



HAL
open science

Modèles et outils de capitalisation des connaissances en conception : contribution au management et à l'ingénierie des connaissances chez Renault - DCT

Ludovic Louis-Sidney

► **To cite this version:**

Ludovic Louis-Sidney. Modèles et outils de capitalisation des connaissances en conception : contribution au management et à l'ingénierie des connaissances chez Renault - DCT. Autre. Ecole Centrale Paris, 2011. Français. NNT : 2011ECAP0056 . tel-00659298

HAL Id: tel-00659298

<https://theses.hal.science/tel-00659298>

Submitted on 8 Jul 2014

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.



**Thèse de doctorat
Présenté par**

Ludovic LOUIS-SIDNEY

Pour l'obtention du grade
de Docteur de l'Ecole Centrale Paris

Spécialité : Génie Industriel

Laboratoire d'accueil : LISMMA

**MODELES ET OUTILS
DE CAPITALISATION DES
CONNAISSANCES EN CONCEPTION :
Contribution au management et à l'ingénierie des
connaissances chez Renault - DCT**

Soutenue le 8 décembre 2011 devant un juré composé de :

Benoît EYNARD	Professeur, UT Compiègne	Rapporteur
Laurent GENESTE	Professeur, ENI Tarbes	Rapporteur
Alain BERNARD	Professeur, EC Nantes	Président
Emmanuel CAILLAUD	Professeur, Université de Strasbourg	Examineur
Alain RIVIERE	Professeur, Supméca Paris	Examineur
Samir LAMOURI	Professeur, Arts et Métiers ParisTech	Directeur
Vincent CHEUTET	Maître de conférences, Supméca Paris	Co-Encadrant
Michel GRUNDSTEIN	Ingénieur Conseil, Chercheur associé UT Paris-Dauphine	Invité
Antoine MEZZA	UET « Méthodes IAO et échanges numériques », Renault	Invité
Olivier PURON	Service « Animation de la performance », Renault	Invité

Année 2011
Numéro d'Ordre 2011ECAP0056

École Doctorale Sciences pour l'Ingénieur – ED287
École Centrale Paris

REMERCIEMENTS

Ce manuscrit est le résultat d'un projet de thèse qui doit son aboutissement à l'appui et à la participation d'un ensemble de personnes. Cette page se veut l'expression de ma reconnaissance envers elles.

Tout d'abord je souhaite remercier M. Alain BERNARD de m'avoir fait l'honneur de présider mon jury de thèse. Merci également à M. Benoît EYNARD et M. Laurent GENESTE d'avoir accepté d'être les rapporteurs de cette thèse et de m'avoir fait bénéficier de leur analyse concernant ces travaux de recherche. Je remercie M. Emmanuel CAILLAUD et M. Alain RIVIERE pour leur participation à ce jury, marquant ainsi l'intérêt qu'ils ont accordé à ce travail. Merci à M. Michel GRUNDSTEIN de m'avoir honoré de sa présence. Je ne peux que regretter la mise en œuvre tardive de ma démarche pour le rencontrer et profiter de ses critiques constructives.

J'exprime également ma gratitude à l'égard des membres de l'équipe qui m'ont accueilli à la Direction de la Conception des Technologies GMP de Renault. Merci à M. Antoine MEZZA, Responsable de l'UET Méthode IAO et échanges numériques ainsi qu'à M. Olivier PURON, Chef du Service Animation de la performance pour le suivi permanent qu'ils ont effectué ainsi que pour leurs conseils avisés et pragmatiques. Merci aussi à M. François BAUDLOT et M. Eric TAVENNE, leur prédécesseur, sans qui ce projet n'aurait pu voir le jour.

J'ai une considération particulière pour M. Samir LAMOURI, qui a su dirigé cette thèse admirablement en la jalonnant de challenges, et M. Vincent CHEUTET, dont j'ai perçu l'encadrement comme une aide précieuse vis-à-vis de ma volonté de répondre aux exigences de mes activités de recherche. La richesse de nos échanges, scientifiques comme extra-scientifiques, ont été à l'origine de remises en question particulièrement formatrices qui me seront sans aucun doute d'une large utilité dans l'avenir.

Je souhaite également faire part de ma reconnaissance aux membres de l'équipe COSI du LISMMA pour leur accueil et toute leur attention. Les moments chaleureux dont ils ont amplement agrémenté cette période studieuse me laisseront de beaux souvenirs.

Je finirai par une pensée toute particulière pour ma famille qui a su m'apporter le soutien nécessaire pour poursuivre et mener à bien ce projet de thèse qui m'était cher.

« La connaissance poétique est celle où l'homme éclabousse l'objet de toutes ses richesses
mobilisées. ».

Aimé CESAIRE. « Poésie et Connaissance », Revue TROPICQUES N°12 / 1945, Editions
Jean-Michel Place, Paris, 1978.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	11
Cadre de recherche.....	11
Contribution industrielle et scientifique.....	13
Structure du manuscrit	15
CHAPITRE 1 CONCEPTION DE PRODUIT, CONNAISSANCES ET OUTILS NUMERIQUES	17
1.1 Conception et connaissances.....	17
1.1.1 Angles d’approche de la phase de conception	18
1.1.2 Angle particulier de la connaissance.....	36
1.2 Méthodes et outils numériques supports des connaissances en conception	51
1.2.1 Capitalisation informelle des connaissances.....	53
1.2.2 Capitalisation formelle des connaissances.....	60
1.2.3 MASK : une méthode mixte	68
1.3 Etude de situation chez Renault – DCT	72
1.3.1 Analyse comparative vis-à-vis de l’état de l’art scientifique.....	73
1.3.2 Une maîtrise insuffisante de la diffusion des connaissances	80
1.4 Synthèse de l’état de l’art.....	85
CHAPITRE 2 PROBLEMATIQUE.....	89
2.1 Hypothèses de travail.....	89
2.1.1 Première hypothèse.....	89
2.1.2 Seconde hypothèse.....	91
2.2 Objectifs des travaux.....	92
2.2.1 Premier objectif.....	92
2.2.2 Second objectif.....	94
CHAPITRE 3 MODELE CONCEPTUEL DE PRESERVATION DES CONNAISSANCES ORIENTE PROCESSUS	97
3.1 Positionnement vis-à-vis de l’état de l’art	97
3.1.1 MASK comme support méthodologique	97
3.1.2 UML comme langage de modélisation	99
3.1.3 Définitions.....	101
3.2 Approche ontologique des connaissances.....	102
3.2.1 Analyse de la composante sémantique	102

3.2.2	Proposition du premier module du modèle conceptuel.....	110
3.3	Approche phénoménologique des connaissances	112
3.3.1	Analyse des composantes sémantique et contextuelle.....	112
3.3.2	Proposition du second module du modèle conceptuel.....	119
3.4	Consolidation des concepts fondamentaux du modèle	122
3.4.1	Intégration des modules et problématique d’actualisation.....	122
3.4.2	Considérations méthodologiques et architecture du modèle	127
3.5	Synthèse de la proposition	134
CHAPITRE 4 APPLICATIONS CHEZ RENAULT-DCT.....		137
4.1	Inter-Knowledge Objects Exchange System (IKOES).....	137
4.1.1	Cadre applicatif.....	137
4.1.2	Modèle conceptuel d’IKOES.....	140
4.1.3	Implémentation et discussion.....	151
4.2	Process oriented Knowledge Management System (PKMS).....	157
4.2.1	Implémentation du modèle proposé.....	157
4.2.2	Instanciation du modèle et interface d’interrogation	161
4.3	Synthèse de l’évaluation du modèle conceptuel proposé	169
CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....		171
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....		177
INDEX DES FIGURES		192
INDEX DES TABLEAUX.....		195
LISTE DES SYMBOLES.....		196

INTRODUCTION

Cadre de recherche

Dans un contexte de développement croissant du concept d'entreprise étendue (alliance, partenariat, sous-traitance) et d'internationalisation, **la maîtrise du savoir-faire propre à une entreprise est devenue capitale au sein du monde industriel**. Le concept PLM (Product Lifecycle Management ou Gestion du cycle de vie produit) s'est alors développé de façon à répondre à ce besoin de partager les informations relatives à un produit, durant chaque étape de son cycle de vie (conception, fabrication, stockage, transport, vente, utilisation, service après-vente, recyclage). Les outils PDM (Product Data Management ou outils de gestion des données produit) semblent se positionner comme centraux de façon à gérer le partage des informations au sein de la phase de conception. Ainsi l'entreprise Renault, notre partenaire industriel pour cette thèse CIFRE, a mis en place un vaste programme visant à actualiser la gamme de solutions dont elle disposait sur ce périmètre. Dès le lancement de ce programme, une personnalisation des nouvelles solutions proposées par l'éditeur sélectionné a été envisagée. Cette personnalisation s'appuie notamment sur des modèles de processus de travail standards, actualisés tout au long du programme. Ces modèles de processus visent à représenter les activités élémentaires ainsi que les informations de conception permettant d'aboutir à une maquette numérique du produit de type CAO. Ils constituent alors pour l'entreprise une représentation de son savoir-faire, qu'il est pertinent de capitaliser afin de pouvoir le gérer, et par la suite, optimiser les modes de travail en conception. Les outils actuels, dont disposent l'entreprise, ne permettent pas de réaliser une telle capitalisation de façon structurée et nous ont conduits à nous interroger de façon globale sur ce problème.

Introduction

Ce travail de réflexion a été encadré au sein du Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Mécanique et des Matériaux (LISMMA, EA-2336)¹. Les recherches menées par ce laboratoire ont un caractère pluridisciplinaire, recouvrant le génie mécanique, la mécanique, la mécatronique et le génie industriel. Notre contribution se positionne sur ce dernier domaine et couvre un champ de compétences relevant des sections 60 (mécanique, génie mécanique, génie civil), 61 (génie informatique, automatique et traitement du signal) et 27 (informatique) officiellement reconnues par le Conseil National des Universités. En 2009, un rapport² remis au ministre en charge de l'industrie, et portant sur l'enseignement de l'excellence opérationnelle dans les grandes écoles d'ingénieurs et de management, consacre une certaine attention au génie industriel. Il y est défini comme englobant « la conception, l'amélioration et l'installation de systèmes intégrés. Il utilise les connaissances provenant des sciences mathématiques, physiques et sociales, ainsi que les principes et méthodes propres au *génie* ou à l'art de l'ingénieur, dans le but de spécifier, prédire et évaluer les résultats découlant de ces systèmes »³. Cette discipline, introduite en France au début des années 1990, semble être reconnue comme utile à la compétitivité des entreprises, mais souffrir de son caractère transversal relativement aux sciences dites « dures ». Nos travaux lui apportent une modeste contribution que nous espérons de nature à corroborer son intérêt. Il nous semble effectivement peu probable que l'analyse proposée, portant sur le management des connaissances, eu pu voir le jour si elle avait été contraint de se situer à l'intérieur d'une section particulière. Au sein de cette discipline génie industriel du LISMMA, nous avons participé, de manière plus spécifique, à l'activité de l'équipe Ingénierie Numérique qui regroupe les outils et méthodologies associés à l'étude (conception et simulation) du produit et de ses procédés de fabrication, ainsi qu'à la gestion des données et des informations du cycle de vie produit.

¹ <http://lismma.supmeca.fr/>

² <http://www.industrie.gouv.fr/portail/pratique/qualite/rapport-dorison.pdf>

³ Cette définition peut également être retrouvée sur Wikipédia et est reprise de l'American Institute of Industrial Engineers.

Contribution industrielle et scientifique

La contribution de ce travail se positionne au sein des disciplines scientifiques du management des connaissances et de l'ingénierie des connaissances. Ces disciplines n'ont cessé de gagner en maturité depuis l'émergence de la notion de sociétés de savoir, initialement proposée par Peter Drucker en 1969 [UNESCO, 2005]. Dans une tendance encore actuelle à la dématérialisation, leur approfondissement répond à la fois à un enjeu économique (Economie de la connaissance) et à un enjeu de mémoire (Sociétés de mémoire) [UNESCO, 2005]. Les apports de nos travaux ont vocation à discuter et proposer des éléments de réponse dans le cadre de ces enjeux. Ils ont été menés dans un contexte fortement influencé par les problématiques des industries manufacturières. Cependant, nous pensons et souhaitons que l'effort d'explicitation mené lors de la rédaction de ce manuscrit permette aux lecteurs d'en extraire les éléments de connaissances pertinents, permettant d'assurer l'application de ces derniers dans d'autres contextes.

D'un point de vue théorique, notre analyse de l'état de l'art, mais également du contexte industriel particulier dans lequel a été réalisé ce travail, nous ont amené à proposer un modèle conceptuel de préservation des connaissances orienté processus. Ce modèle cible principalement les organismes⁴ ayant choisi une approche globale de management par les processus telle que recommandée par l'ISO (Organisation Internationale de Normalisation). Il s'appuie sur un agencement original de concepts scientifiques fortement inspirés de la méthode MASK (Methodology for Analysing and Structuring Knowledge) développée par Jean-Louis ERMINE [Ermine, 2001] et ayant notamment contribué à la préservation des connaissances au CEA (Commissariat de l'Energie Atomique). L'intérêt de ce modèle se positionne dans un objectif de gérer, par l'intermédiaire d'une étape de formalisation, le lien qui existe entre d'une part des connaissances codifiées dans des documents ou des applications à bases de connaissances et d'autre part des activités opérationnelles concrètes. Cette gestion a pour cible l'optimisation de la qualité, des coûts et des délais des processus de reconception. Elle

⁴ « Ensemble d'installations et de personnes avec des responsabilités, pouvoirs et relations » [NF EN ISO 9000, 2005]

Introduction

doit également contribuer à la standardisation des processus de travail dans un contexte d'entreprise étendue.

D'un point de vue pragmatique, le modèle proposé vise à être implémenté de façon à mettre à disposition des membres d'un organisme un système d'information de référence pour le management de leurs connaissances à un niveau opérationnel. Un démonstrateur attestant de son caractère implémentable a été proposé et a démontré sa capacité à structurer des connaissances codifiées. Par ailleurs un moyen d'évaluation original de la capacité descriptive du modèle a été utilisé. Ce moyen a conduit au développement d'un second démonstrateur de système d'information portant sur l'échange de valeurs de paramètres entre fichiers paramétrés. Ce second démonstrateur aborde une problématique encore peu développée dont l'intérêt a été reconnu scientifiquement et industriellement. Il constitue un premier pas vers le management des connaissances à un niveau de granularité particulièrement fin.

L'ensemble de ces éléments forment un apport cohérent inscrit dans une problématique générale de recherche visant la maîtrise et l'optimisation de la diffusion des connaissances en conception. Elle s'est traduite par une participation aussi active que possible au sein de la communauté scientifique.

Structure du manuscrit

Ce manuscrit est structuré en quatre chapitres représentant quatre activités successives d'un processus de conception menant à des produits concrets. Au sein de chaque chapitre, une décomposition hiérarchique des thèmes abordés amène aux éléments représentatifs de sa valeur ajoutée. Dans le texte, de manière générale, nous utiliserons respectivement les termes de « partie », « section » et « sous-section » pour désigner le positionnement des thèmes de second, troisième et quatrième niveau hiérarchique.

Le premier chapitre, « **conception de produit, connaissances et outils numériques** », présente notre analyse de l'**état de l'art** orienté vers le management et l'ingénierie des connaissances. Dans un premier temps, nous replaçons ces deux disciplines par rapport à la phase de conception et analysons dans quelle mesure leurs apports peuvent encore être pertinents pour l'optimisation des processus de réalisation des produits. Puis nous revenons à leur genèse et présentons un ensemble de méthodes et outils qui découlent de leur développement. Le dispositif CIFRE nous ayant permis d'avoir un regard affiné sur un cas industriel particulier, nous apportons une analyse comparative des moyens mis en œuvre par notre partenaire (Renault - Direction de la Conception des Technologies groupe motopropulseur) dans le cadre de ces domaines scientifiques.

Le second chapitre, « **Problématique** », expose les **hypothèses et objectifs** de nos travaux. Ils s'appuient sur notre état de l'art et le cadre général ayant déclenché nos travaux. Ils amènent à la nécessité, pour un organisme souhaitant manager ses connaissances, de disposer d'un moyen de structuration de l'ensemble de ses outils supports des connaissances. Ce moyen doit disposer de certaines caractéristiques particulières : être unifié et intégrer une logique processus permettant de formaliser le lien qui existe entre ces outils dont dispose l'organisme et des processus de reconception.

Introduction

Le troisième chapitre, « **Modèle conceptuel de préservation des connaissances orienté processus** », décrit notre **proposition**. Il s'agit d'un modèle conceptuel permettant le développement du moyen de structuration jugé nécessaire selon les hypothèses du second chapitre. Ce modèle est décrit à partir du langage UML et vise l'implémentation d'un système d'information basé sur ses principes. Il reprend de façon critique une partie des éléments systémiques et sémiotiques proposés dans MASK.

Le quatrième chapitre, « **Applications chez Renault-DCT** », concerne l'activité d'**évaluation** de la proposition effectuée. Il propose une évaluation qualitative d'une partie du modèle conceptuel en considérant sa capacité à être utilisable dans le domaine formelle de l'ingénierie des connaissances. Ce travail amène à la proposition d'un premier démonstrateur (sur la base des applications CATIA V5 et Excel) répondant à un besoin exprimé par notre partenaire industriel. Ce dernier porte sur le développement d'un système d'information permettant de réaliser l'échange de valeurs de paramètres entre fichiers paramétrés. Ce chapitre propose également une évaluation du caractère effectivement implémentable du modèle conceptuel de façon à générer un système de management des connaissances orienté processus. Cette seconde évaluation a mené à un second démonstrateur implémentant le modèle. Il a été réalisé à partir du progiciel Microsoft Access 2003.

Ce manuscrit est conclu par une synthèse des ses apports et la proposition de perspectives tant théoriques que technologiques sur nos travaux.

CHAPITRE 1 CONCEPTION DE PRODUIT, CONNAISSANCES ET OUTILS NUMERIQUES

Le fascicule de documentation [FDX50-127, 2002] de la norme AFNOR définit un produit comme le « résultat d'un processus ». Il propose une catégorisation des produits en « services, software, matériels, produits issus de processus à caractère continu ». Cependant il mentionne que nombre d'entre-eux, comme le produit automobile, sont composés d'éléments appartenant à différentes catégories. Cette remarque suppose l'existence de plusieurs processus interreliés permettant d'aboutir à ce type de produit composite. Selon nous, cette interrelation de processus fait de la conception une activité complexe au sein des grandes entreprises manufacturières. Le présent chapitre vise à présenter la façon dont nous avons perçu l'étendue de cette complexité, le périmètre restreint au sein duquel nous avons choisi de l'aborder ainsi que la situation de notre partenaire industriel sur ce périmètre.

1.1 Conception et connaissances

La conception est une activité cognitive par excellence au sein de laquelle il est nécessaire de traduire un besoin (parfois tacite comme celui de la téléphonie mobile) en un produit concret. On pourrait donc avoir tendance à considérer que de tous temps les membres d'une entreprise, disposant d'une fonction Recherche et Développement, ont cherché à gérer leurs savoir-faire ou de façon plus globale leurs connaissances (la nuance entre les deux est présentée plus loin). Il est cependant notable que les éléments de recherche, présentés dans cette partie, portent à croire que ce travail systématique n'a

1.1 Conception et connaissances

trouvé son essor qu'au début des années 90. Cette partie vise à la fois à révéler le lien inextricable existant entre connaissance et conception ainsi qu'à ramener le lecteur à la genèse du concept de connaissance en tant que source de compétitivité pour un organisme.

1.1.1 Angles d'approche de la phase de conception

Dans cette section, nous présentons la connaissance comme étant l'angle d'approche que nous avons sélectionné pour aborder la phase de conception. Cette sélection s'appuie sur une première analyse systémique. Par la suite, nous dégagons de cette analyse, les éléments qui conduisent à positionner ce choix comme une initiative pertinente et durable.

1.1.1.1 Vision systémique

En leur ouvrant de nombreux marchés, la mondialisation a également placé les grandes entreprises manufacturières dans un contexte concurrentiel exacerbé. Si le choix de positionnement sur les marchés mondiaux et les facteurs clés de succès⁵ de ces entreprises sur les marchés choisis sont des critères de survie déterminants, la récente crise financière (le lecteur pourra se référer à [Cohen, 2009] pour une analyse critique) a montré que la maîtrise des coûts tout au long du cycle de vie du produit doit également rester au cœur des préoccupations des dirigeants d'entreprises. De manière générale, le cycle de vie du produit se décompose en trois grandes phases : le début de vie, incluant la conception et la production, le milieu de vie incluant la logistique (distribution), l'utilisation, le service et la maintenance, la fin de vie incluant la logistique inverse (collecte des produits), la reconstruction (désassemblage, rénovation, réassemblage, etc.); la réutilisation, le recyclage et la destruction [Jun et al., 2007]. Au sein de cette grande phase qu'est le début de vie, la conception est reconnue comme étant génératrice de 80% du coût futur du produit [Berliner et Brimson, 1988 ; Liebers et Kals, 1997]. La maîtrise

⁵ « Caractéristiques (prix, qualité, délai de livraison, fiabilité, design, service après-vente, image, etc.) qui permettent à une entreprise de l'emporter sur la concurrence » [ACGPE et HEC, 1993].

de cette phase est donc cruciale afin de proposer au client des produits adaptés à ses besoins dans des contraintes de coût assurant la rentabilité de l'entreprise.

Compte-tenu de l'importance de cette phase, les travaux scientifiques s'y rapportant sont nombreux (Tomiyaama et al. proposent une analyse fournie des méthodes de conception considérées par l'industrie et l'enseignement dans [Tomiyaama et al., 2009]) et tendent à montrer que son introspection de façon complète est une gageure tant les éléments à prendre en comptes sont variés. De façon à aborder la phase de conception, le choix d'un angle d'approche a été nécessaire. Les travaux scientifiques analysés ainsi que notre contexte industriel de travail, nous ont amené, dans un premier temps, à percevoir l'angle processus. Il s'agit de celui proposé par l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO) dans son portefeuille de normes de management et leadership. Cet angle concerne la famille des normes ISO 9000 (ISO 9000, ISO 9001, ISO 9004, ISO 19011) qui ont pour objectif d'aider les organismes à mettre en œuvre et à appliquer des systèmes de management de la qualité. Chacune de ces normes ont fait l'objet d'une reproduction intégrale par l'Association Française de NORmalisation (AFNOR).

La norme française relative à l'ISO 9001 (« Systèmes de management de la qualité – Exigences ») aborde de façon spécifique le processus de réalisation du produit et donc la phase de conception. Le vocabulaire utilisé dans cette norme est précisé au sein de la norme française relative à l'ISO 9000 (« Systèmes de management de la qualité – Principes essentiels et vocabulaire »). Cette dernière est accompagnée du fascicule de documentation FDX50-176 « Outil de management – Management des processus » afin d'améliorer sa compréhension.

Selon un vocabulaire normatif, nous avons ainsi abordé la conception comme étant un processus dont la définition composite est la suivante :

- un processus est : « un ensemble d'activités corrélées ou interactives qui transforme des éléments d'entrée en éléments de sortie » [NF EN ISO 9000, 2005],
- une activité est « ensemble de tâches corrélées constituant une étape de transformation d'un processus » [FDX50-176, 2005],

1.1 Conception et connaissances

- une tâche est un « ensemble homogène d'opérations simples ou de gestes, généralement affectés à un individu, contribuant à la transformation d'informations, de données ou d'objets » [FDX50-176, 2005].

Le fascicule de documentation [FDX50-176, 2005] mentionne le fait qu'un processus peut être décomposé (l'analyse de cette décomposition doit par ailleurs faire partie de l'évaluation du système de processus de l'organisme). Compte tenu du fait que la définition d'un processus ne mentionne pas celle de sous-processus, cette possibilité de décomposition fait apparaître une dualité activité/processus (une activité pouvant être vue comme un processus et inversement à un niveau intermédiaire de décomposition). Dans ce chapitre, où nous abordons le processus de conception d'une façon plus générale que formelle, nous ne ferons pas de distinction entre ces deux notions. Nous clarifierons cette ambiguïté en section 3.1.3.

Parmi les travaux étudiés, nous avons retenu trois définitions qui abordent la caractérisation de la phase de conception. Ces définitions présentent la particularité d'apporter un point de vue holistique sur cette phase, selon l'angle d'approche processus explicité ci-dessus, et d'être issues de travaux réalisés à des périodes différentes :

- Gero propose, en 1990, la définition conceptuelle suivante : « Design activity can be now characterized as a goal-oriented, constrained, decision-making, exploration, and learning activity that operates within a context that depends on the designer's perception of the context »⁶ [Gero, 1990].
- Roucoules et al. proposent, en 2006, une vision plus managériale du processus de conception : « un processus de conception de produit consiste à organiser un système socio-technique complexe constitué d'une combinaison d'acteurs, d'informations et d'expertises visant à répondre au mieux à un ensemble de requis non totalement définis et évolutifs » [Roucoules et al., 2006].

⁶ Bien que Gero emploie explicitement le terme « activité » dans sa définition, il poursuit sa caractérisation en précisant également que cette activité de conception peut être vue comme étant un processus : « a general model of design as a process involves the following activities... » corroborant la dualité activité/processus évoquée plus haut.

Chapitre 1 Conception de produit, connaissances et outils numériques

- Bracewell et al. amènent, en 2009, un point de vue plus formel : « Engineering design can be modelled as an information processing activity. Each step in the process involves members of design team identifying the information that defines a particular subproblem and then using their knowledge and skills, along with the available tools, to process that information into a state that defines the selected sub-solution » [Bracewell et al., 2009].

L'analyse (cf. Tableau 1.1.1) des éléments de définitions ci-dessus nous a permis de dégager un certain nombre de concepts fondamentaux qui entourent la phase de conception que nous représentons Figure 1.1.1. Dans cette figure, le sens (en tant qu'élément sémantique et non d'orientation) du positionnement des cercles par rapport au processus de conception renvoie à celui des actigrammes du langage de modélisation dans [IDEF0, 1993].

Éléments de définition			Concepts
Gero	Roucoules et al.	Bracewell et al.	
« design activity »	« processus de conception »	« processing activity »	Processus de conception
« constrained »	« requis »	« information that defines a particular sub problem »	Exigences
« goal oriented »	« répondre »	« state that defines the selected sub-solution »	Données produit
« decision making », « designer »	« acteurs »	« members »	Acteurs
« context »	« informations »	« tools »	Systèmes d'information
« learning »	« expertises »	« knowledge and skills »	Connaissances
l'ensemble des éléments de définition interreliés			Systèmes

Tableau 1.1.1 : Eléments de définition et concepts générés.

1.1 Conception et connaissances

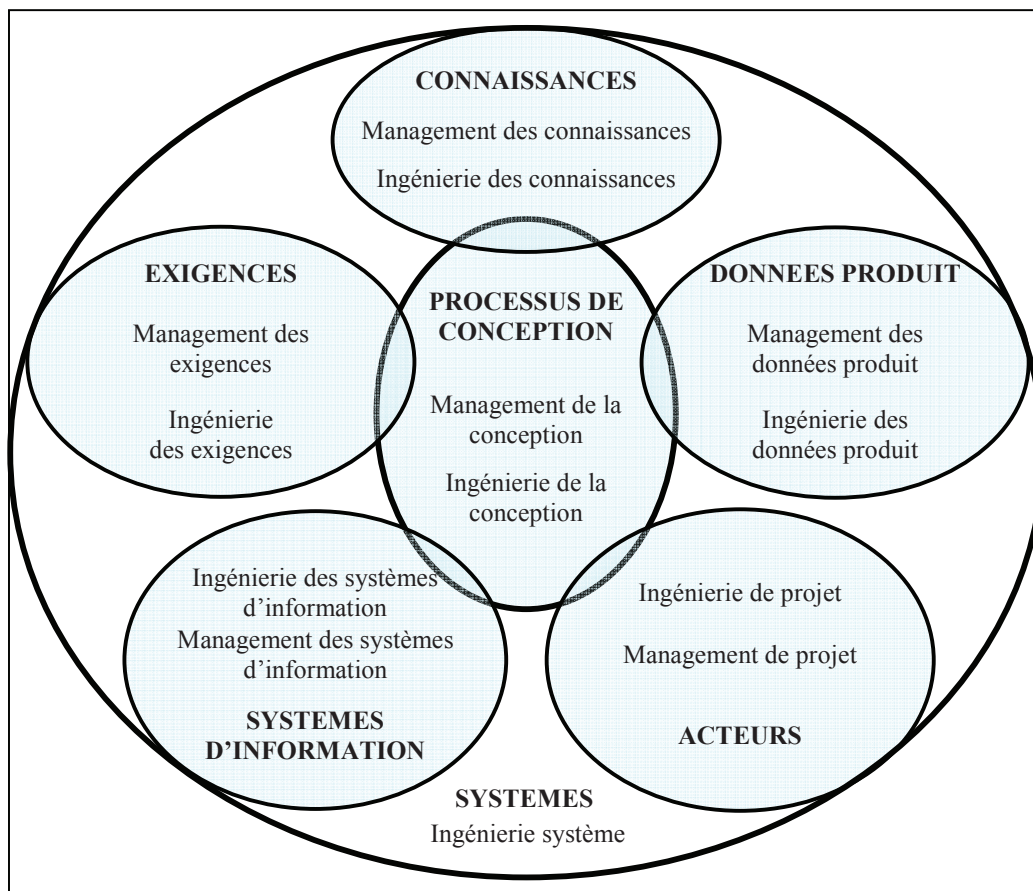


Figure 1.1.1: Système des angles d'approche de la phase de conception

Chacun des concepts évoqués amène à une série de travaux voire de disciplines scientifiques. La structuration proposée n'est pas de nature exclusive. Certains travaux scientifiques peuvent être positionnés sous plusieurs concepts pour différentes raisons. D'une part, les disciplines sous-jacentes à ces concepts ont tendance à s'élargir de façon à justifier d'une vision de plus en plus holistique et se retrouvent à se chevaucher. D'autre part, certaines problématiques scientifiques s'identifient aux interfaces de ces concepts et nécessitent des approches transverses. Elle vise cependant à représenter la vision de l'ensemble des angles d'approche de la phase de conception que nous avons identifiés dans notre étude. Nous les présentons brièvement de manière à faire ressortir un certain nombre de caractéristiques distinctives qui nous permettront de positionner plus clairement nos travaux.

De manière générale nous distinguons dans ces concepts les **approches de management**

et les **approches d'ingénierie** qui, bien que s'intéressant aux mêmes problématiques générales, ne les abordent pas suivant les mêmes objectifs.

Le Larousse classique (édition 1957), le Petit Robert (édition 2003) et le Littré (édition 2005) définissent respectivement le management comme étant :

- Une « science de la technique de direction et de gestion de l'entreprise ».
- Un « ensemble de connaissances concernant l'organisation et la gestion d'une entreprise »
- Un « ensemble de méthodes employées pour diriger, organiser et gérer une entreprise ou un projet »

Ainsi les approches de management se caractérisent par un objectif d'organisation visant la conduite d'une entreprise, ou de manière plus générale d'un organisme (au sens de [\[NF EN ISO 9000, 2005\]](#)), dans une certaine direction. Elles abordent souvent un grand nombre de problématiques à un niveau informel (niveau d'analyse jugé suffisant pour permettre la compréhension globale d'une ou plusieurs problématiques par un individu ainsi que l'utilisation des outils adaptés à leur résolution). Dans la littérature scientifique, le terme management est souvent utilisé en concurrence avec le terme gestion. Dans ce manuscrit, nous utiliserons indifféremment ces deux termes, hormis lors des analyses bibliographiques au sein desquelles nous conserverons ceux choisis par les auteurs.

Concernant l'ingénierie, le Petit Robert (édition 2003) et le Littré (édition 2005) (le Larousse (édition 1957) ne mentionne pas de définition du terme ingénierie) lui attribuent les définitions suivantes :

- Une « discipline d'applications scientifiques ».
- Un « ensemble de travaux entrepris pour mener à bien un projet industriel ».

Les approches d'ingénierie se distinguent alors des approches de management par des objectifs plus en rapport avec une analyse fine des problématiques souvent proches de l'exécution de tâches concrètes. Elles se caractérisent par la mise en œuvre d'une démarche scientifique cherchant à s'appuyer sur des modèles à caractères techniques (en

1.1 Conception et connaissances

relation étroite avec une application), construits sur la base de langages formels (grammaire et sémantique stricte) de nature à amener vers le développement de systèmes automatisés. Elles contribuent ainsi à définir des outils et des méthodes qui seront exploités suivant des principes de management. Nous décrivons ci-dessous chacun des concepts et disciplines présentés Figure 1.1.1.

Nous avons déjà mentionné plus haut trois définitions du **processus de conception**. Nous nous intéressons ici plus précisément aux disciplines scientifiques qui semblent s'être spécialisées sur les problématiques existantes autour de ce concept.

Le terme de **management de la conception** est selon notre analyse bibliographique peu utilisé. Les travaux menés par le Supply Chain Council sur le modèle DCOR (Design Chain Operations Reference model) y font cependant explicitement référence. Nyere définit le DCOR comme étant : « a cross-industry diagnostic tool for design-chain management. DCOR enables users to address, improve and communicate design chain-management practices within and between interested parties » [Nyere, 2006]. Le DCOR est ainsi composé de cinq principaux processus de management : Plan, Research, Design, Integrate et Amend. Au-delà de ces travaux, de nombreuses propositions de modélisation du processus de conception, que nous situons également dans cette optique, existent. Howard et al. font état de 23 propositions de 1967 à 2006 [Howard et al., 2008] auxquelles il est possible de rajouter le modèle du cycle en V.

Dans son ouvrage relatif à l'**ingénierie de la conception** et au cycle de vie des produits, Roucoules et al. considèrent que « la conduite au sein des systèmes de conception s'appuie sur des modèles, méthodes et outils permettant la mise en place d'indicateurs de performances concernant non seulement le produit (vision statique, approche résultat) mais également les différentes phases de son cycle de vie (vision dynamique, approche par anticipation). Le système d'information constitue un support incontournable de cette problématique » [Roucoules et al., 2006]. Ils abordent ainsi l'ingénierie de la conception sous 5 aspects : l'innovation, le pilotage et les performances en conception, les variables et critères de conception, l'intégration en conception (conception préliminaire, ergonomie, tolérancement, contraintes environnementales) et les systèmes d'information. Nous positionnons également, sur cet angle d'approche, des travaux comme ceux de :

- Baudlot et al. proposant une « démarche de conception modulaire » en environnement CAO [Baudlot et al., 2007],
- Bellacicco et al. proposant une démarche visant « à concevoir et à optimiser l'architecture d'un mécanisme à partir de son étude fonctionnelle, des contraintes mécaniques et des règles métiers imposées pour la conception [...] en exploitant les fonctionnalités des modelers CAO » [Bellacicco et al., 2007],
- ou encore Drieux et al. décrivant le concept de maquette numérique avale (cette dernière étant issue de la maquette numérique représentant de façon classique le produit réel, mais retravaillée de façon à répondre aux besoins techniques spécifiques d'un métier de la simulation) [Drieux et al., 2006].

Le concept d'**exigence** en conception a été abordé de façon globale dans les travaux de Claros Salinas [Claros Salinas, 2008]. L'auteur définit une exigence comme étant un besoin (généralement exprimé par les clients externes) ou une contrainte (issue de normes ou de règles définies par des organismes externes ou par des acteurs du cycle de vie du produit) exprimée par les acteurs dans un langage standard. Cette définition est en accord avec celle de la norme française relative à l'ISO 9000 selon laquelle une exigence est un « besoin ou attentes formulés, habituellement implicites, ou imposés » [NF EN ISO 9000, 2005].

Dans ses travaux, elle aborde les disciplines scientifiques de la gestion des exigences et de l'ingénierie des exigences. La **gestion des exigences** ou requirement management (RM) est présentée comme étant un ensemble d'« orientations sur des activités qui doivent être mises en place pour s'assurer que le produit final satisfasse les besoins et contraintes du client externe et des clients internes ». Selon l'auteur, « le RM a un aspect d'encadrement très fort ». Il aborde différentes problématiques : l'élicitation [Fiksel et Hayes-Roth, 1993 ; Davis et Zweig, 2000], l'analyse [Fiksel et Hayes-Roth, 1993], le filtrage [Davis et Zweig, 2000], la documentation [Davis et Zweig, 2000], le contrôle [Jones et al., 1997 ; Davis et Zweig, 2000], la traçabilité [Fiksel et Hayes-Roth, 1993 ; Jones et al., 1997] et la vérification des exigences [Fiksel et Hayes-Roth, 1993 ; Jones et al., 1997].

1.1 Conception et connaissances

L'**ingénierie des exigences** ou requirement engineering (RE) est considérée comme étant une autre discipline. Elle provient du domaine du développement logiciel et serait une branche de l'ingénierie système. Elle aborde des problématiques similaires à celle du RM : élicitation, spécification, validation, traçabilité des exigences mais en ajoute de plus concrètes comme la modélisation et l'évaluation de l'impact dû à la modification des exigences. Un exemple de tels travaux de modélisation, relatif à la conception de systèmes d'information, nous est donné dans [Molina et Toval, 2009]. Il résulte aujourd'hui de la volonté de résoudre ces problématiques un ensemble important de techniques spécifiques au RE face auxquelles Tang et Feng proposent même de mettre en place un outil d'aide à leur sélection selon les caractéristiques du projet à développer [Tang et Feng, 2009].

« Un SI [**Système d'Information**] se définit comme un ensemble de composantes interreliées qui recueillent (ou récupèrent) de l'information, la traitent, la stockent et la diffusent afin d'aider à la prise de décision, à la coordination et au contrôle au sein d'une organisation » [Laudon K. et Laudon J., 2006]. Selon Laudon K. et Laudon J., « le terme « information » recouvre les données qui sont représentées sous une forme utile et utilisable par les personnes », les données étant « des valeurs à l'état brut représentant des événements qui ont lieu dans ou dehors des organisations ».

Le **management des systèmes d'information** comporte 3 composantes principales :

- l' « organisation » dont les éléments clés sont « le personnel, la structure, les processus opérationnels, la politique et la culture »,
- le « management » qui vise la prise en compte des besoins différents aux niveaux stratégique, tactique et opérationnel : « chaque niveau de gestion a différents besoins d'informations spécifiques et exprime diverses exigences en matière de SI »,
- la « technologie » qui concerne le choix du « matériel informatique », « des logiciels d'exploitation », « des technologies de stockage » et des « technologies de communications ».

Ces composantes peuvent être abordées suivant une « approche comportementale » ou une « approche technique ». L'approche comportementale porte sur l'étude « des questions comportementales soulevées par l'élaboration et l'exploitation pérenne et efficiente des SI ». Les travaux de Joshi et Lauer sur l'impact de l'introduction d'un système CAO dans un bureau de design en constituent un exemple [Joshi et Lauer, 1998]. « L'approche technique de l'étude des SI met l'accent sur les modèles normatifs issus des mathématiques et de la recherche opérationnelle ainsi que sur les techniques physiques et les capacités formelles des SI ». C'est cette dernière que nous qualifions d'**ingénierie des systèmes d'information**.

Selon Rieu, « depuis les années 1960, l'ingénierie des systèmes d'information est régie par des méthodes offrant une succession de modèles afin de favoriser un continuum de la définition des besoins des clients jusqu'au système développé et exploité » [Rieu, 1999]. C'est ainsi qu'il considère les méthodes objets comme relevant de cette discipline. Dans le prolongement de cette considération la méthode MERISE se positionne également comme relevant de l'ingénierie des systèmes d'information [Nanci et Espinasse, 1996].

Le concept d'**acteurs** englobe l'ensemble des personnes amenées à contribuer à un processus de conception. La coordination de ces acteurs est abordée par les disciplines scientifiques du management de projet et de l'ingénierie de projet. Selon le Project Management Institute, un projet est un ensemble de travaux programmées, réalisées et contrôlés par des personnes, soumis à des contraintes de ressources limitées. Ils sont uniques et temporaires [PMI, 2000]. On peut ainsi considérer le processus de conception comme une spécialisation de la notion de projet limitée à la conception du produit. Dans ce contexte, la coordination des différentes personnes qui vont contribuer au processus est, selon Midler, réalisée par un groupe restreint (« au maximum une quinzaine de personnes ») dont l'objectif est d'« assurer la continuité du processus depuis l'exploration jusqu'à son achèvement ». Son rôle « n'est pas de faire par lui-même le projet dont il a la responsabilité » mais plutôt de « parvenir à influencer judicieusement tout ceux qui vont en être les acteurs directs » [Midler, 1994].

Le **management de projet** se définit comme « l'application des connaissances, des compétences, des outils et des méthodes, aux activités d'un projet, en vue d'atteindre ou

1.1 Conception et connaissances

de dépasser les besoins et les atteintes des parties prenantes du projet ». Il aborde neuf problématiques : « management de la coordination », « management du contenu du projet », « management des délais », « management des coûts », « management de la qualité », « management des ressources humaines », « management de la communication », « management des risques », « management des approvisionnements » [PMI, 2000].

« Au-delà des guides opératoire de pilotage des projets, l'**ingénierie de projet** recouvre un ensemble plus ou moins cohérent de connaissances et d'expériences de plus en plus complexes, destinées à conduire le changement des organisations, construites à partir des principaux concepts, méthodes et systèmes du management » [Pluchart, 2001]. A titre d'exemple, on peut citer les travaux de Pellerin et al. [Pellerin et al., 2009]. Les auteurs cherchent à proposer un modèle formel permettant de prendre en compte les contraintes d'espace de stockage dans la planification de grands projets immobiliers. Il est également possible d'y positionner les travaux de Vareilles et al. visant à interconnecter des outils de gestion des projets et des outils de conception de produits basés sur la technique CSP (Constraint Satisfaction Problem ou Problème de Satisfaction de Contraintes) [Vareilles et al., 2008]. Il est néanmoins notable que ces travaux concernent également l'ingénierie de la conception.

Les **données produit** regroupent l'ensemble des documents générés en phase de conception et constituant des livrables à destination des acteurs projets et plus largement des autres phases du cycle de vie du produit.

Le **management des données produit** ou Product Data Management (PDM) désigne à la fois la philosophie d'organisation des données produit et les outils supports de cette philosophie : « Management of the product definition life cycle and its close integration with other major lifecycles is not a new concept. [...] Historically, Product Data Management (PDM) was a philosophy at the core of this movement. Its roots are based in design engineering, but its vision has been to establish an enterprise-wide infrastructure to support management of the product definition » [CIMdata, 2011]. Bilgic et Rock attribuent à ces outils les fonctions de :

Chapitre 1 Conception de produit, connaissances et outils numériques

- « Design Release Management » (le contrôle des données dans un coffre-fort électronique),
- « Product Structure Management » (la capacité de définir, créer, maintenir, modifier et afficher différentes versions de structure produit),
- « Change Management » (la capacité de définir et gérer les changements des données produit elles-mêmes),
- « Classification » (la capacité de classifier les données suivant différentes vues : structure, fonction, fabrication),
- « Systems Management » (principalement la planification projet mais également la gestion de procédures, des aspects de coûts, de risques et de qualité),
- « Impact analysis » (la capacité de détecter les effets d'une modification en conception sur l'ensemble du cycle de vie du produit) [Bilgic et Rock, 1997].

A titre d'exemple de tels outils on peut citer Windchill⁷ de PTC, Enovia de Dassault Systèmes⁸, Teamcenter de Siemens⁹.

Le terme d'**ingénierie des données produit** n'est pas un terme que nous avons retrouvé dans la littérature scientifique. Cependant nous l'utiliserons dans cette section comme une discipline virtuelle qui rassemble l'ensemble des approches techniques formelles visant la modélisation et la simulation de comportement concernant les données produit (cette définition découle directement de celle d'ingénierie que nous avons mentionnée plus haut). Nous regroupons dans cette discipline des travaux comme ceux de Bronsvoort et Noort, portant sur la construction de modèles CAO à base d'entités caractéristiques [Bronsvoort et Noort, 2004], ou encore ceux de Pratt et al. et Kim et al. portant sur la description de modèles CAO paramétrés pour la norme STEP [Pratt et al., 2005 ; Kim et al., 2007].

Le concept de **connaissance** fait référence à un capital intellectuel dont dispose l'entreprise pour mener à bien son processus de conception. Selon une analyse des travaux d'Ermine [Ermine et al., 1996] et de Tsuchiya [Tsuchiya, 1995], Baizet définit

⁷ [<http://fr.ptc.com/products/windchill/>]

⁸ [<http://www.3ds.com/fr/products/enovia/products/enovia-v6/>]

⁹ [http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/teamcenter/]

1.1 Conception et connaissances

les connaissances « soit comme des informations affinées, synthétisées, systématisées, soit comme des informations associées à un contexte d'utilisation » [Baizet, 2004]. L'étude de ce concept s'appuie sur les disciplines scientifiques du management des connaissances et de l'ingénierie des connaissances.

Grundstein définit le **management des connaissances** ou knowledge management comme étant le « management des activités et des processus destinés à amplifier l'utilisation et la création des connaissances au sein d'une organisation selon deux finalités complémentaires fortement intriquées : une finalité patrimoniale et une finalité d'innovation durable ; finalités sous-tendues par leurs dimensions économiques et stratégiques, organisationnelles, socioculturelles et technologiques » [Grundstein, 2004].

Ermine présente l'**ingénierie des connaissances** comme étant une discipline « née avec les systèmes experts (ou systèmes à base de connaissances) » ; ces systèmes ayant pour but de « reproduire des raisonnements d'experts sur des domaines de connaissance spécifiques » [Ermine, 2004]. Cette considération est corroborée par Zacklad et al. [Zacklad et Grundstein, 2001] qui la considère comme « issue de l'intelligence artificielle et des sciences cognitives ».

Nous avons évoqué douze disciplines scientifiques de façon segmentée. Il est possible de les voir de façon interreliées. Ce dernier angle d'approche nous amène au concept de système. L'AFIS (Association Française d'Ingénierie Système) définit un **système** comme « un ensemble d'éléments en interaction entre eux et avec l'environnement, intégré pour rendre à son environnement les services correspondants à sa finalité » [AFIS, 2011].

Selon l'association, l'**ingénierie système** est « une démarche méthodologique générale qui englobe l'ensemble des activités adéquates pour concevoir, faire évoluer et vérifier un système apportant une solution économique et performante aux besoins d'un client tout en satisfaisant l'ensemble des parties prenantes ». Elle précise que cette discipline apporte « une solution à un besoin opérationnel identifié conformément à des critères d'efficacité mesurables ».

Ainsi, la phase de conception implique un certain nombre de disciplines scientifiques. La succincte analyse bibliographique effectuée plus haut, et ramenant souvent à des ouvrages, reflète la quantité de travaux qui ont pu être générés sur le sujet. Aborder cette phase d'un point de vue complet (au moins sur l'ensemble des angles énoncés Figure 1.1.1), systémique (en tenant compte de l'ensemble des interactions existantes entre ces angles d'approche) et selon une démarche scientifique en ferait, selon nous, un travail complexe. Nous utilisons ici ce dernier terme en faisant référence aux travaux de Jean-Louis Ermine qui mentionne que « la complexité informationnelle d'un système se définit par une certaine mesure de l'information qu'elle contient » [Ermine, 1996].

Nos travaux n'ont donc pas eu la prétention d'aborder la phase de conception de façon systémique et encore moins complète, sur une durée de trois ans (thèse CIFRE). Cependant ce premier travail bibliographique, issu d'une première approche orientée processus de conception, nous a conduits à établir le modèle d'un système d'angles d'approche (cf. Figure 1.1.1). Nous nous sommes alors appuyés sur ce travail pour effectuer une analyse plus fine de la phase de conception et élaborer notre choix définitif d'angle d'approche.

1.1.1.2 Choix d'un angle d'approche

Nous avons pu appréhender l'effort que peut représenter la mise en œuvre d'une phase de conception dans sa totalité compte-tenu de la quantité d'informations nouvelles à maîtriser et des interactions qui existent entre elles ainsi qu'avec les anciennes (le terme « nouvelle » est ici employé dans une logique relative à l'unicité de tout projet de conception par rapport à un autre). Cet effort, quantifiable en termes de ressources du début à la fin d'un projet de conception et donc de coût, est au cœur de la problématique de maîtrise de cette phase. Plus la quantité d'informations nouvelles à emmagasiner sera importante et de nature à interagir entre elles et/ou avec les anciennes, plus la complexité du projet de conception sera grande. Cette complexité accrue demandera un effort en ressources plus important et engendra donc des coûts plus élevés pour être appréhendée. Elle générera également des risques dus à l'incertitude de pouvoir être canalisée dans l'objectif de concevoir un produit rentable. Selon nous, une variable

1.1 Conception et connaissances

d'ajustement de cet effort réside dans l'origine de cette complexité qui porte sur la quantité et la nature des informations nouvelles à emmagasiner. Cette quantité et cette nature se traduisent par le niveau d'innovation d'un projet de conception.

Gero propose trois niveaux d'innovation dans la conception en se basant sur les travaux de Brown et Chandrasekaran [Brown et Chandrasekaran, 1985] et Coyne et al., [Coyne et al., 1987] :

- La **conception routinière** : « Routine design can be defined as the design that proceeds within a well-defined state of potentials designs. That is, all the variables and their applicable ranges, as well as the knowledge to compute their values, are all directly instantiable from existing design prototypes ».
- La **conception innovante** : « Innovative design can be defined as non routine design that proceeds within a well-defined state of potential designs ». « This distinction is produced by manipulating the applicable ranges of values for variables ».
- La **conception créative** : « Creative design can be defined as nonroutine design that uses new variables producing new types and, as a result, extending or moving the space of potential designs » [Gero, 1990].

Nyere propose également trois niveaux d'innovation pour un processus de conception au travers du DCOR : « **Design Product Refresh** », « **Design New Product** », « **Design New Technology** ».

- « Design product refresh relates to an existing product. In the automotive industry, this would equate to introducing « next year's » model when a company spends 15 months to incrementally improve upon an existing model ».
- « A new product equates to an automotive manufacturer introducing a totally new product, e.g., a truck, when company had only produced passenger vehicles to date. This may take as long as seven years ».

- « With a new technology, a company may be operating in a space where they have never operated before, such as fuel cell technology to continue the automotive example [Nyere, 2006].

Bien qu'elles aient seize ans d'écart, les classifications proposées par Gero et Nyere semblent parfaitement en accord, ce qui laisse entendre une certaine stabilité des niveaux d'innovation. Dans leurs travaux, les auteurs ne mentionnent pas explicitement quel niveau d'innovation est le plus fréquemment rencontré. Cependant Nyere précise deux éléments qui laissent sous-entendre que la proportion de processus de conception considérant le premier niveau d'innovation a toutes les raisons de ne pas être négligeable. Le premier élément est présent dans sa définition de « Design product refresh ». A travers le terme « next year's model », il exprime que ces types de processus servent à introduire des améliorations *annuelles* de produits. Il confirme cette idée par la suite : « Obviously, the cycle time (time to market) will be progressively longer as companies refresh, introduce new products and employ new technologies ». Le second élément concerne les coûts de ce type de processus : « it costs less to refresh than to introduce new products (higher) and new technologies (highest) ».

Ainsi, alors qu'il semblerait judicieux que toute entreprise manufacturière se concentre sur le second voire sur le troisième niveau d'innovation de façon à gagner des parts de marché par rapport à la concurrence, il est fortement probable que des contraintes de coût et de délai imposent aux industriels de revoir leur ambition. Une analyse plus précise des mécanismes constituant les processus de conception incluant un fort niveau d'innovation est alors nécessaire de façon à comprendre les éléments justifiant une augmentation de leur coût et délai.

Dans ses travaux relatifs à la créativité en conception architecturale, Song et al. [Song et al., 2009] décrit les principales étapes d'un processus de conception de nouveaux produits (NPD – New Product Design). En se basant sur les travaux de Quarante [Quarante, 2001] et Ulrich [Ulrich, 2000], il retient 5 étapes de ce processus :

- analyse des besoins client,

1.1 Conception et connaissances

- génération des idées,
- génération des concepts,
- sélection des concepts,
- validation des concepts.

Dans sa description de la mise en œuvre de ces étapes pour la conception d'un abri d'urgence, il précise :

- Pour l'étape de génération des idées : « Eight participant were present, each with their professional background (architects, engineering designers, ergonomists, and designers) ». « Session duration was 3 hours ».
- Pour l'étape de génération des concepts : « The concept definition stage starts off with the generation of preliminary concepts by small groups of 3-4 designers, each including an architect and other design professionals (designers, engineers or ergonomists) ». « The task of trying to establish connections and giving each group of loosely-knitted ideas a specific identity within a short timeframe turned out to be very difficult ». « To achieve this, we invited more specialized participants: a construction engineer, a materials engineer, an aeronautics engineer, an ergonomist, two designers and two architects ».
- Pour l'étape de sélection des concepts : « Concepts were presented in the form of concept cards and submitted them to the judgement of members from the design team (10 persons in total), using a questionnaire and evaluation grid as methodological tools for evaluation ».
- Pour l'étape de validation des concepts : « Although we have shown it is possible to gather a design team within a collective, creative, activity in architectural design, the question remains as to how synthetic the ideas produced should be to be project-relevant ». « They each proposed novel ideas, but these generally didn't complement each other ».

Ces éléments d'analyse mettent effectivement en valeur l'origine des problématiques de coût et de délai associées aux processus de second niveau d'innovation. Sur l'aspect coût,

ces processus impliquent un nombre important de ressources appartenant à des corps de métiers différents. Sur l'aspect délai, ils requièrent du temps afin de synthétiser les idées en concepts et les concepts entre eux dans un cadre projet. Ces deux problématiques amènent à comprendre qu'une grande entreprise manufacturière dont le « business model » se concentre sur des produits de bas et milieu de gamme (le haut de gamme étant considéré comme les produits de luxe) ne peut se permettre de se lancer systématiquement dans un tel défi. Compte-tenu du niveau de concurrence imposé par la mondialisation, les marges réalisées sur les produits sont de plus en plus contraintes afin de gagner des parts de marché en proposant des produits à des prix attractifs. Les coût et délai engendrés par un travail entièrement nouveau de conception seront difficilement supportés par les produits en maturité en attendant les retours sur investissement liés aux ventes du produit issu de ce même travail. Il n'est selon nous pas nécessaire d'analyser les processus créatifs de troisième niveau d'innovation pour comprendre qu'ils sont de nature à engendrer plus de coût et/ou de délai de part la phase supplémentaire d'acquisition de connaissances qu'ils imposent pour aborder une nouvelle technologie.

L'entreprise doit donc pour chaque projet de conception trouver un subtil équilibre entre « la part de feuille blanche et celle de feuille remplie qu'elle va réutiliser », entre la part de créativité et la part de reconception voire de non conception qu'elle va imposer à ses corps de métiers. Nous introduisons ici une **vision composite de l'innovation**. Chaque projet de conception étant unique, nous considérons qu'il existe nécessairement une part d'innovation (de second ou de troisième type) supportée par un ou plusieurs corps de métier. En considérant les processus de second niveau d'innovation et le livrable de chaque corps d'un métier comme un sous-produit à part entière, cette part d'innovation peut être vue comme un ensemble de tâches relevant d'un processus NPD (décrit plus haut) et réalisées par un nombre restreint de corps de métier. Les autres corps de métier réalisant des tâches relevant du premier niveau d'innovation, voire de la reprise pure et simple de l'existant. Stokes [Stokes, 2001] repris plus récemment dans Skarka [Skarka, 2007], apporte une précision quantitative concernant la proportion de ce dernier type de tâches. Il estime que 80% des tâches d'un processus de conception sont des tâches routinières. Ce chiffre est repris avec plus de précision par Bluntzer et al. [Bluntzer

1.1 Conception et connaissances

et al., 2009] qui évoque, en citant les travaux de Rezayat [Rezayat, 2000] dans le milieu automobile, qu'à l'intérieur de ces 80%, la première moitié correspond à de légères modifications des pièces existantes et la seconde moitié à leur reprise complète.

Il semble ainsi que les **processus de reconception** (englobant la conception routinière et innovante tel que décrit par Gero ou le Design product refresh et le design new product tel que décrit par le DCOR) sont non seulement prépondérant dans l'industrie mais aussi de nature à conserver cette position. Cette analyse, nous a amenés à considérer l'amélioration des processus de reconception en termes de coût et de délai, tout en conservant le niveau de qualité des produits, comme étant la cible de notre approche. Cette amélioration devra permettre de réduire le time-to-market des produits, de dégager plus de temps pour la reconception d'autres produits, ou encore d'augmenter la proportion des tâches intervenant dans des processus de troisième niveau d'innovation. Le choix des processus de reconception comme cible d'amélioration nous a conduits à reconsidérer l'angle d'approche processus sélectionné initialement. En effet, les processus de reconception présentent un point commun particulièrement significatif qui les différencie des processus créatifs. Pour reprendre les termes de Gero, ils se situent dans un espace bien défini d'états de solutions potentielles. L'auteur caractérise cet espace bien défini d'états comme étant la connaissance de l'ensemble des variables constituant cet espace. Il propose de le retranscrire par un schéma : « Such schemas consist of knowledge generalized from a set of alike design cases and form a class from which individuals can be inferred » [Gero, 1990]. Les disciplines scientifiques visant l'étude de la création et de l'utilisation de tels schémas de connaissances sont celles du management des connaissances et de l'ingénierie des connaissances (cf. sous-section 1.1.1.1).

1.1.2 Angle particulier de la connaissance

Comme nous l'avons introduit dans la section précédente, le concept de connaissance fait l'objet de deux disciplines scientifiques à part entière (le management des connaissances et l'ingénierie des connaissances). Il a donc été abordé dans de nombreux travaux. Dans cette section, nous ne nous risquons pas à proposer une

définition universelle de la connaissance : « Rien n'est plus ardu que de définir un objet dont le statut ontologique [le caractère objectif de son existence indépendamment de ceux qui la détienne] est déjà une source inépuisable de conflits. » [Baumard et Starbuck, 2002]. Le lecteur pourra se reporter au fascicule de documentation AFNOR [FDX50-190, 2000] pour des définitions à caractère général et couramment admises. Dans une logique d'analyse plus fine, nous visons ici à présenter un ensemble de travaux qui nous sont apparus comme référents et ayant permis d'affiner notre regard sur ce concept d'un point de vue statique et dynamique.

1.1.2.1 Vision conceptuelle statique

Dès 1993, Tsuchiya repris dans [Grundstein, 2002], propose de différencier les termes de **données**, d'**informations** et de **connaissances** : « Although terms « datum », « information » and « knowledge » are often used interchangeably, there exists a clear distinction among them. When datum is sense-given through interpretative framework, it becomes information, and when information is sense-read through interpretative framework, it becomes knowledge » [Tsuchiya, 1993]. Une information se distingue ainsi d'une donnée par l'intégration d'une composante sémantique fournie par un schéma interprétatif. Le cas de la connaissance semble plus complexe. Il s'agirait d'une information dont il est possible d'extraire le sens à travers un schéma interprétatif. En reprenant cette considération et cette terminologie, Grundstein propose une représentation de la situation dans laquelle se trouve un individu souhaitant échanger une connaissance (cf. Figure 1.1.2).

1.1 Conception et connaissances

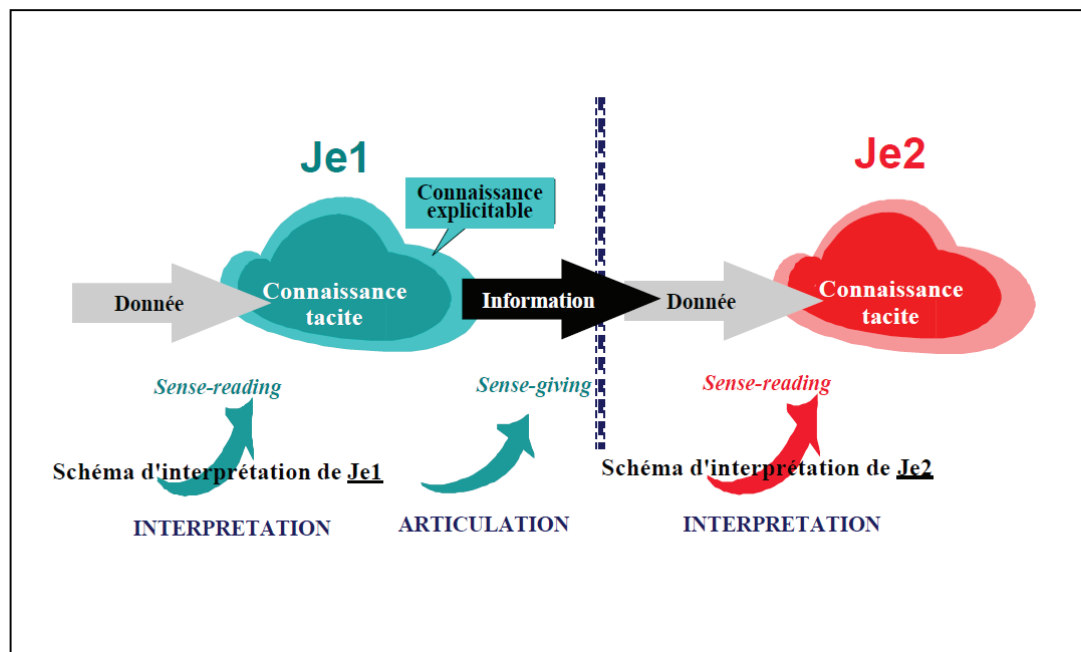


Figure 1.1.2 : Différentiation donnée, information, connaissance [Grundstein, 2002].

L'auteur précise que « la connaissance tacite qui réside au sein de notre cerveau résulte du sens que nous donnons, au travers de nos schémas d'interprétation, aux données que nous percevons à partir des informations qui nous sont transmises » [Grundstein, 2002]. Ainsi, si une information peut être transmise à un sujet Je2 (du point de vue du sujet Je1 qui la transmet), ce ne sont que des données qui sont perçues par ce sujet Je2. Un travail d'interprétation personnel du sujet Je2 est nécessaire et réalisé directement à partir des données pour leur fournir du sens avec l'aide de l'articulation faite de ces données par le sujet Je1. Cette représentation pose clairement le problème du statut ontologique de la connaissance en la matérialisant dans le cerveau d'un individu. Par ailleurs, elle pose également le problème du statut ontologique de la composante sémantique de l'information. Si le schéma interprétatif visant l'extraction du sens d'une information n'est pas le même que celui qui lui a intégré ce sens, l'information est alors perçue comme une donnée voire pire se voit attribuer un sens différent. Ce caractère non objectif de la connaissance (qui serait par ailleurs de nature à remettre en cause son existence) est alors nuancé par Tsuchiya et Grundstein au travers de la notion de « commensurabilité ». Les auteurs considèrent ainsi une connaissance comme partageable avec d'autre

personnes (et ainsi indépendante de l'individu) dès lors que « les schémas d'interprétation de chacune d'entre elles sont « commensurables », c'est-à-dire permettent un minimum d'interprétation de sens, commun à tous les membres de l'organisation » [Grundstein, 2004] (cf. Figure 1.1.3).

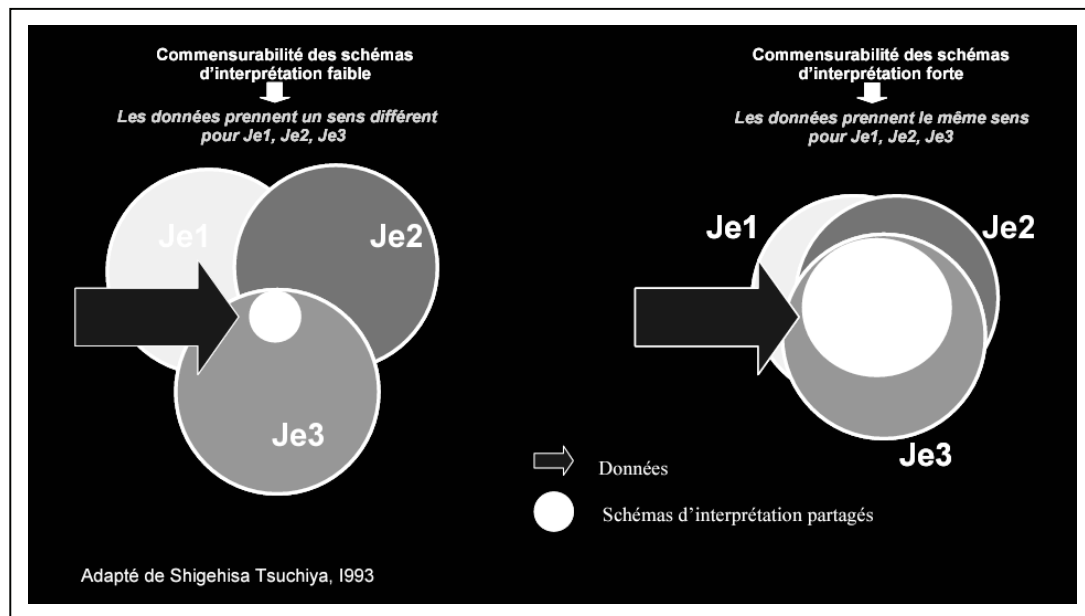


Figure 1.1.3 : Commensurabilité des schémas d'interprétation et de divergence de sens [Grundstein, 2004].

Nous considérons cette analyse comme suffisante pour considérer la connaissance comme une substance (pour reprendre le terme de Baumard [Baumard, 1996]) existante de façon à part entière et née de la rencontre d'un individu avec une donnée. Nous généralisons ici le terme « donnée » à toute manifestation perceptible par un individu sans sens attribué.

Le statut ontologique de la connaissance étant posé, il est possible de s'orienter vers des considérations typologiques plus précises.

Grundstein [Grundstein, 1994] ajoute deux premières précisions typologiques aux connaissances : certaines sont des savoirs, d'autres des savoir-faire. Reconnues dans le même temps par Nonaka et Takeuchi [Nonaka et Takeuchi, 1995], mais désignées respectivement par les termes explicites et tacites, ces terminologies ont depuis été

1.1 Conception et connaissances

fusionnées dans un modèle proposé par Grundstein [Grundstein, 2002] et présenté Figure 1.1.4.

Les connaissances **tacites** (les savoir-faire de l'entreprise) sont les connaissances originelles (cf. Figure 1.1.2) issues des données. Elles sont la quintessence du travail d'interprétation effectué par un individu et lui sont intrinsèquement liées. Relative à son schéma d'interprétation, elles se situent dans un nuage contextuel très lié à la pratique et parfois non explicitable. Une image, faisant référence à un iceberg, du niveau de conscience que peut avoir un individu de ces connaissances nous a été donnée par Vinck [Vinck, 1997] en Figure 1.1.5. Les connaissances tacites se situent dans le carré sud-est du diagramme : « ce que je ne sais pas que je sais ».

Les connaissances **explicités** sont des savoirs et présentent la caractéristique fondamentale d'être formalisés. Cette formalisation se doit d'être justifiée par l'existence d'« éléments tangibles » (« les bases de données », « les procédures », etc.) [Grundstein, 1994] ou plus simplement par une énonciation claire et facilement partageable attestant de leur prise de conscience [Nonaka et Takeuchi, 1995]. Cependant, elles sont souvent de nature « hétérogène », « incomplète » ou « redondantes » [Grundstein, 1994]. Elle se situe dans le carré nord-est du diagramme Figure 1.1.5 : « ce que je sais que je sais ».

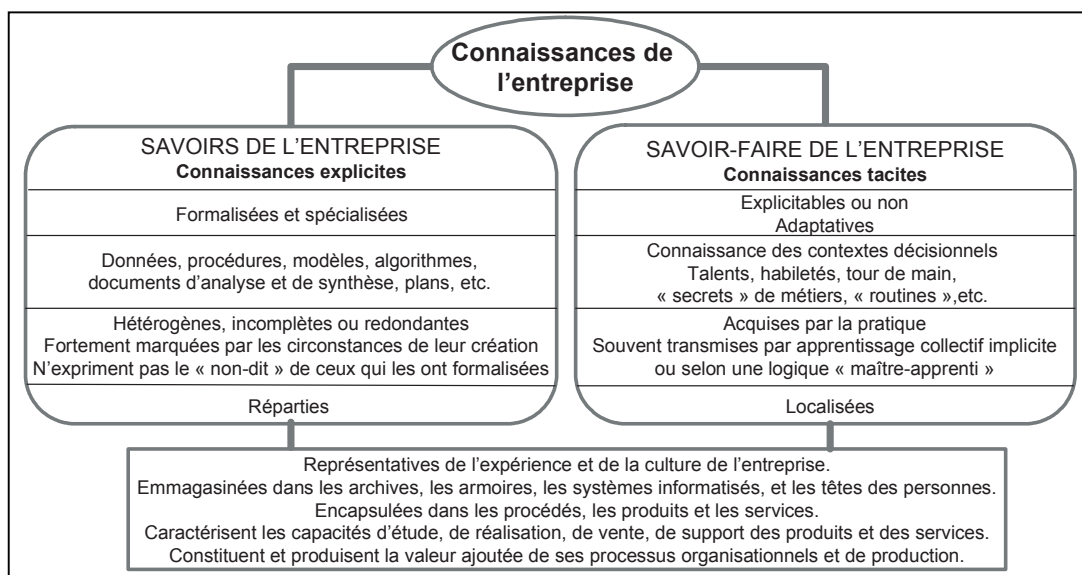


Figure 1.1.4 : Connaissances explicites et connaissances tacites [Grundstein, 2002].

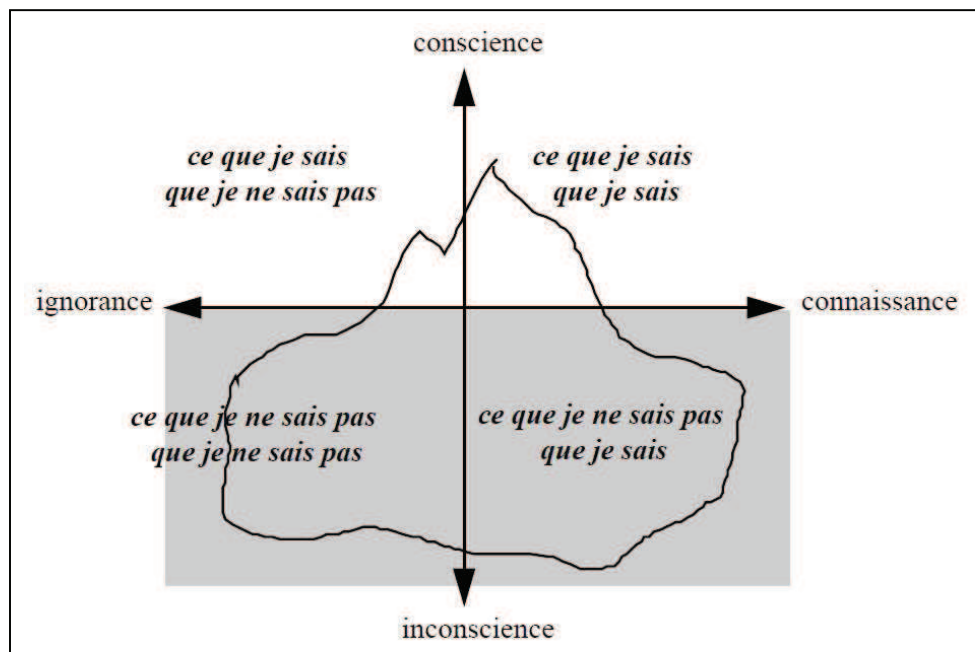


Figure 1.1.5 : La conscience de sa connaissance : modèle de l'iceberg [Vinck, 1997].

Baumard [Baumard, 1996], faisant référence notamment aux nombreux travaux de Nonaka et Takeuchi sur le domaine de la connaissance organisationnelle (le lecteur pourra se référer à [Nonaka et Takeuchi, 1995] pour une analyse plus fine), mentionne deux autres types : les connaissances **individuelles** et les connaissances **collectives**. Les connaissances individuelles sont détenues par une personne. Il peut s'agir d'une « expertise », d'une « prise de note personnelle », d'une « intuition ». Les connaissances collectives sont détenues par plusieurs personnes, il ne s'agit donc pas de l'addition de connaissances individuelles. Il peut s'agir « d'ouvrage de référence », de « règles », de « pratiques sociales ». Le périmètre de ces connaissance (l'ensemble de personnes participant à leur création et leur exploitation) n'est pas connu des individus : « l'ensemble des individus, réunis en groupes, participe à la création d'une connaissance collective dont les contours leur sont totalement inconnus » [Baumard et Starbuck, 2002].

Ainsi, au travers de l'analyse de ces travaux, la connaissance se positionne comme une substance existante par elle-même (car partageable entre individus). Cette connaissance peut être tacite ou explicite, individuelle ou collective. A un instant « t », il

1.1 Conception et connaissances

existe donc un état de l'ensemble de ces types de connaissances dans les organisations. Cependant la nature subtile de la connaissance en fait une substance profondément dynamique dont le type n'est plus le même à l'instant « t+1 », une simple réunion ayant transformé une connaissance individuelle en connaissance collective. Nous n'avons pu ignorer cette dynamique des connaissances dans la mesure où elle est fondamentale dans notre approche visant leur réutilisation, donc un certain changement de leur état, dans le cadre de processus de reconception.

1.1.2.2 Vision conceptuelle dynamique

La vision conceptuelle statique des connaissances évoquée plus haut ne mentionne pas les mécanismes sous-jacents aux connaissances tacites, explicites, individuelles et collectives profondément liés à leur manipulation. Or ce sont précisément ces mécanismes qui se dérouleront lors d'un processus de reconception et en assureront, du moins en partie, la réussite dans des conditions de qualité, de délai et de coût optimales. Dans notre analyse ci-dessous nous n'entrerons pas dans le détail des processus cognitifs associés à chacun des mécanismes (le lecteur est renvoyé aux références bibliographiques citées pour leur description plus précise). Nous positionnerons cependant une terminologie que nous réutiliserons dans la suite de ce manuscrit.

Une première analyse de ces mécanismes qui semble reconnue par la communauté scientifique est celle de Nonaka et Takeuchi [[Nonaka et Takeuchi, 1995](#)]. Les auteurs représentent les mécanismes de transformations intervenant entre connaissances tacites et explicites à travers le modèle SECI (Socialisation, Externalisation, Combinaison, Internationalisation) (cf. Figure 1.1.6).

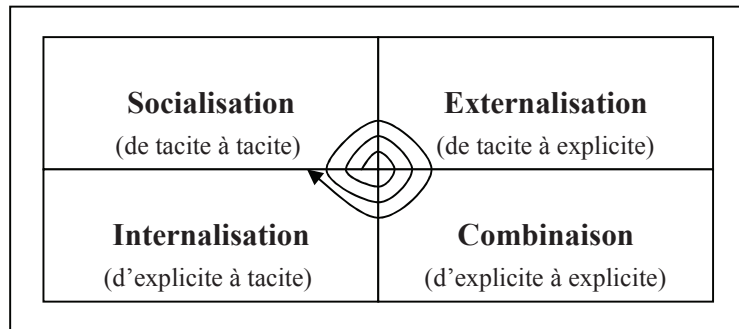


Figure 1.1.6 : Mécanismes de transformations entre connaissances tacites et explicites d'après Nonaka [Nonaka et Takeuchi, 1995].

Si Nonaka et Takeuchi introduisent clairement les notions de connaissance individuelle et organisationnelle (ou plus généralement collective), le modèle synthétique représentant clairement les mécanismes sous-jacents au passage de l'une à l'autre nous est proposé par Baumard [Baumard, 1996] et représenté Figure 1.1.7.

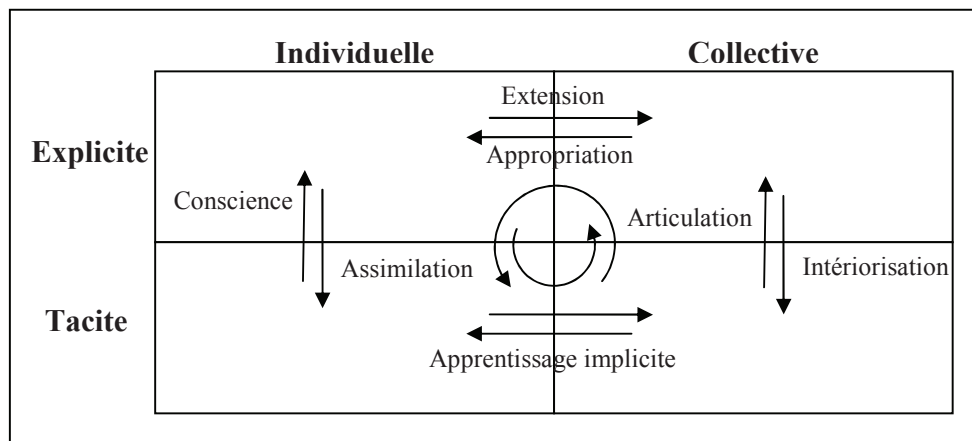


Figure 1.1.7 : Mécanisme de transformations entre connaissances individuelles et collectives [Baumard, 1996].

Ce modèle complète celui de Nonaka et Takeuchi en identifiant deux sous-mécanismes pour chacun de ceux qu'ils avaient proposés. Le Tableau 1.1.2 propose une vision synthétique de ces deux modèles. Il mentionne notamment des exemples d'activités classiques d'un processus de reconception qui font, selon nous, intervenir ces mécanismes.

1.1 Conception et connaissances

Mécanismes de Nonaka et Takeuchi	Mécanismes de Baumard	Exemples classiques d'activités d'un processus de conception faisant intervenir ces mécanismes
Socialisation	apprentissage implicite de la connaissance d'un groupe par un individu	Observer une équipe de travail
	apprentissage implicite de la connaissance d'un individu par un groupe	Imiter un individu
Externalisation	conscience	Rédiger une présentation de ses travaux
	articulation	Exprimer un consensus sur le choix d'une solution à un problème.
Combinaison	extension	Diffuser un tableau croisé dynamique.
	appropriation	Rédiger le compte-rendu d'une réunion
Internalisation	assimilation	Lire des documents
	intériorisation	Assister à la réunion d'équipe hebdomadaire

Tableau 1.1.2 : Synthèse des mécanismes de Nonaka, Takeuchi [Nonaka et Takeuchi, 1995] et Baumard [Baumard, 1996].

Si l'identification de ces 8 mécanismes peut donner un aspect simpliste à la dynamique de la connaissance, leurs auteurs y ajoutent un élément de complexité non négligeable. Cet élément matérialisé par une spirale chez Nonaka et Takeuchi et deux arcs de cercles orientés de façon opposés chez Baumard rend compte de la dynamique propre à ces mécanismes. Ces mécanismes s'alternent au gré des situations rencontrées par les individus et de leur environnement externe. Il devient difficile de les optimiser de façon intuitive pour améliorer les processus de reconception en termes de temps et de ressources engagées. Une optimisation rendue d'autant plus difficile qu'« il est en somme presque évident que les processus cognitifs qui sont en œuvre dans le façonnage des comportements organisationnels diffèrent totalement de la perception que les individus peuvent en avoir » [Baumard, 1996]. Un cadre d'analyse et l'utilisation de méthodes adaptées est donc nécessaire.

1.1.2.3 Du management des connaissances à leur capitalisation

Ermine propose la mise en place d'un tel cadre spécifique en considérant que « les connaissances sont organisées comme un système à part entière, et que ce système n'est

pas réductible à des systèmes déjà existants, tels que le système d'information, le système documentaire, le système qualité, le système organisationnel, etc. » [Ermine, 2001]. Cette approche se concrétise dans un premier temps par la mise en place du modèle O IDC (système Opérant, système d'Information, système de Décision, patrimoine de Connaissance) (cf. Figure 1.1.8), puis dans un second temps par celle du modèle AIK (systèmes des réseaux d'acteurs (A), systèmes d'information (I), patrimoine de connaissances (K)) (cf. Figure 1.1.9). Dans ce second modèle, le système de décision et les systèmes opérants ont été regroupés, formant ainsi un réseau d'acteurs. « Ces réseaux apportant de la valeur ajoutée à l'organisation par leur savoir-faire dans la décision ou les processus opérationnels » [Benmahamed et Ermine, 2009].

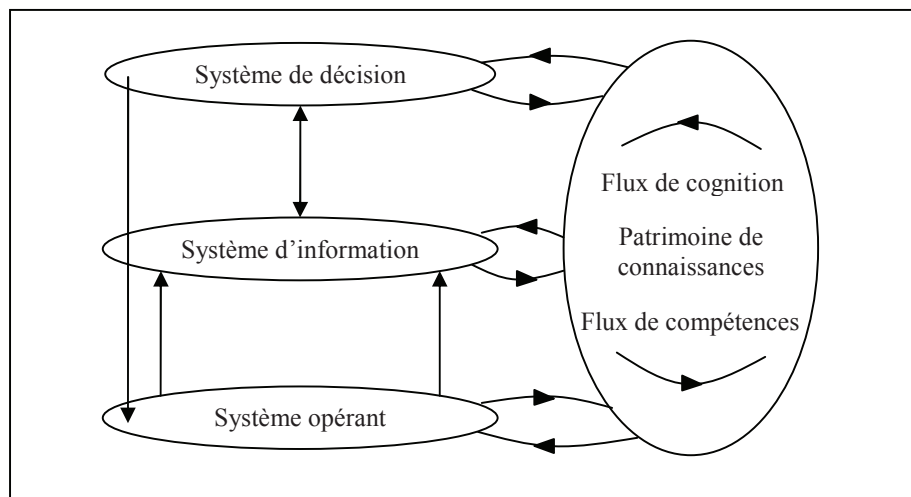


Figure 1.1.8 : Le modèle O IDC [Ermine, 2001].

1.1 Conception et connaissances

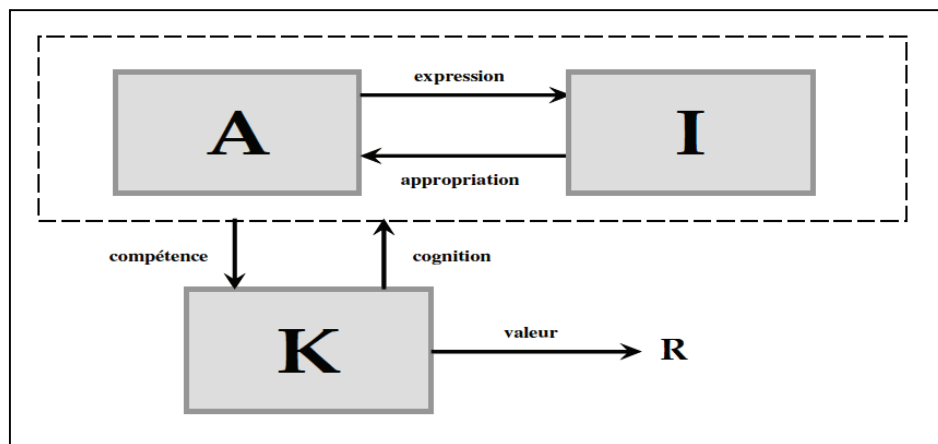


Figure 1.1.9 : Le modèle AIK [Benmahamed et Ermine, 2009].

Dans ces deux modèles, le **sous-système de connaissance**, appelée également **patrimoine de connaissance**, est distingué mais reste en interaction avec les autres par l'intermédiaire de flux de compétences et de cognition. « Le flux de compétences correspond à l'enrichissement [...] du patrimoine de connaissance du système, par le biais de ses différents acteurs humains ou de ses composants (objets physiques, systèmes d'information, etc.). Le flux de cognition correspond à l'appropriation implicite (le plus souvent) ou explicite de ce patrimoine en vue de l'utiliser dans le processus de transformation propre au système » [Ermine, 2001].

Cependant la création de ce sous-système ne constitue pas en soit la panacée pour améliorer les processus de reconception en termes de coût et de délai tout en respectant la qualité des produits comme nous le recherchons (cf. section 1.1.1). Le même auteur associe donc à ce système un référentiel qui vise son management ou sa gestion (pour reprendre le terme de l'auteur). Ce référentiel, orientée processus, est rendu explicite par « le modèle de la marguerite » Figure 1.1.10.

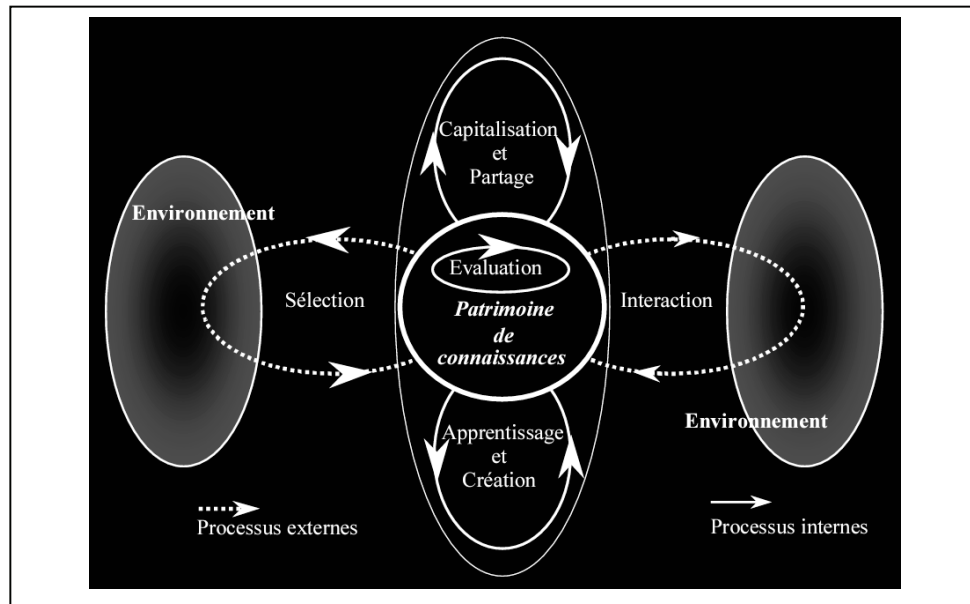


Figure 1.1.10 : Le modèle de la marguerite – les processus clés de la gestion des connaissances [Ermine, 2004].

On distingue cinq processus représentés par des ellipses orientées. Selon l'auteur :

- le **processus d'Apprentissage et de Création** de connaissances « est un processus endogène et collectif qui est à la base de l'évolution des connaissances. Il inclut la problématique de l'organisation apprenante (Learning Organisation) et de la créativité »,
- le **processus de Capitalisation et de Partage** des connaissances « réalise le cycle vertueux de la connaissance » et « assure le partage (le « recyclage ») de la ressource connaissance dans l'entreprise »,
- le **processus d'Interaction** avec l'environnement transforme les flux d'information provenant de l'environnement de l'entreprise en capital de connaissances. Il inclut « le processus de veille ou d'intelligence économique ou stratégique (Business Intelligence) »,
- le **processus de Sélection** par l'environnement agit comme « un filtre sur l'immense potentialité de création et d'évolution des connaissances de l'entreprise ». Il inclut « des problématiques de marketing, de relation client, etc. »,

1.1 Conception et connaissances

- enfin, le **processus d'Evaluation** concerne l'« évaluation qualitative, quantitative et financière » du patrimoine de connaissance.

Selon nous, parmi ces cinq processus (par ailleurs certainement en interaction compte-tenu de l'origine systémique des travaux de l'auteur), celui de Capitalisation et de Partage des connaissances cible clairement la question des processus de reconception telle que nous l'avons abordée en section 1.1.1. En effet, son objectif est centré sur la réutilisation de connaissances déjà générées (la génération des connaissances faisant l'objet du processus d'Apprentissage et de Création de connaissances) par l'entreprise et contribue dès lors à l'amélioration de certains des mécanismes évoqués plus haut. Sur la base de la description précédente de ce processus, nous pensons qu'il intervient directement sur les mécanismes de conscience, d'articulation, d'extension et d'apprentissage implicite de la connaissance d'un individu par un groupe. La conscience et l'articulation formalisent une connaissance tacite individuelle et collective vers une connaissance consciente individuelle et collective constituant les fondements de la capitalisation (capitaliser c'est « savoir d'où l'on vient, savoir où l'on est, pour mieux savoir où l'on va » [Ermine, 2004]). L'extension et l'apprentissage implicite de la connaissance d'un individu par un groupe sont éminemment des mécanismes de partage qui transforment des connaissances individuelles en connaissances collectives. Nos travaux se centrent sur ce processus et ces mécanismes que nous considérons comme clés pour la mise en œuvre d'un processus de reconception.

Grunstein s'intéresse d'une façon toute particulière à ce processus qui permet de « considérer les connaissances utilisées et produites par l'entreprise comme un ensemble de richesses constituant un capital, et en tirer des intérêts contribuant à augmenter la valeur de ce capital » [Grundstein, 2002]. Il en propose une analyse plus fine, résumée figure 1.1.11, qui constitue la problématique de capitalisation des connaissances de l'entreprise.

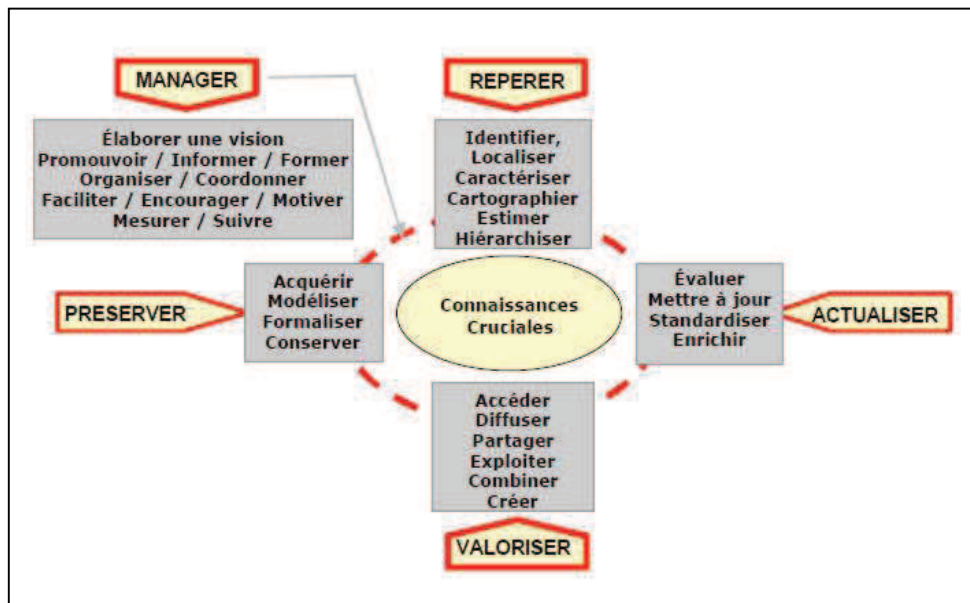


Figure 1.1.11 : La problématique de capitalisation des connaissances de l'entreprise [Grundstein, 2002].

Ce modèle est structuré en 5 facettes : **Repérer**, **Préserver**, **Valoriser**, **Actualiser** et **Manager**. L'ensemble des termes utilisés pour décrire chaque facette du modèle en fait, selon nous, un modèle explicite qu'il est peu utile de détailler. Nous précisons juste deux notions. La première : la facette « Manager » matérialise l'interaction qu'il existe entre l'ensemble des processus du management de connaissances et celui de capitalisation et partage : « C'est là que se positionne le management des activités et des processus destinés à amplifier l'utilisation et la création de connaissances dans l'entreprise que nous désignons, selon les cas, par les expressions « Knowledge Management », « Management des Connaissances » ou « Gestion des Connaissances » » [Grundstein, 2002]. La seconde : le processus de capitalisation ne s'applique pas à l'ensemble du patrimoine de connaissances de l'entreprise mais à un sous-ensemble de ce patrimoine qu'elle considère comme cruciale : « knowledge, that supplies essential resources to the conception of product and new services, that contributes to the added value and the performances of the functional and operational processes of the firm, and that is the essential factor to maintain and improve its competitive position » [Grundstein et Rosenthal-Sabroux, 2004].

1.1 Conception et connaissances

Nous nous sommes alors proposé d'analyser quels méthodes et outils contribuent à répondre aux attentes de chacune de ces facettes.

De manière générale et indépendamment du processus de capitalisation et partage des connaissances, il existe deux grandes familles d'approche du management des connaissances : les approches se concentrant sur les objets tangibles en tant que réification (ou matérialisation) des connaissances et celles se concentrant sur les individus en tant que détenteur de la connaissance. McMahon et al. synthétisent les différents termes relatifs à ces approches : « commodity view », « codification », « object view » pour les premières et « community view », « personalization », « process view » pour les secondes [McMahon et al., 2004]. De même que l'auteur, nous retiendrons les termes **personnalisation** et **codification**. De notre point de vue, il semble clair que les approches de personnalisation présentent l'avantage de pouvoir aborder l'ensemble des 8 mécanismes reflétant la dynamique des connaissances. Elles justifient de pouvoir prendre en compte les connaissances tacites et explicites (exprimées sous forme verbale) à travers des modes de travail incluant la pratique et l'interactivité des individus. Les approches de codification s'attaquent, elles, uniquement aux connaissances explicites réifiées et aux mécanismes qui s'y rapportent à savoir : l'externalisation (conscience et articulation), la combinaison (extension et appropriation), et l'internalisation (assimilation et intériorisation). Elles présentent néanmoins l'avantage d'impliquer moins de ressources humaines et/ou de gagner en délai. Au-delà de l'exemple trivial de l'application automatisée, un autre exemple typique illustrant ce propos est, selon nous, celui d'une activité de formation. Plutôt que de mobiliser deux ressources humaines : un maître et un apprenti, une approche de codification permet de n'en mobiliser qu'une : un apprenti et un livre. Il est évident que cette considération simpliste suppose que le livre est suffisamment complet et explicite pour remplacer le maître, ce qui est peu souvent le cas. Cependant, il est difficile de nier qu'il permet à l'apprenti de se constituer une base de connaissances suffisamment solide pour être affinée par la suite de façon plus rapide par le maître. Cet état de fait peut s'expliquer par l'atteinte d'une « commensurabilité » (cf. sous-section 1.1.2.1) plus importante entre le schéma d'interprétation de l'apprenti et celui du maître. Par ailleurs, McMahon précise que les approches de codification semblent adaptées aux entreprises proposant des produits relativement standards : « an

object view of KM [Knowledge Management] may be appropriate in a well-established design domain such as automotive or aerospace engineering » [McMahon et al., 2004].

Ainsi notre volonté d'amélioration des processus de reconception en termes de coût et délai et notre contexte industriel de travail en environnement automobile nous ont amené à prioriser l'étude des approches de codification. Le croisement de ce dernier choix d'analyse avec celui du processus de capitalisation et partage (cf. section 1.1.2.2) nous a conduits à ne pas étudier la mise en œuvre de solutions comme l'incitation managériale à la collaboration [Yang et Wu, 2008] ou les communautés de pratiques [Amin et Roberts, 2008] plus a même de supporter le mécanisme d'apprentissage implicite de la connaissance d'un individu par un groupe.

En conclusion de cette démarche d'analyse nous avons centrés nos travaux sur l'amélioration des processus de reconception en termes de coût et délai en privilégiant l'angle d'approche de la connaissance. Suivant cet angle d'approche, supporté par la discipline scientifique du management des connaissances, nous avons de nouveau spécialisé nos travaux sur le processus de capitalisation et de partage des connaissances ainsi que sur les approches de codification visant une réutilisation des connaissances efficiente. Nous nous orientons donc essentiellement vers la recherche de moyens (méthodes et outils) favorisant les mécanismes de conscience, d'articulation, et d'extension associés aux connaissances explicites, via des supports physiques tangibles dans un contexte industriel.

1.2 Méthodes et outils numériques supports des connaissances en conception

Nous avons analysé six méthodes de codifications abordant les facettes (cf. Figure 1.1.11) de la problématique de capitalisation des connaissances et les outils numériques à même de les supporter (compte-tenu de l'essor actuel du numérique en conception [Triantaphyllou et al., 2002] nous pensons que ce type d'outils est celui vers lequel tend la majorité des entreprises). Ces méthodes sont : **GAMETH** (Global Analysis

1.2 Méthodes et outils numériques supports des connaissances en conception

Methodology), **MEREX** (Mise En Règle de l'EXpérience), **CommonKADS** (Common Knowledge Acquisition and Design Support), **MOKA** (Methodology and tools Oriented to Knowledge-based engineering Applications), **CBR** (Case Based Reasoning) et **MASK** (Methodology for Analysing and Structuring Knowledge). Ces méthodes proposent des démarches particulièrement structurées d'approche des connaissances qui ne permettent pas, selon nous, une capitalisation des connaissances au « fil de l'eau » du processus de conception. Un tel mode de capitalisation, assurant un « recueil d'information plus rapide et moins contraignant pour les concepteurs » [Eynard, 2005], peut être supporté par les méthodes de design rationale (telle IBIS (Issue-Based Information System) et ses variantes) qui retrouvent aujourd'hui une place dans la capture du travail collaboratif en conception, par le biais des outils CSCW (Computer Supported Collaborative Work) [Lewkowicz et Zacklad, 2001 ; Bracewell et al., 2009]. Les auteurs de ces derniers travaux, considèrent toutefois que la structuration des connaissances proposées par ces méthodes et outils n'est pas suffisante pour permettre une exploitation ultérieure directe des connaissances. Ainsi Lewkowicz et Zacklad estiment que « l'enrichissement de ces collecticiels avec des méthodes de structuration des connaissances permettrait d'une part, de guider les processus de travail collectif, et, d'autre part, d'obtenir des connaissances exploitables ultérieurement » [Lewkowicz et Zacklad, 2001]. Ils sont plus récemment corroborés par Bracewell et al. qui, suite à sa proposition d'un outil de design rationale (Dred), évoquent les perspectives suivantes : « Research is also underway to use the strong rational structure inherent in Dred charts, combined with semantic reasoning techniques, to facilitate retrieving information about past design solutions and root cause analyses » [Bracewell et al., 2009]. Nous nous sommes donc concentrés sur les méthodes proposant des démarches en marge du processus de conception et plus à même d'aboutir à des formalismes directement réutilisables.

Suivant une logique similaire à celle choisie au sein de notre système d'angle d'approche (cf. Figure 1.1.1), nous avons globalement distingué deux types de méthodes et outils : ceux à caractère informel visant une structuration des connaissances suffisante pour leur exploitation par un individu (logique de management) et ceux à caractère formel visant l'exploitation des connaissances par un système automatisé (logique d'ingénierie).

1.2.1 Capitalisation informelle des connaissances

Nous présentons, dans cette section, des méthodes et outils à caractère informel pouvant intervenir dans la démarche de capitalisation des connaissances d'un organisme. Ils présentent généralement l'avantage d'utiliser un formalisme simple mettant l'accent sur des aspects de synthèse et d'accessibilité des connaissances codifiées au plus grand nombre. Le niveau d'expertise ainsi que les délais requis pour l'assimilation de ces dernières sont donc réduits.

1.2.1.1 La méthode GAMETH et la méthode MEREX

La méthode GAMETH [Grundstein et Rosenthal-Sabroux, 2004] vise la première facette de la problématique de capitalisation (cf. Figure 1.1.11) : « GAMETH, a decision support approach to identify and locate potential crucial knowledge ». Elle permet d'identifier les connaissances potentiellement cruciales d'une organisation.

Cette méthode est fondée sur une approche processus et s'intègre donc parfaitement dans la suite de démarches qualité ISO9000. Elle se décline en trois étapes :

- Une étape de **cadrage du projet** (« project framing »). Elle inclut la spécification du contexte du projet, du domaine avec ses limites d'intervention et détermine le processus à analyser.
- Une étape d'**identification des connaissances cruciales potentielles** (« identification of the potential crucial knowledge »). Elle permet de distinguer les activités qui peuvent mettre en danger le processus. Le formalisme de description de ces activités (cf. Figure 1.2.1) est inspiré de celui de la méthode SADT [Jaulent, 1994] auquel a été ajouté notamment les notions de connaissances produites et utilisées.
- Une étape de **détermination des axes d'initiative de management des connaissances** (« Determination of axes of a knowledge management initiative »). A ce stade les connaissances cruciales sont définies, localisées et caractérisées. Il est alors possible de définir les grandes lignes d'un projet permettant l'amélioration des processus de décision, de fonctionnement et de la

1.2 Méthodes et outils numériques supports des connaissances en conception

production essentiels pour une entreprise. Ces grandes lignes sont alors transformées en axes de travail sur les connaissances.

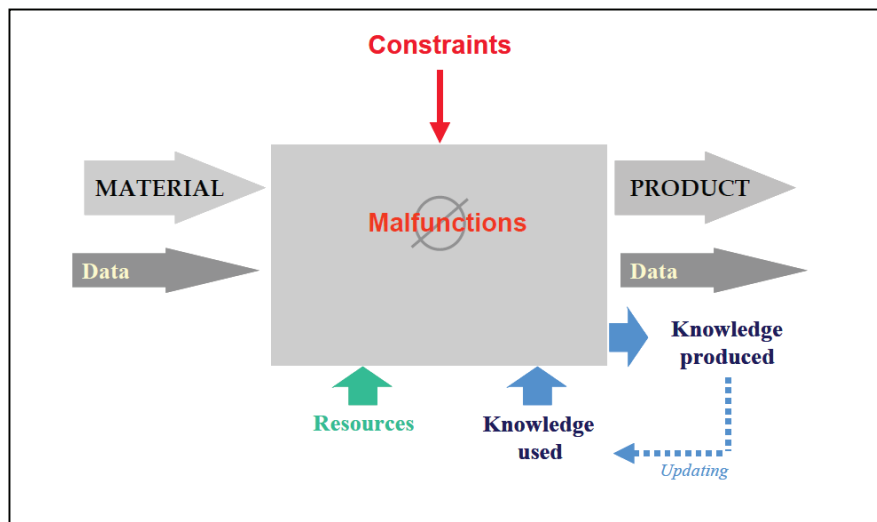


Figure 1.2.1 : Modèle d'activité de la méthode GAMETH [Grundstein et Rosenthal-Sabroux, 2004].

Selon l'auteur, la mise en œuvre de cette méthode implique les acteurs du processus étudié et ne nécessite pas d'analyse stratégique. Cela permet d'envisager son utilisation à tout niveau hiérarchique d'une organisation. Par ailleurs, elle ne mentionne pas d'outil particulier visant la réification des connaissances explicites qu'elle a générées (une cartographie du processus étudié contenant ces étapes cruciales) pour leur partage éventuel. Cela est probablement dû au fait que ces connaissances ne constituent pas en elles-mêmes des connaissances cruciales au sens de Grundstein (cf. section 1.1.2.3) et donc, qu'il n'est pas nécessaire de les diffuser largement (nous discutons cette question au chapitre 2).

Cette méthode a fait l'objet d'applications à l'IFP (Industrie Française Pétrole, renommée en 2010 IFPN pour Industrie Française du Pétrole et des Energies Nouvelles) ainsi qu'au CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique) [Grundstein et Rosenthal-Sabroux, 2004].

La méthode MEREX [Corbel, 1997] est celle développée par Renault pour capitaliser ses connaissances. Cette même entreprise étant notre partenaire industriel dans

ce travail nous confirmons, avec les travaux de Baizet [Baizet, 2004] en appui, que ces principes fondamentaux restent à la base de la démarche actuelle utilisée chez Renault. Nous présentons relativement succinctement (eu égard aux contraintes de confidentialité) en section 1.3.1 la manière dont cette dernière est appliquée à la DCT (Direction de la Conception et des Technologie groupe motopropulseur).

Les principes fondamentaux de cette méthode se veulent centrés sur l'opérationnalisation des connaissances capitalisées : « une solution est acceptable dans la démarche MEREX si elle est :

- **applicable**, c'est-à-dire assez précise pour pouvoir être appliquée sans interprétation,
- **rédigée, validée** par des acteurs connus et reconnus,
- **gérée** par le père technique d'un métier donné,
- **exploitée** dans un projet et que toute non application fait l'objet d'une action pour valider un nouveau compromis et ainsi faire évoluer la solution ».

L'identification des connaissances cruciales est assurée par l'analyse d'informations dont dispose l'entreprise sur les « retours de conception », les « retours usine », les « retours clients » et la « créativité », récupérées auprès des acteurs connus et reconnus participant à la démarche.

Par la suite, la préservation des connaissances, telle que décrite par Corbel, s'appuie sur 4 modèles réifiés dans des fiches faisant office de support de valorisation : 2 modèles de **Fiches** (la Fiche MEREX produit/process et la Fiche MEREX validation) et 2 modèles de **Check-list** (la Check-list processus et la Check-list résultats). La Fiche MEREX produit / process permet de décrire une connaissance de type solution technique suivant huit points (cf. Figure 1.2.2) : énoncé/croquis de la solution, conséquences d'un non-respect, support pour vérifier la règle, jalon, contexte, solution de retouche, élément de validation (du respect de la règle et de la règle), origine et documents de référence.

1.2 Méthodes et outils numériques supports des connaissances en conception

RENAULT	MEREX Produit Process	Fonction	
N° d'ordre :	Titre de la fiche MEREX Produit/process		
ECR :			
Créée le :			
Enoncé / croquis			
Conséquences d'un non-respect			
Support pour vérifier la règle			
Jalon			
Contexte			
Solution de retouche			
Eléments de validation			
<u>1/ du respect de la règle :</u> + <u>2/ de la règle :</u> +			
Origine et documents de référence			
Se substitue à			
Rédigée par	Validée par	Gérée par	Exploitée par

Figure 1.2.2 : Modèle de fiche MEREX [Corbel, 1997].

La Fiche MEREX validation permet de décrire une connaissance de type simulation ou essai de validation avec des points clés du type : où, quand, comment (par rapport à quel référentiel, par rapport à quelle méthode, support nécessaire pour valider), pourquoi (objectif et but de cette validation, éléments de preuve de l'utilité de cette validation, conséquences de ne pas faire cette validation), contexte, combien (coût de cette

validation). La Check-list processus regroupe un ensemble de questions directes (la réponse étant oui ou non) visant à s'assurer que son utilisateur a bien réalisé un ensemble de tâches et un plan d'actions en cas de réponse négative. La Check-list résultat est similaire à la Check-list processus mais se concentre uniquement sur des questions relatives aux résultats de ces processus jugés comme fondamentaux.

Chacun des modèles (Fiches et Check-list) permet de renseigner un ensemble d'informations complémentaires (identifiant, titre, date de création, responsables rédaction, responsables validation, utilisateur, etc.) qui permettent notamment d'en faciliter l'actualisation suite à leur exploitation en projet. L'auteur fait remarquer que ces propositions de représentations ne sont pas immuables car « pour faciliter l'appropriation de ces démarches simples il faut néanmoins rechercher des présentations originales adaptées à chaque situation ».

Compte-tenu du caractère synthétique et ciblé de ces fiches et check-lists, il apparaît clair que leur nombre peut croître sensiblement rapidement dans une organisation. Corbel précise à cet effet qu'«un outil informatique de gestion est indispensable au-delà de 50 fiches ». La méthode ne propose pas de description d'un tel outil de gestion canalisant et favorisant une meilleure valorisation des connaissances qu'elles encapsulent, cependant nous pensons qu'il s'agit d'une problématique générale déjà abordée dans d'autres travaux que nous développons dans la sous-section suivante.

1.2.1.2 Objet de connaissances et knowledge management tool

Le fait d'utiliser des supports numériques¹⁰ bureautiques (Fichiers Word, Excel, etc.) comme media de valorisation de connaissances explicites formalisées est une pratique courante dans les entreprises. Ces supports entrent dans la catégorie des objets de connaissances ou objets de mémoire, notions qui ont été développées dans la littérature.

Un **objet de connaissance**, d'après les travaux de Baizet [Baizet, 2004] qui s'appuient sur ceux de Prud'homme [Prudhomme et al., 2001], est vu comme un artefact qui permet

¹⁰ Il est remarquable que les supports bureautiques peuvent perdre leur statut numérique notamment en étant imprimés. Cependant nous considérons prioritairement ce statut dans nos travaux. Nous pensons que c'est sous celui-ci que les possibilités de gestion sont démultipliées et que c'est vers celui-ci que les organismes tendent de plus en plus [Triantaphyllou et al., 2002].

1.2 Méthodes et outils numériques supports des connaissances en conception

à l'individu de construire sa propre connaissance. Il peut correspondre à un livre, un rapport de calcul, une équation, une méthode de simulation, etc. Utilisant une autre terminologie, Cacciatori [Cacciatori, 2008] considère que les **objets de mémoire** (dessins, manuel de procédures, etc.) incorporent des représentations des connaissances qui sont particulièrement cruciales. D'une part, il distingue les objets de mémoire de nature statique qui incorporent des recommandations et des représentations relativement fixes des connaissances qui restent inchangées de projet en projet. Leur objectif principal est de permettre à un individu de construire sa connaissance sans l'assistance systématique des personnes qui disposent de cette connaissance. Ce premier type d'objet fait typiquement référence aux fiches MEREX mentionnées plus haut. D'autre part, il analyse les objets de mémoire de nature reconfigurable qui sont construits sur la base d'une recombinaison de composants relativement immuables. Ils ne remplacent pas le dialogue entre les acteurs projets mais permettent de leur fournir un contexte défini. Ils permettent à l'entreprise de construire son expérience tout en maintenant le niveau de flexibilité nécessaire pour s'adapter aux spécificités projet. L'auteur démontre alors comment des connaissances de nature stratégique (la manière de construire une proposition de partenariat public – privée) peuvent être formalisées et exploitées au travers d'un fichier Excel. Cette notion correspond typiquement à celle des check-lists MEREX.

Pour la suite, nous conserverons la terminologie objets de connaissances plutôt que celle d'objets de mémoire car Cacciatori précise que le terme de mémoire (« memory ») utilisés dans ses travaux est connoté. Il vise à représenter le fait que l'auteur distingue clairement les processus de stockage et d'extraction des connaissances des processus de création et modification des connaissances, ces derniers relevant plus du terme apprentissage (« learning »). Compte-tenu du caractère ontologique subtil de la connaissance (cf. section 1.1.2), nous ne souhaitons pas entrer dans une telle dichotomie qui restreint selon nous fortement la manière de considérer ces objets et conduirait à les nommer de façon différentes selon le point de vue sur lequel on les aborde. A titre d'exemple, une fiche MEREX pourrait être considérée comme un objet de mémoire au niveau de l'entreprise qui en dispose dans ses archives mais aussi comme un objet d'apprentissage au niveau de l'individu qui la consulte pour la première fois.

Le niveau de valorisation des connaissances formalisées de cette manière est clairement dépendant de la solution de gestion qui les accompagne : « Knowledge may not be able to be effectively retrieved from these memory bank depending on such factors as the storage capacity of these repositories, their persistence and reliability over time, the quality of their indexing » [Cacciatori, 2008]. Les outils visant la gestion de tels objets de connaissances sont connus sous la terminologie « **Knowledge Management Tools** » (KMT). Il s'agit d'outils dédiés au management du patrimoine de connaissances d'une entreprise. Si l'on peut considérer que des connaissances explicites sont présentes dans l'ensemble des systèmes d'information de l'entreprise, nous considérons les KMT comme des outils conçus dans l'objectif de gérer des connaissances cruciales (cf. section 1.1.2.3). Ils se différencient notamment des outils PDM conçus dans l'objectif de gérer des données produit. Il semble néanmoins que ces derniers tendent à évoluer dans une démarche concurrente: « it is the ability to capture and manage an enterprises's intellectual assets throughout the product definition lifecycle that greatly differentiates cPDM [collaborative Product Definition management] solutions from other approaches, and contributes to their growing importance and adoption in industry » [CIMdata, 2011]. Cependant certains auteurs ont déjà perçu les limites d'utilisation de telles solutions dans un cadre applicatif de management des connaissances et considèrent qu' « il semble difficile de se dispenser des méthodes de capitalisation et des outils propres à la génération de connaissance » [Bissay et al, 2008]. Compte-tenu de l'essor de la discipline du knowledge management depuis les années 90 [Grundstein, 2002], les solutions techniques adoptées pour supporter les KMT sont particulièrement variées : intranet, groupware, etc (Ngai et Chan [Ngai et Chan, 2005] proposent une méthode d'évaluation permettant de sélectionner l'outil disposant des fonctionnalités les plus adaptées à sa problématique). Les bases de données, permettant de stocker et partager des documents formalisant de la connaissance, semblent notamment être une technologie faisant consensus au sein des auteurs d'analyses sur ces outils [Ngai et Chan, 2005 ; Joo et Lee, 2009 ; Vaccaro et al., 2010]. De tels outils ont généralement un impact positif sur l'innovation et sur les délais de conception selon une étude menée par Vaccaro et al. : « This study confirms the previous qualitative research that showed the positive impact of

1.2 Méthodes et outils numériques supports des connaissances en conception

KMTs on innovative activities through the improvement of knowledge-based processes. In particular, this study provides evidence supporting the critical role played by knowledge sharing and knowledge transfer in new product performance and speed to market for inter-firm collaborations in mature industries ». Joo et al. précisent qu'il est cependant nécessaire de prendre en compte lors de leur mise en œuvre les principales causes d'insatisfaction des utilisateurs relayés par les précédentes initiatives. Il s'agit : des temps de réponses et de l'instabilité, des limitations sur les mots-clés de recherche ou sur la catégorisation des connaissances, le manque d'intégration avec d'autres systèmes encapsulant des connaissances, le degré d'incomplétude et d'adéquation entre la connaissance recherchée et celle trouvée, la confiance en la connaissance encapsulée dans le système.

1.2.2 Capitalisation formelle des connaissances

Les méthodes et outils précédemment abordés présentent des limites qui, selon nous, sont inhérentes à leur fonction managériale. Ils laissent ainsi une certaine flexibilité, permettant à leurs utilisateurs d'exprimer leur capacité cognitive dans un cadre partiellement contraint. Dans certaines situations, cette flexibilité n'est pas souhaitable. C'est notamment le cas lorsqu'il s'agit de réaliser des tâches répétitives suivant une méthode connue et rigoureuse. D'une part les individus ont tendance à peu apprécier ces tâches. D'autre part elles sont sujettes à des erreurs qui du fait de leur répétitivité sont génératrices de coût. L'automatisation de ces tâches présentent alors un fort intérêt, à la fois en terme de qualité mais également en terme de délais. La discipline scientifique considérant cette approche formelle est l'ingénierie des connaissances. Nous présentons dans cette section des méthodes et outils issus de cette discipline qui ont démontré leur utilité sur de nombreux cas d'applications.

1.2.2.1 CommonKADS

La méthode CommonKADS (Common Knowledge Acquisition and Design Support) est issue des travaux des programmes européens ESPRIT (KADS-I puis KADS-II) entamés en 1985 [Caulier, 2001]. Elle vise le développement de **systèmes à base de**

connaissances considérés comme une assistance intelligente au travail humain : « businesses are building such systems routinely to act as intelligent assistants to human work » [KADS, 2011(c)].

Elle comporte trois phases : une phase d'**analyse contextuelle** (« Knowledge management & organizational analysis »), une phase d'**analyse conceptuelle** (« Knowledge analysis ») et une **phase de conception** (« system development ») [KADS, 2011(a) ; Sutton et Patkar, 2009]. Chacune de ces phases conduit à un ou plusieurs modèles (cf. Figure 1.2.3).

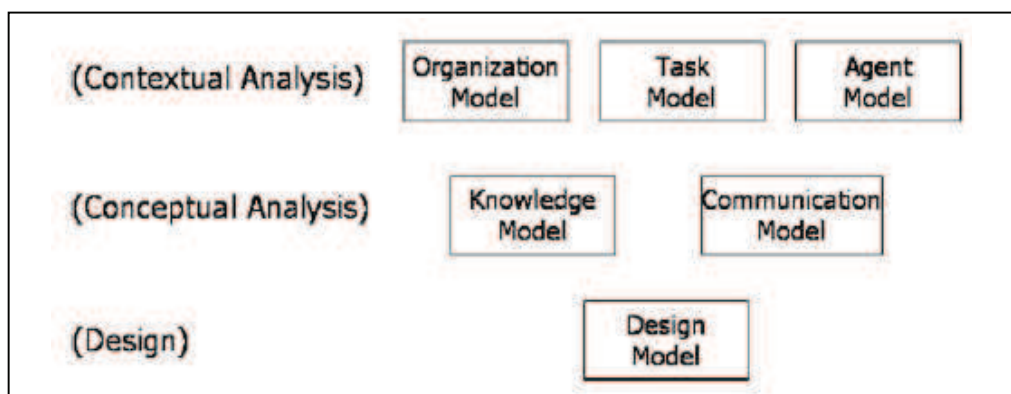


Figure 1.2.3 : Les 6 modèles de la méthode CommonKADS [Sutton et Patkar, 2009].

Pour la phase d'analyse contextuelle, nous nous sommes arrêtés sur le **modèle d'organisation** dans la mesure où il nous est apparu comme récapitulatif du contexte d'utilisation de la méthode en identifiant les connaissances nécessaires à sa mise en œuvre. Concernant la phase d'analyse conceptuelle, le **modèle de connaissances** (connu aussi sous le terme de modèle d'expertise [Zhou et al., 2007 ; De Hoog et al., 1996]) a retenu notre attention car il semble être au cœur de la méthode : « The expertise model is central model in the CommonKADS methodology » [Zhou et al., 2007]. Le modèle de conception correspond au modèle final implémenté. Ce modèle étant spécifique à une application (selon l'architecture, la technologie et le langage informatique utilisé pour l'implémentation), la méthode ne propose pas de formalisation particulière, mais plutôt une démarche pour l'obtenir. Nous ne présenterons pas cette démarche dans nos travaux. Ces aspects relèvent de l'angle d'approche systèmes d'information et ne sont pas dans le scope de l'analyse effectuée dans cette section sous l'angle de la connaissance (cf. Figure

1.2 Méthodes et outils numériques supports des connaissances en conception

1.1.1).

Le modèle d'organisation vise trois objectifs [De Hoog et al., 1996] :

- Supporter l'identification des périmètres propices à l'application de systèmes à base de connaissances dans une organisation.
- Faciliter l'identification des impacts qu'un système à base de connaissances peut avoir sur une organisation lors de son installation.
- Aider les acteurs impliqués dans le développement d'un système à base de connaissances à évaluer la sensibilité de l'organisation dans laquelle le système sera déployé.

Ainsi bien que les termes « Knowledge management & organizational analysis » (relatif à la phase contenant le modèle d'organisation) puissent paraître évocateur vis-à-vis de l'analyse effectuée en sous-section 1.1.2.3, le modèle d'organisation ne vise pas une formalisation globale de tous les types de connaissances mais celles propices au développement de systèmes à base de connaissances. Il permet de décrire de façon macroscopique : le contexte organisationnel influençant le développement du système, le problème courant, les opportunités, les solutions (scénarios d'utilisation de l'application à base de connaissances), les fonctions et la structure de l'organisation, les acteurs, leur pouvoir et les connaissances dont ils disposent, le processus clé de l'organisation, les systèmes d'information existants et impliqués.

Niveaux de modélisation	Formalismes de modélisation
Niveau domaine	Concepts, propriétés et valeurs Expressions Relations inter concepts Hiérarchies Réseaux sémantiques
Niveau inférence	Pas d'inférence Rôles statiques et rôles dynamiques Structures d'inférence
Niveau tâche	Hiérarchies de tâches Structures de tâche

Tableau 1.2.1 : Formalismes de modélisation du modèle conceptuel des connaissances Common KADS [Caulier, 2001].

Le modèle conceptuel des connaissances est séparé en 3 niveaux dont les formalismes de préservation des connaissances ont été résumés par Caulier [Caulier, 2001] (Tableau 1.2.1). Ces niveaux sont organisés de façon hiérarchique, le niveau tâche faisant appel au niveau inférence faisant lui-même appel au niveau domaine.

La méthode CommonKADS semble avoir fait l'objet de nombreuses applications : « la définition du modèle conceptuel des connaissances CommonKADS est certainement la plus complète et la plus performante, sur le plan des formalismes de spécification des connaissances descriptives et opératoires et des primitives de modélisation, la plus répandues, la plus outillée et la plus utilisée dans la communauté européenne de l'ASC [Acquisition Structurée des Connaissances] » [Caulier, 2001]. Nous citons deux exemples concrets que nous avons repérés. Zhou et al. [Zhou et al., 2007] ont utilisé la méthode CommonKADS afin de développer un système à base de connaissances permettant la génération automatique de fiches d'ordre de commutations pour les réseaux électriques en Chine. Sutton et Patkar [Sutton et Patkar, 2009] proposent une application plus récente dans le domaine médical. Le système à base de connaissances permet de réduire les coûts et le temps associés au diagnostic du cancer du sein en mettant en évidence le risque génétique encouru par le patient, en précisant les biopsies et imageries appropriées à mettre en œuvre, et finalement en assistant l'utilisateur sur les suites à donner en termes d'orientation du patient (consulter un généticien et/ou une équipe multidisciplinaire).

1.2.2.2 MOKA

La méthode MOKA (Methodology and tools Oriented to Knowledge-based engineering Applications) est issue d'un autre programme européen ESPRIT débuté en 1998 [Oldham et al., 1998]. Elle a été développée dans le même esprit que la méthode KADS : « the main MOKA objectives were defined as :

- Reduce **KBE**¹¹ **application** development lead times by 20-25%.
- Provide a consistent way of developing and maintaining KBE applications.

¹¹ « Knowledge-Base Engineering (KBE) concerns the computerisation of processes associated with industrial products – usually routine design » [MOKA, 2000(c)].

1.2 Méthodes et outils numériques supports des connaissances en conception

- Develop a methodology that will form the basis of an international standard.
- Provide a tool supporting the methodology » [MOKA, 1998].

Comparativement à la méthode CommonKADS, elle propose un niveau de généralité plus faible afin de permettre le développement plus rapide d'application à base de connaissances en conception de produit : « CommonKADS as a dedicated knowledge oriented approach can be seen as a powerful framework for knowledge modelling in general, but in its current concrete form it is not expressive and differentiated enough in order to fulfil the high knowledge modelling demands in engineering » [MOKA, 2000(b)].

Elle se focalise sur trois étapes de préservation des connaissances : **collecter la connaissance, structurer la connaissance, formaliser la connaissance**. Les étapes de collecte et de structuration de la connaissance sont supportées par le modèle informel ICARE (cf. Figure 1.2.4) qui s'organise suivant cinq parties : Illustration (pour les descriptions générales), Constraint (pour les interdépendances entre entités), Activity (pour les étapes de résolutions de problèmes), Rule (pour les inférences), Entity (pour les éléments physiques et leur fonctions).

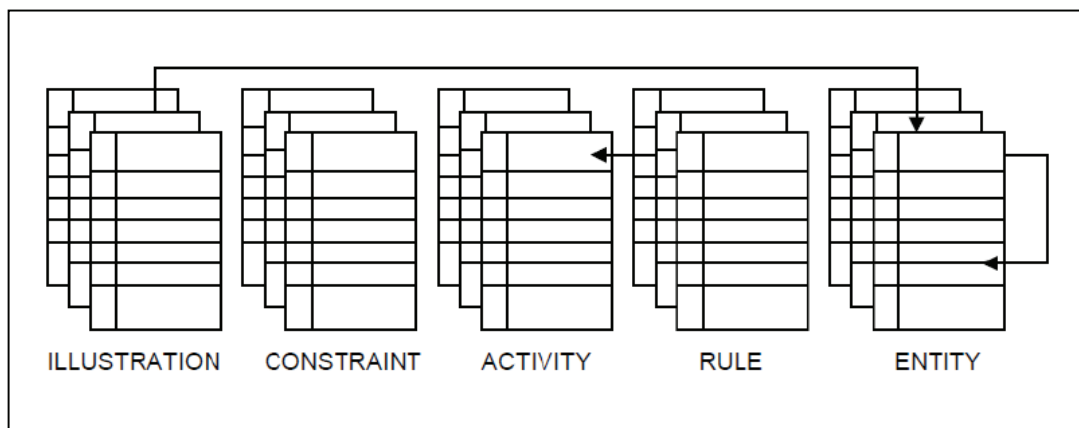


Figure 1.2.4 : Le modèle ICARE [MOKA, 2000(d)].

L'étape de formalisation des connaissances est supportée par un modèle formel qui s'appuie sur le MOKA Modelling Language (MML) spécialisant et étendant les concepts du langage UML (cf. Figure 1.2.5). La structure du modèle informel permet une

spécification relativement simple des règles de passage du modèle informel au modèle formel : « the Informal Model, with its ICARE forms, allows the user to structure knowledge in a way that supports the transformation into the Formal Model. Entities are translated into UML classes, Constraints into UML associations (or as the extended MML constraints), Activities in the Informal Model appear as UML activities related by various sequencing links, and Rules result in control information in the Design Process Model¹² » [MOKA, 2000(d)].

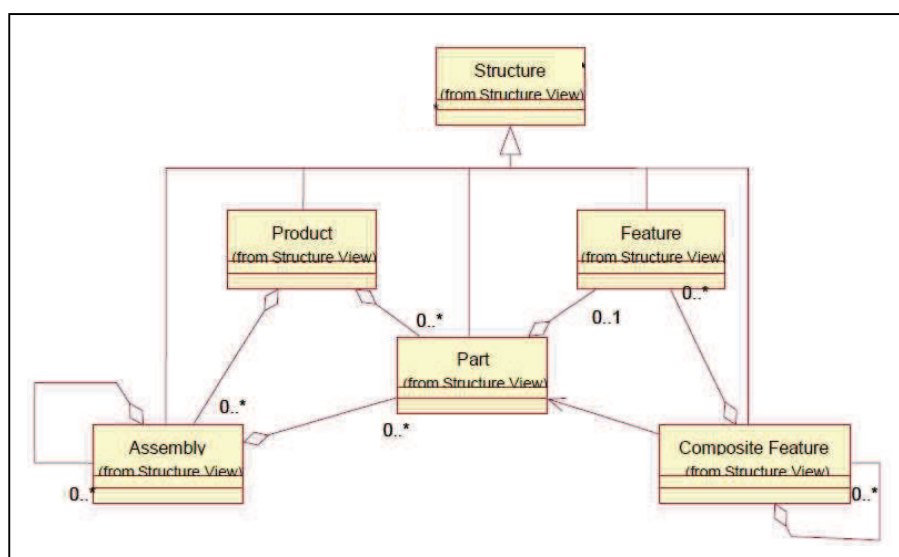


Figure 1.2.5 : Les méta-classes par défaut de la vue structure du MML [MOKA, 2000(d)].

Au cours du déroulement du projet européen, cette méthode a été testée sur quatre cas d'applications KBE dans le secteur automobile et aéronautique [MOKA, 2000(d)]. Elle a également fait l'objet d'une analyse de sa mise en œuvre avec le logiciel CATIA V5 [Skarka, 2007].

1.2.2.3 CBR

La méthode CBR (Case-Based Reasoning) connue également par le terme français RàPC (Raisonnement à Partir de Cas) est une méthode issue de travaux sur les

¹² Le modèle de processus de conception fait référence à un diagramme d'activité UML [Brimble et Sellini, 2000].

1.2 Méthodes et outils numériques supports des connaissances en conception

sciences cognitives visant à comprendre comment les individus se remémorent des informations et à reproduire ce processus [Watson, 1999]. Elle a donc trouvé sa place dans notre analyse.

Cette méthode s'appuie sur le concept de **cas**. Selon Rasovska [Rasovska et al., 2008], il s'agit de la description d'un épisode de résolution d'un problème pour lequel il existe de multiples théories de représentation. Les auteurs précisent cependant qu'il s'agit le plus souvent de l'association d'un problème et d'une solution exprimée sous la forme d'une liste de descripteurs. Nous avons également retrouvé cette considération dans [Watson, 1999 ; Cunningham et Bonzano, 1999 ; Caulier, 2001 ; Castro et al., 2011]. A titre d'exemple, la Figure 1.2.6 présente la formalisation d'un cas concernant la description des réglages d'une machine de moulage pour la réalisation d'outils en aluminium.

```
CASE INSTANCE die_no_5014 IS
weight_of_casting = 240.00;
weight_of_casting_and_overflows = 310.00;
weight_of_total_shot = 520.00;
no_of_slides = 0.00;
projected_area_of_casting = 19.50;
total_projected_area = 35.50;
average_no_of_impressions = 1.00;
machine_type = t400;
metal_type = lm24;
SOLUTION IS
imagefile = 'dn5014.gif';
gate_velocity = 6414.09;
cavity_fill_time = 13.77;
length_of_stroke = 3.10;
percentage_fill = 16.24;
gate_area = 135.00;
gate_width = 90.00;
gate_depth = 1.50;
plunger_velocity = 225.00;
pressure_on_metal = 8000.00;
tip_size = 70.00;
cycle_time = 35.00;
END;
```

Figure 1.2.6 : Exemple de description d'un cas [Watson, 1999].

Une fois les premiers cas renseignés, cette méthode se déroule en cinq phases : la première consiste à **décrire le problème** en cours. Les quatre suivantes (**rechercher**, **réutiliser**, **réviser** et **mémoriser**) forment un cycle permettant la résolution du problème sur la base des solutions précédentes relatives à des problèmes similaires (cf. Figure 1.2.7).

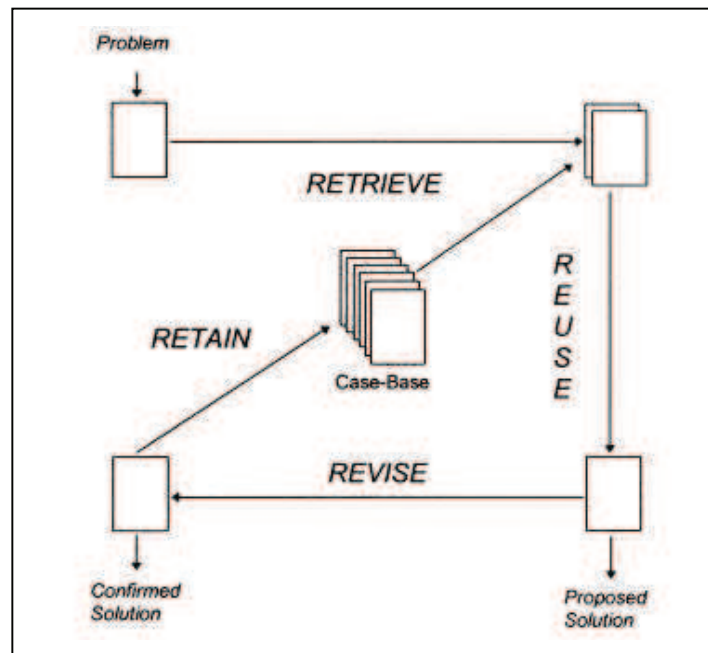


Figure 1.2.7 : Le cycle du CBR [Aamodt et Plaza, 1994].

Selon Cunningham et Bonzano [Cunningham et Bonzano, 1999], l'intérêt des systèmes CBR est évident lorsque la construction des modèles de cas demande peu d'effort. Il est alors normal que de nombreux travaux se concentrent sur l'optimisation des mécanismes de raisonnement de ces systèmes. A ce titre, on peut citer la proposition de Codet de boisse et al. [Codet de boisse et al., 2010] sur l'utilisation de techniques de satisfaction de contraintes pour valider les modèles de cas. Cependant, il existe très peu de travaux sur la manière de procéder afin de concevoir le modèle d'un cas (l'ensemble des descripteurs pertinents d'un problème et de sa solution), à savoir identifier et préserver les connaissances. Cette considération est selon nous toujours d'actualité au vu de la multitude de théories de représentations existantes soulevées par Rasovska et al., de l'existence récurrente de travaux cherchant à réutiliser les méthodes de formalisation comme MOKA et CommonKADS pour la construction des cas [Cunningham et Bonzano, 1999 ; Caulier, 2001 ; Rasovska et al., 2008] et des récentes propositions d'améliorations développées sur le sujet Castro et al. [Castro et al., 2011].

Les travaux déjà cités font état d'applications de cette méthode pour le développement de **systèmes CBR** permettant de paramétrer une machine de moulage [Watson, 1999], d'aider des contrôleurs aériens à résoudre des problèmes de trafic entre avions

[Cunningham et Bonzano, 1999], de diagnostiquer et réparer des systèmes mécatroniques [Rasovska et al., 2008].

1.2.3 MASK : une méthode mixte

La méthode MASK (Methodology for Analysing and Structuring Knowledge ou Méthode d'Analyse et de Structuration des Connaissances ou encore Méthode d'Analyse de Systèmes de Connaissances) regroupe de nombreux travaux depuis la méthode MOISE (Méthode Organisée pour l'Ingénierie des Systèmes Experts) en 1993 et la méthode MKSM (Method For Knowledge System Management) en 1996 [Ermine, 2001]. Elle se veut encore aujourd'hui être en cours d'évolution vers un ensemble de démarches pour le management des connaissances [Ariès, 2011] :

- MASK1 (évolution de la méthode MKSM en tant que méthode de formalisation des connaissances),
- MASK2 (Cartographie et alignement stratégique),
- MASK3 (Partage et transfert des connaissances).

Nous nous intéressons ici à la partie stabilisée de la méthode MASK telle qu'elle est présentée dans les références bibliographiques que nous avons analysées : [Ermine, 1996], [Ermine, 2001], [Ermine, 2004] et [Benmahamed et Ermine, 2009]. Cette partie correspond à MASK1 si l'on se réfère à [Ariès, 2011]. Cette méthode se veut selon nous une **méthode mixte** : à la fois formelle et informelle. Formelle, dans la mesure où le livrable obtenu « peut être suffisant en soi si l'on désire passer immédiatement à une **application informatique** précise (par exemple, un système d'aide à la décision, une base de données, etc.) ». Informelle dans la mesure où bien que « MASK avait été initialement conçu dans cette optique elle s'est rapidement orientée vers un objectif de capitalisation des connaissances. Les modèles graphiques ont été très vite agrémentés par des **fiches descriptives synthétiques**, puis par des **synthèses de toutes sortes** : scientifiques, conseils, retours d'expériences, références bibliographiques documentaires

ou logicielles... rédigées par les experts, les documentalistes les équipes concernées » [Ermine, 2001].

Elle est constituée de sept modèles permettant de préserver les connaissances d'un système de connaissances :

- six modèles proposant chacun un formalisme de représentation des connaissances,
- un modèle synthétique représentant les points de vue pris en compte par chaque formalisme.

Le modèle synthétique est celui du microscope (cf. Figure 1.2.8).

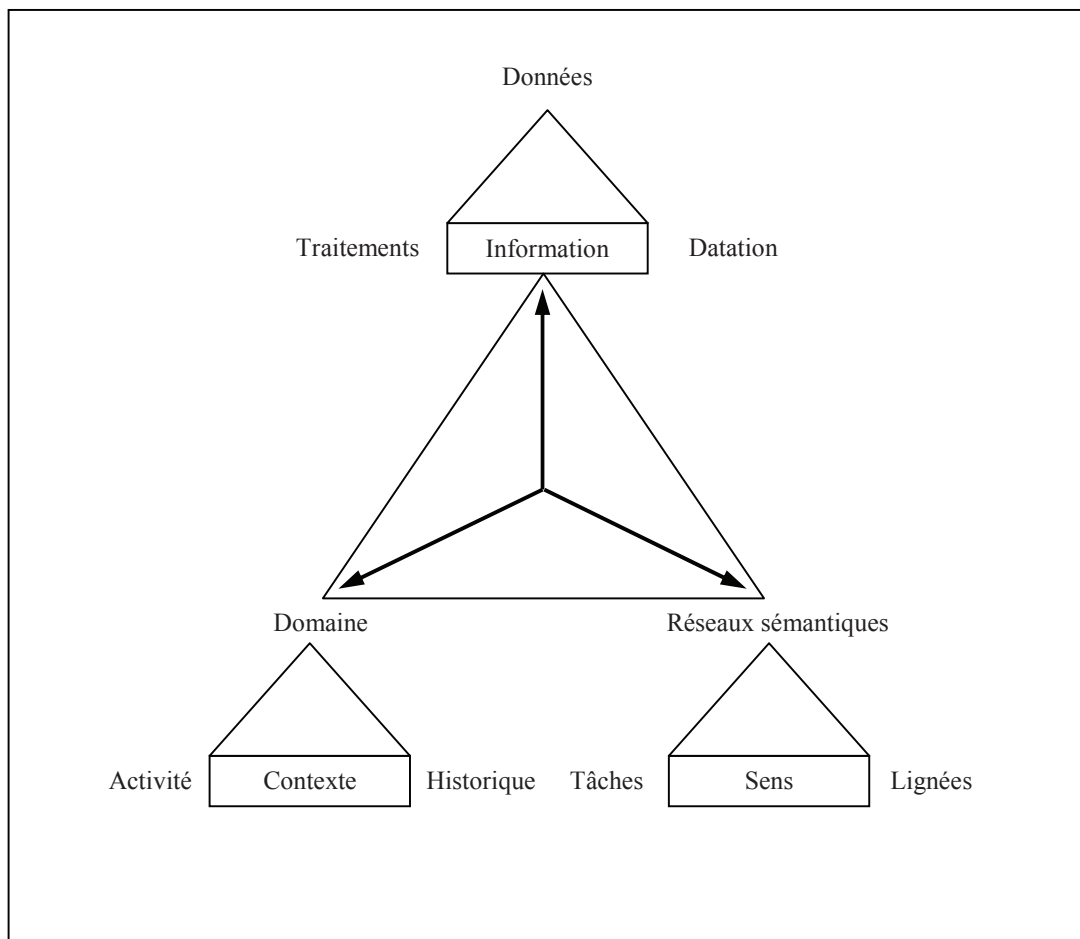


Figure 1.2.8 : MASK – Le microscope des systèmes de connaissances [Ermine, 2001].

Ce modèle compose une approche **systemique** et une approche **semiotique** [Ermine,

1.2 Méthodes et outils numériques supports des connaissances en conception

1996]. L'approche systémique regroupe les composantes ontologique, phénomologique et évolutionniste d'un système. L'approche sémiotique les composantes syntaxique, sémantique et contextuelle de la connaissance.

La composante **ontologique** « considère le système dans sa structure, en tant qu'il est perçu comme un ensemble d'objets agencés, comme « quelque chose » : c'est le point de vue de l'être du système ». Il s'agit d'une vue descriptive statique des connaissances. La composante **phénoménologique** « considère le système dans sa fonction, en tant qu'il est perçu comme agissant, comme « faisant quelque chose » : c'est le point de vue du faire du système. ». Il s'agit d'une vue descriptive dynamique de l'utilisation des connaissances. La composante **évolutionniste** ou « génétique » « considère le système dans son évolution, en tant qu'il est perçu comme se modifiant au cours du temps en accord avec son projet : c'est le point de vue du devenir du système ». Il s'agit d'une vue dynamique des connaissances elles-mêmes ou encore de leur cycle de vie.

La composante **syntaxique** fait référence à la « manifestation » de la connaissance, à sa forme perceptible qualifiée également de « signe ». L'étude de cette composante a, selon l'auteur, été largement abordée par la théorie de l'information de Claude SHANNON [Shannon et Weaver, 1949] et fait appel aux sciences de l'information ou encore l'informatique (dans la vision d'Ermine, le terme « information » est à faire correspondre à celui de « donnée » des travaux de Tsuchiya et Grundstein, cf. sous-section 1.1.2.1). La composante **sémantique** fait référence au sens du signe et fait appel à la linguistique, à la sémiotique et à l'anthropologie. Selon l'auteur, l'origine élémentaire du sens se retrouve dans la théorie du carré sémiotique. Cette théorie est basée sur 3 principes : le principe de l'axe sémantique (« un trait sémantique ne se charge de sens que lorsqu'il est couplé à un autre trait sémantique »), le principe d'opposition ou de différence (« un axe sémantique étant donné, le sens n'apparaît que grâce à la différence qui est faite par l'esprit humain entre les deux traits en question ») et le principe de contradiction (« tout concept présuppose son contraire »). La composante **contextuelle** est du domaine de la psychosociologie et cherche à remettre les connaissances dans leur contexte. Il s'agit de la connaissance que l'on a du système de connaissance que l'on étudie. Cette définition introduit une approche récursive de la connaissance. Elle permet d'introduire selon nous plusieurs niveaux de complétude d'une connaissance directement dépendant du stade de

récurtivité atteint lors du travail de conscience effectué par l'individu ou les individus qui détiennent cette connaissance. Par analogie aux travaux de Tsuchiya et Grundstein, la transmission d'une connaissance complète demanderait alors la considération de cette récurtivité jusqu'à l'origine de son schéma interprétatif alors qu'une connaissance incomplète pourrait se limiter à un certain niveau de contextualisation que l'on considère suffisant vis-à-vis d'un objectif considéré.

Le développement de ces points de vue aboutit à six types de modèles¹³ à regrouper de façon structurée dans un livre de connaissance [Ermine, 2001] :

- Les modèles des réseaux sémantiques ou **modèles des concepts** (points de vue ontologique et sémantique combinés) : ils correspondent à des taxonomies dans laquelle chaque concept désigne une catégorie d'objets dont les propriétés communes sont représentées par des attributs.
- Les **modèles des tâches** (points de vue phénoménologique et sémantique combinés) : ils sont constitués d'une décomposition arborescente de tâches. Cette décomposition est construite dans une logique de raffinement des tâches et tient compte de leur ordonnancement.
- Les **modèles des lignées** (points de vue évolutionniste et sémantique combinés) : ils permettent de représenter l'évolution de concepts ou d'objets dans une logique similaire à celle des théories des groupes humains souhaitant retracer l'évolution des espèces. « Il s'agit d'un outil de compréhension a posteriori ».
- Les **modèles du domaine** (points de vue ontologique et contextuel combinés) : il s'agit de diagrammes visant une représentation systémique du contexte des connaissances. Un diagramme permet de représenter un phénomène source agissant sur un phénomène cible par l'intermédiaire de flux ainsi que les influences (provoquées par des objets externes au phénomène) que peut subir ce système par un champ actif.

¹³ Théoriquement, le développement de chacun des points de vue aurait du aboutir à neuf modèles. Cependant, l'auteur précise qu'il ne reprend pas les modèles des données, des traitements et de datation car ils relèvent d'une discipline bien connue : le génie logiciel [Ermine, 1996].

1.2 Méthodes et outils numériques supports des connaissances en conception

- Les **modèles d'activité** (points de vue phénoménologique et contextuel combinés) : ces modèles permettent de décrire l'activité du système. Ils reprennent le formalisme SADT.
- Les **modèles de l'historique** (points de vue évolutionniste et contextuel combinés) : Ces modèles permettent d'expliquer l'évolution d'un concept ou d'un objet en ciblant son contexte historique de cette évolution « qui dépasse largement l'objet de connaissance proprement dit ». Il permet de mettre en relation par des « liens d'évolution » et « d'influence » plusieurs éléments suivant une échelle de temps. Le choix de ces éléments est laissé à l'analyste qui peut les relier notamment à des « objectifs » et des « jalons ».

La démarche permettant d'obtenir ces modèles (selon l'objectif du travail de capitalisation, il est possible de n'utiliser qu'un sous-ensemble de ces modèles) consiste en huit phases [Benhamou, 2004] : cadrage, planification, entretiens, modélisation, relecture, construction du livre de connaissance, validation du livre de connaissance et présentation du livre de connaissance. L'auteur ajoute une précision : « comme tout système d'information, le livre de connaissances suit un cycle de vie sur lequel peu d'études ont été menées ». Depuis cet ouvrage datant de 2004, nous n'avons pas trouvé de référence bibliographique faisant état d'une réflexion globale sur cet aspect.

La méthode MASK a fait l'objet de nombreuses applications et évaluations dans des entreprises variées (chez EDF, Cofinoga, DCN, etc.) depuis sa première application au CEA en 1993 [Ermine, 2001].

1.3 Etude de situation chez Renault – DCT

Le contexte industriel de notre travail, nous a permis d'analyser un cas précis de mise en œuvre de démarches et d'outils de capitalisation et partage des connaissances. Cette partie vise à positionner ce contexte industriel de travail et à présenter une vision succincte (car tenant compte de problématiques de confidentialité) du management des

connaissances à la Direction de la Conception et des Technologies groupe motopulseur (DCT) du groupe Renault.

1.3.1 Analyse comparative vis-à-vis de l'état de l'art scientifique

Dans une volonté de gestion de son patrimoine de connaissances, il existe à la DCT, un service responsable du management des connaissances : le service animation de la performance. La Figure 1.3.1 positionne ce service ainsi que la DCT au sein du groupe Renault.

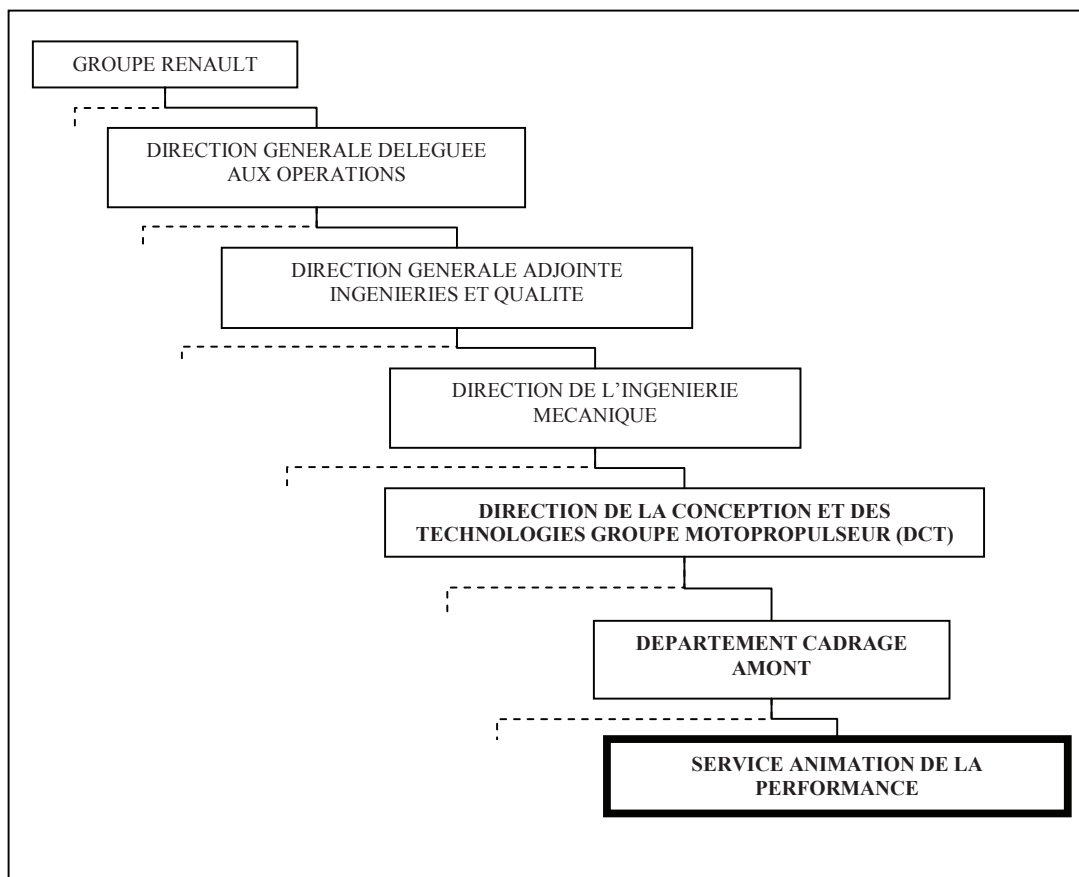


Figure 1.3.1 : Positionnement du service management de la connaissance (service animation de la performance) au sein du groupe Renault.

1.3 Etude de situation chez Renault - DCT

Ce service est composé de 3 équipes de travail dont l'équipe Méthodes IAO et échanges numériques au sein de laquelle nous avons principalement mené nos travaux et qui a constitué notre équipe d'accueil. Cette équipe a six missions :

- établir et maintenir les règles et méthodes de conception numérique,
- capitaliser ces règles et maintenir le PDP (Powertrain Digital Process) constituant les moyens de stockage et de diffusion de ces règles,
- animer le déploiement de ces règles et méthodes de conception numérique à la Direction de l'Ingénierie Mécanique et contribuer à leurs évolutions,
- piloter et animer le processus DMDR (Digital MockUp Design Revue) des projets groupe motopropulseur,
- animer des groupes de travail transverses entre les métiers et les domaines de l'IAO,
- assurer la qualité des échanges de numérisations avec la Direction de l'Ingénierie Véhicule, Nissan et les différents centres techniques du groupe Renault sur le périmètre groupe motopropulseur.

Compte-tenu de l'axe de travail identifié en sous-section 1.1.2.3, nous nous sommes intéressés aux trois premières missions de cette équipe visant la capitalisation et le partage des connaissances par le biais de moyens numériques. Dans ces missions, le terme « méthode » est à prendre au sens large dans la mesure où il regroupe à la fois des recommandations sur l'utilisation des outils numériques de la conception et un certain nombre d'outils numériques (au sens de solutions informatiques techniques) directement mis à disposition des concepteurs pour leur travail quotidien. Les livrables de cette équipe sur ce périmètre de missions sont :

- des **processus numériques** généraux vus comme une suite d'activités séquentialisées, organisées sur plusieurs niveaux et impliquant l'utilisation d'outils numériques,
- des **méthodes** (le terme est utilisé ici de manière plus spécifique) définissant un ensemble de recommandations relatives à l'utilisation des outils numériques

- permettant de favoriser la productivité des concepteurs de façon globale tout en maintenant le niveau de qualité requis des données numériques générées par ces derniers,
- des **modes opératoires** : il s'agit d'une description détaillée d'une succession d'opérations associées à un outil numérique (le niveau de granularité ciblé dans le document est donc plus fin que celui des méthodes),
 - des **règles de conception** consistant en un ensemble d'obligations à respecter par le concepteur. Ces règles sont quantifiables et contrôlables,
 - des **modèles CAO génériques** s'appuyant sur la technologie des « knowledge templates » proposée par l'outil CATIA V5 de Dassault système¹⁴,
 - des **applications métiers** permettant la réalisation automatisée d'opérations plus évoluées que celles permises par l'utilisation des « knowledge templates ». Ces applications font notamment appel à la technologie CAA (Component Application Architecture)¹⁵.

Les documents et outils générés par notre équipe d'accueil peuvent être repositionnés par rapport à la terminologie scientifique utilisée en section 1.2 :

- les processus, méthodes, modes opératoires, règles constituent des objets de connaissances à caractère statique,
- les modèles CAO génériques constituent des objets de connaissances à caractère reconfigurable,
- les applications métiers constituent des applications à base de connaissances.

Ce rapport étant établi, nous utiliserons les terminologies industrielles et scientifiques de façon indifférenciée dans cette section.

La formalisation explicite des connaissances relatives aux objets à caractère statique est directement sous la responsabilité de notre équipe d'accueil. En revanche, la

¹⁴ cad.magazine - N°112/113 - décembre 2003/janvier 2004

¹⁵ <http://www.3ds.com/plm-glossary/caa-v5/>

1.3 Etude de situation chez Renault - DCT

formalisation des connaissances techniques nécessaires à l'obtention des objets de connaissances à caractère reconfigurable et des applications à base de connaissances est réalisée par l'équipe Méthodes de conception amont (une autre équipe du service Animation de la performance). Cette formalisation aboutit à des objets de connaissances statiques connus dans l'organisation DCT sous la terminologie « politique technique ». Ces politiques techniques portent sur la caractérisation des pièces composant le groupe-motopropulseur et peuvent ainsi être qualifiées de « cruciales » pour le processus de conception de la DCT.

La démarche, utilisée par l'équipe Méthodes IAO et échanges numériques, pour la réification de ces connaissances explicites par le biais des objets de connaissances statiques suit directement les principes fondateurs de la méthode **MEREX**. Ces objets doivent être :

- applicables, c'est-à-dire assez précis pour pouvoir être appliqués sans interprétation,
- rédigés, validés par des acteurs connus et reconnus,
- gérés par le père technique d'un métier donné,
- exploités dans un projet et que toute non application fait l'objet d'une action pour valider un nouveau compromis et ainsi faire évoluer l'objet de connaissances.

Sur la base de ces principes, les processus, méthodes, modes opératoires et règles sont générés suite à des réunions successives entre les acteurs concernés puis validés par leur hiérarchie respective.

La démarche utilisée par l'équipe Méthodes de conception amont pour la création et actualisation des politiques techniques suit également ces principes mais fait l'objet d'un pilotage plus rigoureux, eu égard à la nature cruciale des connaissances considérées. Un extrait de cette démarche (restreint aux politiques techniques) est décrit par la Figure 1.3.2.

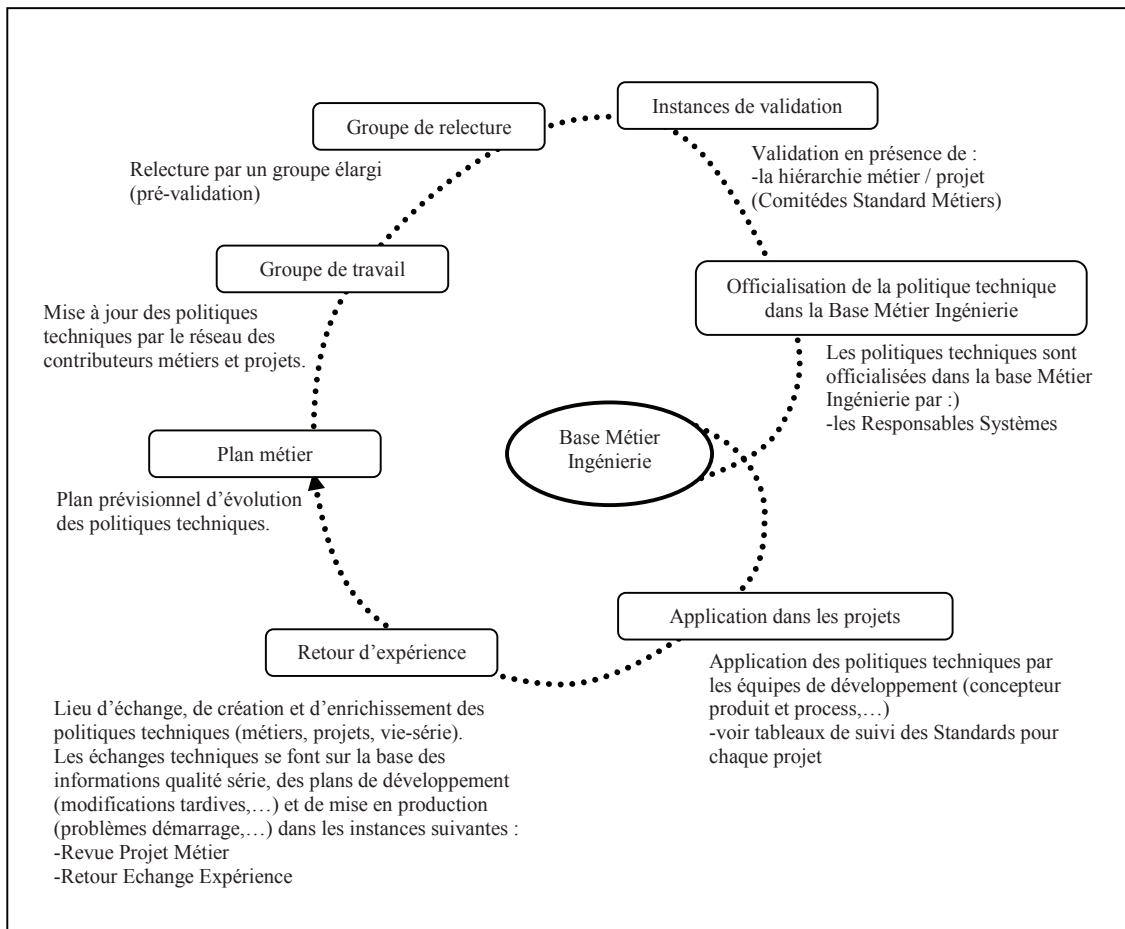


Figure 1.3.2 : Extrait de la démarche de capitalisation Méthodes de conception amont : cas des politiques techniques.

De manière générale, les documents générés suivent un gabarit constitué d'un certain nombre de rubriques standards décrites de façon précise et d'autres rubriques libres permettant de tenir compte de la spécificité des connaissances supportées. On retrouve ici le même principe que celui utilisé pour la rédaction des fiches MEREX (cf. sous-section 1.2.1.1) ou encore d'articles scientifiques (template de rédaction).

Le développement des applications métiers (ou application à base de connaissances) et des modèles CAO génériques (ou objets de connaissances reconfigurables) nécessite l'utilisation d'une démarche différente de celle appliquée pour les objets de connaissances statiques de nature informelle. Cette considération est largement vérifiée dans notre état de l'art scientifique concernant les applications à base de connaissances et

1.3 Etude de situation chez Renault - DCT

donc généralisable. Dans le cas des objets de connaissances à caractères reconfigurables, le positionnement formel ou informel dépend de la solution technique sous-jacente. Dans le cas d'un fichier excel, le niveau de sémantique formelle caractérisant un objet (au sens de la programmation orientée objet) « cellule » est relativement faible. Il est donc possible d'y mettre a priori n'importe quelle donnée et de manipuler cette dernière de façon relativement libre (e.g. copier-coller vers n'importe quelle feuille de classeur). Ce faible niveau de sémantique formelle, laissant à l'utilisateur la responsabilité de la préciser, en fait une solution générique particulière intéressante pour la résolution de problèmes variés. Dans le cas d'un modèle CAO générique réalisé à partir de l'outil CATIA V5, les possibilités de renseignement des données et leur manipulation à l'intérieur de l'outil sont plus limitées, notamment de façon à assurer la cohérence géométrique des modèles 3D générés. Ainsi les classes d'objets sont plus précises (paramètres, corps de pièce, trièdre, plan, etc.), certaines possibilités de structuration restreinte (il n'est pas possible de ranger un paramètre à l'intérieur d'un corps de pièce) et il est possible de spécifier des mécanismes d'inférence (règles). Cette analyse met en valeur le caractère suffisamment formel d'un modèle CAO générique selon l'équipe Méthodes IAO et échanges numériques pour justifier l'emploi d'une démarche similaire à celle du développement des applications métiers. Un extrait de cette démarche est présenté figure 1.3.3.

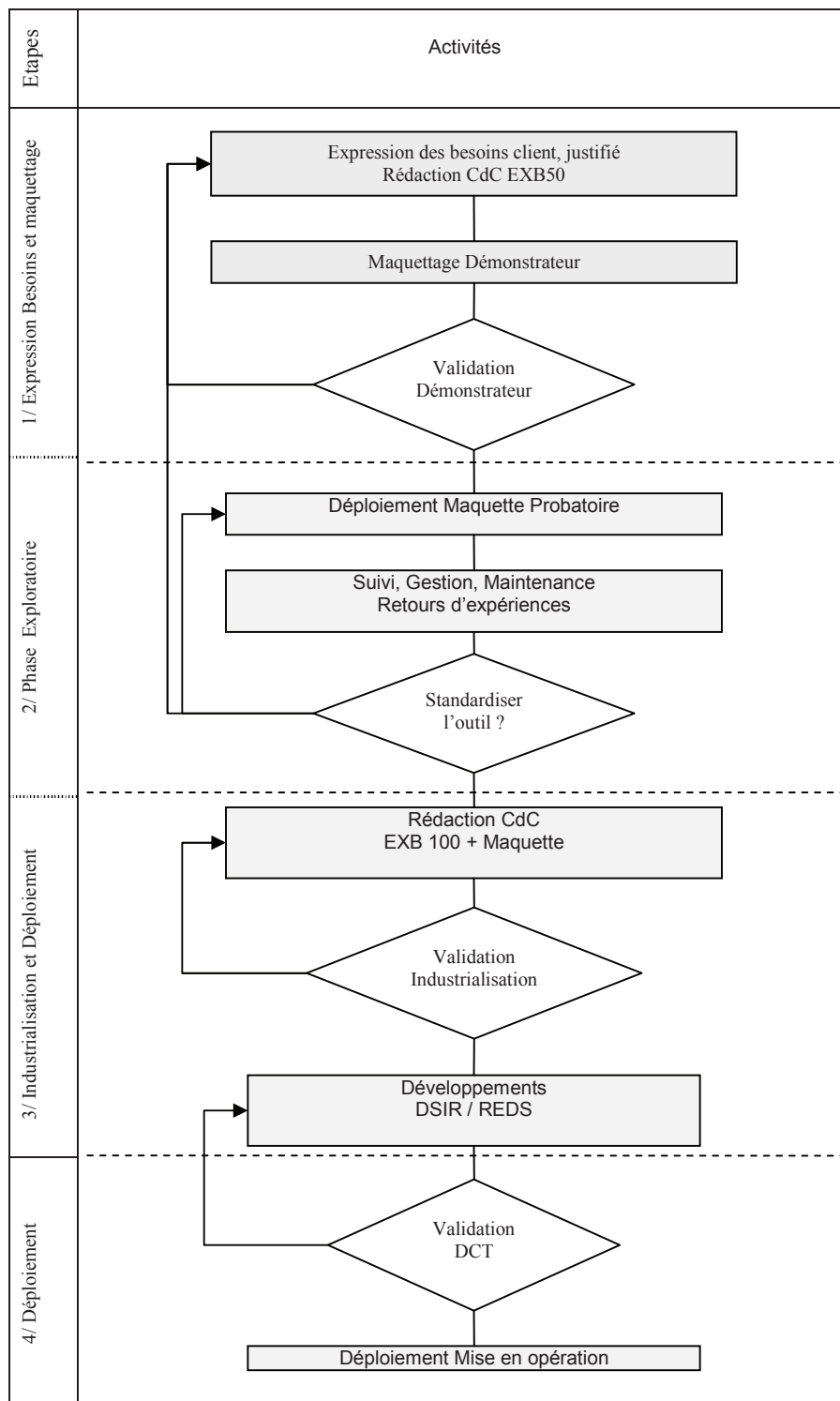


Figure 1.3.3 : Extrait de la démarche de développement d'une application métier et d'un modèle générique CAO utilisée par l'équipe Méthodes IAO et échanges numériques.

1.3 Etude de situation chez Renault - DCT

On notera que l'industrialisation de l'application métier ou du modèle CAO générique est réalisée sur la base de deux supports : une expression du besoin rédigée en langage naturel et un démonstrateur construit avec l'outil CATIA V5. Le principe de la démarche peut donc être vu comme similaire à celui de la méthode **MOKA** (cf. section 1.2.2) au sein de laquelle coexistent deux modèles (informel et formel) s'intéressant aux mêmes connaissances mais réifiées par le biais de formalismes différents. Notre expérience de cette démarche nous a cependant montré qu'à la différence des formalismes cohérents relatifs aux modèles de la méthode MOKA, le gabarit de l'expression du besoin est souvent éloigné des objets informatiques utilisés dans le démonstrateur. Un travail de fond, dont la préservation est souvent d'initiative personnelle, est alors nécessaire pour construire et maintenir le rapport entre les deux supports.

Ainsi, bien que les démarches appliquées par notre équipe d'accueil puissent présenter des spécificités par rapport aux méthodes scientifiques existantes (pour des raisons, selon nous, plus politiques, organisationnelles et historiques que d'inadéquation ou de manquements théoriques des méthodes scientifiques), les supports de valorisation des connaissances (objets de connaissances statiques, objets de connaissances reconfigurables, application à bases de connaissances) résultants de ces méthodes, se retrouvent cependant présents et de façon complémentaire dans l'organisation industrielle qu'est la DCT. Cette situation révèle clairement la maturité de cette dernière dans le management de ses connaissances. Il apparaît néanmoins de nouvelles problématiques liées à la diversité d'outils employés pour la valorisation de ce patrimoine de connaissances.

1.3.2 Une maîtrise insuffisante de la diffusion des connaissances

Comme nous l'avons mentionnée en section 1.2.1, la valorisation des objets de connaissances à caractère statique et à caractère configurable doit être optimisée et gérée dès lors que leur nombre atteint un certain niveau (au-delà de cinquante selon Corbel cf. sous-section 1.2.1.1). L'équipe Méthodes IAO et échanges numériques dispose pour cela

de quatre bases de données différentes accessibles par les concepteurs. Cette diversité des bases de données est justifiée pour des raisons relatives au format des données (fichier CAO, fichiers bureautiques) mais également pour des besoins de structuration différents (structuration par pièces concernées, par métiers concernées, par type de documents, par thèmes de document, etc.). Les modèles CAO génériques sont stockés dans le PDM (Product data management tool cf. section 1.1.1.1), directement dans l'outil dans lequel ils seront réutilisés. Les possibilités de classification offertes par l'outil sont faibles. La recherche des documents se fait donc sur la base des méta-données associées au document (identifiant, nom, etc.). Les processus, méthodes, modes opératoires et règles sont stockés dans trois bases de données proposant des classifications différentes permettant d'aboutir aux documents. Deux de ces bases proposent la technique de structuration classique par dossiers/sous-dossiers jusqu'à aboutir à des objets de connaissances. La base la plus aboutie permet d'indexer les objets de connaissances suivant plusieurs classifications, chacune du type dossiers/sous-dossiers, et même de coupler ces dernières lors d'une recherche de façon à obtenir des résultats plus précis. Cette solution qui prend ses origines dans la technique de classification à facettes proposée par Ranganathan en 1950 [Ranganathan, 1950] est discutée au chapitre 3. Concernant les applications métiers, il n'existe pas d'outils adaptés de valorisation de leur existence. Il est donc nécessaire de communiquer en permanence oralement ou par la diffusion de documents sur ce sujet.

Les démarches et supports de connaissances décrits dans la section précédente ainsi que leurs moyens de valorisation et de gestion plus optimaux décrits ci-dessus peuvent, de la même manière que les méthodes et outils approuvés scientifiquement, être ramenés aux facettes du modèle Grundstein (cf. Figure 1.3.4).

1.3 Etude de situation chez Renault - DCT

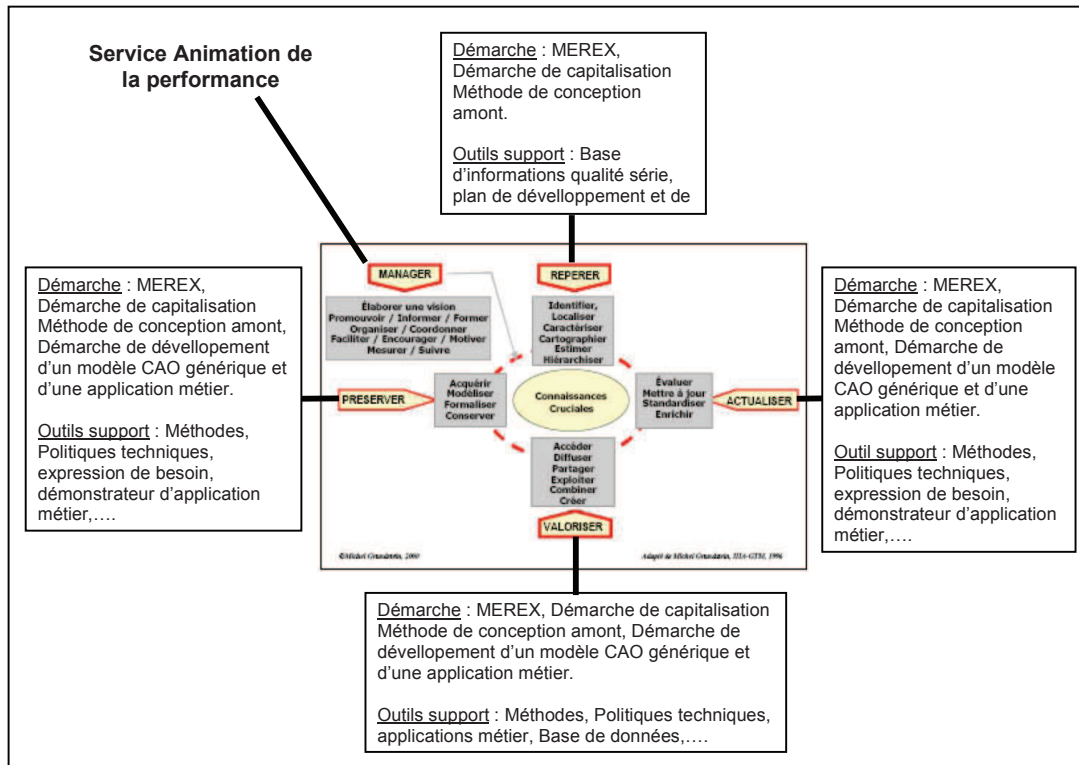


Figure 1.3.4 : Positionnement des démarches et outils supports des connaissances exploités par l'équipe Méthodes IAO et échanges numériques par rapport aux facettes du modèle de Grundstein [Grundstein, 2002].

A ce niveau de complétude tant dans la mise en place de démarches que dans la mise à disposition de supports des connaissances variés au concepteur, il serait naturel de penser que la réutilisation des connaissances dans le processus de reconception est assurée. Il apparaît que cette situation n'est pas vérifiée. Le constat de l'équipe Méthodes IAO et échanges numériques qui se généralise au niveau du service Animation de la performance est que la formalisation d'une connaissance sur l'un ou plusieurs des supports décrits n'en assure pas toujours la diffusion auprès des concepteurs. Bien que ce soit le pire des cas, ce constat ne signifie pas forcément que le produit final livré en fin de conception ne tiendra pas compte de ces connaissances. En effet, le déroulement d'un projet de conception est cadencé par des jalons permettant aux différents acteurs référents de synchroniser leur attendus. Par ailleurs, le produit suit des étapes d'essai et de validation numérique et physique permettant d'assurer sa qualité. Le problème reste cependant entier dans la mesure où ne pas « faire bon du premier coup » induit un coût en termes de délai, car il est nécessaire de reprendre le travail de spécification produit, mais

également en terme directement financier, dans la mesure où il peut être nécessaire de relancer une campagne d'essais numériques et ou physiques de façon à valider de nouveau la spécification. Corbel mentionne à cet effet que « pour un coût préventif unitaire en amont, il faudra multiplier ce coût par 10 s'il faut refaire des dessins, par 100 s'il faut modifier les outillages, par 300 si les problèmes à résoudre nécessitent de retarder tout le projet d'un mois. Les actions curatives coûtent 30 fois plus que les actions préventives » [Corbel, 1997].

Il est possible d'envisager plusieurs raisons à ces avaries dans la diffusion des connaissances :

- les concepteurs ne connaissent pas les outils à leur disposition,
- les concepteurs connaissent les outils à leur disposition mais ne les utilisent pas,
- les concepteurs utilisent les outils mais ces derniers ne permettent pas d'assurer la diffusion des connaissances.

Il est apparu que nous avons pu trouver des éléments de justification pour chacune de ces raisons au cours de nos travaux menés au sein de l'équipe Méthodes IAO et échanges numériques. Les processus, méthodes de conception, règles, modes opératoires (ou objets de connaissances statiques) et les modèles génériques (ou objets de connaissances reconfigurables) sont rangés dans quatre bases de données différentes chacune présentant des modes de structuration différents, et bien que justifiés, parfois loin du point de vue que les concepteurs se font de leur activité. Il en résulte une certaine réticence de leur part à aller y chercher les outils mis à leur disposition et une difficulté réelle à les trouver. Les applications métiers (applications à base de connaissances) font pour leur part l'objet d'une communication récurrente mais ne disposent pas d'un outil de valorisation de leur existence.

Lorsqu'ils exploitent ces outils supports des connaissances, les concepteurs sont très souvent demandeur d'améliorations (soit sur le contenu de l'outil en termes de connaissances encapsulées soit sur l'outil lui-même en termes de fonctionnalité). Il résulte de ces demandes un véritable travail puisqu'il est nécessaire de comprendre en quoi les améliorations demandées sont pertinentes (améliore la qualité, diminue le coût

1.3 Etude de situation chez Renault - DCT

ou les délais du processus de conception numérique) et ne sont pas conflictuelles vis-à-vis d'autres outils supports des connaissances. La durée de ce travail d'analyse d'impact ainsi que sa qualité dépend fortement de l'expérience des membres de l'équipe. En effet, les éléments dont disposent ces derniers, pour analyser les outils qu'ils génèrent, sont les outils eux mêmes (les objets de connaissances, les bases de données permettant de les structurer et les applications métiers). Ils se retrouvent donc confrontés aux mêmes problématiques que les concepteurs qui les utilisent. Dans ces conditions, il devient parfois difficile de répondre à la demande et les outils gagnent en obsolescence. Le caractère rattrapable de cette obsolescence est particulièrement lié au niveau de formalisation du contexte d'utilisation de l'outil considéré, atteint lors de sa création ou de ses actualisations précédentes. Si ce contexte d'utilisation a été formalisé de façon suffisamment précise, il est possible d'essayer de le retrouver dans les activités courantes de l'entreprise et d'effectuer un nouveau travail d'actualisation. Dans le cas contraire, la poursuite de l'existence de cet outil est tributaire de la chance que l'on peut avoir de retrouver dans l'organisation, des individus ayant contribué à sa création, à son utilisation ou en ayant entendu parler.

Dans le cas des outils effectivement utilisés, il est parfois avéré qu'ils ne suffisent pas à assurer la diffusion des connaissances jusqu'aux livrables de conception attendu. Cette considération dépend fortement du lien existant entre l'outil considéré et le livrable de conception attendu. Si ce lien est automatisé (c'est le cas des applications métier) ou si ce lien n'est pas à considérer (c'est le cas des modèles générique CAO où l'outil correspond au livrable de conception attendu), il est très peu probable que la diffusion des connaissances qu'il encapsule ne soit pas assurée (à moins d'un problème technique informatique). Le cas des objets de connaissances statiques est bien entendu plus complexe puisqu'il prend en compte la capacité de l'individu à assimiler puis à rendre consciente la connaissance explicite médiatisée par l'outil. L'analyse profonde de cette capacité se rapportant aux sciences cognitives n'a pas fait l'objet d'une étude approfondie dans ce manuscrit, cependant il semble, selon des considérations purement empirique, qu'il existe un lien entre la quantité de données contenue dans ces objets et la capacité du lecteur à retranscrire ces données en connaissances. La méthode MEREX préconise par ailleurs clairement l'utilisation de fiches synthétiques. Il serait alors judicieux, lors de la

création d'un objet de connaissance statique, de pouvoir analyser dans quelle mesure il contribue à augmenter la masse de connaissances à appréhender par le concepteur afin de pouvoir réaliser son activité. Cette analyse peut notamment permettre d'orienter le travail vers un autre choix de support (e.g. objet de connaissances dynamique ou application métier). Il apparaît que ce rapport entre objets de connaissances statiques et activités de reconception ne peut être établi par les membres de l'équipe Méthodes IAO et échanges numériques.

L'analyse de chacune de ces raisons amènent, selon nous, au rapport qu'il existe entre un outil support de connaissances et l'activité d'un concepteur dans un processus de reconception. Le concepteur connaît-il ce rapport ? Le concepteur trouve-t-il ce rapport adéquat ? L'activité concernée est-elle supportée de façon optimale ? Il semble que les membres de notre équipe d'accueil éprouvent le besoin de **rapprocher les outils qu'ils conçoivent des activités du processus de reconception** de façon à avoir une approche maîtrisée de la diffusion des connaissances explicites qu'ils génèrent. Cette approche optimiserait à la fois les initiatives de création d'outils supports des connaissances et celles d'actualisation. Les outils actuels dont dispose l'équipe Méthodes IAO et échanges numériques ne permettent ni d'effectuer un tel rapprochement de façon aisée ni de capitaliser ce rapprochement et le partager dans une démarche d'amélioration continue.

1.4 Synthèse de l'état de l'art

La mise en œuvre d'un processus de conception est extrêmement coûteuse et engage des ressources importantes. De façon à assurer sa croissance, une entreprise manufacturière doit trouver un subtil équilibre entre les processus de conception faisant intervenir des requis très peu définis (processus créatifs) et ceux faisant intervenir des requis relativement bien définis (processus innovant voire routinier). Notre analyse tend à montrer que ces derniers processus sont présents de façon prépondérante dans les industries et de fait, que leur amélioration peut amener des gains substantiels. Le point

1.3 Etude de situation chez Renault - DCT

commun de ces processus de reconception étant qu'ils se situent dans un espace des connaissances de l'entreprise, nous avons proposé de les aborder de façon prépondérante sous l'angle de la connaissance. Notre objectif est ainsi de trouver un moyen adapté de réutiliser les connaissances précédemment générées pour la mise en œuvre de processus de reconception.

Notre démarche d'analyse nous a conduits à étudier six méthodes ainsi que les outils numériques associés permettant d'assurer la capitalisation et le partage des connaissances dans une organisation. Le Tableau 1.4.1 synthétise cette analyse en présentant les caractéristiques de ces méthodes de capitalisation en termes d'outils de valorisation des connaissances associés, de facettes principalement étudiées, de mécanismes de transformations des connaissances mis en œuvre et de périmètre organisationnel d'entreprise concerné par leur application.

METHODES	TYPES	OUTILS SUPPORTS DE LA VALORISATION DES CONNAISSANCES ASSOCIEES	FACETTES ETUDIÉES	MECANISMES DE TRANSFORMATION DES CONNAISSANCES MIS EN ŒUVRE	PERIMETRE ORGANISATIONNEL CONCERNE
GAME TH	Informel		-Repérer	Conscience et articulation	Groupe d'experts
MEREX	Informel	-Objets de connaissances -Knowledge Management Tool	-Repérer -Préserver -Valoriser -Actualiser	-Conscience et articulation (lors de la formalisation des fiches et check-list) -Extension (lors de l'utilisation des fiches et check list)	-Groupe d'experts pour la formalisation des fiches et check-list -Partie souhaitée de l'organisation pour l'utilisation des fiches et check-list
KADS	Formel	Knowledge Based System	-Repérer -Préserver	Conscience et articulation	Groupe d'experts
MOKA	Formel	Knowledge Based Engineering Application	-Préserver	Conscience et articulation	Groupe d'experts
CBR	Formel	CBR Systems	-Valoriser -Actualiser	-Conscience et articulation (lors de la construction des modèles de cas). -Extension (lors de la réutilisation des cas).	-Groupe d'experts pour la construction des modèles de cas. -Partie souhaitée de l'organisation pour la réutilisation
MASK	Informel et formel	Livre de connaissances	Préserver	-Conscience et articulation lors de la formalisation des modèles -Extension lors de l'utilisation du livre des connaissances	-Groupe d'experts pour la formalisation des modèles -Partie souhaitée de l'organisation pour l'utilisation du livre des connaissances

Tableau 1.4.1 : Synthèse des méthodes de capitalisation des connaissances et des outils associés.

1.4 Synthèse de l'état de l'art

Cette synthèse met en valeur les caractéristiques variées des méthodes et des outils sous-jacents de nature à présupposer leur utilisation conjointe dans les organisations. L'étude de situation menée à la Direction de la Conception et des Technologies GMP de Renault apporte selon nous un exemple clair de l'usage complémentaire de tels moyens de capitalisation et de partage des connaissances en conception. Cependant cette utilisation conjointe amène à un nouveau besoin de gestion des connaissances : la nécessité d'avoir une vision unifiée de ces différents moyens et de leur contribution au processus de reconception de façon à assurer une actualisation pérenne et maîtriser des connaissances explicites et des supports qui les encapsulent.

CHAPITRE 2 PROBLEMATIQUE

Suivant une démarche méthodologique similaire à celle proposée dans [Beaud et al., 2006], nous avons de nouveau analysé la problématique générale, mentionnée dans la section « cadre de recherche » de l'introduction de ce manuscrit et ayant initialement conduit au lancement de nos travaux. Cette problématique évoquant une absence de possibilité de capitalisation des connaissances orientée processus chez notre partenaire industriel, a été revue à la lumière de notre état de l'art. Ce chapitre expose les hypothèses et objectifs qui constituent la problématique détaillée de nos travaux.

2.1 Hypothèses de travail

Afin d'assurer la réutilisation des connaissances en conception, nous avons vu qu'il existe une variété de méthodes permettant d'aboutir à différents outils supports des connaissances sur le périmètre des connaissances explicites codifiées. Chacun de ces outils trouve sa place dans l'optimisation des processus de reconception, cependant leur gestion tend à devenir de plus en plus compliquée à mesure que leur nombre augmente. Il devient alors difficile de prioriser les choix de création et d'actualisation sans une visibilité explicite de leur contribution à une activité de conception.

Notre réflexion dans ces travaux est fondée sur deux hypothèses issues de notre état de l'art que nous présentons ci-après.

2.1.1 Première hypothèse

Première hypothèse :

Il existe un besoin de disposer d'une structuration unifiée des outils supports des connaissances.

2.1 Hypothèses de travail

Le besoin de structurer les outils supports des connaissances s'explique par leur nombre et leur variété amenant des difficultés de gestion. Il existe des types différents d'outils : objets de connaissances, applications à bases de connaissances¹⁶, outil de management des connaissances (cf. section 1.2). Ces mêmes outils considèrent des domaines différents de connaissances : les cas d'applications dans l'automobile, les réseaux électriques ou encore le médical évoqués en partie 1.2 en sont des exemples à un faible niveau de granularité. Par ailleurs, ils encapsulent des connaissances de caractéristiques différentes : processus, méthodes, modes opératoires (cf. section 1.3.1). Dans notre approche, cette structuration correspond à un système de connaissances explicites codifiées. Elle est donc certes hétérogène, incomplète et redondante mais clairement identifiable. Cette caractéristique fondamentale lui permet d'être utilisée comme référence lors d'un échange de connaissances. D'une part, elle peut être vue par les individus l'utilisant comme l'espace, bien que certainement très partiel, de commensurabilité de leurs schémas interprétatifs portant sur les outils supports des connaissances. D'autre part, elle permet l'extension de cet espace aux individus qui ne le partagent pas encore. Cette structuration se doit également d'être unifiée au sens d'être considérée comme un tout de plusieurs choses rendu cohérent (suivant la définition du verbe « unifier » dans le Littré édition 2005). En effet, ce système de connaissances explicites codifiées est matérialisé par un ensemble de données, ou encore de manifestations perceptibles. Ces données peuvent certainement être sélectionnées, nommées et caractérisées de multiples manières. Il est par exemple notable que des sons (e.g. la sirène d'une alarme incendie qui se suffit à elle-même pour déclencher une procédure d'évacuation), de la couleur (e.g. feu tricolore pour réguler la circulation) ou encore de la matière physique (e.g. le démontage et l'analyse d'un moteur thermique concurrent peuvent permettre à un organisme d'évaluer l'utilisation d'une technologie particulière) peuvent servir à matérialiser de la connaissance. Nous pensons cependant que l'agencement de mots, de chiffres et d'images sont des modes particulièrement courants de réification des connaissances et suffisent pour représenter cette structuration. Ils sont régulièrement utilisés, à la fois dans le milieu scientifique (au sein d'ouvrages, de thèses, d'articles et de présentations scientifiques) et le milieu industriel (documents bureautiques), par les individus souhaitant expliciter leur connaissances. L'ensemble de ces données propres

¹⁶ A partir de cette partie, nous utilisons ce terme pour regrouper les outils Knowledge Based System, Knowledge Based Engineering Application et CBR Systems analysés en partie 1.

à revêtir un sens et à être traduites en connaissances au sein d'un organisme donné est ce que nous appellerons un vocabulaire. Ce vocabulaire ainsi que l'agencement qui en sera fait au sein de la structuration se doit d'être considéré comme une unité (et pas nécessairement de manière intégrée bien que cette option soit certainement techniquement plus facile à mettre en œuvre). Il s'agit ici de permettre la maîtrise de son espace de façon à éviter un certain nombre d'écueils linguistique : homonymie (de nature à attribuer un sens différent à une même donnée) et synonymie (de nature à augmenter le nombre des données constituant le vocabulaire et générer de la complexité tant dans son actualisation que dans sa valorisation). Une telle structuration doit être identifiée, préservée, valorisée, actualisée et managée.

2.1.2 Seconde hypothèse

Seconde hypothèse :

Il existe un besoin de disposer du rapport existant entre un outil support de connaissances et une activité/processus de reconception.

Cette hypothèse positionne le rapport entre un outil support de connaissances et une activité/processus de reconception comme une composante nécessaire de la structuration évoquée plus haut. Il s'agit donc également d'une connaissance explicite codifiée à identifier, préserver, valoriser, actualiser et manager. Dans cette hypothèse, les termes activité/processus sont à prendre dans le sens dual évoqué en section 1.1.1. La prise en compte de ce rapport n'est pas en soit une idée nouvelle puisque que Grundstein propose d'identifier les connaissances cruciales d'une organisation par le biais d'une analyse de ces processus et de ses activités. Cette approche peut, par ailleurs, être considérée comme relativement générique puisqu'elle s'adresse à toute organisme ayant une vision processus de son fonctionnement (en soit tout organisme engagé dans un démarche de type ISO9000). Cependant Grundstein n'évoque pas le partage ou la plus large diffusion de cette analyse à d'autres personnes que celles l'ayant réalisée. Cette considération est probablement due au fait qu'il ne la considère pas comme une connaissance cruciale en elle-même. Nous pensons néanmoins qu'il s'agit d'une composante des connaissances cruciales identifiées. Cette affirmation est clairement issue de l'approche des connaissances proposée par Ermine (cf. section 1.2.3) qui leur attribue trois composantes : syntaxique, sémantique et contextuelle. Selon nous, lorsqu'un organisme considère ses connaissances dans un objectif

2.1 Hypothèses de travail

d'optimisation de ses processus (ce qui n'est pas forcément le cas puisqu'il est possible de valoriser ces connaissances autrement notamment par le dépôt de brevets), ces processus font partie intégrante de la composante contextuelle des connaissances identifiées. D'un point de vue récursif, ils constituent en eux-mêmes une partie, que nous considérons comme prépondérante, des connaissances qui vont conduire un organisme à mettre en place le système de connaissances que nous proposons. Ils sont donc un élément en soi de ses connaissances cruciales qui se doit d'être capitalisé. Cette analyse de notre état de l'art scientifique est corroborée par notre étude de situation industrielle à la Direction de la conception et des technologies GMP de Renault. Le besoin d'identifier ces processus / activités à optimiser, mais surtout de pouvoir retrouver cette identification et le rapport qu'il existe entre eux et les outils supports des connaissances générés semblent être particulièrement important.

2.2 Objectifs des travaux

La cible de nos travaux est l'amélioration des processus de reconception de produit en termes de coût et délai. Compte-tenu du niveau de maturité des méthodes et outils analysés dans notre état de l'art scientifique et industriel, une des clés pour cette amélioration se trouve, selon nous, dans une optimisation de la gestion des outils supports des connaissances et plus particulièrement une optimisation de leur capitalisation. Nous basons la valeur ajoutée de cette optimisation sur la prise en compte des hypothèses énoncées ci-dessus qui nous a amené à définir deux objectifs à ces travaux :

2.2.1 Premier objectif

Premier objectif :

Définir un modèle conceptuel supportant une structuration des outils numériques supports des connaissances tel qu'il permette :

- **la réification partielle ou globale de processus / activités de reconception de référence,**

- **de dégager des leviers d'amélioration quantifiée sur ces processus / activités en termes de création et actualisation des outils numériques supports des connaissances.**

Ce premier objectif positionne l'axe principal de nos travaux et est traité au chapitre 3. Nous nous proposons de définir un modèle conceptuel dont l'instanciation mettra en œuvre des mécanismes de conscience et d'articulation (cf. section 1.1.2). Celui-ci est à considérer dans une approche Model Driven Architecture (MDA) [Miller et Mukerji, 2003]. L'OMG propose la définition suivante d'un modèle : « A model of a system is a description or specification of that system and its environment for some purpose. A model is often presented as a combination of drawings and text. The text may be in a modeling language or in a natural language ». Nous reprenons cette définition en l'appliquant à un système de connaissances qui se veut la structuration abordée dans notre première hypothèse. Le modèle que nous proposons de définir est un modèle conceptuel au sens où il permet à leurs auteurs de combler le vide qui existe entre les représentations mentales qu'ils se font de la solution qu'ils proposent et la solution elle-même [Ben-Ari et Yeshno, 2006]. Il vise à mettre en valeur les principaux concepts mis en œuvre dans notre approche ainsi que leur agencement en s'appuyant sur un langage de modélisation couplé à une description en langage naturel (cf. chapitre 3) précisant leur sens. Cette terminologie n'est pas nouvelle pour les disciplines scientifiques relatives à la connaissance puisqu'on la retrouve dans :

- MASK utilisant le terme de « modèle de concepts » pour désigner le formalisme de représentation de catégorie d'objets (cf. section 1.2.3).
- MOKA (« The MOKA tool was specified and implemented according to the conceptual model of engineering knowledge developed in MOKA ») pour décrire l'ensemble de l'approche s'appuyant sur un modèle du cycle de vie des applications à base de connaissances, un modèle informel, un modèle formel et un méta-modèle [MOKA, 2000(a)].
- KADS (« Knowledge analysis is aimed at studying knowledge-intensive tasks at a conceptual level ») pour décrire la phase d'analyse des connaissances faisant appel au modèle de connaissances (ou modèle d'expertise) et au modèle de communication [KADS, 2011(b)].

2.2 Objectifs des travaux

Ce modèle doit permettre la réification de processus / activités de reconception de référence et également une évaluation du rapport qu'ils ont avec des outils supports des connaissances. Cette seconde partie de l'objectif est directement relative à notre seconde hypothèse. Les processus / activités de reconception concernés par cette description sont nécessairement des processus jugés cruciaux (et non pas l'ensemble des processus de l'organisme) dans la mesure où ils font intervenir des connaissances cruciales (au sens de Grundstein) supportées par les outils numériques. Cependant leur rôle fondamental, dans ses travaux, est d'être des processus de référence matérialisant en partie la composante contextuelle d'une connaissance collective (ou visant à le devenir) portant sur l'utilisation de ces outils. Une telle description des processus vise essentiellement à permettre une création et une actualisation maîtrisée des outils supports des connaissances dans un objectif d'amélioration des processus / activités de reconception en termes de coûts et de délai.

Eu égard à l'environnement métier dans lequel se situe la construction du modèle proposé (notre équipe d'accueil se situe à la frontière entre les concepteurs produit et les informaticiens), ce dernier se positionne comme étant de type CIM (Computation Independent Model) dans une approche MDA. Il se veut donc générique vis-à-vis de tout aspect d'implémentation et propose une description supportant de façon prépondérante le point de vue d'un acteur de la conception plutôt que celui d'un informaticien (les modèles de type PIM et PSM prenant en compte ce dernier point de vue). Cette considération est néanmoins à nuancer dans la mesure où la validation de son caractère implémentable à constituer une partie du second objectif de nos travaux.

2.2.2 Second objectif

Second objectif :

Evaluer le modèle conceptuel sous deux axes :

- **ses qualités et défauts en tant que moyen descriptif,**
- **son caractère implémentable.**

Ce second objectif positionne deux axes secondaires de nos travaux qui sont étudiés au chapitre 4. Il est orienté vers l'évaluation du modèle conceptuel plutôt que vers sa validation. Relativement à sa finalité descriptive, la validation effective d'un tel modèle dépend de son utilisation. Si son instanciation parvient effectivement à se

positionner comme une référence pour les organismes qui l'utilisent, c'est qu'il permet de réifier de façon suffisamment pertinente la connaissance qu'ils ont de leurs outils supports des connaissances. Il apparaît cependant qu'atteindre un tel niveau de validation suppose son large déploiement dans les organismes gérés suivant une démarche processus et dépasserait largement les cadres industriel (organisme DCT de Renault) et temporel (trois ans) dans lesquels s'inscrivent ces travaux. Nous nous sommes donc plus orientés vers une démarche d'évaluation que de validation du modèle conceptuel.

Le premier axe vise à évaluer la capacité descriptive du modèle, à savoir dans quelle mesure il permet d'obtenir une description non ambiguë et suffisamment complète des outils supports des connaissances. La non-ambiguïté se positionne dans une volonté de distinction la plus précise possible des outils supports des connaissances. Elle vise leur réutilisation dans le cadre de référence pour lequel ils ont été générés. La complétude est à considérer de façon plus nuancée. L'instanciation du modèle étant vue comme un système de connaissances explicites, elle sera nécessairement incomplète. Il s'agit donc d'évaluer la capacité du modèle à permettre l'atteinte d'un niveau de complétude suffisant vis-à-vis d'un contexte applicatif donné.

Le second axe concerne l'évaluation du caractère implémentable du modèle conceptuel. Il s'agit ici d'assurer la valorisation de l'instanciation du modèle ou encore la possibilité d'extension de cette dernière. Cet aspect revêt une importance particulière dans la mesure où il concerne la finalité du modèle qui est de positionner son instanciation comme une référence pour les membres de l'organisme en termes de gestion de ses outils supports des connaissances. Dans le respect de notre prise en compte de l'essor du numérique en conception, nous visons l'implémentation d'un système d'information (définition cf. sous-section 1.1.1.1) basé sur ce modèle.

CHAPITRE 3 MODELE CONCEPTUEL DE PRESERVATION DES CONNAISSANCES ORIENTE PROCESSUS

Le présent chapitre est dédié à la prise en compte du premier objectif : la construction d'un modèle conceptuel permettant une structuration des outils supports des connaissances prenant en compte le rapport qu'ils entretiennent avec une activité/processus de reconception (cf. section 2.2). Relativement à une démarche de capitalisation des connaissances, l'instanciation de ce modèle constituera une action de préservation guidée d'une certaine partie des connaissances d'un organisme.

3.1 Positionnement vis-à-vis de l'état de l'art

Nous abordons, dans cette partie, les deux principaux outils sur lesquels nous sommes appuyés pour développer notre modèle conceptuel : une méthode faisant office de ligne scientifique directrice et, un langage de modélisation permettant de codifier la partie de notre connaissance portant sur ce modèle, dont nous avons validé le caractère implémentable.

3.1.1 MASK comme support méthodologique

Bien que les connaissances ciblées, dans nos travaux, soient particulières (il s'agit de celles relatives aux outils supports des connaissances), nous nous sommes largement inspirés dans ces travaux de la méthode **MASK**. Parmi les méthodes analysées dans notre état de l'art et abordant la préservation des connaissances, celle-ci nous est apparue comme suffisamment générique pour être adaptée à notre problématique. Les autres méthodes (MEREX, KADS et MOKA) sont, selon nous, fortement rattachées au développement des outils numériques pour lesquels elles ont été conçues, à savoir la réalisation de fiches bureautiques pour la première et celle

3.2 Une approche ontologique des connaissances

d'applications automatisées permettant de reproduire des mécanismes d'inférences pour les deux dernières. Nous nous sommes ainsi appuyés sur le microscope de la méthode MASK pour la construction de notre modèle conceptuel. Relativement à notre objectif nous nous sommes concentrés sur les points de vue combinés **ontologique / sémantique**, **phénoménologique / sémantique**, **phénoménologique / contextuelle** et **évolutionniste / sémantique** (cf. Figure 3.1.1) respectivement associés au modèle des réseaux sémantiques, au modèle des tâches, au modèle d'activité et au modèle des lignées.

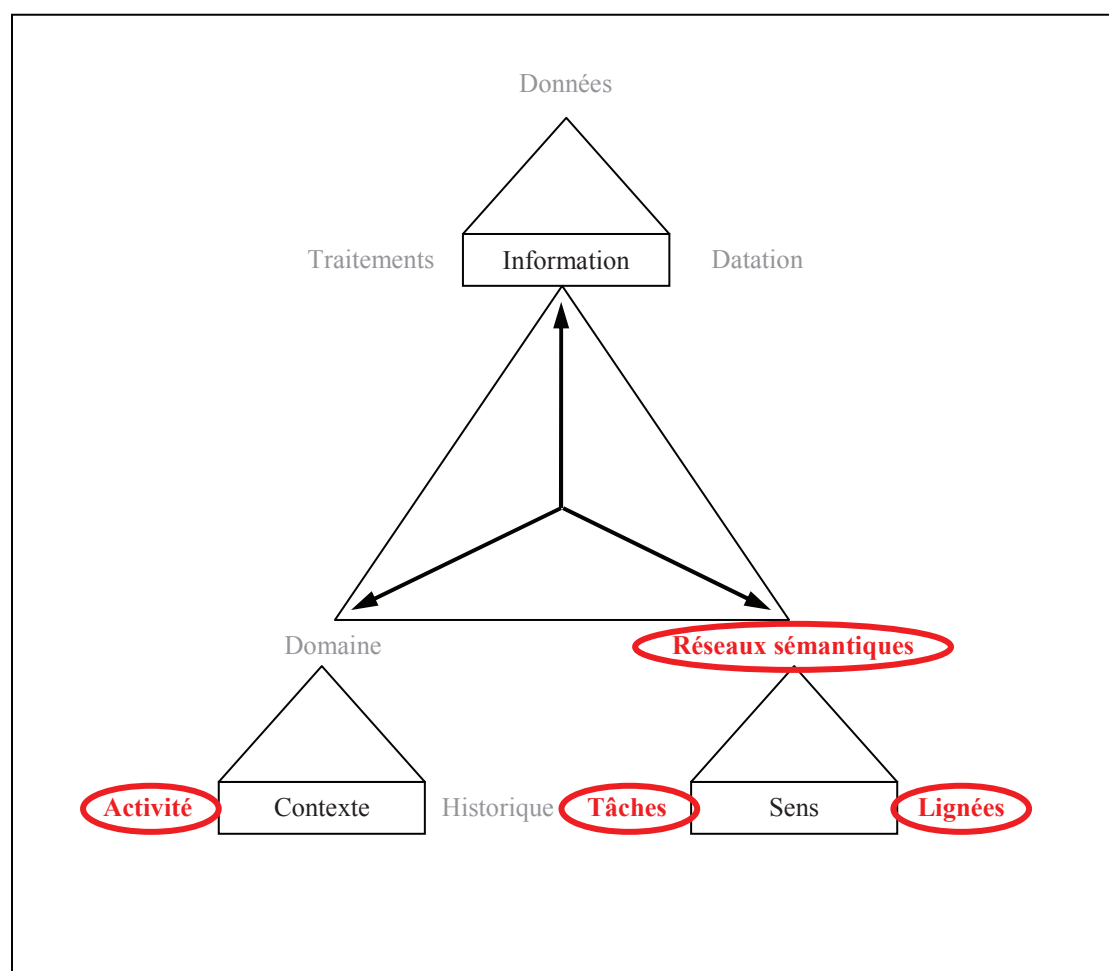


Figure 3.1.1 : MASK – Les points de vue sélectionnés pour notre modèle conceptuel (sur la base du microscope des systèmes de connaissances de la méthode MASK [Ermine, 2001]).

Les points de vue syntaxiques (données, traitement, datation), relevant des disciplines relatives aux systèmes d'information, sont abordés au chapitre 4 dans le cadre du second objectif de ces travaux (cf. section 2.2.2). Les points de vue sémantiques (réseaux sémantiques, tâches, lignées) trouvent assez naturellement leur place dans

l'étude menée dans ce chapitre. Ils visent la composante centrale de la connaissance qu'est le sens et les principes qui en permettent la genèse. Le respect de ces derniers dans l'agencement des données, proposé par notre modèle conceptuel, permet d'envisager une réelle extension des connaissances qu'elles réifient. Les points de vue contextuels sont, de manière générale, représentés par des modèles permettant d'atteindre un niveau de complétude descriptive particulièrement élevé (cf. section 1.2.3). De ce fait, ils permettent l'agencement de nombreuses données qui constitue, selon nous, un travail d'expertise conséquent à la fois pour leur rédaction, leur lecture et leur maintenance. Notre état de l'art nous a amené à considérer que le contexte d'utilisation des connaissances vu sous l'angle des activités/processus de reconception était particulièrement pertinent. Les éléments d'analyse ayant amené à cette conclusion sont à la base de la seconde hypothèse explicitée en section 2.1.2. Selon nous, il justifie le besoin, potentiellement générique pour les organismes, d'une approche contextuelle portant sur la notion d'activité ; chose que nous n'avons pas perçue pour les modèles de domaine et d'historique. Par ailleurs, dans une volonté d'extension de ces modèles, le modèle d'activité reprenant le formalisme SADT présente peu d'inconvénients à sa compréhension. Il est largement répandu dans le milieu de la recherche ainsi que celui de l'industrie. Il est alors intéressant d'analyser la logique dans laquelle il est utilisé pour réifier des connaissances. La prise en compte de ce dernier aspect est moins pertinente pour le modèle de domaine et celui de l'historique adoptant des formalismes ad hoc.

3.1.2 UML comme langage de modélisation

La méthode MASK propose pour chacun des quatre points de vue mentionnés ci-dessus un ensemble de modèles spécifiques utilisant des formalismes définis. Ces formalismes peuvent être considérés comme des langages au sens où ils permettent l'agencement de données suivant des règles permettant d'en extraire un sens. Nous ne les avons cependant pas intégralement repris pour deux raisons. La première raison est qu'ils ne permettent pas de représenter l'interaction qui existe entre les modèles. Selon l'auteur de la méthode, « le problème épineux des liens entre les différents modèles sera à peine esquissé » [Ermine et al., 1996]. Pour le cas de l'interaction entre le modèle des concepts et le modèle des tâches visant la manipulation de ces concepts, l'auteur précise même : « pour des raisons de lisibilité, ce flot de données ne

3.2 Une approche ontologique des connaissances

peut être représenté graphiquement, il est représenté seulement dans le langage formel ». Nous pensons qu'il est nécessaire de représenter graphiquement ce flot de données dans certaines situations puisque nous visons justement à rendre compte du rapport qui existe entre un outil support des connaissances et une activité/processus de reconception. La seconde raison est que ces langages utilisent une certaine proportion de données ad hoc (notamment celui du modèle des lignées) qui nous est apparue comme génératrice d'un travail d'interprétation important pour l'implémentation future d'un système d'information (notre second objectif). Dans le cadre de cette dernière considération, il existe une multitude de langages que nous ne chercherons pas à détailler ici de façon complète (on peut citer pour les plus courants : UML, OWL, IDEF1X, IDEF4 et MERISE). Nous visons simplement à mentionner deux éléments qui nous ont amené à sélectionner le langage **UML** (Unified Modelling Language) [UML, 2009] maintenu par l'OMG (Object Management Group) pour réifier notre modèle conceptuel ; ces deux éléments nous ayant conduit à écarter les quatre autres langages qui nous sont apparus comme également référents.

Le premier élément est le positionnement cohérent du langage UML par rapport à l'approche **MDA** également développée par l'OMG. Ce positionnement en fait un langage permettant, a priori, de définir des modèles indépendants d'une technologie informatique particulière et renforce leur caractère générique de ce point de vue. Bien qu'initialement développé sur la base de méthodes de programmation orientée objet (Booch, OMT, and OOSE), le langage se veut suffisamment complet ou apte à être complété pour être utilisé de cette manière. Les modèles CIM générés peuvent ainsi être spécialisés à une technologie particulière par l'utilisation de profils UML (ces modèles spécialisés sont alors de type PIM ou PSM dans l'approche MDA). Ce mode d'utilisation ne nous est pas apparu comme pertinent pour le langage OWL [W3C, 2009] et ceux utilisés dans IDEF 1X [IDEF1X, 1993], IDEF 4 [IDEF4, 1995] et MERISE [Nanci et Espinasse, 1996], visant respectivement l'implémentation d'application Web, l'implémentation d'applications orientées objet et l'implémentation de bases de données relationnelles pour les deux derniers.

Le second élément porte sur le **caractère graphique** et largement connu du langage UML qui lui confère des facilités de lisibilité que l'on ne retrouve pas a priori dans les langages à syntaxe linéaire comme OWL [Cranefield et Purvis, 1999]. L'utilisation du langage UML pour définir la structure conceptuelle d'une ontologie OWL 2 [W3C,

2009] apporte un certain poids à cet argument. Nous notons que l’outil Protégé¹⁷ permettrait de pallier ce manque mais il reste clair que son approche graphique n’est pas normalisée. Par ailleurs, l’OMG travaille activement à la définition de profils UML pour OWL (une première version adaptée à OWL 1 ayant déjà été fournie dans [ODM, 2009]) devant faciliter une traduction de notre modèle dans ce langage si possible et nécessaire.

Les modèles présentés dans ce chapitre ont été réalisés à l’aide de l’outil Rational Rose¹⁸. Lors de leur explicitation dans le corps du texte, nous utiliserons la convention typographique suivante : *Classe* (caractères italiques soulignés avec majuscule) et *attribut* (caractères italiques non-soulignés sans majuscule).

3.1.3 Définitions

De façon à développer l’analyse menée lors de la construction de notre modèle conceptuel, nous précisons ici certains éléments de définitions que nous avons adoptés. Ces éléments seront utilisés au sein des parties et sections suivantes.

Quantum de Connaissances Explicites Codifiées (QCEC) :

Un QCEC se définit comme la plus petite mesure de connaissances explicites codifiées que l’on considère comme point d’intérêt et pour laquelle il est possible d’envisager une description plus complète. Il se caractérise par un nombre fini de données (ou manifestations perceptibles). Au sein de l’espace numérique considéré par nos travaux, il peut s’exprimer par un nombre fini de mots, de chiffres, d’images, ou plus techniquement de caractères, ou de bits.

Activité¹⁹ :

Une activité est un « ensemble de tâches corrélées constituant une étape de transformation d’un processus » [FDX50-176, 2005] à laquelle est rajoutée la caractéristique d’être atomique dans une approche de décomposition d’un processus.

¹⁷ <http://protege.stanford.edu/>

¹⁸ <http://www-01.ibm.com/software/awdtools/developer/rose/>

¹⁹ Les définitions arbitraires d’activité et sous-processus, que nous mentionnons, conservent mais précisent celles proposées dans le fascicule de documentation FDX50-176 [FDX50-176, 2005] et la norme ISO 9000 [NF EN ISO 9000, 2005]. Elles visent à clarifier la dualité activité/processus existante (cf sous-section 1.1.1.1).

Sous-processus :

Un sous-processus est «un ensemble d'activités corrélées ou interactives qui transforme des éléments d'entrée en éléments de sortie » [NF EN ISO 9000, 2005] auquel est rajoutée la caractéristique d'être non-terminal suivant une considération ascendante et descendante de la décomposition d'un « processus » [NF EN ISO 9000, 2005].

3.2 Approche ontologique des connaissances

Suivant la logique de la méthode MASK, nous considérons dans cette partie le développement d'un module particulier de notre modèle conceptuel. Il s'agit de celui qui, une fois instancié, sera assimilable à la composante ontologique du système de connaissances explicites codifiées que nous proposons de mettre en place. Il vise à décrire un sous-système de *Quantums de Connaissances Explicites Codifiées* (QCECs) vus comme non agissants ou non relatifs à une activité. Elle considère ce sous-système « dans sa structure, en tant qu'il est perçu comme un ensemble d'objets agencés, comme « quelque chose » : c'est le point de vue de l'être du système » [Ermine, 1996].

3.2.1 Analyse de la composante sémantique

La composante ontologique / sémantique de notre modèle conceptuel a pour objectif de révéler le **sens** d'un **QCEC non agissant**. Il correspond dans notre cas au nom d'un objet de connaissance à caractère statique ou à celui d'un objet de connaissance à caractère reconfigurable. Néanmoins, notre volonté de décrire ce quantum suppose que les données qui le caractérisent ne sont pas suffisantes ou répondent à un formalisme non pertinent pour exprimer la composante sémantique de la connaissance qu'il matérialise. Dans le premier cas, il s'agit d'un QCEC contraint en nombre de données (e.g. le nom d'un document). Il est donc nécessaire de lui associer de nouvelles données descriptives. Dans le second cas il s'agit d'un QCEC dont les données ne permettent pas sa localisation ou différenciation au sein d'un ensemble de QCECs par le biais d'une approche que nous qualifions de sémantique

(e.g. un texte, que l'on aurait tendance à obtenir lorsque l'on n'est pas contraint par le nombre de données). D'une part, cette approche se caractérise par une volonté de prise en compte et de maîtrise d'un nombre limité de données qu'il est possible d'associer à ces QCECs et qui seront aptes à révéler leur sens. D'autre part, elle vise à faciliter l'extension de ces données qui se situent ou seront amenées à se situer sous forme de concepts dans les schémas interprétatifs des individus (cf. section 1.1.2). Ainsi, elle se distingue notamment des approches de localisation de type folksonomie ou mot-clés. Ces approches impliquent certes la considération de données a priori relatives à des concepts pour les individus mais peu l'extension d'un certain vocabulaire de référence, les données relatives aux relations inter-concepts et encore moins la maîtrise de l'ensemble de ces données. Il est néanmoins parfaitement envisageable que ces approches soient complémentaires [Mas et al., 2008].

3.2.1.1 Formalismes appropriés

Nous avons discuté, en section 3.1.2, des langages de modélisation et notamment ceux proposés dans la méthode MASK. Cette discussion a été menée d'un point de vue purement technique (complétude, rapport aux technologies informatiques et caractère graphique) qui n'est pas le même que celui adopté dans cette sous-section. Nous adoptons, ici, un point de vue plus théorique. Il doit nous permettre de sélectionner un vocabulaire et un mode d'agencement de ce vocabulaire adaptés aux mécanismes de conscience, d'articulation, et d'extension que nous cherchons à favoriser (cf. section 1.1.2.3). De façon à marquer ce point de vue, nous emploierons le terme formalisme plutôt que celui de langage.

La méthode MASK mentionne deux types de formalismes ayant selon l'auteur « une pertinence psychologique et une adéquation prouvée avec la mémoire humaine » [Ermine, 1996] et donc selon nous, une capacité à faciliter l'extension d'un vocabulaire. Il s'agit des modèles en réseau et des modèles à propriétés. Cette typologie étant issue d'un travail à resituer dans le domaine des sciences cognitives, nous renvoyons le lecteur à [Ermine, 1996] pour un développement plus détaillé de l'analyse de ces formalismes. Nous allons cependant en extraire les points clés qui nous ont orientés dans la construction de la partie ontologique / sémantique de notre modèle.

3.2 Une approche ontologique des connaissances

Les **modèles en réseau** « privilégient l'ensemble des relations » qu'un concept entretient avec un autre concept. Leur principe de base est « d'utiliser des nœuds et des arcs (orientés ou non) pour représenter le domaine ». Ils fournissent ainsi une structure navigable qui nous est apparue comme particulièrement pertinente pour la localisation et la différenciation d'un QCEC. Il est néanmoins clair que le caractère effectivement navigable de cette structure par un individu suppose qu'il est capable d'extraire de façon suffisamment fidèle le sens des nœuds et celui des arcs pour aboutir à un QCEC donné. La complexité (liée à la quantité de données interreliées à prendre compte) de ces modèles n'est alors pas un élément négligeable. Dans sa proposition d'approche du management des connaissances par l'ingénierie des connaissances, Lai [Lai, 2007] aborde cette problématique d'utilisation des graphes conceptuels²⁰. Il propose alors l'utilisation d'une classification hiérarchique, générée à partir de graphes conceptuels plus simples, pour faciliter la localisation et la navigation entre différents modèles. De plus dans un objectif d'extension des connaissances contenues dans ces derniers, il y adjoint un langage de requête de type SQL et un mécanisme de traduction des graphes conceptuels en langage naturel pour la présentation des résultats. Il évite ainsi de confronter un individu directement à ces graphes.

Les **modèles à propriétés** « privilégient les listes d'attributs ou propriétés enregistrées avec le concept en question ». Il permet d'associer plusieurs couples attribut/valeur à un concept. Il s'agit d'un formalisme « beaucoup plus granulaire » selon l'auteur. Cette affirmation peut être discutée dans la mesure où il est possible de représenter différents niveaux de granularité à l'aide de modèles en réseau (notamment par l'utilisation de relations de généralisation et de spécialisation). Cependant il nous semble que ce type de formalisme, de nature à s'apparenter à celui des définitions d'un mot que l'on trouve dans un dictionnaire, est adapté pour décrire un QCEC ciblé.

Ces deux types de formalismes peuvent également être **combinés**. Il s'agit du mode le plus complet de représentation des connaissances existant aujourd'hui. Le modèle des réseaux sémantiques de la méthode MASK, s'appuie sur un formalisme combiné avec approche graphique. Il n'a, à notre connaissance, pas évolué depuis cette date, malgré les nombreuses actualisations effectuées sur la méthode (cf. section 1.2.3) et tend à

²⁰ Les graphes conceptuels constituent un formalisme de modèles en réseau théorisé par John F. SOWA [Sowa, 1984].

justifier la pérennité de cette approche pour représenter les connaissances. Cependant il se distingue clairement de certains modèles sémantiquement très riches et souvent qualifiés d'ontologies²¹. Ces derniers modèles pourraient certes apporter une description précise d'un QCEC, mais soulèvent des contraintes non négligeables. Liu et Lim [Liu et Lim, 2010] citent à ce titre :

- la durée nécessaire à la définition d'une ontologie ; cette définition se faisant sur la base d'une analyse pointue et étendue de données généralisées par la suite en concept,
- le niveau d'expertise élevée requis pour la définition d'une ontologie ; la généralisation de concept se faisant sur la base de la compréhension que les individus ont d'un certain domaine de connaissances,
- la difficulté d'évaluation et de validation d'une ontologie ; cette étape devant faire appel à un consensus permanent des experts la développant,
- la gestion des évolutions de ces ontologies comme conséquence de l'évolution des données numériques sur lesquelles elles s'appuient.

Ces contraintes sont selon nous valables pour de nombreux travaux de modélisation, mais clairement renforcées plus la richesse sémantique du modèle est importante. Il est par conséquent fondamental de justifier cette dernière dans une perspective d'application industrielle ; les ressources financières accordées à la gestion d'un modèle comme celui de la Figure 3.2.1 étant certainement plus élevées que celles accordées à un modèle comme celui de la Figure 3.2.2. Nous notons que cette justification est relativement frappante lorsque on vise le développement de systèmes d'information automatisés associant un comportement à cette sémantique (c'est notamment le cas de certaines applications à base de connaissances nécessitant des capacités de raisonnement). Elle l'est cependant moins dans notre cas, où l'objectif est essentiellement de permettre à un organisme, ayant une vision processus de son fonctionnement, de réifier la connaissance qu'il a de ces outils supports des connaissances et d'en assurer l'extension (cf. section 2.2.1 et 2.2.2). Il n'est alors pas

²¹ Dans le domaine scientifique de l'intelligence artificielle, le terme ontologie est souvent utilisé pour désigner le vocabulaire partagé permettant de représenter la conceptualisation faite par un ensemble d'individus sur un phénomène d'intérêt [Gruber, 1993]. Cette définition étant facilement vulgarisable, nous l'utilisons dans ce manuscrit uniquement pour désigner des modèles particulièrement riches en sémantique et visant l'implémentation de systèmes automatisés performant pour le raisonnement.

3.2 Une approche ontologique des connaissances

absurde de partir de formalismes a priori simples ayant démontré leur capacité d'extension, d'en extraire les éléments sémantiques et de les étoffer de façon à répondre à un certain nombre de contraintes précises.

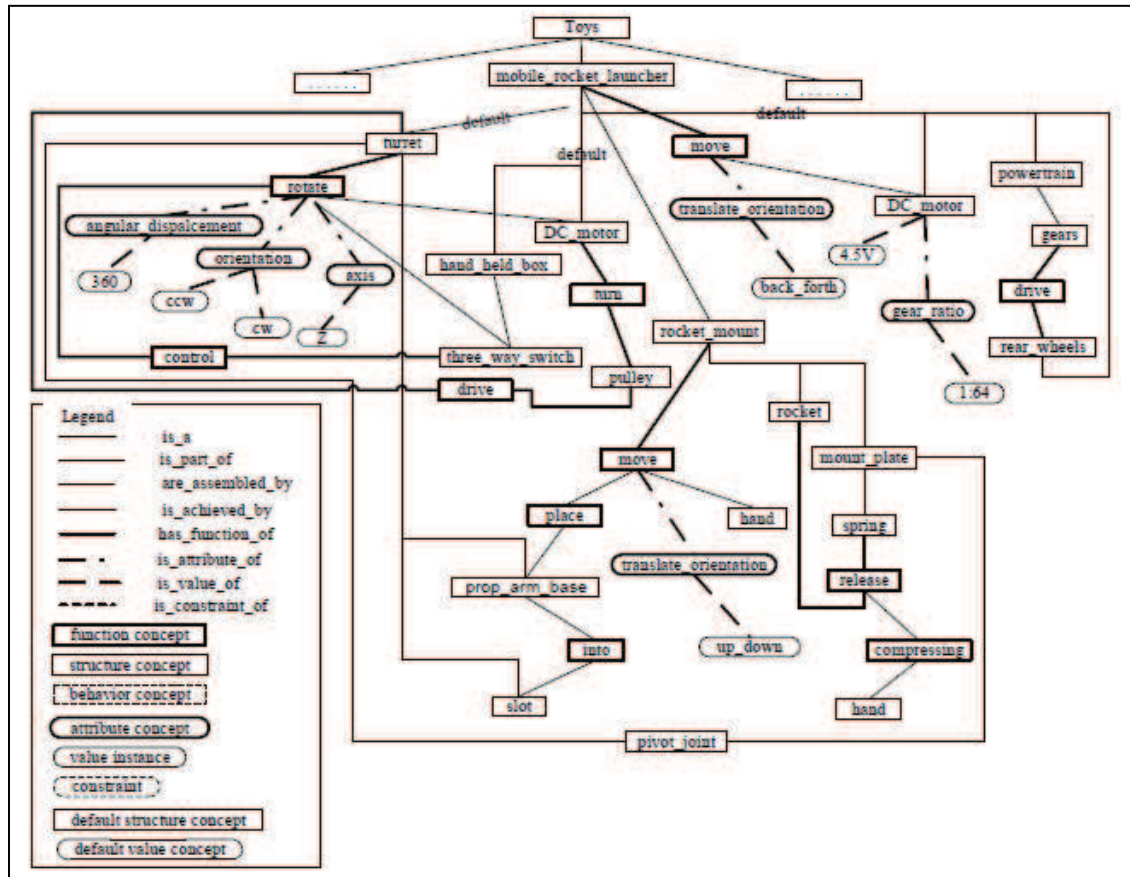


Figure 3.2.1 : Exemple d'un modèle sémantiquement riche pour l'annotation et l'extraction de documents contenant des connaissances en conception [Li et al., 2005].

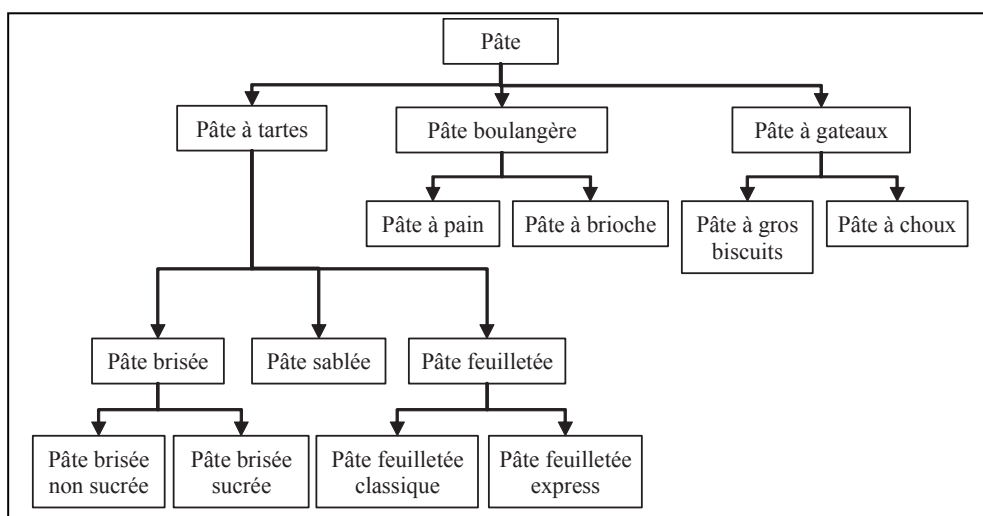


Figure 3.2.2 : Exemple d'un modèle de réseaux sémantiques issu de la méthode MASK [Ermine, 2001].

3.2.1.2 Contraintes et solution descriptive choisie

Nous cherchons ici à décrire un QCEC, vu comme non relatif à une activité, en utilisant le principe des modèles en réseaux pour accéder à un QCEC donné et le principe des modèles à propriétés pour décrire précisément ce QCEC.

Le modèle des réseaux sémantiques, dans la méthode MASK, s'appuie sur un formalisme combiné (en réseau et à propriétés) dont les concepts peuvent être définis à leur gré par les experts mais pas les relations inter-concepts. L'unique relation qui lie ces concepts entre eux a pour objectif de décrire « des liens entre concepts de nature hiérarchique [...] pour modéliser la mémoire sémantique » [Ermine, 1996]. On retrouve ici l'objectif du formalisme, énoncé dans la section précédente, d'être pertinent vis-à-vis de la mémoire humaine. Le choix d'une relation unique dans un même réseau de concepts différents ne nous est pas apparu comme anodin. Il limite clairement la complexité sémantique du réseau (liée au nombre d'effets de sens qui peuvent en être générés), si on en croit le principe du carré sémiotique selon lequel le sens naît de la relation que l'on peut faire entre deux traits sémantiques (cf. section 1.2.3). Par ailleurs le **sens de généralisation** préconisé (e.g. un moteur thermique « est une sorte » de moteur) utilisée de façon hiérarchique (structure de type arborescente dans laquelle un concept peut avoir plusieurs « enfants » mais un seul « parent ») semble toujours d'actualité quant à son adéquation aux fonctions cognitives humaines [Coley et al., 2004 ; Voorspoels et al., 2011]. Néanmoins l'utilisation d'un unique modèle en réseau exploitant une unique relation hiérarchique amène des problèmes dans la gestion de son évolution et son ergonomie d'utilisation à mesure que les concepts qu'il contient sont de plus en plus nombreux. Il en résulte effectivement un réseau particulièrement étendu et profond qu'il n'est plus possible de maintenir. Il n'est par ailleurs pas étonnant qu'Ermine propose de distribuer les modèles obtenus sur plusieurs supports pouvant être interreliés [Ermine, 2001]. Cette proposition ne règle cependant pas le problème de gestion de ces supports qui doivent de nouveau être structurés. Une solution à ce problème existe et a déjà été proposée. Il s'agit de la classification à facettes de Ranganathan [Ranganathan, 1950]. Cette solution a été initialement définie dans l'objectif de permettre la classification de documents de bibliothèques suivant différents réseaux hiérarchiques de caractéristiques (« train of characteristics »). Ces réseaux sont appelés des facettes. Ranganathan a proposé cinq types de facettes : « Time », « Space », « Energy »,

3.2 Une approche ontologique des connaissances

« Matter » et « Personality ». Cependant il semble que cette volonté de définir des vues universelles permettant de rendre compte de toutes formes de connaissances est aujourd'hui largement remise en cause (cette question est discutée en section 3.4.2). Ce mode de classification vise à conserver les caractéristiques fondamentales des classifications à savoir : pas d'homonymes et pas de synonymes. Par ailleurs, elle devrait permettre selon l'auteur de gérer un nombre de documents de l'ordre d'un million. Cette échelle nous est apparue intéressante dans notre perspective de gérer les outils supports des connaissances d'un organisme. Une telle solution permettrait donc de classer des QCECs de façon à rendre compte du niveau de sens souhaité. Un outil basé sur une telle solution existe déjà chez notre partenaire industriel et a prouvé son utilité. Il est tout de même intéressant de noter que les écarts faits, dans le travail de classification, sur le respect d'un sens précis d'indexation des documents n'est pas sans poser des problèmes notables pour leur recherche ultérieure. Cette remarque n'est pas selon nous de nature à remettre en cause une telle solution mais renforce notre considération prudente des modèles ontologiques dans un cadre de gestion documentaire. Il est somme toute très probable que le travail d'annotation²² (similaire à celui d'indexation) de documents suivant un réseau de concepts à la fois étendu et sémantiquement très riche ait de grande chance d'être erroné. Les raisons principales d'une telle situation sont directement liées aux solutions d'annotations. De façon manichéenne, soit elles se feront manuellement et donc suivant la perception que les individus auront de l'ontologie. On comprend alors les possibilités d'erreurs. Puisque ces individus n'auront pas forcément participé à la construction de l'ontologie (suite notamment au turnover dans les entreprises) et compte-tenu de la teneur sémantique du modèle, leur schéma interprétatif a de grandes chances d'être peu commensurable avec celui des auteurs de l'ontologie. Soit les annotations se feront par le biais d'outils automatiques avec les limites qui leur sont inhérentes en termes de perception du contexte dans lequel est réalisé un document. La conséquence de ces erreurs serait alors la génération de résultats incorrects lors d'une utilisation ultérieure du modèle. Cette problématique n'est cependant pas nécessairement pertinente au niveau du Web où le caractère « hors de contrôle » des données suppose que la notion de « résultats corrects » peut, voire devrait, être entendue de manière statistique [Dill et al., 2003].

²² Le terme annotation est plus approprié que celui d'indexation concernant les ontologies. Cependant il reflète le même besoin de faire correspondre des éléments repérés comme significatifs au sein d'un ensemble et de les référencer suivant un modèle particulier, e.g. un index.

Cette seconde analyse des difficultés potentielles d'utilisation concrète des modèles ontologiques (la première analyse étant mentionnée en sous-section 3.2.1.1), vient soutenir notre choix de solution a priori plus épurée : la classification à facettes. Cette solution amène cependant deux nouvelles questions : une seule relation sémantique pour plusieurs réseaux hiérarchique est-elle suffisante ? Quelle est la nature du sens d'indexation des QCECs sur les concepts de ces réseaux ?

Compte-tenu du rôle des facettes évoqué plus haut, il nous est apparu clair qu'il faille envisager la possibilité de plusieurs sens d'indexation. Chaque facette visera effectivement la description des QCECs sous un angle particulier. Le sens de la relation hiérarchique des différents réseaux ne nous a cependant interpellés que dans un seul cas. Celui de la **relation de composition** qui figure dans plusieurs exemples de Ranganathan. Cette relation est relative au domaine de la méréologie [Poli, 1995 ; Hovda, 2009] et permet de considérer des concepts comme faisant partie d'un tout (e.g. le moteur « fait partie de » la voiture). Elle semble assez commune au sein des entreprises industrielles, puisqu'on la retrouve notamment:

- dans les langages informatiques (« composition » pour UML),
- dans les systèmes d'information en conception (structure produit),
- dans les systèmes d'information en production (nomenclature de fabrication),
- dans les organigrammes des organismes.

L'évaluation de la pertinence cognitive d'une telle relation, nous aurait amené au-delà du périmètre visé par nos travaux. Cependant, sa large utilisation a certainement engendré une facilité d'assimilation par les individus dans les industries dont il nous est apparu difficile de faire abstraction.

Suite à cette analyse, nous avons extrait les contraintes suivantes pour notre modèle conceptuel de façon à permettre la localisation d'un QCEC selon une approche sémantique :

- proposer la possibilité de décrire **plusieurs facettes** caractérisées par des **réseaux hiérarchiques**,
- proposer l'utilisation d'une **unique relation** au sein d'un même modèle en réseau : soit la **relation de généralisation**, soit la **relation de composition**,
- proposer la spécification d'un **sens d'indexation des QCECs par facette**.

3.2 Une approche ontologique des connaissances

Une fois un QCEC localisé, l'utilisation d'un modèle à propriétés devient pertinente pour décrire certaines de ses caractéristiques. Il est clair que l'approche sémantique ayant déjà été effectuée, il n'est a priori pas nécessaire de fournir de nouvelles données descriptives à ce sujet. Ces caractéristiques se concentrent donc sur des éléments de nature plus techniques et plus liés au document à caractère statique ou à caractère reconfigurable auquel correspond le QCEC. Ces caractéristiques ont été principalement définies de manière empirique et sont détaillées dans la section suivante.

3.2.2 Proposition du premier module du modèle conceptuel

L'analyse précédemment menée ainsi que l'influence de notre contexte industriel nous ont amenées à proposer un premier module pour notre modèle conceptuel présenté Figure 3.2.3. Ce module représente la partie ontologique / sémantique du modèle conceptuel complet.

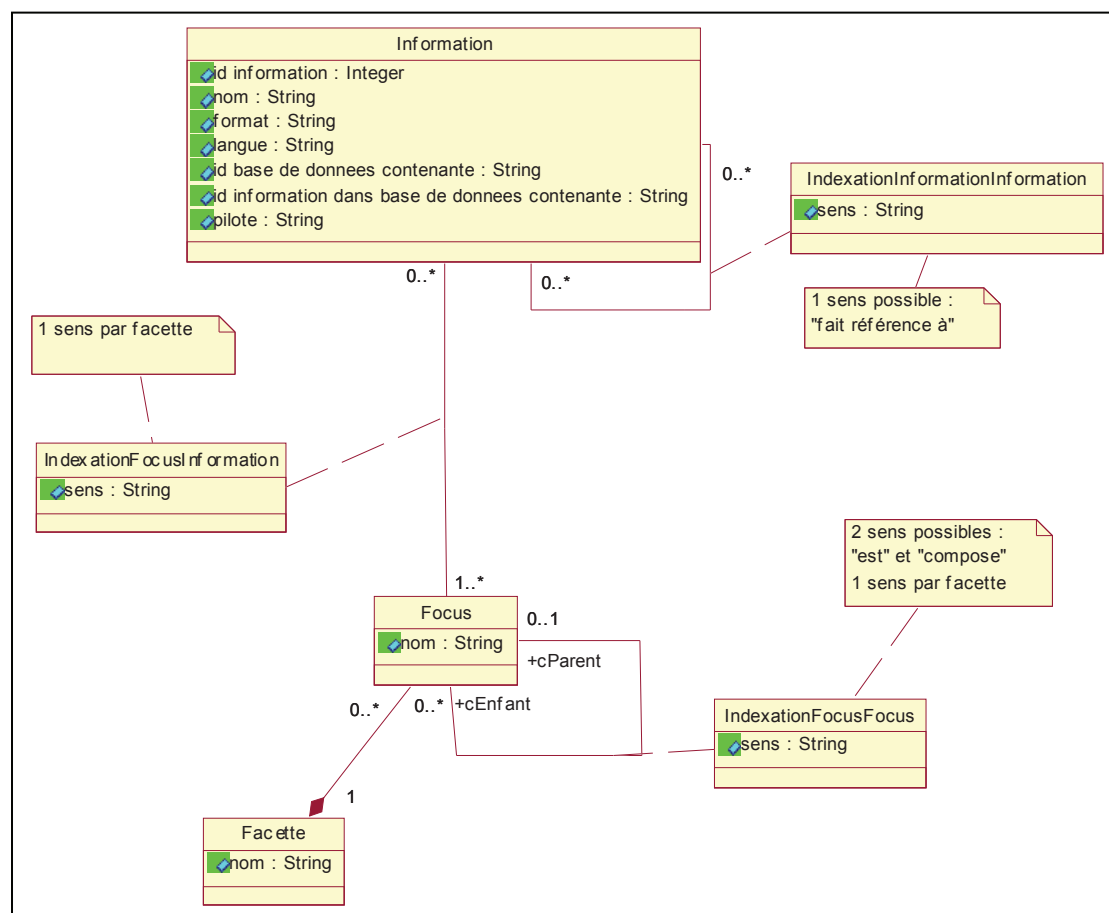


Figure 3.2.3 : Module ontologique / sémantique du modèle conceptuel.

La classe *Information* encapsule le *nom* d'un objet de connaissances statique ou reconfigurable. Ce *nom* constitue le QCEC que l'on cherche à décrire. Ce *nom* n'est contraint en aucune manière si ce n'est pas le nombre de caractères qui le caractérise. Son identification en tant que QCEC particulier est assuré par un *identifiant* (*id information* dans le modèle Figure 3.2.3). Les autres caractéristiques portent sur l'objet de connaissances auquel correspond ce QCEC. Notre état de l'art (cf. section 1.2.1), a révélé qu'il est fort probable que ces objets soient gérés dans d'autres outils, types KMT et PDM, selon des modes de structuration particulier. L'*id base de données contenant* représente l'identifiant d'un tel outil (qui peut simplement être son nom). L'*id information dans base de données contenant* représente l'identifiant de l'objet considéré dans cet outil. Les autres propriétés ont été définies de manière empirique. Il s'agit :

- du *format* de l'objet de connaissance (e.g. pdf, Excel),
- de la *langue* dans laquelle l'objet de connaissance a été rédigée (e.g. anglais, français),
- du *pilote* de cet objet de connaissance ou encore le responsable de sa description au sein du modèle conceptuel.

La classe *Focus* encapsule le *nom* des concepts des modèles réseaux. Le terme Focus est ici utilisé en référence à la classification de Ranganathan [Ranganathan, 1950]. Dans cette classe le *nom* constitue l'identifiant du concept qui ne peut être utilisé de façon redondante. La classe *Facette* encapsule le *nom* d'une facette et fait également référence à la classification de Ranganathan.

Ces classes peuvent être mises en relation. La classe association *IndexationInformationInformation* est purement d'origine empirique et permet de représenter le lien qui existe entre deux objets de connaissance lorsque l'un fait référence à l'autre. Ce lien est de même nature que celui exprimé dans la section « références » des articles scientifiques. La classe association *IndexationFocusInformation* représente la possibilité d'indexation d'une *Information* sur un *Focus* particulier suivant un sens unique par *Facette*. La classe association *IndexationFocusFocus* représente la possibilité de créer des réseaux de concepts navigables par le biais d'une relation hiérarchique unique par *Facette*. Les deux types

3.2 Une approche ontologique des connaissances

de relations possibles sont la généralisation et la composition. Elles sont respectivement spécifiées en commentaire par les termes « est » et « compose » relativement à un sens ascendant de parcours du réseau hiérarchique.

3.3 Approche phénoménologique des connaissances

Notre modèle conceptuel vise également à prendre en compte une composante phénoménologique. Cette composante considère un second sous-système de QCECs : ceux considérés comme agissants. Elle considère ce sous système « dans sa fonction, en tant qu'il est perçu comme agissant, comme « faisant quelque chose » [Ermine, 1996]. Elle constitue une partie fondamentale du modèle compte-tenu de notre hypothèse considérant l'approche activité/processus comme élément nécessaire à prendre en compte dans la réification des connaissances (cf. section 2.1.2).

3.3.1 Analyse des composantes sémantique et contextuelle

Notre objectif est ici de d'aborder la composante phénoménologique / sémantique de notre modèle conceptuel. Suivant notre volonté de gestion des outils supports des connaissances, il serait a priori naturel de considérer les **QCECs agissants** comme représentant le nom d'une application à base de connaissances. Cependant ces applications à bases de connaissances sont intrinsèquement liées à une activité ou un processus. Elles permettent, en effet, d'assister l'utilisateur voire le remplacer sur ses activités (cf. section 1.2.2). Il y a donc peu de différences entre la gestion de QCECs représentant ces applications et celle de QCECs représentant ces activités ou ses processus. Notre choix s'est donc orienté sur l'approche la plus générique : la description de QCECs représentant des activités et des processus. Ce choix devrait permettre la gestion plus globale des activités et des processus de reconception en tenant compte de ceux supportés par des applications à base de connaissances et ceux qui ne le sont pas, mais nécessitent l'utilisation d'objet de connaissances à caractère statique ou reconfigurable. Cette gestion globale jusqu'à un niveau de granularité suffisamment pertinent pour rendre compte des activités effectivement réalisées par les individus est une problématique, selon nous, peu

abordée par les outils de management des connaissances. Cependant, nous nous sommes attachés dans notre état de l'art à expliquer que, compte tenu de l'existence des processus de reconception, la gestion précise de telles activités n'est pas une perte de temps. Elle permettrait à un organisme d'aborder l'utilisation de ces connaissances de façon pragmatique et maîtrisée. La description des QCECs relatifs aux activités est abordée en sous-section 3.3.1.1 et celle des QCECs relatifs au processus est abordée en sous-section 3.3.1.2.

3.3.1.1 Composante sémantique

Il s'agit ici d'assurer, de la même manière que pour un QCEC non agissant, la description d'un **QCEC** vu comme représentant une **activité** (définie en section 3.1.3). Ce QCEC correspond au nom d'une activité (e.g. « numériser un modèle CAO ») faisant intervenir un outil support de connaissances. Il est également nécessaire de le localiser et le décrire par le biais d'une approche sémantique.

Le modèle des tâches²³ de la méthode MASK se concentre sur les « mécanismes intellectuels qui manipulent les structures sémantiques (ou données sémantiques) » [Ermine, 1996]. Le formalisme proposé est une décomposition hiérarchisée de l'ordonnement de tâches dénotées par des verbes ou des phrases verbales dont l'objectif est de représenter une stratégie de résolution de problèmes. De la même manière que le modèle des réseaux sémantiques, le modèle de tâches permet de définir a priori n'importe quelle tâche et ce sont les relations entre ces tâches qui sont contraintes. Il s'agit de relations hiérarchiques auquel l'auteur ajoute de multiples contraintes d'ordonnement (en séquence, en parallèle, en itération, etc.). Il en résulte que le modèle est particulièrement apte à décrire la résolution d'un problème d'une façon extrêmement précise. Une telle description est pertinente pour le développement d'applications visant l'automatisation de tel raisonnement comme les applications à base de connaissances. Cependant, ce niveau de précision ne nous est pas apparu comme adéquat pour la description de QCECs relatifs à des activités. Les choix de l'auteur sont certainement dus à un des objectifs visés par le modèle de tâches, qui est de considérer un niveau de granularité relativement fin (c'est également le cas concernant le modèle des réseaux sémantiques). Néanmoins nous ne

²³ Le terme « tâche » est utilisé ici conformément au vocabulaire de l'auteur. Cependant nous visons bien dans cette section la notion d'activités (une tâche étant considérée comme d'un niveau de granularité particulièrement fin conformément à l'ISO 9000).

3.3 Analyse des composantes sémantique et contextuelle

considérons pas qu'une approche sémantique nécessite la prise en compte de connaissances situées à un niveau de granularité particulier. Cette considération n'est d'ailleurs en rien intervenue dans notre approche ontologique / sémantique. Ainsi nous avons réinterprété le modèle de tâches de façon à tenir compte de cette nuance d'appréciation. Nous pensons qu'il est judicieux d'aborder les QCECs relatifs à des activités sous l'angle de la **résolution de problèmes**, cependant les contraintes d'ordonnement ne nous sont pas apparues comme nécessaires. Dans une logique de localisation et de description de QCECs, elles ne permettent plus d'assurer une approche sémantique univoque de ces derniers. Si l'accent est placé sur l'ordonnement des concepts du réseau de façon à résoudre un problème, il est ainsi tout à fait possible et probable d'avoir une redondance de ces concepts à différents endroits du réseau. Nous privilégions la non-redondance de ces concepts et ainsi leur décomposition de façon unique. Il est par conséquent certain que des choix de positionnement seront à faire. Suivant ce principe de décomposition unique, notre approche de description des QCECs relatifs à des activités se rapproche nettement de celle du modèle des réseaux sémantiques et souffre donc des mêmes limitations. Il est dès lors possible de lui appliquer la même solution descriptive à savoir, une classification à facettes.

Une fois localisé, la description précise de ce QCEC est possible suivant un formalisme de modèle à propriétés. Il s'agit ici de tenir compte des caractéristiques souhaitées d'une activité. Ces caractéristiques ont été définies de façon à pouvoir évaluer les leviers d'amélioration sur ces activités en termes de création et amélioration des outils numériques supports des connaissances conformément à l'objectif fixé (cf. section 1.2.1). Elles sont détaillées en section 3.2.2.

3.3.1.2 Composante contextuelle

La composante contextuelle vise un nouvel objectif d'agencement des activités précédemment décrites. Il s'agit de leur intervention dans des **processus** et des **sous-processus de re-conception de référence**, avec éventuellement d'autres activités ne faisant pas intervenir d'outils supports des connaissances. Ces dernières activités seront désignées comme étant des activités complémentaires. Ces processus (et sous-processus) sont typiquement ceux qui, pour être optimisés, vont conduire, et ont dans certains cas déjà conduit, à la création de ces outils. Ils permettent donc de

répondre à la question : « **pourquoi** a-t-on défini un outil support des connaissances particulier ? » en comparaison à la composante phénoménologique sémantique qui doit permettre de répondre à la question « comment résoudre un problème particulier ? ». Il est possible de voir ces processus sous un angle managérial. Nous avons vu (cf. section 1.1.1) qu'il en existe de nombreux reconnus scientifiquement. On peut citer à titre d'exemple celui de Pahl et Beitz [Pahl et al., 2007] (cf. Figure 3.3.1) ou encore PROCAR [PROCAR, 1998] (celui adopté par la Direction de la Conception des Technologies groupe motopropulseur de Renault, cf. Figure 3.3.2).

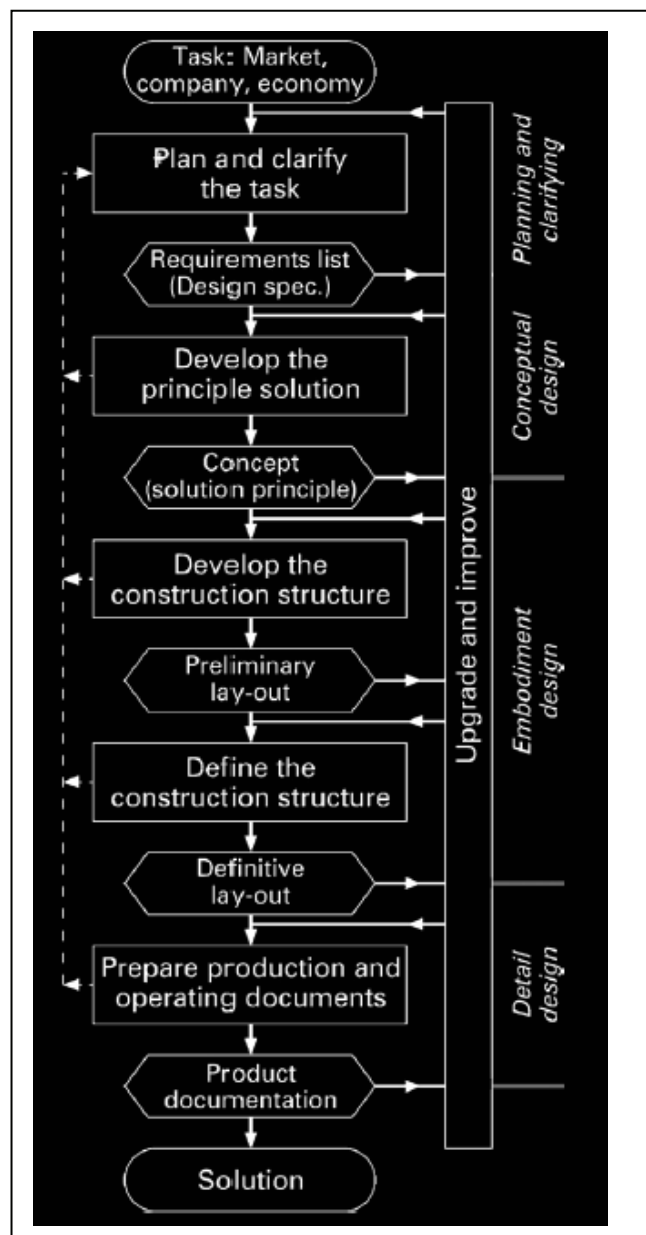


Figure 3.3.1 : Processus de développement produit de Pahl et Beitz [Pahl et al., 2007].

3.3 Analyse des composantes sémantique et contextuelle

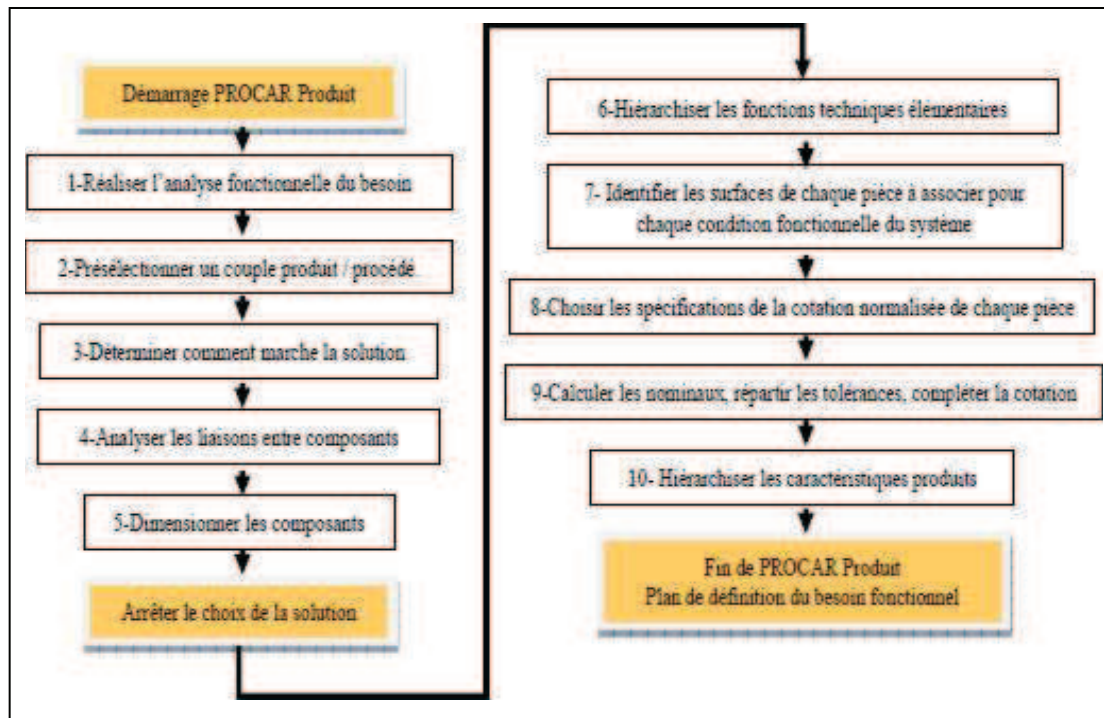


Figure 3.3.2 : Extrait de PROCAR (PROcessus de CARactérisation produit / process) [PROCAR, 1998].

Cependant, il nous semble que de tels processus sont parfois loin de certaines activités récurrente des concepteurs et prennent notamment peu en compte les outils numériques auxquels ils sont confrontés. Il devient difficile d’y positionner des activités comme « générer un nouveau numéro de pièce », ou encore « contrôler la qualité des numérisations » qui sont des activités de reconception classiques chez notre partenaire industriel. Cette situation est normale car ces processus sont génériques et d’un faible niveau de granularité. Il est, selon nous, nécessaire de proposer des niveaux de décomposition supplémentaires à ces processus génériques. Nous avons envisagé la construction d’une telle cartographie hiérarchisée [Louis-Sidney et al., 2009(b)]. Cependant ces premiers travaux ont rapidement mis en évidence l’ampleur de la tâche. Ces processus sont nombreux et fragmentés. Par ailleurs, il est difficile d’effectuer un travail de classification de ces sous-processus vis-à-vis d’un processus générique sans en altérer la vision pratique et synthétique de ceux qui ont contribué à leur génération. Il nous est apparu que notre modèle devait pouvoir assurer la construction et gérer l’accès à des processus directement représentatifs de la perception qu’en ont leurs acteurs ou ceux qui les analysent. Ces processus sont donc potentiellement nombreux, d’une granularité fine (présentant peu de niveaux de décomposition) et ciblés sur un objectif précis.

Dans une démarche similaire à celle des objets de connaissances et des activités, nous proposons de dénoter ces processus par des noms que nous qualifierons également de QCEC. Sans entrer dans une nouvelle analyse, ces QCEC souffrent des mêmes besoins que les précédents et nous leur avons appliqués les mêmes solutions : une classification à facettes restreinte aux relations de généralisation et de composition pour y accéder, ainsi qu'un formalisme de modèles à propriétés pour la description précise des caractéristiques d'un QCEC particulier. D'un point de vue récursif, nous proposons ici une description de la composante sémantique de la composante contextuelle de notre système de connaissance. Ces QCECs explicites peuvent être soit des processus, soit des sous-processus jusqu'à permettre l'accès à des activités particulières. Il est donc nécessaire d'inclure à notre modèle une relation de composition entre ces QCECs de façon à représenter la relation processus /sous-processus, ainsi qu'une relation de composition entre QCECs relatifs aux processus et QCECs relatifs aux activités pour représenter le lien processus/activités lorsque l'on atteint le niveau de granularité le plus fin. Outre ces relations, un certain nombre de caractéristiques empiriques ont été définies pour ces QCECs que nous détaillons en section 3.3.2. Parmi ces caractéristiques, nous nous sommes particulièrement intéressées à la description graphique de tels processus. Il est clair que leur formalisation suivant un langage graphique systématiquement ad hoc demandera également une interprétation systématiquement ad hoc par les individus confrontés à cette description. Cette situation ne facilitera pas l'extension du modèle que nous recherchons à travers tout le travail d'analyse proposé dans ce chapitre. Nous avons cherché à proposer un formalisme, à la fois suffisamment complet et commun, permettant la description de processus. Nous avons deux contraintes sur ce formalisme :

- Prendre en compte le contrôle des flux entre activités. Il est selon nous fondamental de pouvoir distinguer dans la représentation d'un processus, les éléments d'ordonnancement des activités. Lors de l'analyse ultérieure des processus, les informations de séquentialisation sont primordiales puisqu'elles permettent de faire ressortir un chemin critique qui peut orienter les choix d'amélioration.
- Prendre en compte le rôle des individus ou des systèmes d'information associés à la réalisation d'une activité. L'intérêt de cette contrainte est de

3.3 Analyse des composantes sémantique et contextuelle

repérer rapidement dans la description d'un processus, où interviennent de multiples acteurs et/ou systèmes d'information et comment est réparti l'apport de connaissances.

Nous nous sommes appuyés pour cette étude sur les travaux de Saikali [Saikali, 2001]. L'auteur propose une analyse de différents formalismes de description pour Workflow [WFMC, 2008]. Il y aborde de nombreux langages proposant une modélisation graphique (notamment IDEF0 qui reprend les actigrammes du langage SADT proposé dans la méthode MASK). Cette analyse nous a permis d'écarter le formalisme des réseaux de pétri et IDEF 3 qui ne présentent pas la notion de rôle, ainsi que le formalisme IDEF0/SADT qui ne permet pas de prendre clairement en compte le contrôle des flux entre activités. Quatre autres formalismes restaient disponibles : le langage TMW (Trigger Modelling for Workflow), le langage de la méthode Communication/Action (Speech/Action), le langage de la méthode ARIS (ARchitecture Intégrée de Systèmes d'information) restreint au diagramme d'enchaînement de processus, et le langage UML restreint au diagramme d'activités. Dans son étude Saikali, accorde un avantage particulier au diagramme d'activités du langage UML : « UML peut être utilisé en tant que moyen de communication entre les différents acteurs du projet Workflow – par exemple entre les analystes de processus et les programmeurs. En effet étant donné que la notation UML est générale et non spécifique à un domaine particulier, elle peut être utilisée à différents niveaux du projet. » Cet avantage nous est apparu comme pertinent pour notre approche puisqu'il permet d'envisager une extension des modèles de processus, non seulement entre acteurs de la conception mais également auprès des informaticiens sans traduction particulière. Dans le cas de processus susceptibles de faire l'objet d'une application à base de connaissances, il s'agit là d'un gain de temps potentiel. Nous avons donc orienté notre choix vers ce type de formalisme. Une analyse actualisée de la littérature relativement à ce dernier, nous a cependant amené à une proposition plus récente de l'OMG. Il s'agit du langage BPMN (Business Process Model and Notation version 2.0) ([BPMN, 2011], en particulier le diagramme de processus). Ce langage s'appuie sur l'étude d'autres langages et méthodologies dont notamment le diagramme d'activité d'UML et devrait faire l'objet d'un meilleur compromis dans ces caractéristiques en regard de l'évolution actuelle des technologies informatiques

(notamment les web services). Nous préconisons donc l'utilisation du langage normalisé BPMN pour la description des processus.

3.3.2 Proposition du second module du modèle conceptuel

Le second module du modèle conceptuel s'articule comme présenté en Figure 3.3.3. Il décrit les composantes phénoménologique / sémantique et phénoménologique / contextuelle du modèle conceptuel complet.

Les classes *Activité* et *Processus* encapsulent respectivement le *nom* des activités et le *nom* des processus que l'on cherche à décrire. Ces *noms* constituent des QCECs. Leur identification est assurée par un *identifiant* (*id* dans le modèle). De façon plus spécifique une *Activité* se définit par :

- Une *classe activité* : Cette propriété permet de spécifier si l'activité est manuelle, semi-automatique (c'est-à-dire assistée par une application à base de connaissances) ou entièrement automatisée.
- Une *application* : Dans le cas où l'activité est semi-automatique ou entièrement automatisée, cette propriété permet de spécifier le nom de l'application à base de connaissances correspondante.
- Des indicateurs temporels : *temps maximum*, *temps minimum* et *temps moyen*. Ces indicateurs doivent permettre une analyse des activités en termes de délai lors de leur optimisation.
- Un indicateur de ressource : *flexibilité capacitaire* qui permet d'évaluer si l'activité peut être optimisée en augmentant le nombre de ressources ou pas.
- Un *acteur* : il s'agit de la personne réalisant l'activité.
- Un *pilote* : le responsable de la description de l'activité au sein du modèle conceptuel.

3.3 Analyse des composantes sémantique et contextuelle

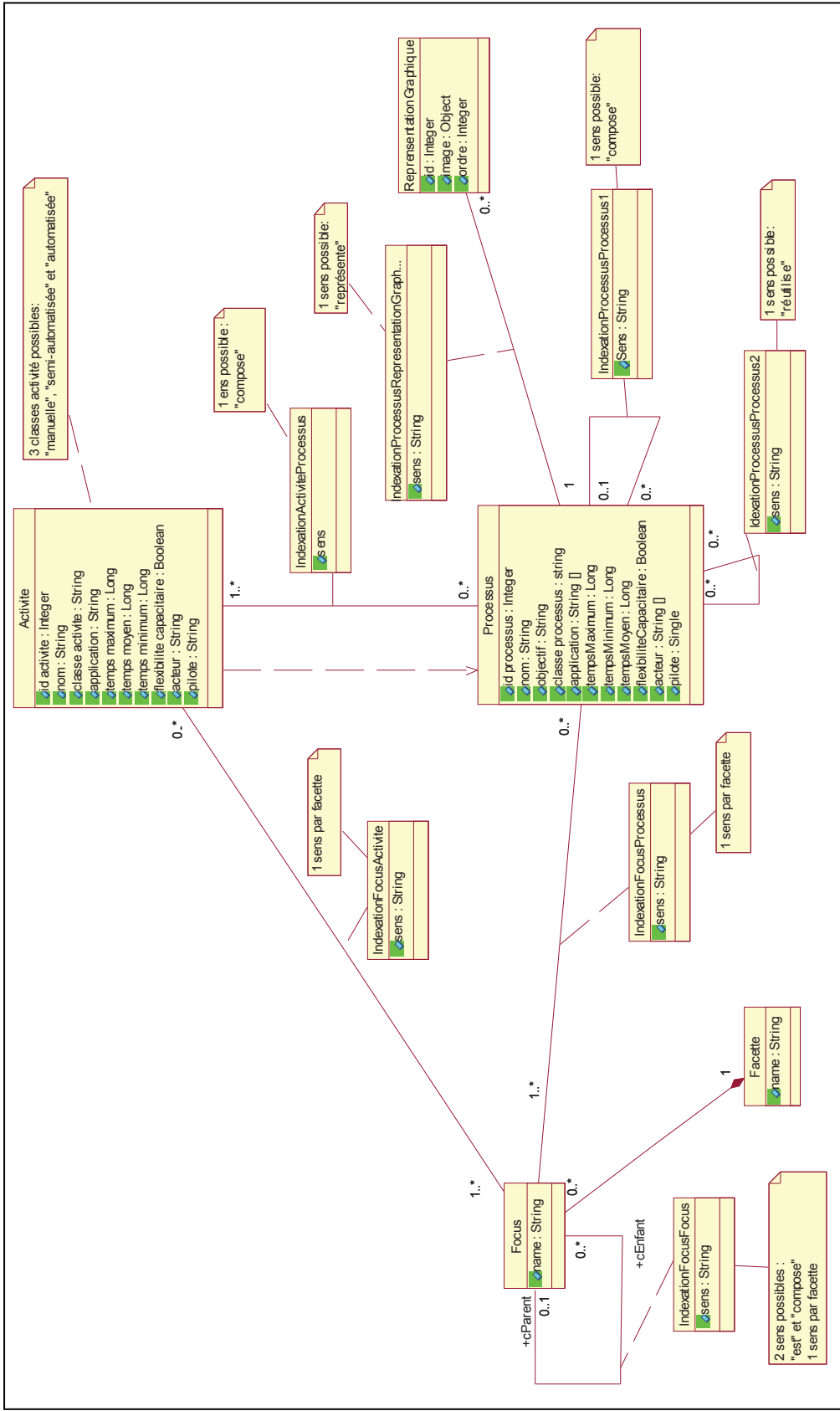


Figure 3.3.3 : Module phénoménologique / sémantique et phénoménologique du modèle conceptuel.

Un *Processus* présente de nombreuses propriétés dépendantes de celles des activités (faisant intervenir des outils supports des connaissances) dont il est composé (matérialisées par la relation de dépendance UML dans le modèle Figure 3.3.3) :

- Une ou plusieurs *applications*.
- Les *acteurs* de ses activités.
- Une *classe processus* : s'il est composé uniquement d'activités automatisées, il est automatisé. S'il est composé d'au moins une activité assistée ou automatisée, il est assisté. S'il n'est composé que d'activités manuelles, il est manuel.

Il possède également des propriétés spécifiques comme :

- Un *objectif* qui représente la finalité du processus formalisé.
- Un *pilote* responsable de la description du processus au sein du modèle conceptuel.
- Des indicateurs de temps (*temps maximum, temps minimum et temps moyen*) dépendant des activités et des activités complémentaires qu'il contient ainsi que de leur contrainte d'ordonnancement.
- Un indicateur de ressource (*flexibilité capacitaire*) : si l'ensemble de ses activités et activités complémentaires peuvent être optimisée en augmentant le nombre de ressource, le processus est flexible en capacité, sinon il ne l'est pas.

La classe *ReprésentationGraphique* représente la formalisation du processus qui doit être effectuée selon le langage préconisé : BPMN. Cette représentation est identifiée par un *identifiant (id)* et matérialisée par une ou plusieurs *images* prises en compte suivant leur numéro d'*ordre*.

La classe *IndexationActiviteProcessus* permet de lier un *Processus* aux *Activités* qui le compose. La classe *IndexationProcessusReprésentationGraphique* permet de lier un processus à ses *ReprésentationGraphiques* de façon ordonnée. Les classes *IndexationProcessusProcessus* permettent de lier des *Processus* entre-eux suivant deux types de relations. La première permet de représenter une relation hiérarchique de décomposition en processus / sous-processus. La seconde permet de représenter le

3.3 Analyse des composantes sémantique et contextuelle

fait qu'un processus peut réutiliser un processus de façon à éviter des descriptions redondantes. Cela est notamment le cas lorsque dans un processus 2, un même sous-processus 1.1 intervient déjà dans un processus 1 et a déjà fait l'objet d'une description.

Les classes *Facette*, *Focus*, *IndexationFocusFocus*, *IndexationFocusActivité*, *IndexationFocusProcessus*, permettent de représenter les possibilités de classification des *activités* et des *processus* suivant une classification à facettes. Leur interprétation est identique à celle du module ontologique / sémantique du modèle conceptuel au type près de QCEC considéré.

3.4 Consolidation des concepts fondamentaux du modèle

Au travers des deux parties précédentes, nous avons abordé de façon dissociée deux modules de notre modèle conceptuel. Nous développons dans cette partie la manière dont nous les avons unifiés. Nous précisons les éléments intervenant dans leur couplage ainsi que les choix effectués pour gérer l'évolution du système de connaissances explicites codifiées qui sera créé par l'instanciation du modèle. Nous abordons également les aspects architecturaux permettant une considération synthétique et cohérente du modèle ainsi que les aspects méthodologiques nécessaires à son instanciation.

3.4.1 Intégration des modules et problématique d'actualisation

Cette section est dédiée à la prise en compte des choix de couplage des modules précédemment présentée et à la problématique d'actualisation des connaissances explicites codifiées une fois le modèle instancié.

3.4.1.1 Couplage onto-phénoménologique

Les deux modules (ontologiques et phénoménologiques) de notre modèle conceptuel ne visent pas à être considérés séparément. Il est nécessaire de les coupler pour appréhender l'interaction qui existe entre des objets de connaissances et des activités ou processus de reconception concrets, potentiellement assistés par des

applications à base de connaissances. Un langage permettant de supporter l'intégration de QCECs non agissants et de QCECs agissants suivant des relations conceptuelles existe. Il s'agit du langage de la méthode IDEF0 : « The primary objectives of this standard are [notably] to provide a modeling technique that has the following characteristics :

- Generic (for analysis of systems of varying purpose, scope and complexity);
- Rigorous and precise (for production of correct, usable models);
- Concise (to facilitate understanding, communication, consensus and validation);
- Conceptual (for representation of functional requirements rather than physical or organizational implementations);
- Flexible (to support several phases of the life cycle of a project) » [IDEF0, 1993].

Ce langage s'appuie sur le langage SADT qui est notamment utilisé dans le modèle d'activité de la méthode MASK. Nous proposons de réutiliser les principes du premier dans la spécification du sens des relations qu'il peut exister entre un QCEC non agissant et un QCEC agissant de type activité.

La Figure 3.4.1 présente le formalisme standard de représentation IDEF0.

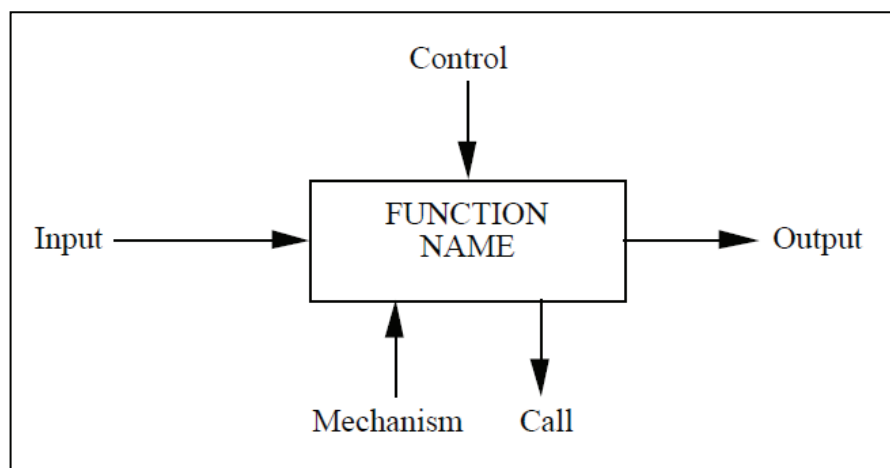


Figure 3.4.1 : Formalisme de représentation IDEF0.

Suivant ce formalisme, nous réutiliserons les notions suivantes :

3.4 Intégration des modules et problématique d'actualisation

- Function name, qui sera représenté par le *nom* d'une *Activité* relativement au module phénoménologique du modèle (cf. section 1.3.2).
- Input (**données transformées par la fonction**), Control (**conditions requises pour produire des données correctes**) et Output (**données produites par la fonction**), qui seront représentés par les *noms* des *Informations* relativement au module phénoménologique du modèle (cf. section 1.3.2) ainsi que par l'**état** de ces *Informations*.

Nous ne reprendrons pas la notion de mécanisme (moyen de réalisation d'une fonction) puisqu'il est déjà possible de représenter les applications à base de connaissances et les acteurs supportant les activités et les processus. Nous ne reprendrons pas non plus la notion de renvoi puisqu'une activité étant un élément atomique, il n'y a pas de raison pour quel soit décrite par des éléments de granularité plus fine.

La nouvelle notion d'état ainsi que les trois nouvelles relations considérées constituent donc les nouveaux éléments de notre modèle conceptuel nés du couplage de ces deux modules. La Figure 3.4.2 présente la manière dont ce couplage a été réalisé dans le modèle en extrayant les classes concernées.

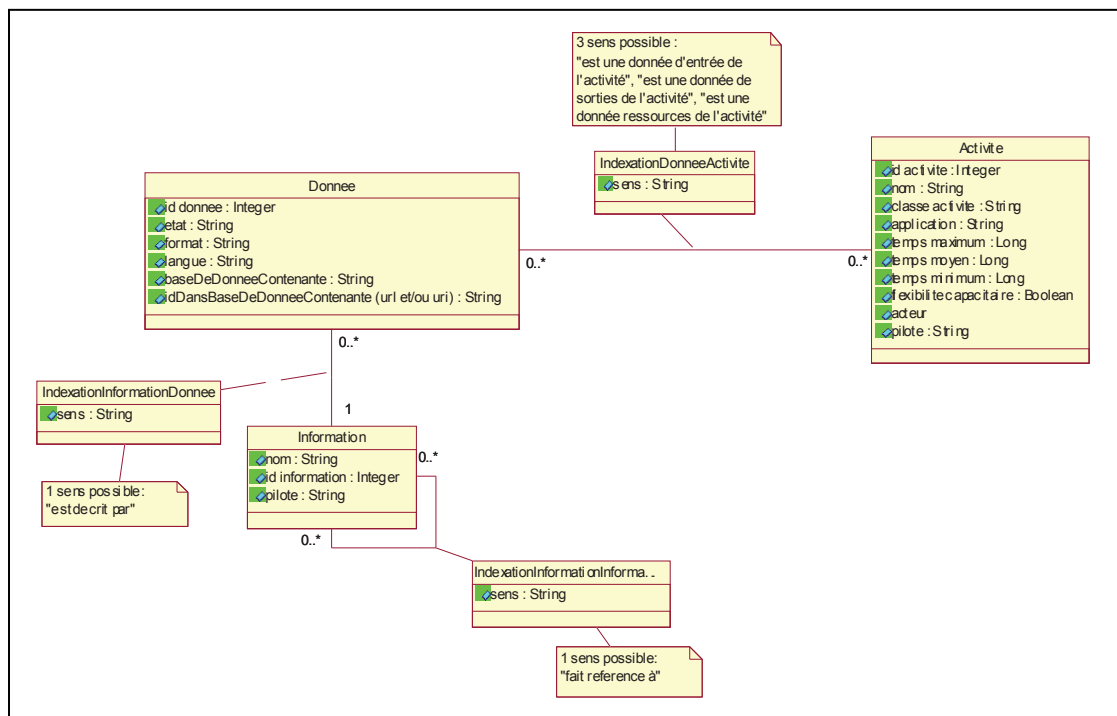


Figure 3.4.2 : Élément de couplage onto-phénoménologique du modèle conceptuel.

Une nouvelle classe *Donnée* a été définie. Cette classe permet de représenter les différents états que peut prendre une *Information*. Plus concrètement il s'agit des états des objets de connaissances de nature reconfigurable. Ceux de nature statique ne disposent que d'un seul état. Une *Information* peut alors être reliée à différentes *Données* par le biais d'une relation représentée par la classe *IndexationInformationDonnee*. La classe *Donnée* regroupe un ensemble des propriétés initialement placées dans la classe *Information* (cf. section 3.2.2) car ces propriétés sont de nature à potentiellement changer avec l'état d'un objet de connaissance. Une classe *IndexationDonneeActivite* a également été ajoutée avec la possibilité de définir les trois types de relation préconisés.

3.4.1.2 Aspect évolutionniste

Les modules du modèle, couplés suivant les principes sélectionnés dans la section précédente, permettent la description d'un système de connaissances suivant un certain niveau de complétude. Cependant cette description ne couvre pas tous les aspects d'un système. Au-delà des aspects ontologique et phénoménologique, l'aspect évolutionniste doit également être abordé. La méthode MASK propose le modèle des lignées pour « maîtriser le contexte dans lequel s'est déroulé l'évolution du système des connaissances » [Ermine, 2001] (Le terme « contexte » est à comprendre ici de façon nuancée car il est nettement plus restreint que celui que l'on peut représenter à l'aide du modèle de l'historique). Ce modèle permet de représenter l'évolution de « concepts » ou d'« objets » suivant un axe temporel en apportant une argumentation à chaque évolution. Cependant il est difficile d'évaluer a priori à quoi correspondent ces concepts. Nous nous sommes concentrés sur la prise en compte de l'actualisation des concepts directement relatifs aux outils supports des connaissances. Les concepts relatifs à la classification à facettes permettant une approche sémantique des QCECs ne sont donc pas concernés. Il est clair qu'il est possible d'envisager l'évolution de ces concepts, une classification étant difficilement immuable. Cependant, d'une part, nous pensons que ces évolutions ne se situent pas au cœur de notre problématique. D'autre part, l'évolution des classifications dans une approche sémantique nous paraît plutôt de nature à se manifester par l'ajout de concepts que par le remplacement de concepts par d'autres. L'idée sous-jacente est que nous envisageons peu la volonté de suppressions d'effets de sens (hormis dans le cas d'un changement radical de

3.4 Intégration des modules et problématique d'actualisation

politique d'une organisation) mais plutôt l'ajout d'effets de sens. Ainsi nous avons sélectionné les évolutions relatives aux concepts matérialisés par les classes d'objets suivantes : *Information*, *Donnée*, *Activité*, *Processus*, et *ReprésentationGraphique*. Nous avons également sélectionné les classes de relations qui leurs sont directement associées : *IndexationFocusInformation*, *IndexationFocusActivité*, *IndexationFocus-Processus*, *IndexationInformationInformation*, *IndexationInformationDonnée*, *IndexationDonnéeActivité*, *IndexationActivitéProcessus*, *IndexationProcessus-Processus1*, *IndexationProcessusProcessus2* et *IndexationProcessusReprésentation-Graphique*.

Notre intérêt dans la considération des évolutions était donc double : permettre la reconstruction de l'évolution des concepts sélectionnés ainsi que celles des liens qu'ils entretiennent avec d'autres concepts. Nous avons en ce sens utilisé des moyens simples pour gérer les **versions** de ces concepts et relations²⁴. Nous décrivons ces moyens suivant deux axes. Le premier axe concerne les classes représentant des concepts sélectionnés. Les caractéristiques rajoutées portent alors sur la **version du document**, la **date de création** de cette version, un **commentaire** justifiant le passage de version notamment s'il s'agit d'une version ultérieure, la **validité** de la version du document, la date de **modification de cette validité** et un **commentaire de modification de cette validité**. Les versions antérieures d'un document sont nécessairement invalides car une nouvelle version remplace la précédente. Cependant cette caractéristique permet d'exprimer l'obsolescence de la dernière version d'un concept. Le second axe concerne les classes de relations sélectionnées. Ces relations ne sont décrites que par une seule caractéristique : leur sens. Si plusieurs sens sont possibles, les caractéristiques ajoutées sont les mêmes que celles préconisées pour les concepts. Si un seul sens est possible, seules la date de création et les trois caractéristiques de validité sont pertinentes puisqu'il n'est pas possible de créer une version de cette relation (une modification de ses propriétés correspondant à la création d'une nouvelle relation entre des concepts différents). La Figure 3.4.3 présente deux exemples de classes extraites du modèle conceptuel auxquelles ont été rajoutées ces caractéristiques.

²⁴ Cette partie de nos travaux a fait l'objet de l'encadrement d'un stage (ingénieur, master 2).

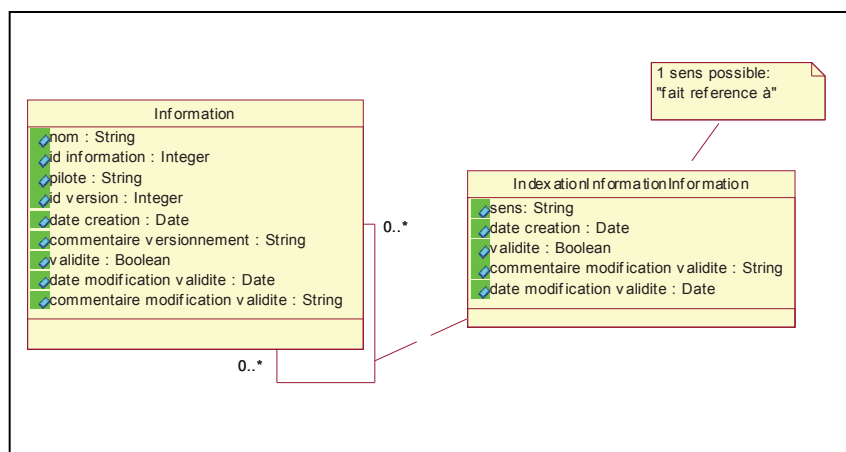


Figure 3.4.3 : Extrait de classes du modèle conceptuel suite à la prise en compte des aspects évolutionnistes.

Il est notable que ces caractéristiques ne permettent pas d’assurer la représentation de certaines évolutions complexes de concepts comme la séparation d’un concept en plusieurs nouveaux concepts. A titre d’exemple plus concret, la représentation de l’évolution d’un document (objet de connaissances) réifiant trop de connaissances en plusieurs documents plus ciblés ne peut être prise en compte que par le biais de la caractéristique *commentaire* (cf. Figure 3.4.2).

3.4.2 Considérations méthodologiques et architecture du modèle

Le modèle conceptuel proposé dans ce chapitre doit permettre de structurer des outils supports des connaissances déjà existant dans l’organisme en prenant en compte leur contribution à l’optimisation des processus de conception. Au-delà de la sélection et de l’agencement de concepts qui ont été proposés pour guider ce travail de structuration, c’est l’instanciation du modèle qui devra rendre compte de son utilité. Nous présentons dans cette section les aspects méthodologiques relatifs à cette instanciation ainsi que l’architecture synthétique selon laquelle le modèle complet (exposé en partie 3.5) doit être abordé.

3.4.2.1 Problématique d’instanciation du modèle

L’instanciation des concepts relatifs à la description ciblée de QCECs non agissants devrait poser peu de problèmes puisque ces derniers se présentent comme assez proches d’éléments pratiques de terrain. Un objet de connaissance est un

3.4 Intégration des modules et problématique d'actualisation

élément tangible dont les caractéristiques sont a priori facilement identifiables. Cependant l'instanciation des concepts relatifs à la description ciblée de QCECs agissants sera certainement plus périlleuse. Une activité se définit comme un « ensemble de tâches corrélées constituant une étape de transformation d'un processus » [FDX50-176, 2005]. Cette définition laisse une latitude d'interprétation qui demande certainement de l'expérience dans la détermination des frontières d'une activité. Les tâches étant a priori de nature à permettre la description de modes opératoires, il sera certainement fastidieux de les décrire suivant le modèle proposé plutôt que dans un document et il est envisageable que la détermination de la frontière inférieure d'une activité se fasse relativement naturellement. La considération de la frontière supérieure nous paraît plus délicate et sujette à un certain nombre d'erreurs d'appréciation. Une activité pouvant être grossièrement définie lors d'une première description puis nécessiter son raffinement par la suite. Dans ce cas l'ancienne activité devient alors un processus suivant nos préconisations. Ce mécanisme d'aller-retour, entre description d'activités et description de processus dans l'objectif d'appréhender le niveau optimal de granularité le plus fin, nous semble difficile à éviter. Cependant, il ne devrait pas être infini, la frontière inférieure étant implicite. Concernant les processus proprement dit, leur description en tenant compte des contraintes d'ordonnancement des activités suppose un travail d'analyse rigoureux du même type que ceux réalisés dans le domaine du Business Process Modelling [Shi et al., 2008]. Il est cependant difficile de proposer une méthode précise de modélisation, si ce n'est une considération claire des clients du processus et de ses produits (comme recommandé dans [FDX50-176, 2005]) en tenant compte de la finalité de la modélisation elle-même.

Au-delà de la description ciblée de QCECs par le biais d'un formalisme de modèle à propriétés, la construction des modèles en réseaux permettant leur approche de façon sémantique est une question dont la réponse n'est pas triviale. Outre les avantages évoqués en section 3.2.1, le choix d'une classification à facettes permet d'éviter la problématique du référentiel unique en conception déjà évoquée par Broens et De Vries [Broens et De Vries, 2003]. Les auteurs présentent les résultats d'une enquête, menée auprès de concepteurs en ingénierie mécanique de l'agence Yacht Technology (Agence de prestation en Ingénierie), sur quatre propositions de classifications des connaissances relatives à leur activité. Bien que cette enquête présente un certain nombre de limitations (31 réponses valides sur les 199 questionnaires envoyés aux

prestataires participants), elle a le mérite de revêtir un caractère exploratoire de terrain. Il en ressort que la classification ayant rassemblée le plus d'opinions favorables n'est soutenue que par 43% des participants. Ainsi l'utilisation de plusieurs référentiels est recommandée et devrait permettre de mieux capter les différents besoins. Cependant, il est certainement probable qu'une prédéfinition immuable de ces référentiels (à l'instar de la proposition de Ranganathan [Ranganathan, 1950]) souffre toujours des mêmes constats comme Giess et al. [Giess et al., 2008] l'ont déjà signalé. Les auteurs discutent alors une méthode hybride de construction d'une classification à facettes en conception, s'appuyant sur l'approche bottom-up classique (analyse du corpus d'éléments considérés, identification des concepts discrets permettant de décrire entièrement chaque élément, déduction des facettes à partir de ces concepts) couplée à une approche top-down (plus commune dans les classifications mono-point de vue). Cette dernière approche permet ici de prendre en compte un certain niveau de connaissances tacites sur le contexte des éléments considérés ainsi que la probable évolution du corpus qu'ils forment. Les facettes et concepts font alors l'objet de réexamens successifs suivant les deux approches. Cette méthode met selon nous en valeur le caractère peu déterministe d'un travail de construction d'une classification. Elle alerte notamment sur l'utilisation a priori rigoureuse d'une démarche bottom-up pouvant, par-ailleurs, être soutenue par des outils automatisés [Aussenac-Gilles et Condamines, 2001]. Cependant, cette méthode mixte ne permet pas, selon nous, son application de façon stricte, notamment compte-tenu du manque de précisions relatives à la phase de réconciliation des deux approches qu'elle évoque. Dans tous les cas, il semble donc que le choix de facettes peut être interminablement mis à l'épreuve. Il est effectivement peu probable que l'on puisse produire un mode de représentation universelle à un instant donné sur un domaine de connaissance partiellement connu et évolutif comme l'est la conception. Dans notre modèle nous ne considérons pas une facette comme un mode de représentation des connaissances à vocation universelle. Il s'agit plutôt d'un **mode de description d'un QCEC qui répond à un objectif** (objectif réifié par le biais du sens d'indexation des QCECs sur ces facettes). Ces objectifs sont issus de questions, le plus possible récurrentes pour justifier les efforts de construction du réseau de concepts sous-jacent, qu'un organisme a été amené, est amené ou sera amené à se poser sur son patrimoine de connaissances. Ces objectifs peuvent être ad hoc de la même manière que l'est le plan stratégique d'un organisme. Il est alors fortement

3.4 Intégration des modules et problématique d'actualisation

possible d'envisager que des facettes soient rajoutées au gré des différents besoins, moyennant le nécessaire travail d'analyse et de justification des efforts associés en termes de coût et de délais. La suppression de facettes peut également être envisagée lorsqu'une surcharge descriptive est perçue et jugée inutile (la relation de composition UML, utilisée dans le modèle conceptuel, exprime la suppression du réseau hiérarchique et des possibilités d'indexage associées lors de la suppression d'une facette). Néanmoins ce choix doit être fait avec toutes les précautions nécessaires au regard des ressources qu'il serait nécessaire de mobiliser de nouveau en cas d'erreur. Bien que la détermination de facettes ne puisse être faite de façon immuable, un cadre acceptable en première analyse nous semble néanmoins intéressant. Il s'agit de celui proposé par le QQQQCP (Qui, Quoi, Ou, Quand, Comment, Pourquoi). Un choix de facettes suivant ce cadre devrait permettre de répondre aux questions « basiques » qu'un organisme risque de se poser sur son patrimoine de connaissances. Différents travaux font notamment état de ce type de classification : [Alavi et Leidner, 2001], [Boutigny, 2006], [Lai, 2007].

Dans le paragraphe précédent nous avons évoqué l'évolution du patrimoine de connaissances dont il est recommandé de tenir compte lors de la construction d'une classification à facettes. Le modèle vise également à soutenir une démarche opérationnelle guidant cette évolution. Dans un objectif d'identification de nouveaux outils supports des connaissances, elle consiste à partir d'un processus concret que l'on souhaite optimiser pour aboutir aux activités pertinentes et enfin aux outils supports des connaissances nécessaires. Elle peut parfaitement être supportée par la méthode GAMETH présentée en section 1.2.1. Dans un objectif plus simple d'actualisation, il est possible de s'appuyer sur les indicateurs de délais et de ressources pris en compte au sein des activités et des processus. Ces indicateurs permettent de positionner l'actualisation d'un outil support des connaissances dans une optique de réduction des délais et des coûts d'un processus de reconception.

3.4.2.2 Architecture

Le modèle conceptuel proposé vise à être appréhendé suivant un point de vue conceptuel conforme à notre considération de la pertinence d'utilisation des différents

formalismes (modèle en réseaux, modèle à propriétés). Nous en proposons l'architecture en Figure 3.4.3.

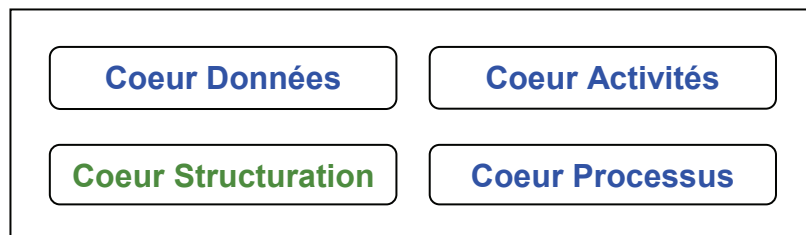


Figure 3.4.4 : Architecture 4 cœurs du modèle conceptuel.

Le **cœur structuration** encapsule les modèles en réseaux qui permettent d'aboutir à des QCECs particuliers par le biais d'une classification à facettes. Au-delà de cet aspect, son caractère navigable permet également une évaluation rapide de la position d'un QCEC vis-à-vis du domaine de connaissances de l'organisme. Ceci nous paraît difficilement possible en utilisant uniquement des approches par folksonomie, mots-clés ou par requêtes. Ces approches permettent un accès direct, et donc souvent plus rapide, à un QCECs lorsque l'on dispose des termes adéquats pour représenter les concepts que l'on cherche (ce qui n'est pas une situation évidente lorsque l'on se situe sur un domaine de connaissance technique). Cependant, le réseau de concepts n'est pas visible et navigable. Il est notable que cette visibilité et cette navigabilité n'est pas toujours possible et pertinente : les trillions de pages web indexées par google en 2008²⁵ ne nous paraissent, effectivement, pas de nature à être gérées de la même manière que la centaine de milliers d'outils supports des connaissances issus d'une démarche d'analyse scrupuleuse et maintenus par un organisme. Le cœur structuration est unique et constitue ainsi le point d'entrée du modèle conceptuel. Les **cœurs Données, Activités et Processus** encapsulent chacun des types de QCECs ciblés par le modèle. Ils retranscrivent le formalisme des modèles à propriétés.

La stricte séparation des deux types de formalisme permet de refléter le rôle, différent, joué par chacun. Cependant le choix d'un niveau de décomposition supplémentaire ayant conduit à une architecture 4 coeurs a été largement influencé par le mode de représentation utilisé pour la gestion des données techniques en production. Notre volonté de préservation des connaissances suivant une approche

²⁵ <http://googleblog.blogspot.com/2008/07/we-knew-web-was-big.html>

3.4 Intégration des modules et problématique d'actualisation

orientée processus nous a effectivement conduits à nous rapprocher d'un domaine aval à celui de la conception au sein duquel la gestion de ces derniers est particulièrement bien maîtrisée. Ce rapprochement est à considérer avec un certain recul puisque la production s'intéresse à la représentation d'éléments matériels alors que nous nous intéressons à la représentation d'éléments immatériels. Néanmoins dans les deux cas, il a été nécessaire de construire un modèle pour en assurer la maîtrise. Il est notable qu'il faille conserver en mémoire la nature particulière de la connaissance et tenir compte des limites inhérentes à leur réification (cf. section 1.1.2). Cependant, nous pensons qu'à partir du moment où un travail de prise en compte de ces limites est effectué (notre modèle conceptuel devant permettre de mettre en valeur les composantes syntaxique (cf. chapitre 4), sémantique et contextuelle d'une connaissance), il est cohérent d'envisager l'utilisation de tout le potentiel d'une approche abordant la connaissance en tant que ressource réifiée. Cette considération, sous-jacente à une volonté d'optimisation des processus récurrents de reconception, nous a conduits à estimer la présence de similitude entre la gestion de la ressource connaissance en conception et celle des ressources en production à un certain niveau d'abstraction. Le **niveau architectural** nous est apparu comme potentiellement pertinent dans un premier temps. Il s'agissait alors d'identifier des éléments d'architecture ayant prouvé leur robustesse conceptuelle (c'est-à-dire n'ayant pas conduit à l'unification ou à la dissociation des concepts sélectionnés pour répondre à de nouveaux besoins). L'architecture basique d'un système de gestion de production, s'appuie généralement sur un minimum de quatre concepts présentés Figure 3.4.4. [Vollmann et al., 1992 ; Giard, 2003].

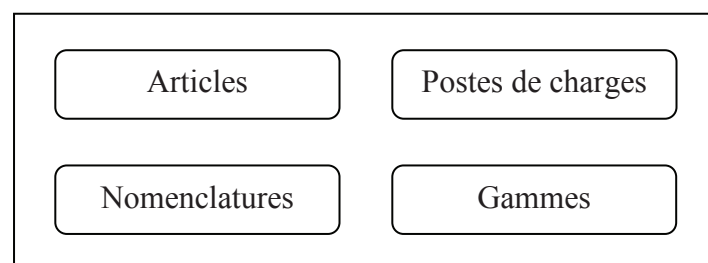


Figure 3.4.5 : Les quatre concepts de base d'un système de gestion de production.

Ces concepts sont issus du besoin initial de piloter un système de production. Ils ont initialement amené au développement des systèmes MRP (Material Requirement Planning) permettant une planification des besoins en matières premières. Ce n'est

pas cette première évolution qui nous intéresse ici, mais plutôt la capacité de l'architecture à avoir pu supporter la mise en œuvre des systèmes MRP 2 (Manufacturing Resources Planning). Ces derniers systèmes se positionnent comme le mode le plus abouti de maîtrise des ressources (matières premières, composant, sous-ensemble, produits, machines, opérateurs, etc.) en production et sont au centre des ERP (Entreprise Resource Planning) [Thomas et Lamouri, 2000].

Le concept **article** permet de représenter un élément stockable en production. Il peut s'agir d'une matière première, d'un composant, d'un sous-ensemble ou d'un produit fini. Il vise également la spécification des caractéristiques de cet élément : sa référence, sa taille, sa couleur, ses accessoires, son mode d'approvisionnement, etc. Le concept **poste de charges** permet de regrouper des postes de travail (individus ou machines) homogènes et documenter ses caractéristiques : identification, capacité, disponibilité, etc. Le concept **gamme** vise la description de la séquence des opérations de fabrication, d'assemblage, d'inspection ou de transports nécessaires à la fabrication d'un article. Il mentionne les postes de charges requis, les articles requis ainsi que les temps associés à l'ensemble du chaînage des opérations. Le concept **nomenclature** représente une liste des articles nécessaires à la fabrication d'un autre article. Il est constitué d'un réseau hiérarchique d'articles suivant une relation de composition. Les informations nécessaires à sa construction sont le code du composé, le code du composant, le coefficient de lien (nombre d'unités du composant dans une unité du composé). Il est à noter que le concept nomenclature contient explicitement des informations relatives au concept article (le code du composé et celui du composant) mais également implicitement des informations relatives au concept poste de charges et au concept gamme (les liens entre articles).

Les objectifs descriptifs de ces quatre concepts présentent une forte analogie avec ceux des concepts de notre modèle. Il est ainsi possible d'assimiler :

- le concept article aux classes *Information*, *Donnée*, *IndexationInformationInformation* et *IndexationInformationDonnée* qui ont pour objectif de décrire un élément non agissant,
- le concept poste de charge à la classe *Activité* qui s'intéresse à des éléments agissants de granularité maximal,
- le concept gamme aux classes *Processus*, *ReprésentationGraphique*, *IndexationProcessusReprésentationGraphique*,

3.4 Intégration des modules et problématique d'actualisation

IndexationProcessusProcessus1, IndexationProcessusProcessus2 qui visent la description d'éléments agissants dans une approche globale,

- le concept nomenclature aux classes Facette, Focus, IndexationFocusFocus qui apportent une vision globale et structurée des éléments précédents.

Cette analogie entre le management de la ressource connaissance codifiée en conception et celui des ressources physiques en production nous a conduits à l'architecture quatre cœurs présentée Figure 3.4.3. Les classes d'indexation (IndexationFocusInformation, IndexationFocusActivite, IndexationFocusProcessus, IndexationDonneeActivite et IndexationActiviteProcessus) sont alors des objets frontières assurant la navigation entre les différents cœurs de l'architecture.

3.5 Synthèse de la proposition

Nous avons proposé un modèle conceptuel de façon à supporter la mise en place d'une structuration des outils numériques supports des connaissances. D'une part, les concepts proposés ainsi que la façon dont ils sont agencés tiennent compte d'une volonté de représenter l'ensemble des composantes d'une connaissance (syntaxique, sémantique et contextuelle) identifiées dans la méthode MASK. D'autre part, l'équilibre choisi concernant le niveau de richesse sémantique, encapsulable dans le modèle, se positionne dans un objectif d'extension de la connaissance réifiée. Il s'appuie donc sur un nombre limité de relations inter-concepts a priori communes ou facilement assimilables par un individu. Cette approche doit permettre l'appropriation rapide et intuitive de toute instanciation du modèle par ce dernier. Le modèle proposé soutient une formalisation du rapport qu'il existe entre un outil support des connaissances et un processus de reconception concret. Ce rapport constitue un élément essentiel du modèle qui vise la préservation du caractère opérationnel (ou phénoménologique) des connaissances. Les aspects d'actualisation des connaissances ont également été pris en compte dans le respect du point de vue systémique également soutenu dans la méthode MASK. La Figure 3.5.1 présente le modèle complet.

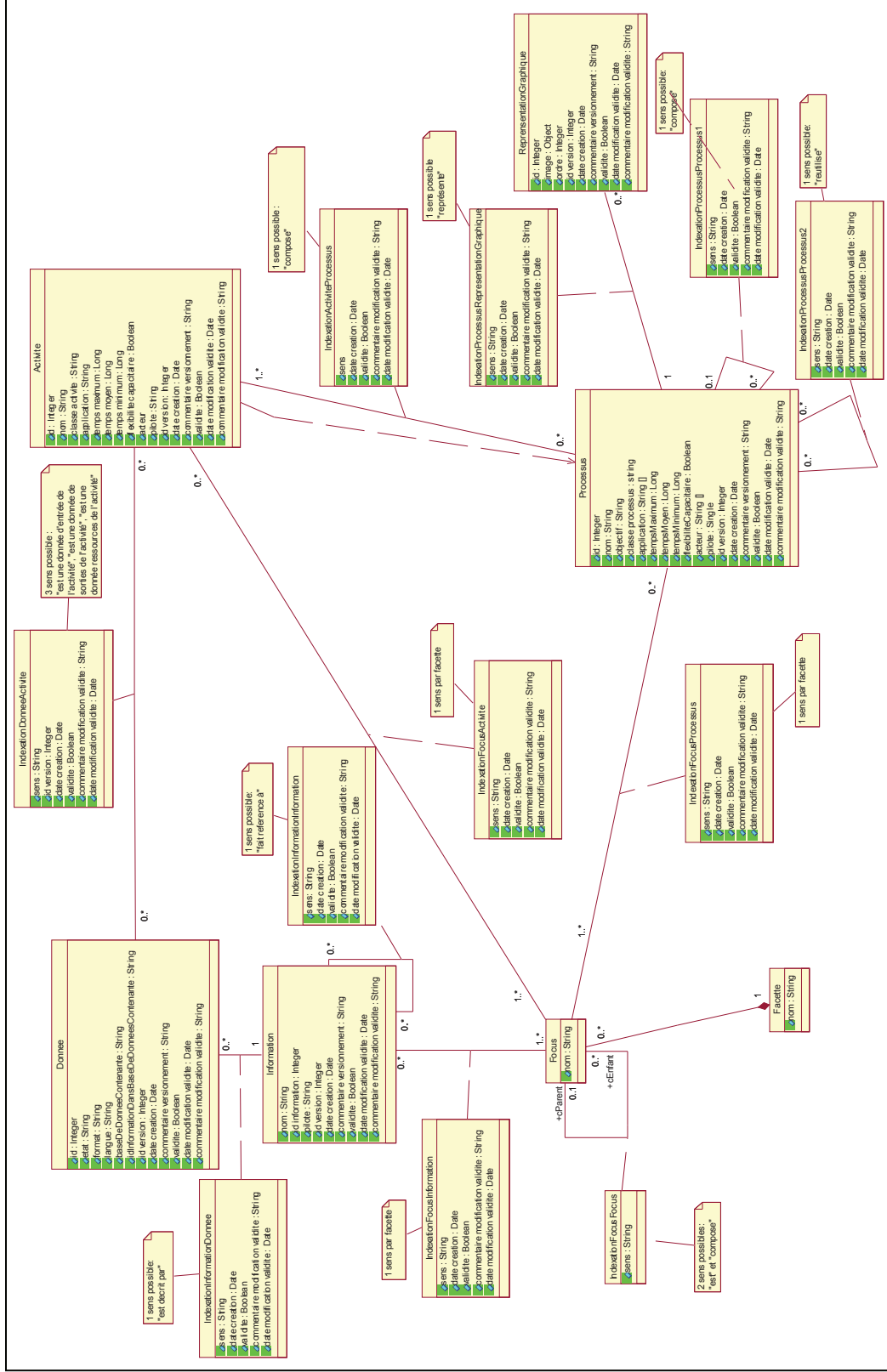


Figure 3.5.1 : Modèle conceptuel de préservation des connaissances orienté processus.

3.5 *Synthèse de la proposition*

CHAPITRE 4 APPLICATIONS CHEZ RENAULT-DCT

Le chapitre précédent s'est attaché au moyen de guider la définition et l'agencement d'un vocabulaire devant permettre la préservation des connaissances d'un organisme relativement à ses outils supports des connaissances. Le présent chapitre est dédié à l'évaluation du modèle conceptuel. Cette évaluation concerne principalement la composante syntaxique du modèle à savoir son instanciation. C'est, en effet, par la confrontation aux données du vocabulaire que sera manifestée la finalité du travail de préservation auprès des individus. Nous avons évalué le modèle suivant deux axes : le premier concerne sa capacité descriptive, le second aborde son caractère implémentable, c'est-à-dire sa capacité à permettre effectivement la génération d'un outil de management des connaissances. Cette évaluation est à positionner dans le contexte industriel automobile de la Direction de la Conception et des Technologies groupe motopropulseur.

4.1 Inter-Knowledge Objects Exchange System (IKOES)

Cette partie est dédiée à la présentation d'un cas d'application original ayant permis de répondre à deux objectifs : évaluer la capacité descriptive d'une partie de notre modèle conceptuel et proposer une solution concrète à un besoin industriel. Nous y décrivons le cadre applicatif ainsi que la solution mise en œuvre portant sur le développement d'un système d'information permettant l'échange de valeurs de paramètres entre objets de connaissances.

4.1.1 Cadre applicatif

L'analyse de la capacité descriptive de notre modèle a principalement porté sur le principe de la classification à facettes. L'hypothèse était la suivante : si l'on considère qu'une classification à facettes est apte à supporter la description de connaissance portant sur des QCECs, d'une façon proche de celle dont elles sont

4.1 Inter-knowledge Objects Exchange System (IKOES)

effectivement stockées dans la mémoire d'un individu ; alors il est possible de réaliser, à partir de cette même description et de façon automatisée, des opérations proches de celles qu'effectue l'individu en utilisant ses capacités cognitives. Cette considération nous amène directement dans le domaine de l'ingénierie des connaissances et des applications à bases de connaissances (cf. section 1.2.2). Cependant le point de vue est différent de celui proposé dans les méthodes telles que MOKA et CommonKADS. Il ne s'agit pas ici de remettre en cause les formalismes proposés par ces méthodes qui sont, selon nous, appropriés pour le développement d'applications KBE pointues (nous en avons donné quelques exemples dans notre état de l'art). Il est néanmoins remarquable que les applications développées suivant ces méthodes voire d'autres plus ad hoc [Chapman et Pinfold, 2001 ; Yoshioka et al., 2004] amènent au développement de modèles ontologique particulièrement riches dont nous avons déjà discuté les inconvénients (cf. section 3.2.1). La création et la maintenance de ces modèles requièrent un niveau d'expertise significatif qui ne va pas dans le sens du travail sélectif que nous avons effectué sur les relations inter-concepts pertinentes et que nous considérons plus simple à appréhender. Nous cherchons ici un cas d'application nous permettant d'évaluer ce travail ayant conduit au choix d'une classification à facettes. Ce cas doit nous permettre d'estimer dans quelle mesure ce type de classification peut être suffisamment complet et non ambigu, pour permettre la réalisation automatisée d'opérations de nature à faire intervenir des problématiques sémantiques résolues par les fonctions cognitives humaines. Un tel cas d'application nous a été proposé par notre partenaire industriel. Le besoin porte sur la définition d'un système d'information permettant l'échange de paramètres entre objets de connaissances paramétrés. Nous avons déjà discuté la notion d'objet de connaissances (cf. section 1.2.1). Nous l'aborderons ici de façon plus spécifique en y ajoutant le qualificatif « paramétré ». Un objet de connaissance paramétré (ou **PKO** pour **Parameterised Knowledge Object**) se définit alors comme un fichier numérique permettant la spécification d'un ensemble prédéterminé de données (ou paramètres) dans l'objectif de produire un résultat. Cet ensemble prédéterminé de données, le résultat attendu ainsi que les relations entre les données et le résultat constituent une représentation d'une certaine partie de la connaissance d'un organisme. Ces fichiers sont utilisés, pour la spécification des données et l'obtention du résultat, au sein d'un projet donné et dans le contexte d'un processus de reconception. Bien que simple à manipuler, ces fichiers souffrent néanmoins des inconvénients reconnus pour tout

objet tangible : ils sont incomplets, hétérogènes et redondants (cf. section 1.1.2). Leur incomplétude est due à leur objectif synthétique et leur capacité de stockage limitée. Comme un PKO est également un objet frontière entre différents métiers, cela amène de l'hétérogénéité. Et enfin, du fait de ces deux faits, la redondance apparaît lorsqu'un même métier est impliqué dans la conception de différents PKOs. Ainsi, il est souvent nécessaire lors d'un processus de reconception de transférer des valeurs de paramètres d'un PKO vers un autre. D'une part, l'étude d'un système d'information permettant des échanges automatisés entre ces fichiers permet une analyse du niveau de complétude descriptive atteignable par une classification à facettes. Dès lors que le modèle de données sous-jacent au système repose sur une classification de ce type, il est possible de constater dans quelle mesure il parvient à décrire la diversité des paramètres à échanger. D'autre part, elle permet également une analyse du caractère non ambigu de ce même type de classification. S'il est effectivement possible de réaliser des échanges non erronés à l'aide du système, c'est qu'elle reflète de façon suffisamment précise le sens des paramètres.

D'un point de vue plus industriel, le développement d'un tel système d'information s'inscrit parfaitement dans une logique d'optimisation des processus de reconception. L'échange de paramètres entre fichiers est habituellement réalisé manuellement par un concepteur. De façon élémentaire il s'agit, soit de récupérer la valeur d'un paramètre dans un premier PKO puis de la recopier directement dans un second PKO, soit d'utiliser la valeur d'un paramètre d'un premier PKO pour en spécifier celle d'un second PKO selon certaines règles d'adaptation. Ces tâches répétitives sont sans valeur ajoutée, consommatrice de temps et source d'erreurs. La littérature mentionne peu d'outils visant l'échange de paramètres entre fichiers paramétrés. Les outils PDM et KMTs (cf. section 1.2.1) ne semblent pas tendre vers cette problématique. Joo et Lee [Joo et Lee, 2009] ont cherché à décrire les causes d'insatisfaction des utilisateurs des KMTs. Un des éléments d'insatisfaction est le manque d'intégration en termes d'accessibilité aux données internes des documents, qui constitue une limite connue. Les outils PDM souffrent également des mêmes limitations selon Pikosz et Malmqvist [Pikosz et Malmqvist, 1996]. Ces outils peuvent seulement voir des métadonnées, qui constituent des données relatives à des données (e.g. l'identifiant d'un document, la version, le créateur, le statut, etc.), alors que les documents sont traités comme des boîtes noires. Notre étude bibliographique

4.1 Inter-knowledge Objects Exchange System (IKOES)

n'a pas révélé des sources plus récentes que le travail de Pikosz et Malmqvist mentionnant ces limitations des outils PDM. Cependant, bien que leur analyse soit peu récente, notre utilisation d'outils tels que Windchill (PTC), Enovia (Dassault Systèmes) and TeamCenter (Siemens) ont confirmé ces restrictions. Une approche d'un type similaire à celle que nous proposons avec ce système d'information, semble prendre forme dans le travail de Badin et al. [Badin et al., 2010] qui s'inscrit dans le cadre du projet ADN (Alliances des Données Numériques). Les auteurs proposent un modèle produit pour interrelier des fichiers relatifs à des modèles CAO et des modèles paramétrés de simulation. Ce modèle devrait permettre aux utilisateurs de capitaliser des paramètres, des relations mathématiques, des règles, des conditions limites et des valeurs discrètes selon différentes configurations de modèles paramétrés. L'implémentation du modèle est évoquée mais avec peu de détails. De plus, bien que le modèle soit particulièrement complexe, aucune considération n'est donnée à l'étape au cours de laquelle la connaissance est formellement exprimée à l'intérieur de l'outil (cette étape est considérée comme réalisée). Nous considérons ainsi que le système d'information que nous nous proposons de développer aborde une problématique relativement nouvelle sous un angle particulier. Il se positionne sur le terrain mentionné plus haut mais dans une perspective plus large en termes de formats de PKOs considérés (Fichier Excel notamment), et perspective plus restreinte en termes de complexité du modèle sous-jacent (il doit être possible d'alimenter le modèle de données en faisant appel à un niveau d'expertise rapidement accessible). Ce travail a fait l'objet d'un premier papier pour la conférence CIRPDesign [Louis-Sidney et al., 2010] puis d'une publication dans la revue Engineering Applications of Artificial Intelligence [Louis-Sidney et al., 2011] dont nous reprenons la majeure partie au sein de cette section et les deux suivantes.

4.1.2 Modèle conceptuel d'IKOES

Notre proposition s'appuie sur le développement d'un second modèle conceptuel. Il s'agit d'un modèle de type CIM (Computational Independent Model) suivant une approche MDA (Model Driven Architecture) [Miller et Mukerji, 2003]. L'objectif de ce modèle est de décrire la solution du point de vue métier de la conception et pas du point de vue informatique. Il devra néanmoins être traduit en PIM puis en PSM de façon à permettre l'implémentation d'IKOES. Dans une

démarche similaire à celle retenue pour notre proposition du modèle conceptuel de préservation des connaissances orientée processus, nous validons le caractère implémentable de ce second modèle par le développement d'un démonstrateur présenté en section 4.1.3. Cette validation constituera également l'évaluation du caractère descriptif d'une classification à facettes sur laquelle le modèle s'appuie en partie. A travers la description du modèle conceptuel proposé nous utiliserons l'exemple produit d'un assemblage vissé, de façon à la rendre plus concrète. Cet exemple est basé sur les paramètres décrits Figure 4.1.1 et réutilisé en section 4.1.3.

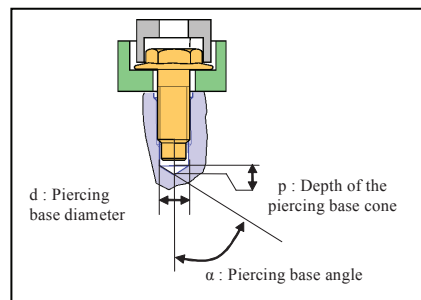


Figure 4.1.1 : Description de trois paramètres d'un assemblage vissé.

Pour rendre l'échange automatisé de paramètres entre PKOs possible, notre modèle conceptuel est fondé sur quatre piliers (cf. Figure 4.1.2). Il est possible de faire une analogie entre ces quatre piliers et l'architecture quatre cœurs proposée en section 3.4.2. Cette possibilité est un élément de plus pour appuyer le fait qu'une telle architecture est apte à représenter de façon robuste des connaissances codifiées. Néanmoins cette analogie n'est pas complète, l'objectif du système que nous cherchons à implémenter étant sensiblement différent de celui du modèle conceptuel proposé au chapitre 3 dont l'implémentation est analysée en section 4.2.1. L'architecture quatre piliers proposée permet :

- la représentation des données (piliers **données**),
- la structuration des données (pilier **structure des données**),
- la représentation des activités utilisant ces données (pilier **activité**),
- la représentation de la séquentialisation de ces activités (pilier **processus**).

Les piliers données et structure des données développent un point de vue statique qui représente les paramètres ainsi que les relations entre paramètres d'un point de vue

4.1 Inter-knowledge Objects Exchange System (IKOES)

sémantique. Les piliers activité et processus développe un point de vue dynamique qui représente les échanges de paramètres entre un PKO et un autre. Ce point de vue dynamique est essentiel, puisqu'il sous-tend la valeur ajoutée du système d'information IKOES, que nous proposons d'implémenter. Il représente le travail effectif de mise en correspondance et de copie des valeurs de paramètres, mené par les utilisateurs de PKO. Relativement à ce point de vue, le point de vue statique est nécessaire.

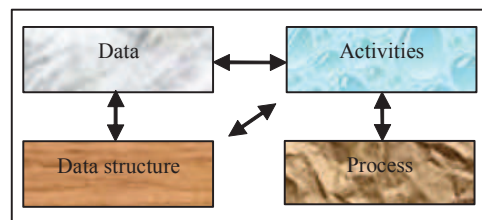


Figure 4.1.2 : Architecture du modèle conceptuel de IKOES.

Nous décrivons chacun des piliers de cette architecture ci-après.

Le modèle UML de structure des données est présenté Figure 4.1.3. Son objectif est de permettre la spécification de paramètres par un utilisateur de façon à représenter son sens. Il reflète un compromis entre les modèles ontologiques riches que l'on peut trouver dans une application KBE et les méthodes descriptives classiques comme les classifications. La classe *Donnée* représente le paramètre à partager sans aucune référence particulière à son sens. Elle permet de décrire les caractéristiques de nature qualitative du paramètre (e.g. son type : « numérique » ou « textuel »). La classe *Définition de donnée* représente le premier niveau sémantique de description associé à une donnée (e.g. le paramètre est un « diamètre »). Une donnée peut être associée à une unique *Définition de donnée*. L'objectif de cette contrainte est d'éviter les possibilités de qui-proquos. Dans cette section nous considérons l'ensemble [*Définition de donnée* / *Donnée*] comme étant une information. De façon à compléter ce premier niveau sémantique, une information peut être contextualisée. Pour réaliser cette contextualisation, nous utiliserons le principe d'une classification à facettes. Le QCEC (cf. section 3.1.3) considéré ici est la désignation d'un paramètre encapsulé par la classe *Définition de donnée* et c'est sur sa prise en charge que s'appuie l'évaluation du caractère descriptif de la classification. Nous avons considéré trois facettes de contextualisation : organisationnelle,

fonctionnelle et structurelle. Ces facettes sont mises en évidence par le biais d'objets de contexte²⁶ dont les structures hiérarchiques sont définies a priori et ne peuvent être modifiées par l'utilisateur.

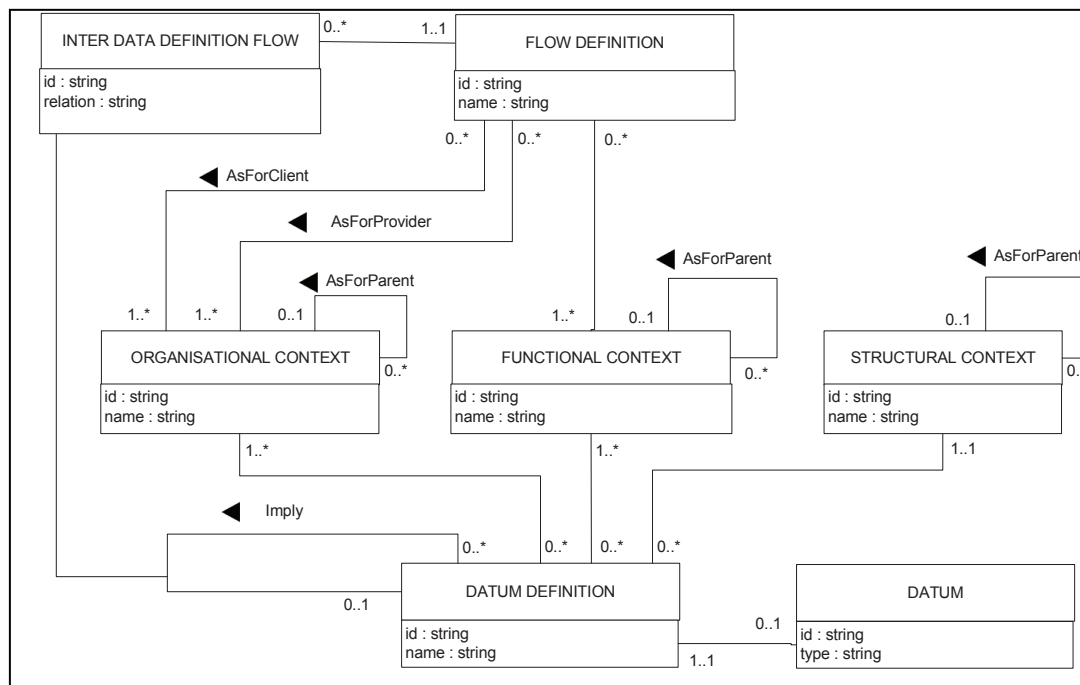


Figure 4.1.3 : Modèle de structure des données.

Le Contexte organisationnel permet de spécifier les PKOs auxquels l'information appartient (e.g. le « modèle CAO d'un assemblage vissé »). Ce point de vue localisation est lié au fait que notre travail se positionne dans un environnement hétérogène. Le Contexte fonctionnel permet de renseigner l'environnement métier dans lequel est utilisé l'information et fait généralement référence à un groupe d'acteurs projets partageant une activité commune (e.g. le « métier essai statique »). Le Contexte structurel vise à préciser à quel élément produit appartient l'information (e.g. le « carter cylindre »). Il est possible de spécifier plusieurs classes contextes de même nature pour une information, hormis pour le Contexte structurel. Cette restriction est justifiée par le besoin de maintenir le contrôle sur la spécification de paramètres synonymes en bridant partiellement les possibilités de contextualisation.

²⁶ Le terme contexte ainsi que ceux qui en dérivent, désignent ici le niveau sémantique supplémentaire pris en charge par la classification à facette et qui n'est pas le même que celui contenu dans le QCEC (désignation d'un paramètre). Nous avons constaté que cet emploi du terme contexte, faisant référence à des niveaux de granularité différents, soulève une certaine ambiguïté sur la frontière entre la composante sémantique et la composante contextuelle d'une connaissance. Cette ambiguïté a été clarifiée au chapitre 3.

4.1 Inter-knowledge Objects Exchange System (IKOES)

Avant de définir un paramètre, l'utilisateur a seulement besoin de vérifier qu'il n'a pas encore été défini pour l'élément produit impliqué. Le choix du *Contexte structurel* comme contexte exclusif est lié à notre environnement de travail orienté donnée produit dans le contexte d'un processus de reconception. Nous considérons ici l'ensemble [*Contexte* [*Définition de donnée* / *Donnée*]] comme étant la représentation d'une connaissance. La représentation d'une connaissance est par conséquent constituée de n *Contextes organisationnels*, m *Contextes fonctionnels*, un *Contexte structurel*, une *Définition de donnée* et une *Donnée* avec $n \geq 1$ et $m \geq 1$.

Les objets de flux permettent de définir des relations entre paramètres. Ces relations s'appliquent aux valeurs des paramètres qui sont spécifiées en cours de projet. Elles ne sont par conséquent pas connues a priori. Comme c'est le cas pour les objets de données, les objets de flux sont définis par l'utilisateur. Un compromis a donc été fait dans ce modèle, entre la possibilité de définir des relations complexes et la capacité de l'utilisateur à les modéliser et les gérer par la suite. Ainsi la classe *Flux inter-définition de donnée* correspond à la représentation de relation unidirectionnelle avec une seule *Définition de donnée* résultante. La nature simple et les possibilités d'analyse de flux définis de cette manière (i.e. règles d'association simples) ont été le sujet de nombreuses études [Chen et al., 2002 ; D'Enza et al., 2008]. Cette relation peut être mathématique ou à base de règles (structure si). Elle devra faire l'objet d'une interprétation formelle par un outil de calcul qui peut exécuter ce type de relation. Comme pour les données, un niveau sémantique et contextuel doit être ajouté aux flux. La classe *Définition flux* représente le niveau sémantique (e.g. « loi physique »). Elle doit être contextualisée. La classe *Contexte organisationnel* permet de spécifier quel PKO fournisseur et quel PKO client peuvent être mis en jeu dans la relation inter-paramètres. Tous les paramètres d'entrée de la relation doivent être disponibles pour un PKO fournisseur donné. La classe *Contexte fonctionnel* représente l'environnement métier dans lequel le flux est défini. Une contextualisation structurelle n'est pas nécessaire puisqu'une information ([*Définition de donnée* / *Donnée*]) est exclusivement classifiée selon ce contexte.

La Figure 4.1.4 donne un exemple d'une instance de représentation d'une connaissance de type flux. Les lignes en pointillés dans les structures hiérarchiques expriment le fait qu'elles ne sont pas complètement représentées pour des raisons de confidentialité. Il est notable que cet exemple souligne le fait qu'il n'y a pas de notion implicite d'héritage relativement aux structures hiérarchiques. En effet, ces structures

utilisent une relation de subsumption dont le sens est plus conceptuel (i.e relatif a une logique ensembliste partagée) que formel. Cet héritage doit être explicitement spécifié.

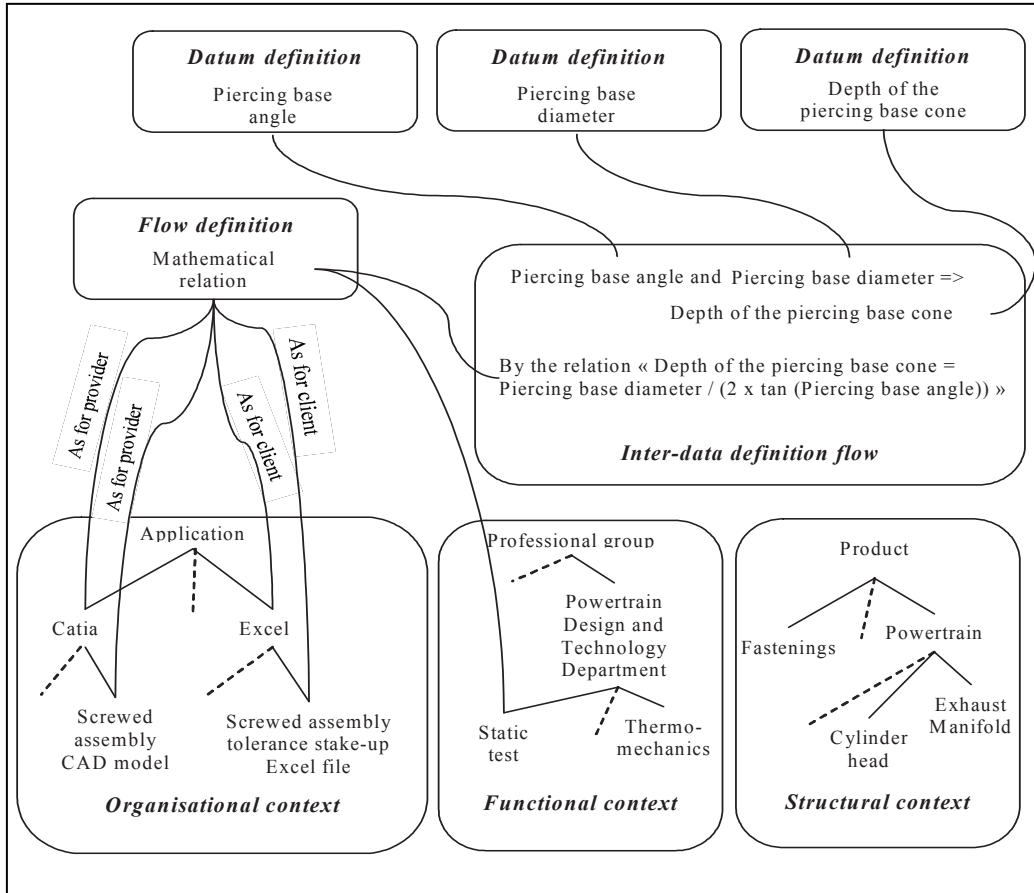


Figure 4.1.4 : Exemple d'une instance de la représentation d'une connaissance de type flux.

Le modèle UML relatif aux données est présenté Figure 4.1.5. L'objectif de ce modèle est de décrire exactement le paramètre présent dans chaque PKO. Il diffère du modèle de structure des données, dont l'objectif est de réconcilier les paramètres présents de façon distribuée dans chaque PKO.

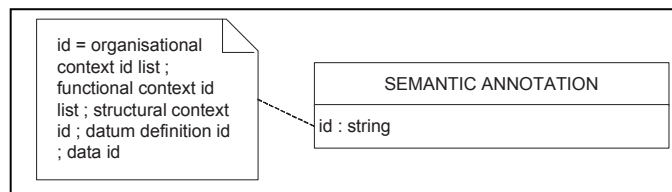


Figure 4.1.5 : Modèle de données.

4.1 Inter-knowledge Objects Exchange System (IKOES)

Ce modèle utilise le concept d'annotation sémantique. Il s'agit d'un concept connu du Web sémantique [Gomadam et al., 2010]. Son objectif est de représenter le sens d'un concept, défini à l'intérieur d'une ontologie, par le biais d'une chaîne de caractères. Une instance du modèle d'annotation sémantique est alors liée à un paramètre numérique bien défini et matérialisé au sein d'un PKO. Elle est composée d'une série ordonnée d'identifiants sélectionnés de manière à modéliser le sens et le niveau exact de contextualisation d'un paramètre sélectionné. Ainsi une annotation sémantique est composée de h *Contextes organisationnels* (puisque le paramètre est localisé dans un environnement identifié), p *Contextes fonctionnels* (puisque le paramètre peut être partagé par plusieurs environnements métiers), un *Contexte structurel* (puisque le modèle de structure des données est exclusif sur ce contexte), une *Définition de donnée* et une *Donnée* avec $n \geq h \geq 1$ (n étant le nombre de *Contextes organisationnels* associés à la représentation de connaissance ayant la même *Définition de donnée* dans le modèle de structure des données) et $m \geq p \geq 1$ (m étant le nombre de *Contextes fonctionnels* associés à la représentation de connaissance ayant la même *Définition de donnée* dans le modèle de structure des données). Il doit être noté qu'une annotation sémantique est moins contextualisée que la connaissance à laquelle elle fait référence. Cela est dû au fait qu'un PKO est construit dans un contexte particulier et, ce contexte n'englobe pas toute la sémantique réconciliée dans le modèle de structure des données qui correspond à celle de plusieurs PKOs. Ainsi une annotation sémantique peut être vue comme le fragment d'une représentation de connaissance. Dans certains cas, un paramètre de PKO peut être générique sur plusieurs contextes structurels. Il s'agit d'un même paramètre de PKO qui peut être utilisé pour spécifier différents produits (e.g. un diamètre de paramètre qui correspond au diamètre d'une pièce 1 ou d'une pièce 2 selon l'étude en cours). Compte-tenu de la nature exclusive du contexte structurel, ce paramètre ne peut être décrit par un seul concept d'annotation sémantique. Nous proposons de sémantiser ce type de paramètre en définissant plusieurs paramètres sur différents contextes structurels au sein du modèle de structure des données puis d'utiliser plusieurs annotations sémantiques. Cette méthode nous permet de compenser la limite descriptive de notre modèle de structure des données.

La Figure 4.1.6 montre un exemple d'une instance d'annotation sémantique. Cet exemple s'applique au diamètre d'un paramètre présent au sein d'un modèle CAO paramétré bien identifié.

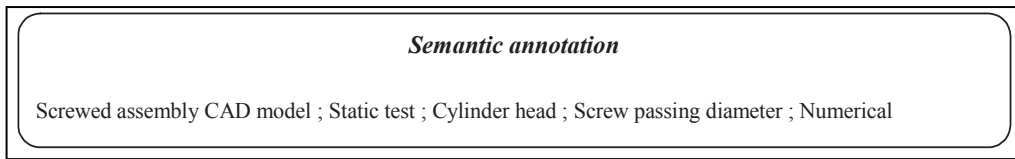


Figure 4.1.6 : Exemple d'une instance d'annotation sémantique.

Dans une approche dynamique, les activités visent à représenter les opérations qui permettent des échanges entre des objets de connaissances, basés sur notre approche statique (modèle de structure des données et modèle des données). Elles sont représentées par des modèles BPMN dans la Figure 4.1.7. Dans ces modèles, l'activité de préparation de l'échange, de publication et de management des annotations demande l'assistance d'un utilisateur. Les autres sont automatiques.

L'activité de préparation de l'échange (a) permet à l'utilisateur de sélectionner le contexte organisationnel fournisseur, le contexte organisationnel client et le contexte fonctionnel dans lequel l'échange est mis en œuvre. L'activité de publication (b) permet à l'utilisateur de sélectionner une liste de paramètres à échanger. Elle supporte l'extraction et la publication d'une liste d'annotations sémantiques ainsi que les valeurs de paramètres associés à partir d'un PKO. L'objectif de l'activité de management des annotations sémantiques (c) est de supporter le traitement des annotations sémantiques simples et multiples (cf. paragraphe précédent sur les paramètres génériques relatifs à plusieurs contextes structurels). Dans le cas des annotations simples, elle réduit le nombre des identifiants de contextes dans les annotations publiées. Pour les contextes organisationnels, seul l'identifiant du contexte organisationnel fournisseur spécifié dans l'activité de préparation est retenue. Pour les contextes fonctionnels, seul l'identifiant du contexte fonctionnel spécifié dans l'activité de préparation est retenue. Dans le cas où des annotations multiples existent, l'intervention de l'utilisateur est requise pour spécifier le contexte structurel actuel. A partir de cette information, seule l'annotation sémantique correspondant au contexte structurel spécifié est conservée. Cette annotation sémantique est alors traitée de la même manière qu'une annotation sémantique simple.

4.1 Inter-knowledge Objects Exchange System (IKOES)

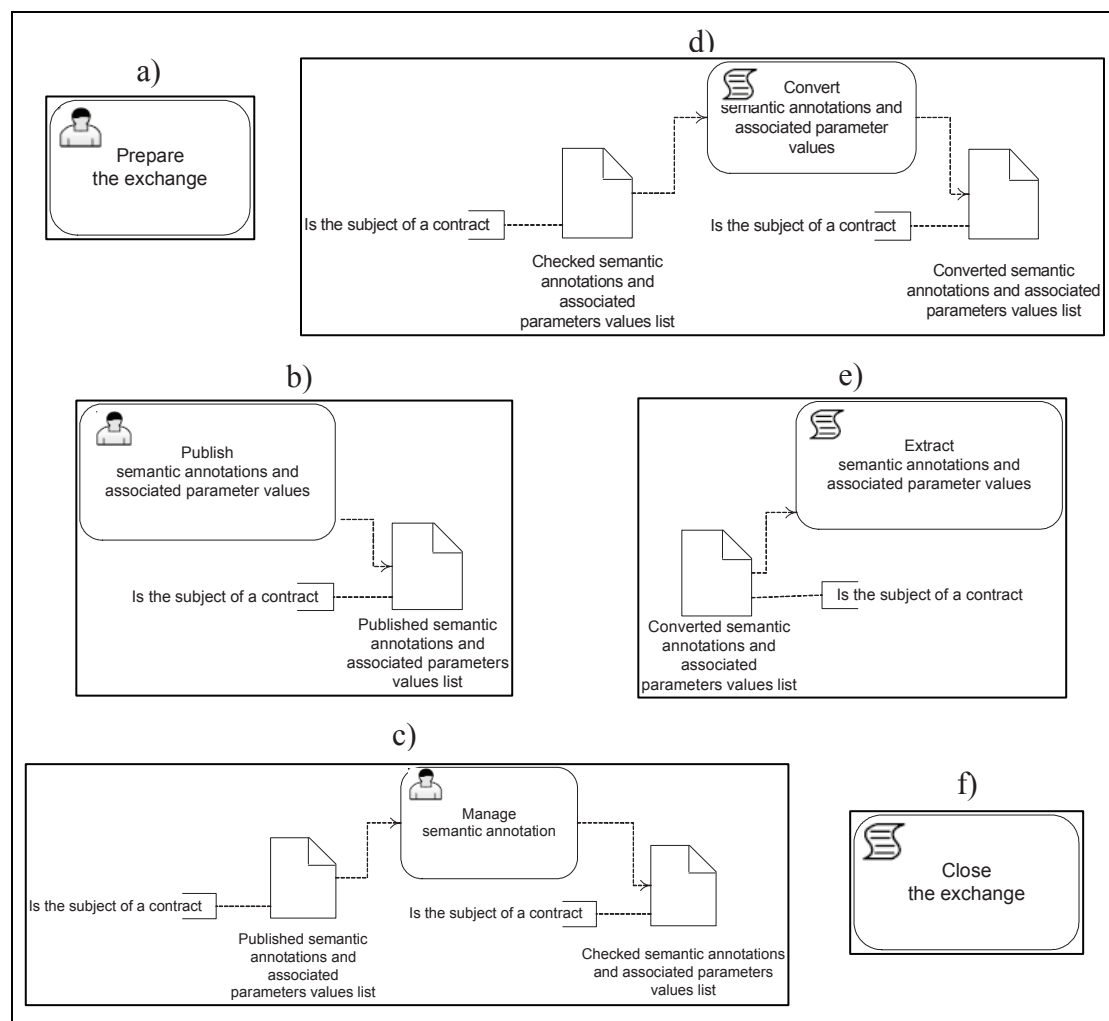


Figure 4.1.7 : Modèle des activités d'échange entre objets de connaissances.

L'objectif de l'activité de conversion (d) est de convertir une liste d'annotations sémantiques et de valeurs de paramètres à partir d'un PKO vers un autre. Cette activité prend en compte les relations entre paramètres spécifiées dans le modèle de structure des données par le biais des objets de flux. Elle fait intervenir un mécanisme de conversion décrit dans la Figure 4.1.8. L'activité d'extraction (e) a pour rôle de mettre à jour une liste de valeurs de paramètres à l'intérieur d'un PKO, à partir d'une liste d'annotations sémantiques et de valeurs associées. Un mécanisme simple de mise en correspondance des identifiants contenus dans les annotations sémantiques est utilisé : pour une annotation sémantique donnée dans la liste, l'annotation du paramètre de PKO correspondant doit contenir au moins les mêmes identifiants. Elle peut en contenir plus (cf. définition d'une annotation sémantique mentionnée plus haut). L'activité de clôture (f) permet d'indiquer la fin d'un échange. Le modèle précise que les artefacts de listes d'entrée et/ou sortie des trois premières activités font

l'objet de contrat. Ce contrat est relatif au fait que si le modèle permet de prendre en compte un certain niveau sémantique d'un paramètre, il ne couvre pas la valeur de ce paramètre qui est spécifiée au cours du projet. Ce contrat implicite impose que la valeur associée à l'annotation sémantique dans l'artefact de liste corresponde bien à la valeur associée au paramètre dans l'objet de connaissance.

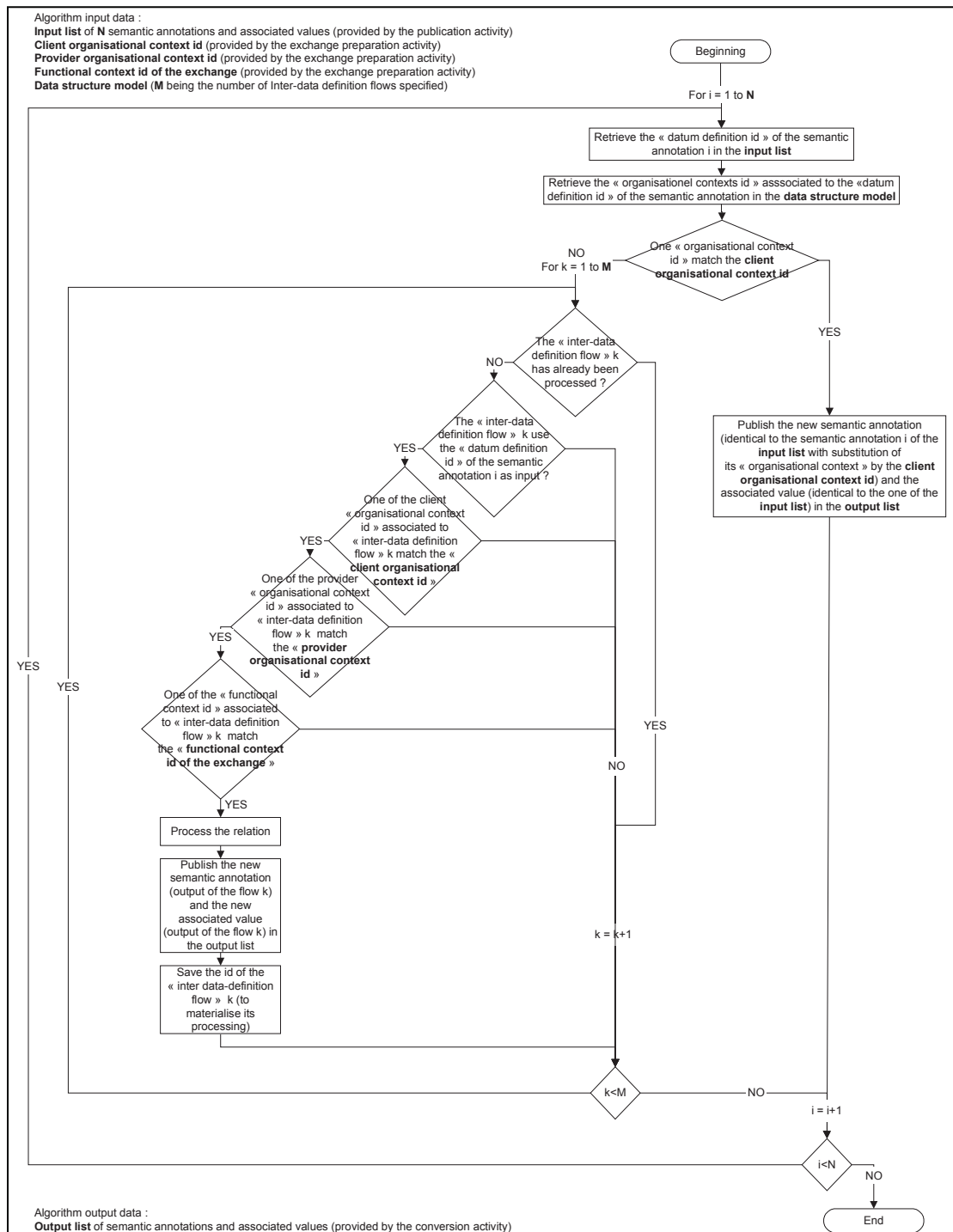


Figure 4.1.8 : Algorithme de conversion des annotations sémantiques et des valeurs de paramètres associées.

4.1 Inter-knowledge Objects Exchange System (IKOES)

L'objectif du modèle de processus est de décrire comment la séquence des activités est établie et de leur rattacher une application exécutable. Son implémentation doit permettre de minimiser les interventions d'un utilisateur à l'occasion d'un échange entre PKOs. La Figure 4.1.9 montre le modèle BPMN du processus.

Le processus d'échange démarre avec un événement d'initialisation déclenché par un utilisateur à partir de l'interface de son application métier. L'utilisateur spécifie ensuite les conditions d'échange par le biais de l'activité de préparation de l'échange dans le module central d'IKOES. A partir de ce point, une application prend le rôle de client, et l'autre le rôle de fournisseur. Ces rôles peuvent être inversés lors d'échanges ultérieurs. Les activités s'enchaînent alors de façon séquentielle par le biais d'événements avec l'assistance de l'utilisateur pour celles le nécessitant. Ce modèle propose une version distribuée d'IKOES, le système que nous cherchons à implémenter. Il suppose le besoin de customiser les applications métier et ne facilite pas le contrôle du cycle de vie des annotations sémantiques. Uren et al. [Uren et al., 2006] ont déjà mentionné qu'une gestion centralisée des annotations devrait permettre un meilleur contrôle de leur cycle de vie. Cependant nous nous sommes attachés à proposer cette solution pour les raisons suivantes : l'accès à des PKOs dans un contexte projet est fréquemment régulé par des outils PDM ou des KMTs. En utilisant des annotations sémantiques supportées par des PKOs nous nous affranchissons des difficultés telles que : gérer les droits d'accès aux annotations (qui sont pris en charge sur les fichiers par les outils PDM ou les KMTs) et maintenir les liens entre les documents et leurs annotations (ce qui pourrait être fastidieux selon le cycle de vie du fichier lui-même). De plus, donner à l'application qui supporte les PKOs le rôle de publier et d'extraire les annotations sémantiques et les valeurs des paramètres associées, nous permet de limiter les problèmes d'interopérabilité (le module central d'IKOES n'ayant pas à réaliser la tâche de recherche de ces éléments à l'intérieur du fichier) dont les difficultés de traitement sont largement discutées dans [Paviot, 2010].

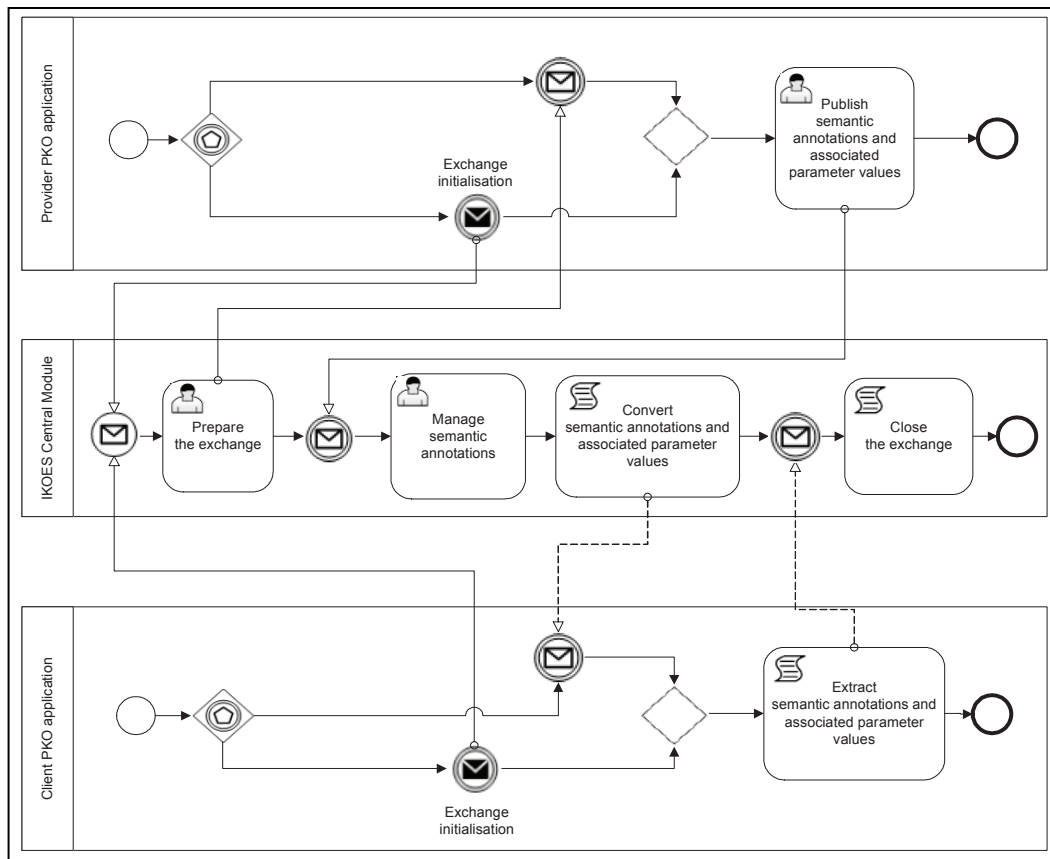


Figure 4.1.9 : Modèle de processus d'échange entre objets de connaissances.

4.1.3 Implémentation et discussion

Pour valider le caractère implémentable du modèle conceptuel ainsi qu'évaluer la capacité descriptive d'une classification à facettes, nous avons développé un démonstrateur dont l'architecture est présentée Figure 4.1.10 (les textures des différents blocs de la Figure 4.1.10 sont liés à celles de la Figure 4.1.2).

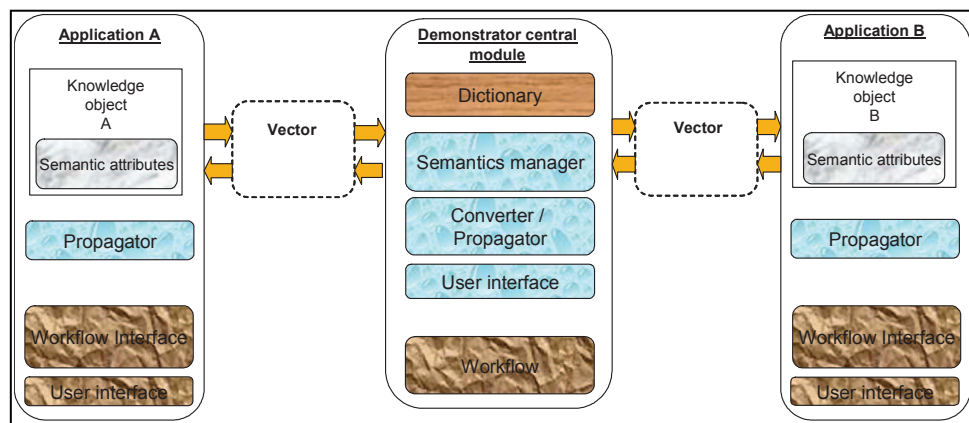


Figure 4.1.10 : Architecture du démonstrateur.

4.1 Inter-knowledge Objects Exchange System (IKOES)

Le Tableau 4.1.1 montre les éléments du démonstrateur, leur relation avec le modèle conceptuel détaillé dans la section précédente et la technologie d'implémentation utilisée.

Eléments du démonstrateur	Relation avec le modèle conceptuel	Technologie d'implémentation
Dictionnaire	Cet élément encapsule le modèle de structure des données.	Fichier Excel (la structure hiérarchique des concepts est lissée pour faciliter la représentation).
Attributs sémantiques	Cet élément correspond au conteneur d'annotation sémantique du modèle de données.	Champ commentaire des parameters du PKO étudié (cf. Figures 4.1.11 and 4.1.12)
Manageur de sémantique	Cet élément encapsule l'activité de management des annotations sémantiques. Dans le contexte du démonstrateur, il réalise également une vérification syntaxique des annotations contenues dans le vecteur vis-à-vis du dictionnaire. Cette vérification vise à pallier leur caractère facilement modifiable, par un utilisateur.	Module Visual Basic for Application (VBA).
Propagateurs	Cet élément encapsule la tâche de publication et d'extraction du modèle d'activité.	Module VBA.
Vecteur	Cet élément supporte la liste des données d'entrée des tâches des activités du modèle d'activité.	Fichier Excel.
Convertisseur	Cet élément encapsule l'activité de conversion en interaction avec le modèle de structure des données.	Module VBA (Ce module consulte le dictionnaire selon l'algorithme indiqué en section 4.1.2).
Interface utilisateur du module central d'IKOES.	Cet élément encapsule l'activité de préparation de l'échange.	Module VBA.
Interface utilisateur des applications, Interface utilisateur du module central, Workflow du module central et Interface workflow des applications.	Ces éléments encapsulent le modèle de processus.	Module de classes VBA pour les événements des applications. Événement Excel pour les événements du module central. Feuille Excel pour la gestion du processus global.

Tableau 4.1.1 : Description des éléments du démonstrateur.

Nous avons implémenté et testé le démonstrateur à la DCT. Les détails du cas d'application étudié sont donnés ci-dessous.

Les PKOs proposé sont les suivants :

Chapitre 4 Applications chez Renault-DCT

- Un modèle CAO paramétré représentant un assemblage vissé (cf. Figure 4.1.11).
- Un fichier Excel paramétré pour calculer les chaînes de cotes d'un assemblage vissé (cf. Figure 4.1.12).

Les applications utilisées qui permettent de traiter ces PKOs sont une application CAO du commerce (CATIA V5) et l'application Excel.

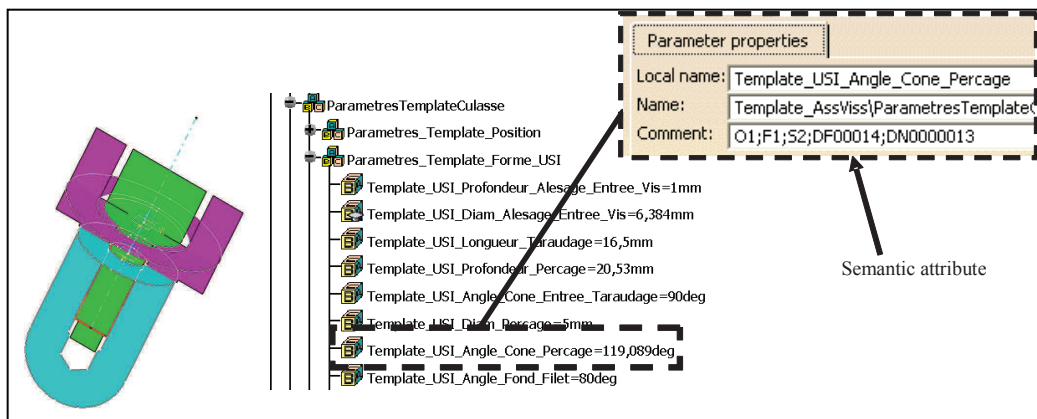


Figure 4.1.11 : PKO CAO.

Nom du maillon	Valeur nominale	IT	Désignation du maillon	Pièce / n° plan
B10_B20	2,0000	0,1000	Épaisseur de la pièce serrée	Ende 8200 XXXX XXX
BT2_BT3	7,0000	0,1000	Diamètre du trou de passage de vis (vis de fixation)	Ende 8200 XXXX XXX
BAVE1_BAVE2	150,0000	0,2000	Entraxe des trous de passage (trous sur pièce serrée)	Ende 8200 XXXX XXX
BT5_BT6	9,0000	0,1000	Diamètre du trou de passage (trou ou vis de mise en position)	Ende 8200 XXXX XXX
BT1_BT4	15,0000	0,1000	Diamètre de l'alésage pour tête de vis de fixation	Ende 8200 XXXX XXX
P10_PAXE1	0,1000	0,2000	Défaut de perpendicolarité du perçage / surface supérieure	
PAXE1_PAXE2	150,0000	0,2000	Entraxe des trous taraudés	
PT2_PT5	5,8540	0,1600	Diamètre du trou taraudé pour vis de fixation	
PT3_PT4	5,0000	0,1600	Diamètre du perçage	
PAXE1_PAXE1	0,0000	0,1350	Défaut de coaxialité du perçage / taraudage	
P20_P30	0,7500	0,1130	Profondeur du chanfrein d'entrée du perçage	
P10_P40	18,0000	2,0000	Profondeur du trou taraudé	P10_P40 18,0000 2,0000 Profondeur du trou taraudé
P10_P60	25,0000	0,8000	Profondeur du perçage (jusqu'à l'extrémité du cône)	P10_P60 25,0000 0,8000 Profondeur du perçage (jusqu'à l'extrémité du cône)
F50_F60	1,4700	0,1200	Profondeur du cône / fond de perçage (forme de l'outil)	P50_P60 1,4700 0,1250 Profondeur du cône de fond
DP1_DP2	7,9650	0,1350	Diamètre du trou de mise en position	DP1_DP2 7,9650 0,1350 Diamètre du trou de mise en position
V01_V02	5,8540	0,1600	Diamètre de la vis de fixation (eD5)	Vis 7700 XXXX XXX
VEMB1_VEMB2	13,5000	0,0000	Diamètre extérieur de tête de vis de fixation (eDc)	Vis 7700 XXXX XXX
VBP1_VBP2	4,6000	0,2000	Diamètre bout pilote de la vis (eDp)	Vis 7700 XXXX XXX
VDET1_VDET2	12,0000	0,0000	Diamètre extérieur en appui sous tête de vis de fixation (eDw)	Vis 7700 XXXX XXX
V40_V10	20,0000	0,8400	Longueur de la vis hors bout pilote (L _{vis})	Vis 7700 XXXX XXX
V30_V40	2,0000	0,0000	Longueur de filet incomplet (u)	Vis 7700 XXXX XXX
V20_V10	1,5000	0,0000	Longueur partie lisse (ATTENTION RESPECTER maxi (L _g))	Vis 7700 XXXX XXX
V50_V10	23,3000	1,4400	Longueur totale de la vis de fixation	Vis 7700 XXXX XXX
VAXE_VAXEBP	0,0000	0,0000	Défaut de coaxialité entre le bout pilote et la partie fileté de vis	Vis 7700 XXXX XXX

Figure 4.1.12 : PKO Excel.

Le premier travail a concerné la formalisation des connaissances dans le dictionnaire selon le scénario suivant :

- Un pilote de PKO complète manuellement les paramètres de PKO dans le fichier Excel du dictionnaire. Les contextes définis sont les suivants : deux contextes organisationnels (un modèle générique d'assemblage vissé, un fichier chaîne de cotes), trois contextes structurels (une vis, un collecteur

4.1 Inter-knowledge Objects Exchange System (IKOES)

d'échappement, une culasse) un contexte fonctionnel (essai statique). La Figure 4.1.13 montre un extrait de ce fichier où O1,O2, F1, S2 sont respectivement les identifiants pour modèle générique d'assemblage vissé, fichier chaîne de cotes, essai statique et culasse.

- Le pilote de PKO complète manuellement les formules (sous la forme de méthodes VBA) dans le convertisseur puis entre les identifiants de ces formules dans le Fichier Excel du dictionnaire, i.e dans l'attribut « relation » de la classe *Flux inter-définition de données* (cf. Figure 4.1.3).
- Le pilote de PKO construit les annotations sémantiques en extrayant les identifiants des éléments du dictionnaire et complète les attributs sémantiques au sein du PKO (cf. Figure 4.1.11 et 4.1.12).

	A	B	C	D	E	F
1	ID_ORGA	ID_FUNCTION	ID_STRUCT	ID	NAME	ID_DATA
15	O1;O2	F1	S2	DF00013	PIERCING BASE DIAMETER	DN0000012
16	O1	F1	S2	DF00014	PIERCING BASE ANGLE	DN0000013
19	O2	F1	S2	DF00017	DEPTH OF THE PIERCING BASE CONE	DN0000016

	A	B	C	D	E
1	ID_FUNCTION	ID_ORGA_CLIENT	ID_ORGA_PROVIDER	NOM	
2	L1	F1	O1	O2	MATHEMATICAL RELATION

	A	B	C	D	E
1	PROVIDER_PARAMETER	CLIENT_PARAMETER	RELATION	ID_DEFINITION	ID
3	DF00013#DF00014	DF00017	2	L1	IL2

Figure 4.1.13 : Extrait du fichier Excel du dictionnaire.

La seconde étape du travail consiste à spécifier effectivement les valeurs de paramètres PKO. Ce travail constitue une tâche de tous les jours pour un concepteur lors d'un processus de reconception. La boucle de conception suivante a été implémentée :

- Un concepteur dimensionne l'assemblage vissé par l'intermédiaire du modèle CAO.
- Le concepteur transfère automatiquement les paramètres définis (dimensions nominales) via le démonstrateur IKOES vers le fichier chaîne de cotes.
- Le concepteur calcule les chaînes de cotes dans le PKO approprié puis rééquilibre les nominaux.

- Le concepteur transfère automatiquement les paramètres du fichier chaîne de cotes dans le modèle CAO, via le démonstrateur IKOES.

Suite à cette étape, de nouvelles perspectives ont été soulevées concernant le modèle conceptuel :

- La première perspective est relative au modèle de structure des données. Le transfert simultané de plusieurs instances du même paramètre n'est pas supporté. Ce cas se présente lorsqu'un PKO est en mesure de traiter plusieurs configurations de paramètres avec l'objectif de n'en conserver qu'une.
- La seconde perspective est encore relative au modèle de structure des données. L'utilisation de plusieurs syntaxes pour la même donnée n'est pas supportée (e.g. la valeur x d'un paramètre diamètre peut être formalisée par « x » ou par « Øx », selon le PKO). En effet, notre modèle de structure des données ne permet l'association d'une *Donnée* qu'avec une seule *Définition de donnée*, cf. Figure 4.1.3.
- La troisième perspective est relative au modèle d'activité. L'algorithme de conversion des annotations sémantiques et l'activité de préparation de l'échange peuvent être optimisés dans l'objectif de gérer la définition de relations dont les paramètres d'entrées sont distribués entre plusieurs PKOs (comme cela peut être le cas dans un assemblage).
- La quatrième perspective est relative au modèle de processus. Lors d'un échange, les paramètres considérés sont nécessairement « poussés » d'un PKO fournisseur vers un PKO client. Si le PKO client n'est pas bien maîtrisé par l'utilisateur, il est possible de transmettre plus de paramètres que nécessaire. Bien que le convertisseur implémente un filtre (via l'algorithme de conversion) pour assurer que seuls les paramètres compréhensibles par le PKO sont transmis, l'échange n'est pas optimal. Une possibilité d'amélioration sur ce point serait de définir un processus de demande de paramètres à partir du PKO client.

Relativement à nos motivations, les retours des groupes métiers ont été positifs. Un système d'information de ce type ne modifie pas l'objectif initial des PKOs, qui est d'agir en tant qu'objets frontière et mémoire adaptable à travers les projets

4.1 Inter-knowledge Objects Exchange System (IKOES)

[Cacciatori, 2008]. Comme montré dans l'étude de cas, il n'implique aucune modification lourde dans la manière dont la connaissance est codifiée dans les fichiers du fait de l'approche basée sur les paramètres. Il est par conséquent possible de réutiliser les PKOs existants. De plus en réduisant le délai et en rendant moins fastidieux le transfert de valeurs de paramètres entre PKOs, ce système devrait permettre d'utiliser les PKOs plus en amont dans les projets.

Au-delà de ces objectifs pragmatiques, la possibilité d'échange de paramètres s'appuyant sur le modèle de structure des données amène une évaluation positive du mode de classification par facettes. D'une part, il permet d'obtenir le niveau de complétude sémantique souhaitée par la définition de facettes adaptées à la problématique rencontrée. D'autre part, il est possible de maîtriser le niveau d'ambiguïté sémantique. Cette affirmation est à nuancer puisque nous avons dû introduire la notion de facette exclusive. Nous n'avons cependant pas réutilisé cette notion dans notre modèle conceptuel de préservation des connaissances orienté processus car le pilote associé à un QCEC est a priori unique. Ce n'est généralement plus le cas lorsqu'un QCEC porte sur un paramètre (la notion de responsabilité étant plutôt définie au niveau fichier). Il est alors nécessaire de pouvoir gérer la tendance de spécification d'un même paramètre par des utilisateurs différents. Par ailleurs, le modèle de structure des données d'IKOES engendre l'élicitation de connaissances. En effet, il permet la construction d'une cartographie de paramètres interreliés ; un niveau de granularité peu abordé dans les outils du commerce (PDM et KMT). Cette cartographie suppose l'identification préliminaire des PKOs partageant les mêmes paramètres ou des paramètres qui peuvent être déduits les uns des autres par des règles d'associations simples. L'identification complète de ces fichiers ne semble pas triviale pour notre partenaire industriel. Les outils utilisés actuellement pour gérer ces fichiers ne disposent pas des éléments descriptifs attendus. Par exemple, il peut être difficile de récupérer l'ensemble des fichiers paramétrés concernés par un produit particulier (ces fichiers ayant probablement des paramètres liés ou en commun). Les travaux de Joo et Lee [Joo et Lee, 2009] mentionnent ces limitations des KMTs en termes de capacité de recherche et tendent à généraliser ce point. Nous pensons que le modèle que nous avons proposé au chapitre 3 constitue une contribution visant une réduction de ces limitations. D'autre part, la mise en place d'interviews auprès de métiers spécifiques peut être particulièrement longue. En effet, comme l'utilisation de ces fichiers est fortement fragmentée, ils ne peuvent être identifiés par un nombre

limité d'individus. Une alimentation progressive du système en paramètres semble nécessaire (cela contribuerait par ailleurs à justifier la simplicité nécessaire du modèle sous-jacent). Néanmoins, cette dernière approche est à nuancer dans la mesure où la rentabilité associée à l'implémentation d'IKOES doit être prouvée par de premiers éléments de cartographie : de façon à évaluer les gains en termes de délai, une étude est en cours à la DCT pour cartographier les PKOs présentant un intérêt. Le temps et le caractère consommateur de ressources de ce travail peuvent être vus comme un obstacle au développement de systèmes visant la gestion de paramètres et justifie probablement le peu de travaux s'y rapportant. Cependant, nous croyons qu'elle constitue une étape importante pour les organisations industrielles, leur permettant d'avoir une approche globale de leur connaissance à un niveau de granularité souvent hors de contrôle.

4.2 Process oriented Knowledge Management System (PKMS)

Cette section concerne l'évaluation du caractère implémentable du modèle conceptuel. Nous avons évoqué en section 1.2.1 le fait que nous considérons le modèle proposé comme de type CIM (Computation Independent Model) compte-tenu des travaux sur lesquels il s'appuie. Cependant la volonté applicative du modèle se positionne dans l'extension de son instanciation par le biais d'un système d'information. Nous avons donc cherché à proposer le démonstrateur d'un tel système de management des connaissances orienté processus (ou PKMS pour Process Oriented Knowledge Management system) à partir d'une traduction CIM - PSM (Platform Specific Model) relativement directe.

4.2.1 Implémentation du modèle proposé

Le choix technologique effectué pour l'implémentation de notre modèle conceptuel est celui d'une base de données relationnelle au format « .MDB » à partir du progiciel Microsoft Office Access 2003. Ce choix tient compte de trois exigences :

4.2 *Process oriented Knowledge Management System (PKMS)*

- Première exigence : disposer d'une technologie accessible supportant l'implémentation du modèle. L'accessibilité de la technologie est relative à la possibilité pour un membre de notre équipe d'accueil d'instancier le modèle et également de maintenir l'implémentation réalisée.
- Seconde exigence : disposer d'une technologie permettant d'interroger le modèle. Le progiciel Access 2003 supporte la spécification ANSI-89 niveau 1 de SQL qui nous est apparue comme potentiellement suffisante.
- Troisième exigence : disposer d'une infrastructure informatique permettant d'assurer le travail d'implémentation avec un minimum de contraintes autres que celles liées à la technologie choisie. Cette exigence prend son sens relativement au contexte industriel de réalisation du démonstrateur au sein duquel les possibilités de développement sont fortement restreintes pour notre service d'accueil.

Nous pensons que le choix d'une technologie web basée sur l'utilisation du langage OWL aurait été également approprié pour l'implémentation du modèle. Cependant ce choix ne nous permettait pas de respecter la troisième exigence.

Nous avons réalisé l'implémentation du modèle à partir du progiciel Microsoft Office Access 2003. Le langage UML étant issu de méthodes de programmation orientée objet, une étape de transcription du modèle CIM en modèle PSM a été effectuée. Cette transcription s'appuie sur les règles définies dans [Nanci et Espinasse, 1996]. La Figure 4.2.1 montre le schéma de la base donnée au sein du progiciel.

On notera que la problématique d'historisation n'est pas abordée suivant les préconisations de [Nanci et Espinasse, 1996]. Il n'est effectivement pas recommandé de conserver les valeurs antérieures de propriétés au sein de la même table de façon à respecter la règle de non répétitivité des valeurs. Ce choix est dû à l'absence de mécanisme d'historisation automatique dans Access 2003. Il aurait été nécessaire lors de la modification d'une propriété de recopier manuellement les données de la table courante dans la table d'historisation puis de modifier les propriétés souhaitées dans la table courante. Nous avons souhaité éviter cette situation dans un premier temps. Il aurait également été possible de pallier ce problème d'une autre manière, en réalisant une interface pour entrer les données au sein du démonstrateur. Le manque de temps est la principale raison nous ayant amené à écarter cette solution.

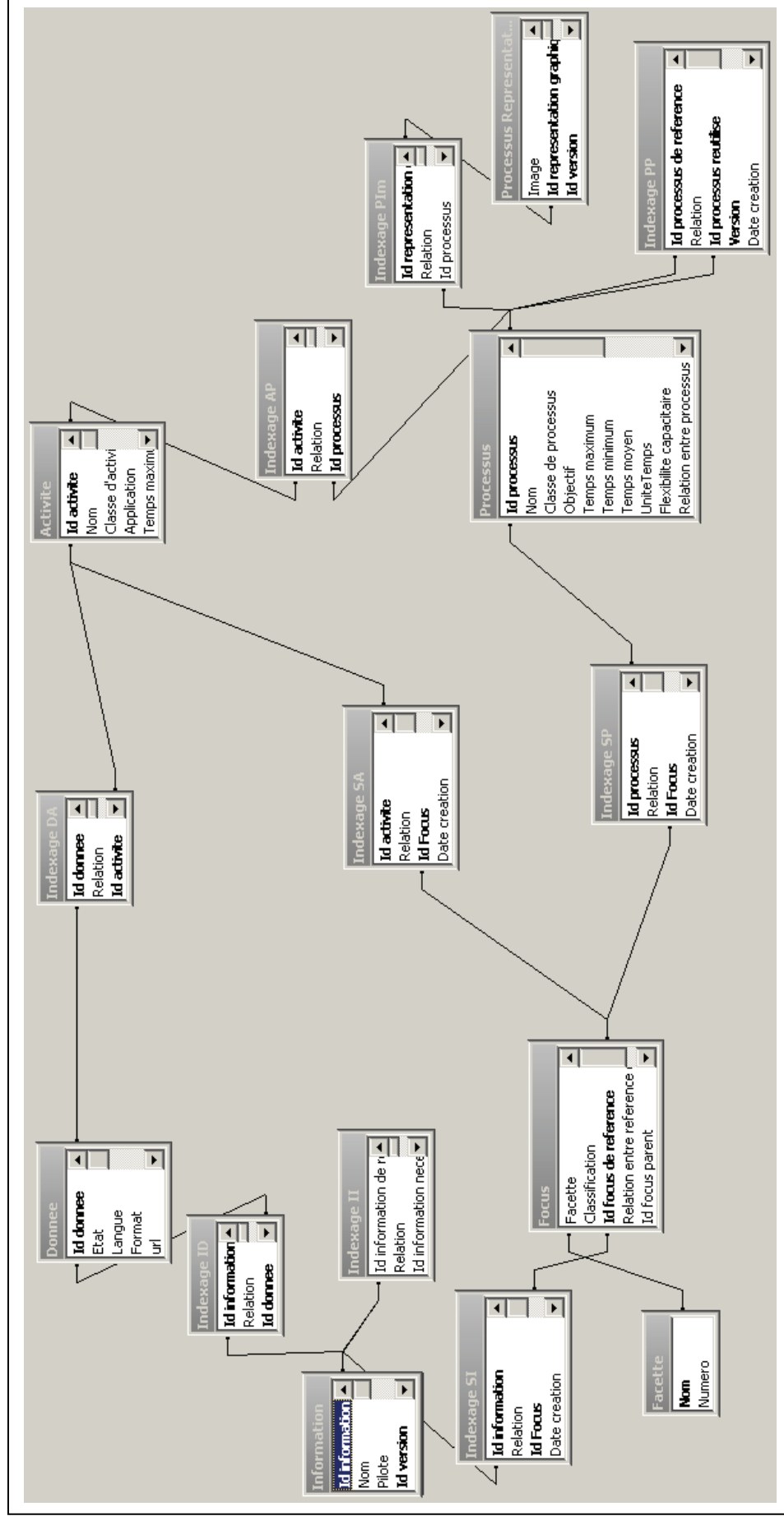


Figure 4.2.1 : Schéma Access de la base de données.

4.2 Process oriented Knowledge Management System (PKMS)

Compte-tenu du choix technologique effectué certains éléments du modèle conceptuel n'ont pas été transcrits :

- Le comportement de la relation de composition visant une suppression facilitée et cohérente d'une facette. Il est néanmoins possible de prévoir une interface à cet effet.
- Les contraintes portant sur l'unicité des relations vis-à-vis des facettes. Il est difficile de définir ces contraintes de façon simple et facilement maintenable dans une base Access de format « .MDB ». Il aurait été possible de résoudre ce problème en travaillant à partir d'un projet Access (format « .ADP »). Cependant ce format supposait l'utilisation d'une base de données Microsoft SQL Server qui n'entrait pas dans le cadre de la troisième exigence mentionnée plus haut. Il est donc possible, dans le démonstrateur, de spécifier simultanément des relations de type composition et des relations de type généralisation dans un réseau de concepts relatif à une facette donnée. Une interface spécifique utilisant des règles définies en Visual Basic for Application aurait pu cependant brider cette possibilité. Nous ne l'avons pas définie par manque de temps comme déjà mentionné plus haut.

Au-delà de ces éléments non transcrits, les contraintes de type valeurs par défaut ont été implémenté à l'aide de l'utilisation d'une table de contraintes suivant le principe de métamodélisation proposé dans [Nanci et Espinasse, 1996] (cf. Figure 4.2.2).

Contrainte : Table				
Relation Focus	Relation Indexage AP	Relation Indexage DA	Relation Indexage ID	Relation Indexage II
compose	compose	est donnee ressource de	est decrit par	fait reference a
est		est donnee entree de		
		est donnee sortie de		

Figure 4.2.2 : Extrait de la table Contrainte (1).

4.2.2 Instanciation du modèle et interface d'interrogation

L'instanciation du modèle et l'interface d'interrogation supposent deux modes d'utilisation du démonstrateur. Le premier correspond à la phase d'élicitation des connaissances au sein de laquelle un outil support des connaissances sera décrit par son pilote. Le second concerne la phase de consultation du modèle lors de laquelle tout membre de l'organisme peut chercher à accéder à la description précédemment réalisée.

La **phase d'élicitation** est réalisée directement à partir de l'interface d'origine du logiciel Access 2003. La spécification des données se fait donc par un remplissage successif de tables dont la Figure 4.2.2 donne un exemple. Certaines propriétés ont été rajoutées pour faciliter ce travail. A titre d'exemple, un identifiant de classification dans la table *Focus* permettant de percevoir la position d'un concept dans un réseau hiérarchique suivant une classification décimale par facette. Cependant, nous reconnaissons que ce mode de spécification au sein du démonstrateur est peu convivial et qu'il aurait été judicieux de proposer une interface ergonomique facilitant à la fois la spécification des données et la prise en compte des contraintes évoquées en section 1.2.1. On retrouve ici encore les conséquences de la contrainte de temps imparti pour nos travaux qui nous a conduits à concentrer les efforts relatifs à l'interfaçage sur la phase de consultation décrite plus loin. La spécification des données au sein du modèle consiste d'une part à élaborer la classification à facettes et d'autre part à renseigner puis indexer les caractéristiques des outils supports des connaissances relativement aux cœurs données, activités et processus. Concernant la spécification de la classification à facettes, nous sommes appuyés sur une méthodologie couplée (approche top-down et bottom-up) comme abordée en section 3.4.2. Dans une logique top-down, nous avons proposé 5 facettes issues d'une logique top-down. Ces cinq facettes visent à répondre aux questions proposées par l'outil QQQQCP :

- Une facette métier pour la question Qui ? Elle vise à identifier qui est le client d'un objet de connaissances (cœur données), d'une application à base de connaissances (cœur activité) ainsi que de la modélisation de processus qui a été effectuée pour répondre à un besoin particulier (cœur processus). Cette

4.2 Process oriented Knowledge Management System (PKMS)

facette est donc générique vis-à-vis des éléments utilisés dans les 3 cœurs. Elle utilise une relation de composition.

- Une facette type de données pour la question Quoi ? Cette facette permet d'indexer un objet de connaissance suivant une terminologie partagée et propre à l'organisme de façon à représenter à quoi il correspond intrinsèquement suivant une relation de généralisation.
- Une facette produit pour la question Où ? Elle permet de mentionner sur quel produit mécanique porte une donnée, une activité ou un processus. Cette facette utilise une relation de composition et est également générique aux 3 cœurs.
- Une facette type d'activités pour la question Comment ? Il s'agit ici de représenter une hiérarchie de problèmes suivant une logique de résolution mais sans redondance (cf. section 3.3.1). Une activité est alors indexée sur un ou plusieurs problèmes particuliers agencés suivant une relation de composition.
- Une facette type de processus pour la question Pourquoi ? A ce niveau, Il s'agit de représenter des objectifs de l'organisme sur lesquels seront indexés des processus concrets. Ces objectifs sont hiérarchisés en respectant une relation de composition.

La seule question non prise en compte par une facette est Quand ? Sa réponse se situe dans la consultation effective de chacun des 3 cœurs (Données, Activités et Processus) et des outils supports des connaissances qui leur sont rattachés. Il aurait également été possible de définir une facette matérialisant les différents jalons d'un projet. Compte-tenu des points de vue associés à chaque facette, le sens des relations d'indexation choisi vis-à-vis des QCECs a été spécifié dans la table *Contrainte* (cf. Figure 4.2.3). Quels que soient les QCECs considérés, les facettes métier et produit les décrivent respectivement suivant les relations sémantiques « a pour client » et « porte sur ». Les facettes non génériques type d'activités, type de données et type de processus décrivent respectivement les QCECs auxquels ils se rapportent par les relations sémantiques « résout », « est » et « répond à ».

Contrainte : Table			
	Relation Indexage SA	Relation Indexage SI	Relation Indexage SP
	a pour client	a pour client	a pour client
	porte sur	porte sur	porte sur
	resout	est	repond a
▶			

Figure 4.2.3 : Extrait de la table Contrainte (2).

La constitution des réseaux hiérarchiques associés à chaque facette a parfois posé peu de questions. Le réseau hiérarchique de la facette métier peut être directement issu de l'organigramme restreint aux métiers a priori concernés par le domaine de connaissances. Cette restriction peut être déduite suivant une logique bottom-up à partir des outils supports des connaissances déjà disponibles. Le réseau hiérarchique de la facette produit peut être réalisé de façon similaire puisque l'analyse de la structure d'un groupe-moto propulseur constitue un travail fondamental à la DCT. Concernant la facette type de données nous avons repris en grande partie des désignations déjà disponibles auparavant. Le peu de désignations relatives aux documents du service d'accueil (inférieur à la dizaine) n'a induit qu'un faible travail de conceptualisation pour générer le réseau hiérarchique. Nous avons donc consacré peu de temps à l'étude de ces trois réseaux hiérarchiques. La construction des réseaux hiérarchiques des deux autres facettes ont vite montré un caractère non trivial. Celui de la facette activité semble avoir atteint un certain niveau de stabilité. Une succession de réunions ont été réalisées de façon à parvenir à sa formalisation. Il est d'ailleurs notable que le niveau le plus haut de structuration reprend les étapes de certains processus génériques que nous avons qualifiés de processus de management de la conception (cf. sous-section 1.1.1.1 et sous-section 3.3.1.2). Les concepts de la facette processus ont pour l'instant à peine été esquissés. Il semble néanmoins possible de se tourner vers la classification des processus proposés au sein du manuel qualité de l'entreprise pour disposer de premiers éléments dont la robustesse a été éprouvé.

La spécification des caractéristiques liées aux outils supports des connaissances et leur indexage constituera un travail plus récurrent que celui de construction de la classification à facettes. Il n'a pas posé de problématique particulière si ce n'est le manque d'ergonomie de l'interface native du progiciel. La démarche préconisée est implicite dans le modèle conceptuel via l'analyse des multiplicités. L'instanciation d'une classe *Donnée* suppose celle préalable de la classe *Information* qu'elle décrit.

4.2 Process oriented Knowledge Management System (PKMS)

L'instanciation d'une classe *Processus* suppose celle préalable des *Activités* qui le composent. Le démonstrateur ne tient cependant pas compte de ces contraintes. Compte-tenu du manque d'ergonomie de l'interface, nous n'avons pas souhaité introduire des restrictions portant sur la flexibilité de spécification des données.

Au moment de la rédaction de ce rapport, le modèle ainsi instancié référence 39 *informations*, 14 *activités* et 26 *processus* relatifs à 39 objets de connaissances et 2 applications métier permettant d'évaluer l'ensemble de ses possibilités de préservation des connaissances.

La **phase de consultation** du modèle conceptuel est réalisée par le biais de quatre interfaces représentatives de l'architecture 4 cœurs. Ces interfaces visent à fournir à son utilisateur une vue conceptuelle du modèle cohérente avec l'analyse menée au chapitre 3 sur la pertinence cognitive des formalismes. Cette considération est fondamentale car, toujours selon cette analyse, l'utilisation d'une interface complètement ad hoc ne serait pas apte à faciliter l'extension des connaissances réifiées au sein du modèle instancié. Les Figures 4.2.4, 4.2.6, 4.2.7 et 4.2.8 présentent ces quatre interfaces.

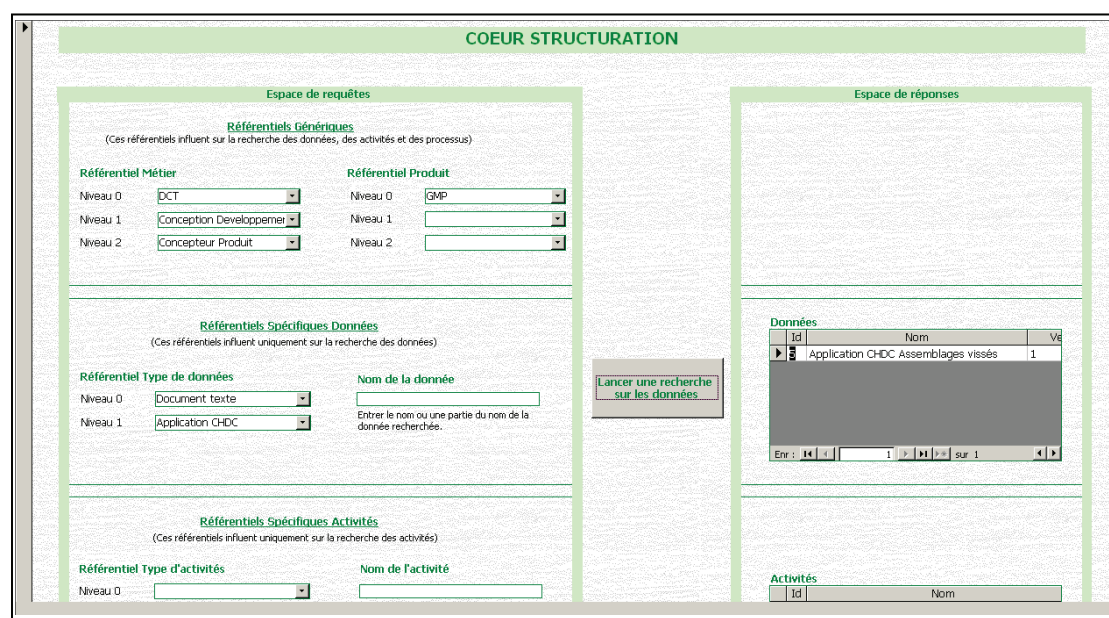


Figure 4.2.4 : Extrait de l'interface représentant le cœur Structuration.

L'interface structuration est divisée en deux parties. Un espace pour interroger le modèle (« Espace de requêtes ») et un espace pour afficher les réponses (« Espace de

réponses »). L'espace de requêtes permet de naviguer au sein des réseaux hiérarchiques des différentes facettes (le terme « référentiel » est utilisé car plus commun à la DCT). Les facettes sont regroupées dans quatre espaces : un espace générique et trois autres dédiés respectivement aux cœurs données, activités et processus. La démarche de construction d'une requête consiste à sélectionner dans chaque espace ses concepts d'intérêt suivant une approche hiérarchique de raffinement, puis lancer la génération des requêtes. Il est possible de choisir indifféremment le type de requêtes que l'on souhaite générer : celles orientées vers le cœur données, celles orientées vers le cœur activités ou celles orientées vers le cœur processus. Les facettes génériques influencent le résultat de tout les types de requêtes alors que les facettes spécifiques n'influence que le résultat des requêtes orientées sur leur domaine. Ces résultats correspondent principalement à des QCECs (cf. section 3.1.1) indexés sous chacun des concepts sélectionnés au travers des facettes qui permettent leur description. La précision d'une requête augmente donc avec la sélection de concepts de plus en plus raffinés ainsi qu'avec la sélection de concepts issus de facettes différentes. Les informations identifiant et version ont également été rajoutées aux QCECs renvoyés. Il est notable qu'il est possible d'effectuer des requêtes directement basées sur un QCECs (« Nom de la donnée » sur la Figure 4.2.3 relativement au cœur donnée ou encore « Nom d'une activité » et « Nom d'une application métier » relativement au cœur activité ainsi que « Nom de processus » relativement au cœur processus). Ces requêtes constituent un moyen de recherche de type mot-clés que nous avons brièvement discuté en sous-section 3.2.1.1. Il s'agit d'un moyen complémentaire à l'utilisation des réseaux hiérarchiques lorsque l'on dispose du QCEC ou d'une partie de ce dernier. Techniquement, cette interface fait appel à un programme en Visual Basic for Application gérant notamment l'envoi de requêtes SQL adaptées. Ces requêtes tiennent compte de la relation hiérarchique qui existe entre les concepts des facettes. A titre d'exemple, la requête présentée Figure 4.2.5 permet l'affichage des QCECs indexés sous l'ensemble des concepts terminaux hiérarchiquement situés sous le concept « DCT » (Direction de la Conception des Technologies GMP).

4.2 Process oriented Knowledge Management System (PKMS)

```
"SELECT DISTINCT Information.[Id information], Information.Nom, Information.[Id Version]
FROM Focus INNER JOIN (Information INNER JOIN [Indexage SI] ON Information.[Id
information]=[Indexage SI].[Id information]) ON Focus.[Id focus de reference]=[Indexage
SI].[Id Focus]
WHERE (Information.[Validite]=True And [Indexage SI].[Validite]=True And Focus.[Id focus
de reference] IN
(SELECT Focus.[Id focus de reference] FROM Focus WHERE (Focus.[Id Focus Parent] IN
(SELECT Focus.[Id focus de reference] FROM Focus WHERE (Focus.[Id Focus parent] IN
(SELECT Focus.[Id focus de reference] FROM Focus WHERE (Focus.[Id focus de reference]
like 'DCT' And Focus.Facette like 'Metier'))
And Focus.Facette like 'Metier'))
And Focus.Facette like 'Metier'))
);"
```

Figure 4.2.5 : Exemple d'une requête SQL permettant l'affichage de QCECs particuliers.

L'ensemble des possibilités de requêtes réalisables par l'utilisateur doit être prédéfini dans le démonstrateur de façon paramétrée. Pour l'ensemble des 2 référentiels à trois niveaux hiérarchiques, des 3 référentiels à deux niveaux hiérarchiques, des 4 référentiels à un niveau hiérarchique et en tenant compte du caractère non générique de certains de ces référentiels, il est nécessaire de spécifier 384 requêtes paramétrées de façon à prendre en compte l'ensemble des possibilités offerte à ce jour par le démonstrateur. Dans ces requêtes, l'utilisation du caractère transitif des relations inter-concepts dépend directement de leur sens qui n'est pas explicitement mentionné. Cependant le respect des contraintes du modèle conceptuel impose que ce sens soit entièrement dépendant de la facette à laquelle ces concepts appartiennent qui, elle, est explicitement prise en compte par le biais d'une clause « WHERE ».

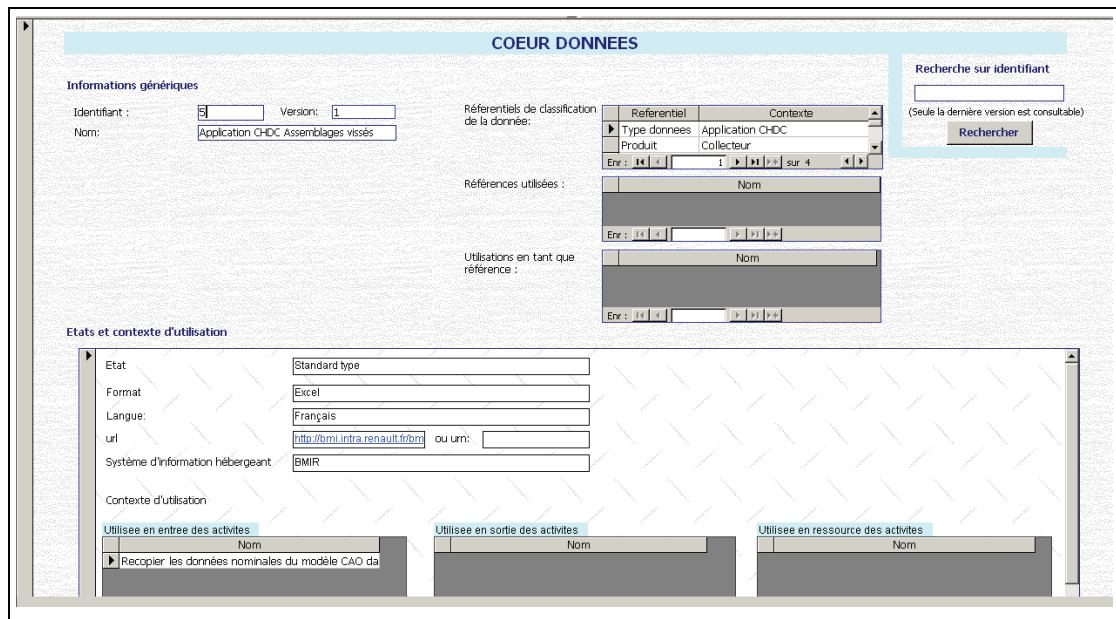


Figure 4.2.6 : Extrait de l'interface représentant le cœur Données.

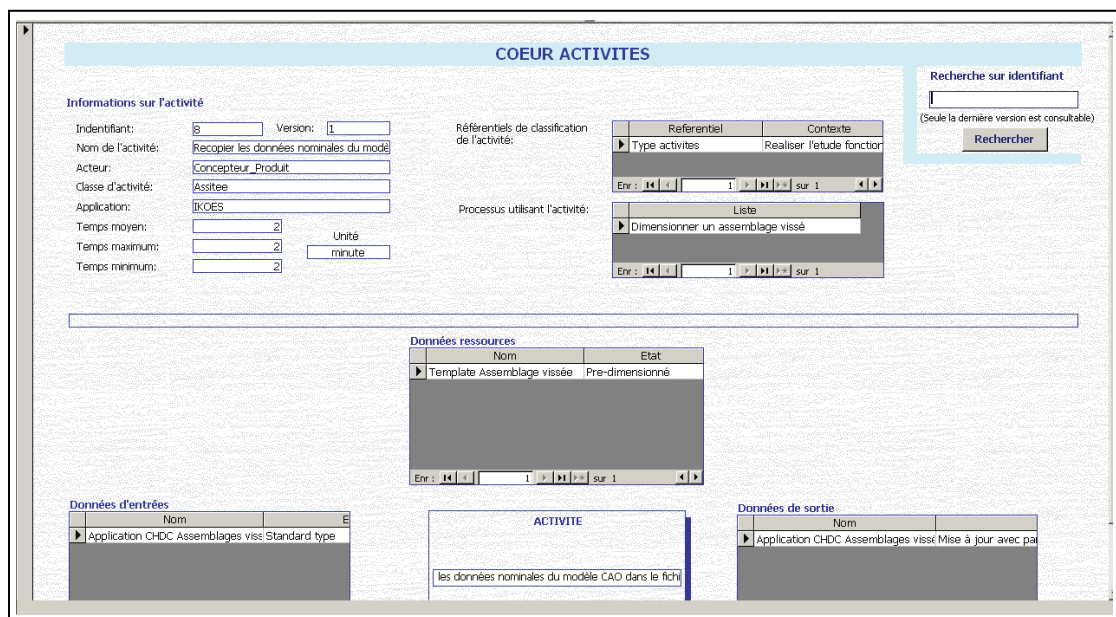


Figure 4.2.7 : Extrait de l'interface représentant le cœur Activités.

4.2 Process oriented Knowledge Management System (PKMS)

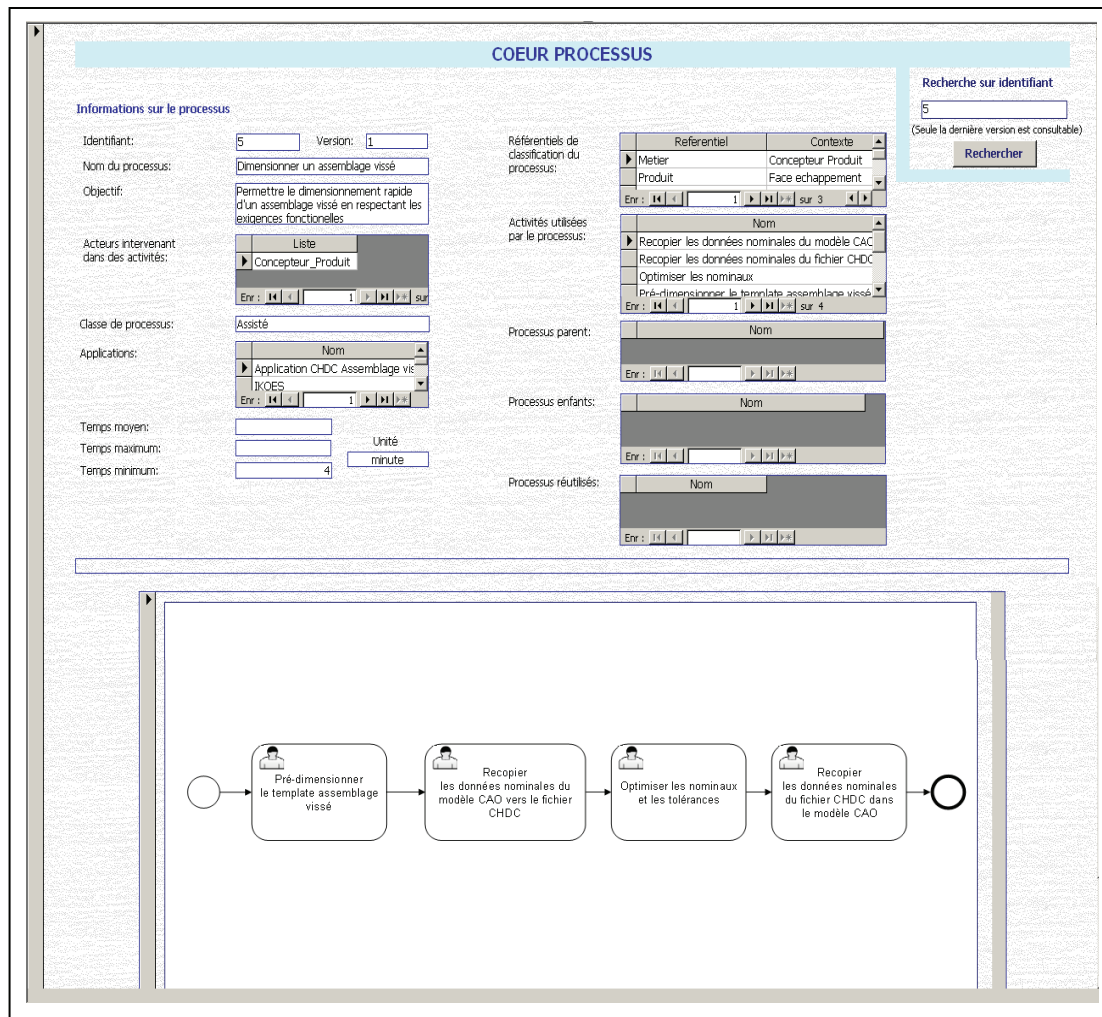


Figure 4.2.8 : Extrait l'interface représentant le cœur Processus.

Chacune des trois interfaces Données, Activités, Processus vise à représenter la description d'un QCEC selon le formalisme des modèles à propriétés. Les propriétés considérées font référence à celles des classes du modèle conceptuel architecturé comme proposé en sous-section 3.4.2.2. Ces interfaces font également appel à des éléments de programmation en Visual Basic for Application et à l'utilisation de requêtes SQL adaptées. De façon générale, les relations sémantiques sont prises en compte de façon explicite dans les requêtes en utilisant une clause « WHERE ».

Des mécanismes de navigation entre les modules ont été implémentés. Il est ainsi possible de passer du module *Structuration* au module *Données* en réalisant un « double clic » sur les QCECs renvoyés par une recherche au sein du module *Structuration*. Ce mécanisme est utilisé de façon récurrente dans chaque interface sur les QCECs.

4.3 Synthèse de l'évaluation du modèle conceptuel proposé

Nous avons proposé dans ce chapitre deux démonstrateurs considérant la composante syntaxique des connaissances.

Le premier démonstrateur, IKOES (Inter-Knowledge Objects Exchange System), constitue une proposition de système d'information permettant l'échange de valeurs de paramètres entre fichiers paramétrés. Il a été développé à partir des applications CATIA V5 et Excel en utilisant le langage de programmation VBA. Il s'appuie sur un modèle de structure des données faisant intervenir une classification à facettes. La validation du fonctionnement de ce démonstrateur, au travers de l'étude de cas proposée par notre partenaire industriel, a permis d'évaluer de façon positive la capacité de ce type de classification à décrire de façon complète et sans ambiguïté un ensemble de QCECs. Par ailleurs le démonstrateur, en lui-même, a recueilli des opinions métiers favorables quant à son utilité dans un processus de reconception. Au moment de la rédaction de ce rapport, nous laissons en cours une étude devant évaluer la rentabilité associée au développement d'un tel système. Cette étude consiste à cartographier un ensemble suffisamment important de fichiers paramétrés pertinents vis-à-vis des capacités du système afin d'en déduire les gains envisageables sur les délais de conception.

Le second démonstrateur est une proposition d'implémentation complète du modèle conceptuel de préservation des connaissances orientée processus que nous avons développé. La solution technologique choisie est une base de données relationnelle. Cette base de données a été réalisée à partir du progiciel Microsoft Office Access 2003 et s'appuie, de façon similaire au premier démonstrateur, sur l'utilisation du langage de programmation VBA pour l'automatisation de certains comportements. Au moment de la rédaction de ce rapport les aspects de déploiement sont en cours d'étude. Compte-tenu de la maturité du démonstrateur, nous avons proposé son déploiement progressif au sein de notre service d'accueil de façon à mesurer nettement les apports et les réticences que pourrait engendrer un outil comme PKMS (Process oriented Knowledge Management System). Cette stratégie est celle proposée dans [Ermine, 2004] qui fait référence au mode de développement du nénuphar. Un outil de management des connaissances un fois accepté au sein d'un milieu restreint aurait tendance à se développer de façon exponentielle. Il semble néanmoins que la volonté hiérarchique soit d'avancer plus rapidement. Ainsi une présentation de ce

4.3 Synthèse de l'évaluation du modèle conceptuel proposé

démonstrateur est ainsi prévue au sein de la Direction du déploiement du système de capitalisation Renault. Son objectif est d'évaluer la possibilité de modifier la base de données actuellement la plus aboutie (cf. section 1.3.2) qui permet notamment de gérer les connaissances cruciales de la DCT. Par ailleurs il est également envisagé de mettre ce démonstrateur à disposition des différents métiers de la DCT à la manière d'un fichier que l'on viendrait remplacer à chaque actualisation de l'outil.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les travaux présentés dans ce manuscrit se positionnent au sein des deux disciplines scientifiques que sont le management des connaissances et l'ingénierie des connaissances. Ils ont largement été inspiré par le contexte industriel automobile (Renault – Direction de la Conception des Technologie groupe motopropulseur) dans lequel ils ont été réalisés tant au niveau de leur contenu qu'au niveau méthodologique (une logique projet a été adoptée pour les mener). Leur apport principal réside dans la proposition d'un modèle conceptuel permettant de structurer les outils supports des connaissances d'un organisme en tenant compte d'une logique processus, relative au mode de management préconisé par l'ISO 9000. De façon plus concrète, ce modèle a mené au développement de deux démonstrateurs de systèmes d'information qui ont générés des retours positifs de la part des métiers de la conception. Le premier démonstrateur est à considérer dans le domaine de l'ingénierie des connaissances. Il reflète la proposition d'IKOES (Inter-Knowledge Objects Exchange System), un système d'information automatisant l'échange de valeurs de paramètres entre fichiers paramétrés. Si sa pertinence a été reconnue, des questions semblent encore se poser sur la rentabilité d'un tel système d'information. Il sera en effet nécessaire de le développer et de maintenir la classification de paramètres proposée suivant des coûts inférieurs aux gains amenés par le système lui-même. Ces questions doivent être résolues par une analyse scrupuleuse du temps mis actuellement par les concepteurs pour documenter des informations redondantes dans les fichiers considérés et sont, au moment de la rédaction de ce manuscrit, encore à étudier. Le second démonstrateur est à considérer dans le domaine du management des connaissances. Il s'agit d'une proposition d'implémentation du modèle conceptuel développé qui reflète PKMS (Process oriented Knowledge Management System), la solution finale attendue. Cette proposition semble avoir atteint un niveau de maturité suffisant pour être utilisée telle quelle et différentes propositions de déploiement ont été envisagées. Nous pensons que ces propositions doivent être analysées scrupuleusement dans la mesure où les outils de management des connaissances ne doivent pas être perçus comme des outils

imposés. Les membres d'un organisme doivent ressentir le besoin de valoriser leurs connaissances de façon à assurer un travail d'explicitation effectif. L'incomplétude, déjà inhérente aux connaissances codifiées, ne sera alors pas accrue par un rejet de la démarche.

Relativement aux hypothèses ayant amené à la réalisation de ce travail, il nous paraît difficile dans l'état actuel du déploiement de notre proposition d'évaluer leur validité. L'intérêt porté à nos démonstrateurs par la hiérarchie de notre service d'accueil ainsi que par les différents métiers que nous avons eu l'occasion de rencontrer peut être perçu comme un signe positif. Il n'en demeure pas moins que seul un véritable déploiement des systèmes proposés serait à même de révéler des premiers éléments concrets de validité. Ces premiers éléments seraient, par ailleurs, eux-mêmes à corroborer par d'autres mises en application au sein d'autres organismes. Nous continuerons d'œuvrer en ce sens.

Bien que ce travail ait été mené dans une logique projet visant à fournir des solutions dans un certain état de stabilité, d'autres perspectives peuvent être envisagées tant sur les choix de solutions technologiques que sur les choix de solutions conceptuelles.

Nous avons choisi des technologies particulièrement accessibles pour le développement de nos deux démonstrateurs, à la fois pour la modélisation des données (feuille Excel et table Access), l'interrogation des modèles de données (Algorithme en VBA Excel et Algorithme couplé VBA Access / SQL Access) et la gestion des aspects dynamiques (VBA Catia / VBA Excel et VBA Access). Bien qu'elles aient permis de démontrer le caractère concret de nos propositions, l'utilisation de technologies plus robustes et actuelles devrait permettre d'assurer un déploiement efficace des systèmes d'information sous-jacents à ces démonstrateurs. Nous pensons que les technologies web sont plus à même d'assurer un large accès aux connaissances codifiées bien que nous n'ayons pu les utiliser. Il est possible de les exploiter de façon à définir des interfaces d'accès menant à différents formats de documents. Par ailleurs, en modifiant le format de ces documents (HTML5²⁷ étant le futur format préconisé par le W3C), elles permettent de travailler dans un univers syntaxique standardisé minimisant les contraintes lorsque l'on souhaite accéder aux

²⁷ <http://dev.w3.org/html5/spec/Overview.html>

données internes de ces documents. De façon plus particulière, l'utilisation du langage OWL [W3C, 2009] de nature à permettre une modélisation des propriétés logiques des relations (transitivité, réflexivité, symétrie, etc.) ouvre des possibilités plus importantes d'interrogation des modèles. Il sera néanmoins nécessaire de familiariser les développeurs avec ce langage de description des données et le langage de requête associé (le W3C recommande SPARQL [W3C, 2008]), ainsi que de disposer de moteur d'inférences pour interpréter les éléments logiques ajoutés. Le coût de ces changements technologiques représentera certainement un véritable obstacle à leur déploiement dans les industries. Il sera nécessaire de scrupuleusement justifier cette nouvelle approche de programmation orientée raisonnement sur de nombreux cas d'applications pertinents (Liu et Lim [Liu et Lim, 2010] proposent une liste de cas allant des systèmes de management de la connaissance à l'interopérabilité des systèmes d'information). Nous militerons pour le développement de cette approche, en industrie, de nature à amener vers des systèmes d'information de plus en plus performants.

Par ailleurs, nous avons abordé notre modèle conceptuel du point de vue des sciences cognitives (sur lequel s'appuie la méthode MASK). Ce choix de point de vue doit permettre aux individus confrontés à l'instanciation de ce modèle de se l'approprier avec un minimum d'effort puisque la structuration des connaissances proposée est a priori proche de la manière dont ces connaissances sont effectivement stockées dans la mémoire humaine. Néanmoins d'autres théories existent pour aborder les connaissances. Outre le comportementalisme (proposant une vision objective des connaissances) et le constructivisme (proposant une vision interprétative des connaissances), le connectivisme semble se positionner de plus en plus comme une théorie adaptée aux avancées technologiques actuelles. Selon Kop et Hill [Kop et Hill, 2008], ce concept, initié par Siemens et Downes, conçoit la connaissance comme une ressource distribuée au sein de réseaux d'acteurs et de technologies informatiques. C'est alors le management de ce réseau (la création de connections entre source de connaissances, le partage de parties pertinente de ce réseau, l'actualisation de ce réseau, etc) qui est au cœur de la problématique. Une telle approche semble remettre en cause le point de vue que nous avons adopté. Elle conduit à ne plus donner une responsabilité prépondérante à un expert qui détiendrait la connaissance ou à un système d'information de référence la codifiant mais plutôt à considérer les individus (voire les systèmes d'information) comme autonome vis-à-vis du choix de leur

différentes sources de connaissances. Elle nous semble rendre compte de la manière dont les individus utilisent de plus en plus les outils informatiques et notamment le Web pour générer et confronter leurs connaissances à celle des autres. Sa tendance à amener vers un apprentissage autonome nous apparaît particulièrement prometteuse pour l'innovation. Elle amène néanmoins de nombreuses questions organisationnelles, notamment pour les processus décisionnels qui devront s'appuyer sur des connaissances fréquemment remises en cause. Cette approche de la connaissance mérite, selon nous, une attention accrue.

L'amélioration des processus de reconception de produit en termes de coût et de délai et de fait, la promotion de l'innovation sont au cœur de nos travaux. Nous pensons que le choix de la connaissance comme angle d'approche présente un véritable potentiel pour analyser la phase de conception et doit être étendue. La récente obtention d'un facteur d'impact scientifique par le journal KMRP (Knowledge Management Research and Practice) contribue à faire reconnaître l'intérêt du management des connaissances et, sa considération comme une discipline à part entière. Nul doute que le développement actuel des BRICS (acronyme anglais de Brésil, Russie, Inde, Chine, Afrique du sud) et celui prochain des autres pays en termes d'accès aux ressources technologiques les plus abouties continuera d'accroître le besoin de théories aidant les organisations à capitaliser ces autres ressources que sont leurs connaissances ; des ressources immatérielles dont la gestion nous semble encore bien moins aboutie que celle des ressources physiques. Nous pensons qu'il est nécessaire de définir une véritable fonction de management des connaissances au sein des entreprises et d'axer cette fonction sur la diffusion des connaissances. Nous avons, dès le début de nos travaux, mentionné cette voie à travers le concept global de **logistique de conception** qui vise la maîtrise et l'optimisation de la diffusion des connaissances en conception [Louis-Sidney et al., 2009(a)]. Une telle fonction se doit de rapprocher dans un premier temps les connaissances codifiées des processus de caractérisation du produit (cf. Figure C.1), les deux ayant fait l'objet de nombreuses études que notre état de l'art fourni (40% du manuscrit) ne manque pas de souligner.

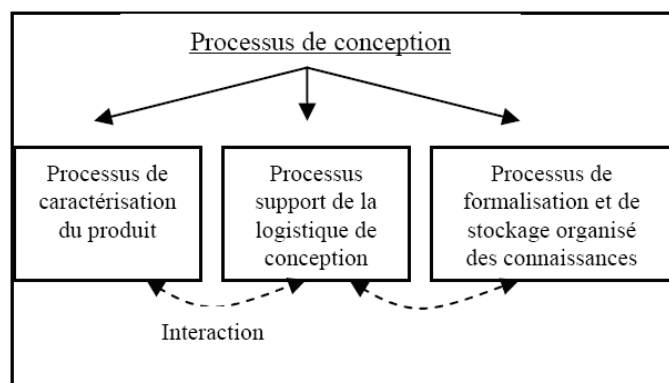


Figure C.4.3.1 : La logistique de conception au cœur du processus de conception [Louis-Sidney et al., 2009(a)].

Le modèle conceptuel que nous avons développé constitue une première pierre sur laquelle repose ce concept. Il sera nécessaire de poursuivre le travail de façon à doter les managers de la conception d'un véritable système d'information sur lequel ils puissent s'appuyer pour prévoir et répondre à posteriori aux erreurs de prévision relatif au succès des processus de reconception. Une telle évolution peut s'appuyer notamment sur la mise en place d'un véritable modelleur de processus remplaçant l'image statique actuellement proposée dans notre modèle pour formaliser les processus. Le sens des concepts choisis par ces modelleurs devra permettre la construction d'une hiérarchie formelle de macro-processus permettant leur analyse de façon fine (type calcul de chemin critique) et cohérente (l'analyse des macro-processus tient compte des propriétés des processus terminaux) à des niveaux tactiques plus globaux que les niveaux opérationnels actuellement visés par le modèle.

Les perspectives technologiques et conceptuelles mentionnées ainsi que le cadre tactique dans lequel elles s'inscrivent sous-tendent une volonté de pilotage de la ressource connaissance en entreprise. Cette volonté n'est pas sans rappeler celle du pilotage des ressources en production avec laquelle nous avons par ailleurs envisagé l'analogie. Cette analogie ne concerne pas les processus de conception dans leur globalité, dont l'analyse nous paraît bien plus complexe. Elle s'applique néanmoins aux processus de reconception constitués de tâches relativement répétitives, dont les applications à base de connaissances sont un exemple flagrant de possibilité d'automatisation. Cette affirmation nous a parfois semblé génératrice de freins, voire de rejets de la part de certains membres de notre entreprise partenaire. Leur élément principal de défense consistait à assimiler les conséquences du management des

Conclusion et perspectives

ressources en production (principalement la perte d'un vivier d'emplois par l'automatisation et la délocalisation) à celle du management des connaissances en conception (perte d'emplois due à l'automatisation des tâches par les applications KBE et au transfert de connaissances codifiées à l'étranger). Nous pensons que cette assimilation est l'un des paradigmes au cœur de la problématique du management des connaissances. Les leviers pour installer le climat de confiance nécessaire au développement de cette dernière et une réelle implantation de nos propositions se situent pour une grande part à un niveau décisionnel stratégique de l'entreprise voire même politique. Par ailleurs, il ne suffira pas d'installer ce climat une fois, mais dans la durée, car les capacités de méta-raisonnement de l'homme sont essentielles dans une démarche de management des connaissances (en particulier pour leur actualisation). Nous pensons que l'équilibre dans le partage des connaissances au sein d'entreprises toujours plus internationales ne manquera pas d'être atteint. Il est essentiel au développement d'une économie de la connaissance [UNESCO,2005] dont la mise en place est de plus en plus visible (le développement des sociétés de conseil et de prestations en ingénierie s'appuyant essentiellement sur la promotion d'un capital intellectuel en sont un exemple). Il reste néanmoins vrai que les entreprises pionnières disposeront d'une longueur d'avance, marquée par une compétitivité accrue, qu'il ne sera pas aisé de rattraper.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

- [Aamodt et Plaza, 1994] AAMODT A., PLAZA E. 1994. Case-based reasoning: foundational issues methodological variations, and system approaches, *AI Communications*, Volume 7, Issue 1, Pages 39–59.
- [ACGPE et HEC, 1993] Association Canadienne pour la Gestion de la Production et des Stocks (ACGPS), Ecoles des Hautes Etudes Commerciales (HEC). 1993. *Dictionnaire de la gestion de la production et des stocks*. Editions Québec/Amérique - Presses HEC.
- [AFIS, 2011] Association Française d'Ingénierie Système (AFIS). 2011. Ingénierie Système. <https://www.afis.fr/nm-is/Pages/Ing%c3%a9nierie%20Syst%c3%a8me/Ing%c3%a9nierie%20Syst%c3%a8me.aspx> (Lien validé en septembre 2011).
- [Alavi et Leidner, 2001] ALAVI Maryam, LEIDNER Dorothy E. 2001. Review: Knowledge Management and Knowledge Management Systems: Conceptuel Foundations and Research Issues. *MIS Quarterly*, Volume 25, Numéro 1, Pages 107-136.
- [Amin et Roberts, 2008] AMIN Ash, ROBERTS Joanne. 2008. Knowing in action: Beyond communities of practice. *Research Policy*, Volume 37, Issue 2, Pages 353-369.
- [Ariès, 2011] ARIES Serge. 2011. MASK. <http://aries.serge.free.fr/index.php?page=content/MASK/SA32> (Lien validé en septembre 2011).
- [Aussenac-Gilles et Condamines, 2001] AUSSENAC-GILLES Nathalie, CONDAMINES Anne. 2001. Entre textes et ontologies formelles: la bases de connaissances terminologiques. Chapitre 7 dans [ZACKLAD Manuel, GRUNDSTEIN Michel. 2001. Ingénierie et capitalisation des connaissances. Edition Hermès Sciences publication], Pages 153-177.

B

- [Badin et al., 2010] BADIN J., MONTICOLO D., CHAMORET D., GOMES S. 2010. Moving toward a product model to manage data, information and knowledge for mechanical design and simulation. Actes de la conférence Knowledge Acquisition, Reuse and Evaluation (KARE), Kuala Lumpur, Malaysia.

Références bibliographiques

- [Baizet, 2004] BAIZET Yoan. 2004. La gestion des connaissances en conception, Application à la simulation numérique chez Renault-DIEC. Thèse de l'Ecole Doctorale de l'Université Joseph Fourier - Grenoble 1.
- [Baudlot et al., 2007] BAUDLOT François, BUYASSE Didier, LAMOURI Samir, PAVIOT Thomas. 2007. Actes de la conférence Conception et Production Intégrées. (CPI), Rabat.
- [Baumard et Starbuck, 2002] BAUMARD Philippe, STARBUCK William H. 2002. La connaissance dans les organisations. J. Allouche, P. Louart (Eds.), Encyclopédie des Ressources Humaines, Paris : Economica.
- [Baumard, 1996] BAUMARD Philippe. 1996. Organisations déconcertées - la gestion stratégique de la connaissance. Editions masson, Paris.
- [Beaud et al., 2006] BEAUD Michel, GRAVIER Magali, DE TOLEDO Alain. 2006. L'art de la thèse : Comment préparer et rédiger un mémoire de master, une thèse de doctorat ou tout autre travail universitaire à l'ère du Net. Edition La Découverte.
- [Bellacicco et al., 2007] BELLACICCO Alain, SELLAKH Réda, RIVIERE Alain. 2007. Méthode de conception collaborative appliquée à la maquette 3D. Actes de la conférence Conception et Production Intégré (CPI), Rabat, Maroc.
- [Ben-Ari et Yeshno, 2006] BEN-ARI Mordechai, YESHNO Tzipora. 2006. Conceptual models of software artifacts. *Interacting with Computers*, Volume 18, Issue 6, Pages 1336-1350.
- [Benhamou, 2004] BENHAMOU Philippe. 2004. Le livre de connaissance, support et outil pour le recueil et la transmission des connaissances. Chapitre 8 dans [BOUGHZALA Imed, ERMINE Jean-Louis. 2004. *Management des connaissances en entreprise*, Edition Hermès Science], Pages 181-194.
- [Benmahamed et Ermine, 2009] BENMAHAMED Djilali, ERMINE Jean-Louis. 2009. Une démarche Knowledge Management, de la stratégie au système d'information de l'entreprise. Actes de la onzième conférence International Business and Information Management Association (IBIMA), Volume 10, number 4, Pages 16-23.
- [Berliner et Brimson, 1988] BERLINER C., BRIMSON J. A. 1988. *Cost Management for Today's Advanced Manufacturing: The CAM-I Conceptual Design*. Boston: Harvard Business School Press.
- [Bilgic et Rock, 1997] BILGIC Taner, ROCK Dennis. 1997. Product data management systems : state of the art and the future. Actes de : ASME Design Enginerring Technical Conferences (DETC), Sacramento, California.
- [Bissay et al., 2008] BISSAY Aurélie, PERNELLE Philippe, LEFEBVRE Arnaud, BOURAS Abdelaziz. 2008. Approche de capitalisation des connaissances à l'aide

Références bibliographiques

d'un système PLM. Actes de la septième conférence internationale de MODélisation et SIMulation (MOSIM), Paris.

- [Bluntzer et al., 2009] BLUNTZER J.B., SAGOT J.C., MAHDJOUR M. 2009. Knowledge Based Engineering approach through CAD systems : results of two years of experimentation in an industrial design office. Actes de la conférence CIRPDesign, Cranfield.
- [Boutigny, 2006] BOUTIGNY Erwan. 2006. La circulation de la connaissance : entre compétence et communauté. Actes du 17eme Congrès de l'Association francophone de Gestion des Ressources Humaines, Reims, France.
- [BPMN, 2011] Object Management Group (OMG). 2010. Business Process Model and Notation (BPMN). <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/Beta2/> (lien validé en septembre 2011).
- [Bracewell et al., 2009] BRACEWELL Rob, WALLACE Ken, MOSS Michael, KNOTT David. 2009. Capturing design rationale. Computer-Aided Design, Volume 41, Issue 3, pages 173-186.
- [Brimble et Sellini, 2000] BRIMBLE Richard, SELLINI Florence. 2000. The MOKA Modelling Language. Actes de la conférence Knowledge Engineering and Knowledge Management (EKAW), Lisbonne, Portugal.
- [Broens et De Vries, 2003] Broens, R.C.J.A.M., De Vries, M.J. 2003. Classifying technological knowledge for presentation to mechanical engineering designers. Design Studies, Volume 24, pages 457-471.
- [Bronsvoort et Noort, 2004] BRONSVOORT W.F., NOORT A. Multiple-view feature modelling for integral product development. Computer-Aided Design, Volume 36, Issue 10, pages 929-946.
- [Brown et Chandrasekaran, 1985] BROWN D.C., CHANDRASEKARAN B. 1985. Expert systems for a class of mechanical design activity. Knowledge Engineering in computer-aided design, J.S. Gero (Ed.), North Holland, Pages 259-282.

C

- [Cacciatori, 2008] CACCIATORI Eugenia. 2008. Memory objects in project environments: Storing, retrieving and adapting learning in projects-based firms. Research Policy, Volume 37, Issue 9, Pages 1591-1601.
- [Castro et al., 2011] CASTRO Juan L., NAVARRO Maria, SANCHEZ José M., ZURITA José M. 2011. Introducing attribute risk for retrieval in case-based reasoning. Knowledge-Based Systems, Volume 24, Issue 2, Pages 257–268.
- [Caulier, 2001] CAULIER Patrice. 2001. Méthodologie de conception ascendante de systèmes d'information. Chapitre 5 dans [ZACKLAD Manuel, GRUNDSTEIN Michel. 2001. Ingénierie et capitalisation des connaissances. Edition Hermès Sciences publication], Pages 109-132.

- [Chapman et Pinfold, 2001] CHAPMAN Craig B., PINFOLD Martyn. 2001. The application of a knowledge based engineering approach to the rapid design and analysis of an automotive structure. *Advances in Engineering Software*, Volume 32, Issue 12, Pages 903-912.
- [Chen et al., 2002] CHEN Guoqing, WEI Qiang, LIU De, WETS Geert. 2002. Simple association rules (SAR) and the SARbased rule discovery. *Computers and Industrial Engineering*, Volume 43, Issue 4, Pages 721-733.
- [CIMdata, 2011] CIMdata. 2011. cPDm – The Key to Harnessing Innovation in an E-Business World. http://www.cimdata.com/plm/definition_cpdm.html (lien validé en septembre 2011).
- [Claros Salinas, 2008] CALROS SALINAS Maria Paz. 2008. Contribution à l'ingénierie des exigences en conception de produits industriels. Thèse de l'Institut Polytechnique de Grenoble.
- [Codet de boisse et al., 2010] CODET DE BOISSE Aurélien, VAREILLES Elise, GABORIT Paul, ALDANONDO Michel, COUDERT Thierry, GENESTE Laurent. 2010. Couplage CSP et CBR : Première identifications des modes de couplage. Actes de : 8th International Conference of Modeling and Simulation (MOSIM), Hammamet, Tunisie.
- [Cohen, 2009] COHEN Daniel. 2009. La prospérité du vice - Une introduction (inquiète) à l'économie. Edition ALBIN MICHEL.
- [Coley et al., 2004] COLEY John D., HAYES Brett, LAWSON Christopher, MOLONEY Michelle. 2004. Knowledge, expectations, and inductive reasoning within conceptual hierarchies. *Cognition*, Volume 90, Numéro 3, Pages 217-253.
- [Corbel, 1997] CORBEL J.C. 1997. Méthodologie de retour d'expérience : démarche MEREX de Renault. Chapitre 4 dans [FOUET., *Connaissances et savoir-faire en entreprise*, Edition Hermes, Paris, 1997], Pages 93-110.
- [Coyne et al., 1987] COYNE R.D., ROSENMAN M.A., RADFORD A.D., BALACHANDRAN M., GERO J.S. 1990. *Knowledge-Based Design Systems*. Addison-Wesley, Reading, Mass.
- [Cranefield et Purvis, 1999] CRANEFIELD Stephen and PURVIS Martin. 1999. UML as an Ontology Modelling Language. Actes de : Workshop on Intelligent Information Integration, 16th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI), Stockholm, Suède.
- [Cunningham et Bonzano, 1999] CUNNINGHAM P., BONZANO A. 1999. Knowledge engineering issues in developing a case-based reasoning application. *Knowledge-Based Systems*, Volume 12, Issue 7, Pages 371–379.

D

Références bibliographiques

- [D'Enza et al., 2008] D'ENZA Alfonso Iodice, PALUMBO Francesco, GREENACRE Michael. 2008. Exploratory data analysis leading towards the most interesting simple association rules. *Computational Statistics and Data Analysis*, Volume 52, Issue 6, Pages 3269-3281.
- [Davis et Zweig, 2000] DAVIS Alan M., ZWEIG Ann S. 2000. Requirements management made easy. *Journal PM Network*, Volume 14, numéro 12, Pages 61-63.
- [De Hoog et al., 1996] DE HOOG Robert, BENUS Bart, VOGLER Michel, METSELAAR Carolien. 1996. The CommonKADS Organization Model: Content, Usage and Computer Support. *Experts Systems With Applications*. Volume 11, Numéro 1, Pages 29-40.
- [Dill et al., 2003] DILL Stephen, EIRON Nadav, GIBSON David, GRUHL Daniel, GUHA R., JHINGRAN Anant, KANUNGO Tapas, McCURLEY Kevin S., RAJAGOPALAN Sridhar, TOMKINS Andrew, TOMLIN John A., ZIEN Jason Y. 2003. A case for automated large-scale semantic annotation. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, Volume 1, Issue 1, Pages 115-132.
- [Drieux et al., 2006] DRIEUX G., LEON J-C., GUILLAUME F., CHEVASSUS N., FINE L., POULAT A. 2006. Interfacing product views through a mixed chape representation, Part 2: Model processing description. *Actes de : Virtual Concept*, Playa Del Carmen, Mexico.

E

- [Ermine et al., 1996] ERMINE J.L., CHAILLOT M., BIGEON P., CHARRETON B., MALAVIEILLE D. 1996. Ingénierie des systèmes d'information, AFCET-Hermès, Volume 4, Numéro 4, Pages 541-575.
- [Ermine, 1996] ERMINE Jean-Louis. 1996. Les systèmes de connaissances. Edition Hermès, Paris.
- [Ermine, 2001] ERMINE Jean-Louis. 2001. Capitaliser et partager les connaissances avec la méthode MASK. Chapitre 4 dans [ZACKLAD Manuel, GRUNDSTEIN Michel. 2001. Ingénierie et capitalisation des connaissances. Edition Hermès Sciences publication], Pages 67-102.
- [Ermine, 2004] ERMINE Jean-Louis. 2004. Introduction au knowledge management. Chapitre 2 dans [BOUGHZALA Imed, ERMINE Jean-Louis. 2004. Management des connaissances en entreprise, Edition Hermès Science], Pages 55-77.
- [Eynard, 2005] EYNARD Benoît. 2005. Gestion du cycle de vie des produits et dynamique des connaissances industrielles en conception intégrée. Habilitation à Diriger des Recherches, Ecole Doctorale de l'Université de Technologie de Compiègne.

F

- [FDX50-127, 2002] AFNOR. 2002. FDX50-127 Outils de management - Maîtrise du processus de conception et développement.
- [FDX50-176, 2005] AFNOR. 2005. FDX50-176 Outils de management - Management des processus.
- [FDX50-190, 2000] AFNOR. 2000. FDX50-190 Outils de management - Capitalisation d'expérience.
- [Fiksel et Hayes-Roth, 1993] FIKSEL Joseph, HAYES-ROTH Frederick. 1993. Computer-aided requirements management. Concurrent Engineering : Research and Applications, Volume 1, Issue 2, pages 83-92.

G

- [Gero, 1990] GERO John S. 1990. Design Prototypes: A knowledge representation schema for design. AI Magazine, Volume 11, Issue 4, Pages 26-36.
- [Giard, 2003] GIARD Vincent. 2003. Gestion de la production et des flux. Edition Economica (troisième édition).
- [Giess et al., 2008] GIESS M.D., WILD P.J., McMAHON C.A. 2008. The generation of faceted classification schemes for use in the organisation of engineering design documents. International Journal of Information Management, Volume 28, Issue 5, Pages 379-390.
- [Gomadam et al., 2010] GOMADAM Karthik, RANABAHU Ajith, SHETH Amit. 2010. SA-REST: Semantic Annotation of web ressources. <http://www.w3.org/Submission/SA-REST> (lien validé en septembre 2011)
- [Gruber, 1993] GRUBER Thomas R. 1993. A translation approach to portable ontology specifications. Knowledge Acquisition, Volume 5, Issue 2, pages 199-220.
- [Grundstein et Rosenthal-Sabroux, 2004] GRUNDSTEIN Michel, ROSENTHAL-SABROUX Camille. 2004. GAMETH: A decision Support Approach to Identify and Locate Potential Crucial Knowledge. Actes de : 5th Conference on Knowledge Management (ECKM), Paris, France.
- [Grundstein, 1994] GRUNDSTEIN Michel. 1994. Développer un système à base de connaissances : un effort de coopération pour construire en commun un objet inconnu. Actes de la journée "Innovation pour le travail en groupe", Cercle pour les Projets Innovants en Informatique (CP2I).
- [Grundstein, 2002] GRUNDSTEIN Michel. 2002. De la capitalisation des connaissances au renforcement des compétences dans l'entreprise étendue. Actes du premier colloque du groupe de travail Gestion des Compétences et des

Références bibliographiques

Connaissances en Génie Industriel - Vers l'articulation entre Compétences et Connaissances.

[Grundstein, 2004] GRUNDSTEIN Michel. 2004. De la capitalisation des connaissances au management des connaissances dans l'entreprise. Chapitre 1 dans [BOUGHZALA Imed, ERMINE Jean-Louis. 2004. Management des connaissances en entreprise, Edition Hermès Science], Pages 25-54.

H

[Hovda, 2009] HOVDA P. 2009. 'What Is Classical Mereology?. Journal of Philosophical Logic, Volume 38, Issue 1, Pages 55-82.

[Howard et al., 2008] HOWARD T.J., CULLEY S.J., DEKONINCK E. 2008. Describing the creative design process by the integration of engineering design and cognitive psychology literature. Design Studies, Volume 29, Issue 2, Pages 160-180.

I

[IDEF0, 1993] National Institute of Standards and Technology (NIST). 1993. Integration DEfinition for Function modeling (IDEF0).

[IDEF1X, 1993] National Institute of Standards and Technology (NIST). 1993. Integration DEfinition for information modelling (IDEF1X).

[IDEF4, 1995] Information Integration for Concurrent Engineering (IICE). 1995. IDEF4 Object-oriented design method report.

J

[JAULENT, 1994] Jaulent P. 1994. Génie logiciel : les méthodes. Edition Armand Colin, Paris.

[Jones et al., 1997] JONES David, KAR Pradip, GASSBEEK Jim van, HOLLENBACK Frank, BELL Marty, Dr. ELLINGER Robert. 1997. Actes de : 7th International Symposium of the INternational COuncil on Systems Engineering(INCOSE), Volume 2, Los Angeles.

[Joo et Lee, 2009] JOO Jaeshun, LEE Sang M. 2009. Adoption of the Semantic Web for overcoming technical limitations of knowledge management systems. Expert systems with applications, Volume 36, Issue 3, Part 2, Pages 7318-7327.

[Joshi et Lauer, 1998] JOSHI Kailash, LAUER Thomas W. 1998. Impact of information technology on users' work environment: A case of computer aided design (CAD) system implementation. Information and Management, Volume 34, Issue 6, Pages 349-360.

[Jun et al., 2007] JUN Hong-Bae, KIRITSIS Dimitris, XIROUCHAKIS Paul. 2007. Research issues on closed-loop PLM. *Computers in Industry*, Volume 58, Issues 8-9, Pages 855-868.

K

[KADS, 2011(a)] KADS. 2011. Engineering and managing knowledge.
<http://www.commonkads.uva.nl/> (Lien validé en septembre 2011)

[KADS, 2011(b)] KADS. 2011. Knowledge analysis.
<http://www.commonkads.uva.nl/frameset-knowanalysis.html> (Lien validé en septembre 2011)

[KADS, 2011(c)] KADS. 2011. Knowledge system development.
<http://www.commonkads.uva.nl/frameset-knowsystem.html> (Lien validé en septembre 2011)

[Kim et al., 2007] KIM Junhwan, PRATT Michael J., IYER Raj G., SRIRRAM Ram D. 2007. Standardized data exchange of CAD models with design intent. *Computer-Aided Design*, Volume 40, Issue 7, Pages 760-777.

[Kop et Hill, 2008] KOP Rita, HILL Adrian. 2008. Connectivism: Learning theory of the future or vestige of the past. *The International Review of Research in Open and Distance Learning*, Volume 9, Numéro 3.

L

[Lai, 2007] LAI Lien F. 2007. A knowledge engineering approach to knowledge management. *Information Sciences*, Volume 177, Issue 19, Pages 4072-4094

[Laudon K. et Laudon J., 2006] LAUDON Kenneth, LAUDON Jane. 2006. *Management des systèmes d'informations*. Traduit par Eric Flimbel. Edition Pearson Education (9eme édition), France.

[Lewkowicz et Zacklad, 2001] LEWKOWICZ Myriam, ZACKLAD Manuel. 2001. Une nouvelle forme de gestion des connaissances basée sur la structuration des interactions collectives. Chapitre 3 dans [ZACKLAD Manuel, GRUNDSTEIN Michel. 2001. *Ingénierie et capitalisation des connaissances*. Edition Hermès Sciences publication], Pages 49-64.

[Li et al., 2005] LI Zhanjun, LIU Min, ANDERSON David C., RAMANI Karthik. 2005. Semantics-based design knowledge annotation and retrieval. Actes de: ASME International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference (IDETC/CIE), Long Beach, California, USA.

[Liebers et Kals, 1997] LIEBERS A., KALS H.J.J. 1997. Cost decision support in product design. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, Volume 46, Issue 1, Pages 107-112.

- [Liu et Lim, 2010] LIU Ying, LIM Soon Chong Johnson. 2010. Using ontology for design information and knowledge management : a critical review. Actes de la conférence CIRPDesign, Nantes, France
- [Louis-Sidney et al., 2009(a)] LOUIS-SIDNEY Ludovic, CHEUTET Vincent, LAMOURI Samir. 2009. Réflexion sur la modélisation d'un processus support de la logistique de conception. Actes des troisièmes Journées Nationales du GDR MACS, Anger, France.
- [Louis-Sidney et al., 2009(b)] LOUIS-SIDNEY Ludovic, CHEUTET Vincent, LAMOURI Samir. 2009. Discussion about the establishment of a support process model for logistics of design. Actes du troisième Congrès International : Conception et Modélisation des Systèmes Mécaniques (CMSM), Hammamet, Tunisie
- [Louis-Sidney et al., 2010] LOUIS-SIDNEY Ludovic, CHEUTET Vincent, LAMOURI Samir, PURON Olivier, MEZZA Antoine. 2010. A design logistics support tool on an operational level. Actes de la vingtième conférence CIRP Design, Nantes, France.
- [Louis-Sidney et al., 2011] LOUIS-SIDNEY Ludovic, CHEUTET Vincent, LAMOURI Samir, PURON Olivier, MEZZA Antoine. 2011. A conceptual model for the implementation of an Inter-Knowledge Objects Exchange System (IKOES) in automotive industry. Engineering Applications of Artificial Intelligence, doi:10.1016/j.engappai.2011.09.004.

M

- [Mas et al., 2008] MAS Sabine, BENEL Aurélien, CAHIER Jean-Pierre, ZACKLAD Manuel. 2008. Classification à facettes et modèles à base de points de vue : Différences et complémentarité. Actes du 36eme congrès annuel de l' Association canadienne des sciences de l'information (ACSI), University of British Columbia, Vancouver.
- [McMahon et al., 2004] McMAHON Chris, LOWE Alistair, CULLEY Steve. 2004. Knowledge management in engineering design: personalization and codification. Journal of engineering design, Volume 15, Numéro 4, Pages 307-325.
- [Midler, 1994] MIDLER Christophe. 1994. L'auto qui n'existait pas, Management des projets et transformation de l'entreprise. Edition InterEditions.
- [Miller et Mukerji, 2003] MILLER Joaquin, MUKERJI Jishnu. 2003. MDA Guide version 1.0.1. <http://www.omg.org/cgi-bin/doc?omg/03-06-01> (lien validé en septembre 2011)
- [MOKA, 1998] MOKA. 1998. Methodology and tools Oriented to Knowledge based engineering Applications. Public Annual Report. <http://web1.eng.coventry.ac.uk/moka/doc-pubreports.htm> (Lien validé en septembre 2011).

Références bibliographiques

- [MOKA, 2000(a)] MOKA. 2000. Methodology and tools Oriented to Knowledge based engineering Applications. Final synthesis.
<http://web1.eng.coventry.ac.uk/moka/doc-pubreports.htm> (Lien validé en septembre 2011).
- [MOKA, 2000(b)] MOKA. 2000. MOKA : Objectives.
<http://web1.eng.coventry.ac.uk/moka/mokaobjectives.htm> (lien validé en septembre 2011).
- [MOKA, 2000(c)] MOKA. 2000. MOKA : What is Knowledge-based engineering?
<http://web1.eng.coventry.ac.uk/moka/kbe.htm> (lien validé en septembre 2011).
- [MOKA, 2000(d)] MOKA. 2000. MOKA : Results.
<http://web1.eng.coventry.ac.uk/moka/mokaresults.htm> (lien validé en septembre 2011).
- [Molina et Toval, 2009] MOLINA Fernando, TOVAL Ambrosio. 2009. Intregating usability requirements that can be evaluated in design time into Model Driven Engineering of Web Information Systems. Advances in Engineering Software, Volume 40, Issue 12, pages 1306-1317.

N

- [Nanci et Espinasse, 1996] NANCI Dominique, ESPINASSE Bernard. 1996. Ingénierie des systèmes d'information, Merise, Deuxième génération. Edition Sybex (Troisième édition).
- [NF EN ISO 9000, 2005] AFNOR. 2005. NF EN ISO 9000. Systèmes de management de la qualité - Principes essentiels et vocabulaire.
- [Ngai et Chan, 2005] NGAI E.W.T., CHAN E.W.C. 2005. Expert Systems with Applications, Volume 29, Issue 4, pages 889-899.
- [Nonaka et Takeuchi, 1995] NONAKA Ikujiro, TAKEUCHI Hirotaka. 1995. The Knowledge-Creating Company. Oxford University Press. (traduction française : La connaissance créatrice, La dynamique de l'entreprise apprenante. 1997. De Boeck Université S.A.).
- [Nyere, 2006] NYERE John. 2006. The Design-Chain Operations Reference-Model.
http://www.supply-chain.org/cs/root/scor_tools_resources/designchain_dcor/dcor_models (Lien validé en septembre 2011)

O

- [ODM, 2009] Object Management Groupe (OMG). 2009. Ontology Definition Metamodel (ODM) version 1.0. <http://www.omg.org/spec/ODM/1.0/> (lien validé en septembre 2011).

[Oldham et al., 1998] OLDHAM Keith, KNEEBONE Stephen, CALLOT Martine, MURTON Adrian. 1998. MOKA - A Methodology and tools Oriented to Knowledge-based engineering Applications. Changing the Ways We Work, Advances in Design and Manufacturing, Volume 8, Proceedings of the Conference on Integration in Manufacturing, Göteborg, Sweden, IOS Press, Amsterdam, Pages 198-207.

P

[Pahl et al., 2007] PAHL Gerhard, BEITZ Wolfgang, FELDHUSEN Jorge, GROTE Karl-Heinrich. 2007. Engineering Design—A Systematic Approach. Wallace K, Blessing L (Trans. and Eds.), Springer (Troisième Edition), Berlin.

[Paviot, 2010] PAVIOT Thomas, 2010. Méthodologie de résolution des problèmes d'interopérabilité dans le domaine du Product Lifecycle Management. Thèse de l'Ecole Doctorale de Centrale Paris.

[Pellerin et al., 2009] PELLERIN Robert, SADR Javad, GUEVREMONT Maryse, ROUSSEAU Louis-Martin. 2009. Planning of international Projects with Material Constraints. Actes de : International Conference on Industrial Engineering and Systems Management (IESM), Montreal, CANADA.

[Pikosz et Malmqvist, 1996] PIKOSZ Peter, MALMQVIST Johan. 1996. Possibilities and Limitations when using PDM systems to support the product development process. Actes de : NordDesign'96. pages 165-176, Esbo, Finland.

[Pluchart, 2001] PLUCHART Jean-Jacques. 2001. L'ingénierie de projet créatrice de valeur . Edition d'organisation.

[PMI, 2000] Project Management Institute. 2000. Management de projet un référentiel de connaissances. Edition AFNOR.

[Poli, 1995] POLI Roberto. 1995. Bimodality of formal ontology and mereology. International Journal of Human-Computer Studies Volume 43, Issues 5-6, Pages 687-696.

[Pratt et al., 2005] PRATT Michael J., ANDERSON Bill D., RANGER Tony. 2005. Towards the standardized exchange of parameterized feature-based CAD models. Computer-Aided Design, Volume 37, Issue 12, pages 1251-1265.

[PROCAR, 1998] Document interne Renault. 1998. PROcessus de CARactérisation produit / process (PROCAR).

[Prudhomme et al., 2001] PRUDHOMME G., BOUJUT J.F., POURROY F. 2001. Activités de conception et instrumentation de la dynamique des connaissances locales. Ingénierie des Connaissances, Plate-forme AFIA, Presses Universitaires de Grenoble, pp. 41-60.

Q

[Quarante, 2001] QUARANTE D. 2001. Elément de design industriel. Polytechnica, Paris.

R

[Ranganathan, 1950] RANGANATHAN Shiyali Ramamrita. 1950. Classification, coding and machinery for search.
<http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001333/133325eo.pdf> (lien validé en septembre 2011).

[Rasovska et al., 2008] RASOVSKA Ivana, CHEBEL-MORELLO Brigitte, ZERHOUNI Nouredine. 2008. A mix method of knowledge capitalization in maintenance. *Journal of Intelligent Manufacturing*, Volume 19, Number 3, Pages 347-359.

[REZAYAT, 2000] Rezayat, M. 2000. Knowledge-based Product Development Using XML and KCs. *Computer-Aided Design*, Volume 32, Issue 5, pages 299–309.

[Rieu, 1999] RIEU Dominique. 1999. Ingénierie des Systèmes d'Information Bases de Données, Bases de Connaissances et Méthodes de Conception. Habilitation à Diriger les Recherches de l'Institut National Polytechnique de Grenoble.

[Roucoules et al., 2006] ROUCOULES Lionel, YANNOU Bernard, EYNARD Benoît. 2006. Ingénierie de la conception et cycle de vie des produits. Edition Hermès-Lavoisier.

S

[Saikali, 2001] SAIKALI Karim. 2001. Flexibilité des workflows par l'approche objet : 2FLOW, un framework pour Workflows flexibles. Thèse de l'Ecole Doctorale de Centrale de Lyon.

[Shannon et Weaver, 1949] SHANNON C.E., WEAVER W. 1949. The Mathematical Theory of Information, Urbana, University of Illinois Press, trad.: Théorie mathématique de la communication, Retz - CEPL, Paris.

[Shi et al., 2008] SHI Jonathan Jingsheng, LEE Dong-Eun, KURUKU Erhan. 2008. Task-based modeling method for construction business process modeling and automation. *Automation in Construction*, Volume 17, Issue 5, Pages 633-640.

[Skarka, 2007] SKARKA Wojciech. 2007. Application of MOKA methodology in generative model creation using CATIA. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Volume 20, Issue 5, Pages 677-690.

[Song et al., 2009] SONG Heon, BOUCHARD Carole, DUCHAMP Robert, Modeling the early stages of a user-centered process in architectural design through

Références bibliographiques

adaptation of the methodologies of New Product Design. *International Journal Of Design and Innovation and Research (IJODIR)*, volume 4, number 2, page 59-70.

[Sowa, 1984] SOWA J.F. 1984. *Conceptual Structures: Information Processing*. Mind and Machine, Addison-Wesley, Reading, MA.

[Stokes, 2001] STOKES M. 2001. *Managing Engineering Knowledge; MOKA: Methodology for Knowledge Based Engineering Applications*. Professional Engineering Publishing, London.

[Sutton et Patkar, 2009] SUTTON David, PATKAR Vivek. 2009. CommonKADS analysis and description of knowledge based system for the assessment of breast cancer. *Expert Systems with Applications*, Volume 36, Issue 2, Part 1, Pages 2411-2423.

T

[Tang et Feng, 2009] TANG Yan, FENG Kunwu. 2009. An expert system based approach to modeling and selecting requirement engineering techniques. *Web Information Systems and Mining, Lecture Notes in Computer Science*, Volume 5854/2009, pages 19-30.

[Thomas et Lamouri, 2000] THOMAS Andre, LAMOURI Samir. 2000. Flux poussés: MRP et DRP. *Encyclopédie Techniques de l'ingénieur, traité l'entreprise industrielle*.

[Tomiya et al., 2009] TOMIYAMA T., GU P., JIN Y., LUTTERS D., KIND Ch., KIMURA F. 2009. Design methodologies: Industrial and educational applications. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, Volume 58, Issue2, Pages 543–565.

[Triantaphyllou et al., 2002] TRIANTAPHYLLOU. E, LIAO T.W, IYENGAR S.S. 2002. A focused issue on data mining and knowledge discovery in industrial engineering. *Computers and Industrial Engineering*, Volume 43, Issue 4, Pages 657-659

[Tsuchiya, 1993] TSUCHIYA Shigehisa. 1993. Improving Knowledge Creation Ability through Organizational Learning. *Actes de : International Symposium on the Management of Industrial and Corporate Knowledge (ISMICK)*, Compiègne.

[Tsuchiya, 1995] TSUCHIYA S. 1995. Commensurability, a key concept of business re-engineering. *Actes de : 3th international symposium of the management of information and corporate knowledge, institut national pour l'intelligence artificielle*, Compiègne.

U

[Ulrich, 2000] ULRICH K.T. 2000. *Product design and development*. Eppinger.

Références bibliographiques

- [UML, 2009] Object Management Groupe (OMG). 2009. Unified Modeling Language (UML), Superstructure. <http://www.omg.org/spec/UML/2.2/> (lien validé en septembre 2011).
- [UNESCO,2005] Organisation des Nations unies pour l'Education la Science et la Culture (UNESCO). 2005. Vers les sociétés du savoir. <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001419/141907f.pdf> (Lien validé en septembre 2011).
- [Uren et al., 2006] UREN Victoria, CIMIANO Philipp, IRIA José, HANDSCHUH Siegfried, VARGAS-VERA Maria, MOTTA Enrico, CIRAVEGNA Fabio. 2006. Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web, Volume 4, Issue 1, Pages 14-28.

V

- [Vaccaro et al., 2010] VACCARO Antonino, PARENTE Ronaldo, VELOSO Francisco M. 2010. Knowledge Management Tools, Inter-Organizational Relationships, Innovation and Firm Performance. *Technological Forecasting and Social Change*, Volume 77, Issue 7, Pages 1076-1089.
- [Vareilles et al., 2008] VAREILLES E., ALDANONDO M., DJEFEL M., BARON C. 2008. Vers un cadre permettant de faire interagir concepteurs de produit et gestionnaires de projet. *Logistique et Management*, Volume 16, Numéro 1.
- [Vinck, 1997] VINCK D. 1997. La connaissance, ses objets et ses institutions. *Connaissances et savoir-faire en entreprise*, ISBN 2-86601-627-0, Hermes.
- [Vollmann et al., 1992] VOLLMAN Thomas E., BERRY William L., CLAY WHYBARK D. 1992. *Integrated Production and Inventory Management: Revitalizing the Manufacturing Enterprise (Business One Irwin / Apics Library of Integrative Resource Management)*. Irwin Professional Pub.
- [Voorspoels et al., 2011] VOORSPOELS Wouter, STORMS Gert, VANPAEMEL Wolf. 2011. Representation at different levels in a conceptual hierarchy. *Acta Psychologica* Volume 138, Issue 1, Pages 11-18.

W

- [W3C, 2008] World Wide Web Consortium (W3C). 2008. SPARQL Query Language for RDF. <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/> (Lien validé en septembre 2011).
- [W3C, 2009] World Wide Web Consortium (W3C). 2009. OWL 2 Web Ontology Language. <http://www.w3.org/TR/owl2-overview/> (Lien validé en septembre 2011).
- [Watson, 1999] WATSON I. 1999. Cased-based reasoning is a methodology not a technology. *Knowledge-Based Systems*, Volume 12, Issues 5-6, Pages 303-308.

[WFMC, 2008] Workflow Management Coalition. 2008. Terminology and Glossary French. <http://www.wfmc.org/Glossaries-FAQs/View-category.html> (lien validé en septembre 2011).

Y

[Yang et Wu, 2008] YANG Heng-Li, WU Ted C.T. 2008. Knowledge sharing in an organization. *Technological Forecasting and Social Change*, Volume 75, Issue 8, Pages 1128-1156.

[Yoshioka et al., 2004] YOSHIOKA Masaharu, UMEDA Yasushi, TAKEDA Hideaki, SHIMOMURA Yoshiki, NOMAGUCHI Yukata, TOMIYAMA Tetsuo. 2004. *Advanced Engineering Informatics*, Volume 18, Issue 2, pages 95-113.

Z

[Zacklad et Grundstein, 2001] ZACKLAD Manuel, GRUNDSTEIN Michel. 2001. *Ingénierie et capitalisation des connaissances*. Edition Hermès Sciences publication, Introduction, Pages 15-22.

[Zhou et al., 2007] ZHOU Ming, REN Jianwen, QI Jianxun, NIU Dongxiao, LI Gengyin. 2007. *Emerging Technologies in Knowledge Discovery and Data Mining*, *Lecture Notes in Computer Science*, Volume 4819, Pages 87-98.

INDEX DES FIGURES

Figure 1.1.1: Système des angles d'approche de la phase de conception	22
Figure 1.1.2 : Différentiation donnée, information, connaissance [Grundstein, 2002].	38
Figure 1.1.3 : Commensurabilité des schémas d'interprétation et de divergence de sens [Grundstein, 2004].	39
Figure 1.1.4 : Connaissances explicites et connaissances tacites [Grundstein, 2002].	40
Figure 1.1.5 : La conscience de sa connaissance : modèle de l'iceberg [Vinck, 1997].	41
Figure 1.1.6 : Mécanismes de transformations entre connaissances tacites et explicites d'après Nonaka [Nonaka et Takeuchi, 1995].	43
Figure 1.1.7 : Mécanisme de transformations entre connaissances individuelles et collectives [Baumard, 1996].	43
Figure 1.1.8 : Le modèle OIIC [Ermine, 2001].	45
Figure 1.1.9 : Le modèle AIK [Benmahamed et Ermine, 2009].	46
Figure 1.1.10 : Le modèle de la marguerite – les processus clés de la gestion des connaissances [Ermine, 2004].	47
Figure 1.1.11 : La problématique de capitalisation des connaissances de l'entreprise [Grundstein, 2002].	49
Figure 1.2.1 : Modèle d'activité de la méthode GAMETH [Grundstein et Rosenthal- Sabroux, 2004].	54
Figure 1.2.2 : Modèle de fiche MEREX [Corbel, 1997].	56
Figure 1.2.3 : Les 6 modèles de la méthode CommonKADS [Sutton et Patkar, 2009].	61
Figure 1.2.4 : Le modèle ICARE [MOKA, 2000(d)].	64
Figure 1.2.5 : Les méta-classes par défaut de la vue structure du MML [MOKA, 2000(d)].	65
Figure 1.2.6 : Exemple de description d'un cas [Watson, 1999].	66
Figure 1.2.7 : Le cycle du CBR [Aamodt et Plaza, 1994].	67
Figure 1.2.8 : MASK – Le microscope des systèmes de connaissances [Ermine, 2001].	69
Figure 1.3.1 : Positionnement du service management de la connaissance (service animation de la performance) au sein du groupe Renault.	73
Figure 1.3.2 : Extrait de la démarche de capitalisation Méthode de conception amont : cas des politiques techniques.	77
Figure 1.3.3 : Extrait de la démarche de développement d'une application métier et d'un modèle générique CAO utilisée par l'équipe Méthodes IAO et échanges numériques.	79
Figure 1.3.4 : Positionnement des démarches et outils supports des connaissances exploités par l'équipe Méthodes IAO et échanges numériques par rapport aux facettes du modèle de Grundstein [Grundstein, 2002].	82

Figure 3.1.1 : MASK – Les points de vue sélectionnés pour notre modèle conceptuel (sur la base du macroscopie des systèmes de connaissances de la méthode MASK [Ermine, 2001]).	98
Figure 3.2.1 : Exemple d'un modèle sémantiquement riche pour l'annotation et l'extraction de documents contenant des connaissances en conception [Li et al., 2005].	106
Figure 3.2.2 : Exemple d'un modèle de réseaux sémantiques issu de la méthode MASK [Ermine, 2001].	106
Figure 3.2.3 : Module ontologique / sémantique du modèle conceptuel.	110
Figure 3.3.1 : Processus de développement produit de Pahl et Beitz [Pahl et al., 2007].	115
Figure 3.3.2 : Extrait de PROCAR (PROcessus de CARactérisation produit / process) [PROCAR, 1998].	116
Figure 3.3.3 : Module phénoménologique / sémantique et phénoménologique contextuel du modèle conceptuel.	120
Figure 3.4.1 : Formalisme de représentation IDEF0.	123
Figure 3.4.2 : Élément de couplage onto-phénoménologique du modèle conceptuel.	124
Figure 3.4.3 : Extrait de classes du modèle conceptuel suite à la prise en compte des aspects évolutionnistes.	127
Figure 3.4.4 : Architecture 4 cœurs du modèle conceptuel.	131
Figure 3.4.5 : Les quatre concepts de base d'un système de gestion de production.	132
Figure 3.5.1 : Modèle conceptuel de préservation des connaissances orienté processus.	135
Figure 4.1.1 : Description de trois paramètres d'un assemblage vissé.	141
Figure 4.1.2 : Architecture du modèle conceptuel de IKOES.	142
Figure 4.1.3 : Modèle de structure des données.	143
Figure 4.1.4 : Exemple d'une instance de la représentation d'une connaissance de type flux.	145
Figure 4.1.5 : Modèle de données.	145
Figure 4.1.6 : Exemple d'une instance d'annotation sémantique.	147
Figure 4.1.7 : Modèle des activités d'échange entre objets de connaissances.	148
Figure 4.1.8 : Algorithme de conversion des annotations sémantiques et des valeurs de paramètres associées.	149
Figure 4.1.9 : Modèle de processus d'échange entre objets de connaissances.	151
Figure 4.1.10 : Architecture du démonstrateur.	151
Figure 4.1.11 : PKO CAO.	153
Figure 4.1.12 : PKO Excel.	153
Figure 4.1.13 : Extrait du fichier Excel du dictionnaire.	154
Figure 4.2.1 : Schéma Access de la base de données.	159
Figure 4.2.2 : Extrait de la table Contrainte (1).	160
Figure 4.2.3 : Extrait de la table Contrainte (2).	163
Figure 4.2.4 : Extrait de l'interface représentant le cœur Structuration.	164

Index des figures

Figure 4.2.5 : Extrait de l'interface représentant le cœur Données.	167
Figure 4.2.6 : Extrait de l'interface représentant le cœur Activités.	167
Figure 4.2.7 : Extrait l'interface représentant le cœur Processus.	168
Figure C.1 : La logistique de conception au cœur du processus de conception [Louis-Sidney et al., 2009(a)].	175

INDEX DES TABLEAUX

Tableau 1.1.1 : Eléments de définition et concepts générés.	21
Tableau 1.1.2 : Synthèse des mécanismes de Nonaka, Takeuchi [Nonaka et Takeuchi, 1995] et Baumard [Baumard, 1996].	44
Tableau 1.2.1 : Formalismes de modélisation du modèle conceptuel des connaissances Common KADS [Caulier, 2001].	62
Tableau 1.4.1 : Synthèse des méthodes de capitalisation des connaissances et des outils associés.	87
Tableau 4.1.1 : Description des éléments du démonstrateur.	152

LISTE DES SYMBOLES

CBR : Case Based Reasoning

CIM : Computation Independent Model

CommonKADS : Common Knowledge Acquisition and Design Support

DCOR : Design Chain Operations Reference model

DCT : Direction de la Conception et des Technologies GMP

GAMETH : Global Analysis Methodology

IKOES : Inter-Knowledge Objects Exchange System

KMT : Knowledge Management Tool

MASK : Methodology for Analysing and Structuring Knowledge

MDA : Model Driven Architecture

MKSM : Method For Knowledge System Management

MOISE : Méthode Organisée pour l'Ingénierie des Systèmes Experts

MOKA : Methodology and tools Oriented to Knowledge-based engineering Applications

NPD : New Product Design

PDM : Product Data Management

PIM: Platform Independent Model

PKMS : Process oriented Knowledge Management System

PSM : Platform Specific Model

QCEC : Quantum de Connaissances Explicites Codifiées

SADT : Structural Analysis and Design Technic

MODELES ET OUTILS
DE CAPITALISATION DES CONNAISSANCES EN CONCEPTION :
Contribution au management et à l'ingénierie des connaissances
chez Renault – DCT

RESUME: Le changement de paradigme portant la ressource immatérielle qu'est la connaissance au devant des ressources matérielles est à l'œuvre dans de nombreuses entreprises industrielles. Nos travaux de recherche mettent en lumière les disciplines du management des connaissances et de l'ingénierie des connaissances, apportant des réponses méthodologiques et techniques pour aborder cette ressource. Nous nous intéressons de façon particulière au mode d'exploitation des connaissances par le biais d'objets tangibles (documents, systèmes d'information). Dans ce cadre nous proposons un modèle conceptuel permettant de structurer les outils supports de connaissances d'un organisme. Ce modèle s'adresse principalement aux entreprises ayant une vision processus de leur fonctionnement, conformément à l'ISO 9000. Il a été évalué suivant deux axes. Le premier axe concerne sa capacité descriptive. Nous montrons que le principe de classification à facettes utilisé est apte à être suffisamment précis et complet pour s'adapter à de nombreuses applications. A cet effet, nous exploitons ce principe dans le domaine de l'ingénierie des connaissances et développons un premier démonstrateur permettant de réaliser des échanges automatisés entre fichiers paramétrés. Le second axe concerne l'aptitude du modèle conceptuel proposé à supporter la construction d'un système d'information contribuant à une démarche de management des connaissances. Un démonstrateur implémentant le modèle a été développé et apporte une vision concrète des possibilités offertes par ce dernier.

MOTS-CLES: Conception de produit, Connaissances, Management des connaissances, Ingénierie des connaissances, Modèle conceptuel, Processus de reconception, Système d'information.

MODELS AND TOOLS
FOR KNOWLEDGE CAPITALISATION IN DESIGN:
Contribution to knowledge management and engineering at Renault – DCT

ABSTRACT: Most of the industrial companies are currently performing a change of paradigm that places knowledge, immaterial resource by excellence, before material resources. The presented research works enlighten the scientific fields of knowledge management and knowledge engineering, which give methodological and technical answers to tackle this resource. We focus on the exploitation mode of knowledge through concrete objects (documents, information system). In this context, a conceptual model is proposed in order to structure the tools that support knowledge in an organisation. This model is mainly adapted to companies having a process view of their business, as prescribed by the ISO9000. The model is evaluated according two axes. The first axe evaluates the descriptive capacity of the model. We demonstrate that the concept of facet classification used fits the needs of being enough precise and complete to be adapted to many applications. To this end, we test this concept in the field of knowledge engineering and we propose a first demonstrator performing automatic exchanges between parameterised knowledge objects. The second axe evaluates the aptitude of the proposed conceptual model to support the creation of an information system that contributes to a knowledge management approach. A demonstrator that implements this model is proposed and gives a concrete set of capabilities.

KEYWORDS: Product design, Knowledge, Knowledge management, Knowledge engineering, Conceptual Model, Redesign process, Information system.