise d'ouvrage, Ingénierie à base de connaissance, Syntaxe / Sémantique, Infrastructure / Architecture, Domaine / Projet

Titre et résumé en anglais : Assisting principles for project control of expertise modelling and integration

Trade expertise integration is a major issue of new generations of product-lifecycle global-management systems. Project control of such integration has been hardened by knowledge management complexity increasing with the product complexity, the diversity of stakeholders and the lack of feedbacks during or at the end of such projects, past or present. These PhD works have been led in parallel with a case study on the USIQUICK project, which seeks an automation of process planning generation. This experience has also been compared to projects taking place in other service or industry fields.

The contribution of this PhD propose a conceptual tool set, usable to prepare or during expertise integration projects. In early phases this tool set can be used to consolidate previous experiences and constitute analysis grids to take decision on methodologies to deploy. During the project, this methodological tool base underlines for project control some analysis criteria to evaluate the project dynamic. It allows the identification of modelling problems, the development preparation. In these two cases, it indicates possible representation locations from which could be constructed some performance indicators related to the project specificity.

The methodological output for project control is constituted of the proposition and the analysis of four “pillars” or resources sustaining expertise modelling and integration (concept networks, specification lists, document corpus, management tools). These pillars are justifying a list of phases, describing modelling stakes (identification, extraction, structuring and formalisation phases) and integration issues (refinement, specification development, diffusion and maintenance phases). Combined with the analyses of initial and expected management maturity of expertise, these “pillars” and phases allows constituting a framework for feedback consolidation and project deployment. In parallel, three couples of concepts, syntax / semantic, infrastructure / architecture, domain / project, allows questioning and identifying potential problem zones in representation and considering resolutions axes.

This contributes to bring closer epistemological systematism of knowledge management with empirical and pragmatic practice of learning. The consolidation of binds between these two aspects of expertise allows driving projects with real elements of knowledge and expertise.

Key words: Expertise, Learning, Knowledge, Project Control, Knowledge based Engineering, Syntax / Semantic, Infrastructure / Architecture, Domain / Project

Discipline : Génien Mécanique, Sciences de l'Ingénieur