



HAL
open science

Modélisation d'Entreprise: Proposition d'une démarche de construction et de validation de modèles réalisant la cohérence des systèmes de l'entreprise

Abir Fathallah

► **To cite this version:**

Abir Fathallah. Modélisation d'Entreprise: Proposition d'une démarche de construction et de validation de modèles réalisant la cohérence des systèmes de l'entreprise. Autre. Ecole Centrale Paris, 2011. Français. NNT: 2011ECAP0059 . tel-00763603

HAL Id: tel-00763603

<https://theses.hal.science/tel-00763603>

Submitted on 11 Dec 2012

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

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



**ÉCOLE CENTRALE DES ARTS
ET MANUFACTURES
« ÉCOLE CENTRALE PARIS »**

THÈSE

Présentée par

Abir FATHALLAH Epouse HLILA

Pour l'obtention du

I GRADE DE DOCTEUR

Spécialité : Génie Industriel

Laboratoire d'accueil : Laboratoire Génie Industriel

SUJET :

Modélisation d'entreprise : Proposition d'une démarche de construction et de validation de modèles réalisant la cohérence des systèmes de l'entreprise

Soutenue le : 16 Décembre 2011

Devant un jury composé de :

**Alexandre VAJNA, Université de Magdebourg
Eric BONJOUR, Université de Nancy
Bruno VALLESPER, Université de Bordeaux
Julie STAL LE CARDINAL, Ecole Centrale Paris
Jean Louis ERMINE, Telecom&Management Sud Paris
Jean Claude BOCQUET, Ecole Centrale Paris**

**Président
Rapporteur
Rapporteur
Directrice de Thèse
Co-directeur de Thèse
Co-directeur de Thèse**

2011ECAP0059

***Modélisation d'entreprise :
Proposition d'une démarche de
construction et de validation de
modèles réalisant la cohérence des
systèmes de l'entreprise***

Résumé et mots clés

Titre :

Modélisation d'entreprise : Proposition d'une démarche de construction et de validation de modèles réalisant la cohérence des systèmes de l'entreprise

Résumé en français :

L'application efficace d'un modèle conduit à visualiser les processus de l'entreprise, à simuler leur fonctionnement et à mettre en place des actions pour améliorer leurs performances. Pour chacun des processus clés de l'entreprise une multitude de modèle est disponible. Nous proposons une méthode de modélisation unique qui permet d'augmenter la compatibilité de différents modèles entre eux et d'améliorer la cohérence de l'entreprise.

La première étape de notre méthode de modélisation est de lister les primitives de chaque modèle et de donner une définition claire de chacune de ces primitives. La deuxième étape est l'écriture de la grammaire du modèle. Les règles de modélisation permettent, en effet, d'arranger les primitives selon un certain ordre et d'obtenir un modèle qui a du sens. La troisième étape est la vérification de la validité du modèle. Nous évaluons les performances du modèle par rapport aux services qu'il rend à ses environnants tels que le modélisateur, les utilisateurs ou le système réel. Nous déterminons, par une analyse fonctionnelle, la liste des fonctions à vérifier par le modèle pour que ses services soient atteints.

Une étude théorique permet d'appliquer cette méthode de modélisation sur trois des processus inter fonctionnels de l'entreprise : le processus de Supply Chain Management (SCM), le processus de Product Lifecycle Management (PLM) et le processus de Customer Relationship Management (CRM). Nous avons ciblé ces trois processus pour avoir une représentation des quatre sous-systèmes de l'entreprise : le sous-système de Décision (représenté par les finalités de chaque processus), le sous-système Opérant (représenté essentiellement par le processus de SCM), le sous-système d'Information (représenté essentiellement par le processus de PLM) et le sous-système de Connaissances (représenté par les connaissances sur les processus). Les résultats obtenus sont liés au degré de maturité des modèles. Si le processus dispose de plusieurs types de modèles, notre méthode de modélisation permet de clarifier les objectifs de modélisation et d'orienter le choix du manager vers le modèle qui permet de les atteindre. Si le processus dispose de peu de modèles, notre méthode permet de proposer un modèle représentant les étapes du processus global, ses ressources, ses acteurs et les flux échangés.

Dans la pratique, toute entreprise industrielle est organisée autour d'un processus qui devient le processus central dont les objectifs sont primordiaux à atteindre, mais cela n'empêche pas les autres processus d'être visibles. L'une des exigences est de conserver la cohérence de toute l'entreprise. Nous définissons la cohérence par deux facteurs : l'unité d'objectif et la compatibilité entre les flux d'information et de connaissances dans l'entreprise. Les conditions de cohérence sont appliquées dans le cas d'une entreprise industrielle sur les modèles de trois processus : le SCM, le PLM et le CRM. Les gains organisationnels sont de permettre une vision globale des étapes et des ressources nécessaires à chaque processus, de distinguer les interfaces et les échanges d'informations entre processus et de capitaliser les connaissances sur la construction, l'utilisation et l'amélioration de modèles.

Mots-clés : modélisation d'entreprise, amélioration de processus, construction de modèles, validation de modèle, Knowledge Management, cohérence des systèmes

Summary and keywords

Title :

Enterprise Modelling: Proposing an approach that builds and validates models realizing enterprise systems coherency

Summary :

Enterprise Managers have two important objectives: anticipating the enterprise evolution and mastering its transformation. As a consequence, different process models are available in research papers. But it is difficult to choose between available models and prove that the selected model can improve the enterprise performances. We propose a unified modelling methodology enhancing the models suitability and preserving the enterprise coherency.

The first step of our methodology is to obtain a components list for each studied model and to provide a clear definition for each component. The second step is to clarify the syntactic rules that allow building the model. The model components have to be arranged according to a specific order to form a meaningful model. Process models validation is based on a Functional Analysis approach that acts as a guide in building process models.

We focus our theoretical study on three processes: the Supply Chain Management (SCM), the Product Lifecycle Management (PLM) and the Customer Relationship Management (CRM). The four enterprise sub-systems are represented: The Decision Sub-system (through the finalities of each process), the Operations Sub-system (which operations are depicted in the SCM process), the Information Sub-system (represented by the information flow in the PLM process) and the Knowledge Sub-system (the knowledge flow in each processes is identified).

The result of using our modelling methodology depends of the maturity of the models. If the process possesses different types of models, our methodology lists all the possible modelling objectives which facilitate the manager choice. If the process has few models, our methodology permits building a model depicting the process steps, its resources, its actors and the exchanged flows. The results of this theoretical study are evaluating existing SCM models, building new PLM models and sorting CRM models according to their aim into separate categories.

On the field, the enterprise organisation is focused on one central process (such as the SCM, the PLM or the CRM process), but the other processes are clearly visible. The enterprise managers have more than one model to master. The major constraint is to preserve the enterprise coherency.

The coherency is obtained through the alignment of the models' objectives and the compatibility between information and knowledge flows. These two coherency factors are realised in all the phases of the model lifecycle: building the model, initializing it in the enterprise, making it fully operational and improving it.

Applied with an industrial partner, our coherency conditions bring considerable gains: it provides a detailed view of three important processes in the enterprise (the SCM, the PLM and the CRM), it identifies the interfaces and the information exchange between processes and it allows capitalising the knowledge on building, using and improving models.

Our research subject focused on building and validating process models and enhancing coherency conditions leads to numerous perspectives. The future developments are to apply the modelling methodology on other enterprise processes and to develop a Knowledge System realising models coherency.

Keywords : Enterprise modelling, process improvement, model design, model validation, Knowledge management, systems coherency

Aide au lecteur

Ceci est le style du corps de texte. Ceci est le style du corps de texte.

Ceci est le style d'une définition du périmètre de la thèse. Ceci est le style d'une définition du périmètre de la thèse. Ceci est le style d'une définition du périmètre de la thèse. Ceci est le style d'une définition du périmètre de la thèse. Ceci est le style d'une définition du périmètre de la thèse.

Ceci est le style d'une question de la problématique. Ceci est le style d'une question de la problématique. Ceci est le style d'une question de la problématique. Ceci est le style d'une question de la problématique. Ceci est le style d'une question de la problématique. Ceci est le style d'une question de la problématique.

Ceci est le style d'une définition proposée. Ceci est le style d'une définition proposée.

Ceci est le style d'une définition citée. Ceci est le style d'une définition citée.

REMERCIEMENTS

A Ma famille :

Ce travail est dédié à ma famille. Sans eux rien n'aura été possible...

Je tiens à remercier en premier mon père et ma mère pour leur soutien incondicional.

Un grand Merci à Afef et à Wissem qui ont toléré mon changement d'humeur pendant ma période de thèse et merci à Wajdi qui a toujours été au bout du fil pour m'encourager.

Je remercie particulièrement mon mari qui m'a soutenu, encouragé et aidé pour arriver au bout de ma rédaction.

A mes directeurs de thèse :

Un grand merci à Jean Louis qui n'a pas cessé de me motiver et de me donner des remarques pertinentes sur mon travail.

Je remercie Jean Claude de m'avoir accueilli dans le Laboratoire Génie Industriel de l'Ecole Centrale Paris et de m'avoir accompagné dans mon parcours de doctorante.

Tous mes remerciements vont à Julie, sans elle cette thèse n'aura jamais été possible, je la remercie pour sa patience, ses conseils et ses encouragements.

A mes collègues du laboratoire Génie Industriel de l'Ecole Centrale Paris :

Je tiens à remercier Sylvie, Carole, Corine et Anne pour leur aide si précieuse.

Tous mes remerciements vont à Anne-Françoise pour son aide dans mon travail de thèse et pour sa bonne humeur communicatives.

Merci à Angela pour ses conseils qui m'ont aidé à organiser l'application de mon travail de recherche en entreprise.

Merci à tous les doctorants qui sont passé par le LGI et avec qui je garde des souvenirs inoubliables :

Merci à Laura, Olivier, Guillaume, Marie Lise, Yann, Camille, Thibault et Stéphane pour nos poses de midi si originales

Merci à François, Vincent et Marinita pour tous les moments passés en conférence ensemble.

Merci à Roy, Aude, Kelly, Emna, Myriem, Wided, Chaaben, Chao et Walid, j'ai vraiment pris plaisir à vous côtoyer pendant ces quelques années passées en thèse.

Merci à Hichem, Bertrand, Sébastien, Antoine et à tous les doctorants de l'UG2CP l'association des doctorants de l'Ecole Centrale Paris.

A l'entreprise partenaire :

Je remercie Aline Chemineau, ma tutrice chez Vallourec, pour toute l'aide qu'elle m'a apportée.

Je remercie également Jacky Massaglia, Frédéric Le Villain, Sébastien Lepitre, Emilie Belissent, Frédéric Angelo, Roger Betremieux, Nadine Faily, Frédéric Bernard, Alain Lancry, Bertine Orleans, Nicolas Bréziat, Jean Philippe Nesti, Jean-Jacques Delannoye, Dominique Lesur, Sébastien Ratel, Charles Delvaux, Laurent Ladeuille, Eric Pochard, Estelle Michaut Querrien et Severine Ozange pour leurs contributions à mon projet de recherche.

SOMMAIRE

Aide au lecteur	7
SOMMAIRE	9
Liste des figures	15
Liste des tableaux	17
Introduction Générale et problématique de la thèse	20
I. Choix du Paradigme et proposition d'un cadre structuré	21
II. Le Paradigme Systémique : cadre général de l'étude des objets complexes	21
II.1 Cadre d'étude	22
II.2 Représentations systémiques de l'entreprise	23
II.3 Structurer l'entreprise en sous-systèmes	26
II.4 Etude critique du cadre présenté	26
III. Problématique de la thèse	27
III.1 Périmètre des processus étudiés	27
III.2 Questions abordées	28
IV. Plan de la thèse et Organisation du document	30
Premier Chapitre: Etat de l'art	32
Introduction au premier chapitre	33
IV.1 Modèles de Supply Chain Management	43
IV.1.1. Définition de la Supply Chain	44
IV.1.2. Définition du Supply Chain Management(SCM)	45
IV.1.3. Etat de l'art des modèles de SCM	46
IV.1.4. Synthèse de l'état de l'art des modèles de SCM	48
IV.2 Modèles de Product Lifecycle Management	48
IV.2.1. Définition du Cycle de vie du produit	48
IV.2.2. Définition du PLM	48
IV.2.3. Etat de l'art des modèles de PLM	49
IV.2.4. Synthèse de l'état de l'art des modèles de PLM	50
IV.3 Modèles de Customer Relationship Management (CRM)	51
IV.3.1. Définition de la relation client	51
IV.3.2. Définition du Customer Relationship Management (CRM)	51
IV.3.3. Etat de l'art des modèles de CRM	52
IV.3.4. Synthèse de l'état de l'art des modèles de CRM	53

V.1	La fonction décisionnelle	56
V.2	La fonction cognitive	56
V.3	La fonction descriptive.....	57
VI.1	Cohérence des systèmes d'entreprise.....	57
VI.2	Un état de l'art de l'interopérabilité des modèles et des domaines concernés	58
VI.3	Réalisation de l'interopérabilité entre les modèles dans la littérature.....	59
Deuxième Chapitre: Proposition d'une méthode de construction et de validation de modèles		64
III.1	Structure d'un modèle	69
III.2	Validation fonctionnelle d'un modèle.....	69
III.2.1	Justification de l'étude	69
III.2.2	Recherche des environnants	70
III.2.3	Fonctions d'un modèle	70
IV.1	Etude d'un diagramme de flux	75
IV.1.1	Définition du modèle.....	75
IV.1.2	Primitives de modélisation	75
IV.1.3	Validation du modèle dans la littérature	76
IV.1.4	Etude critique du modèle.....	76
IV.2	Value Stream Mapping (VSM)	77
IV.2.1	Définition du modèle.....	77
IV.2.2	Primitives de modélisation :.....	78
IV.2.3	Exemple de modèle VSM	82
IV.2.4	Validation du modèle dans la littérature	85
IV.2.5	Etude critique du modèle.....	85
IV.3	Résultats de l'étude des modèles de SCM	86
IV.3.1	Les Points communs entre les modèles de SCM.....	86
IV.3.2	Les Divergence entre les modèles de SCM.....	86
IV.3.3	Application de la validation fonctionnelle aux modèles de SCM.....	87
V.1	Les primitives de modélisation	88
V.2	Les règles de modélisation	90
V.3	Proposition d'un modèle de PLM	90
VI.1	Primitives d'un modèle de CRM.....	93
VI.2	Les règles de modélisation du processus de CRM.....	96
VI.3	Synthèse de l'étude des modèles de CRM	97
Troisième Chapitre : Application Industrielle chez Vallourec.....		100

I.1	Présentation générale de l'entreprise.....	101
I.2	Présentation des produits concernés par l'étude	101
I.3	Présentation des sites industriels concernés par l'étude.....	102
II.1	Nos questions de recherche confrontée au cas réel	102
II.2	Définition du périmètre d'application	104
II.3	Intérêt de l'entreprise pour l'étude	105
III.1	Bilan détaillé de la première Phase du projet.....	108
III.2	Résultat de la première phase : Identification des étapes des processus de SCM, de PLM et de CRM pour les produits à 13 % de Chrome de Vallourec	109
III.2.1.	Étapes du processus de SCM pour les produits « 13 % de chrome » et « Super 13 % de chrome »	109
III.2.2.	Étapes du processus de PLM pour les produits « 13 % de chrome » et « Super 13 % de chrome »	110
III.2.3.	Étapes du processus de CRM pour les produits « 13 % de chrome » et « Super 13 % de chrome »	111
III.3	Bilan détaillé de la deuxième phase du projet :.....	113
III.4	Outil de la deuxième phase du projet : Guide des Entretiens.....	113
III.5	Résultats de la deuxième phase du projet.....	116
III.5.1.	Construction du modèle de SCM	117
III.5.2.	Construction du modèle de PLM	121
III.5.3.	Construction du modèle de CRM.....	125
Quatrième Chapitre: Proposition d'une méthode pour la réalisation de la cohérence des systèmes d'entreprise à travers les modèles		134
I.1	Critères réalisant la cohérence en entreprise :.....	136
I.2	Traduction des critères de cohérence sur les modèles des SE.....	136
II.1	Cycle de vie d'un modèle de Système d'entreprise	137
II.2	Les points de mise en cohérence des modèles dans les différentes phases de leurs cycles de vie	139
II.2.1	Phase de construction	139
II.2.2	Phase d'instanciation et d'opérationnalisation.....	145
II.2.3	Phase d'amélioration	147
Cinquième Chapitre : Perspectives et futures développements		152
Conclusion :.....		153
Perspectives de recherche académiques :.....		155

Perspectives industrielles :	157
Perspectives personnelles :	158
Références bibliographiques	159
Contributions personnelles	165
Articles de journaux :	165
Articles de conférences :	165
Annexes	167

Liste des figures

Chapitre : Introduction et problématique de la thèse

Figure 1 - Description d'un système dans Le paradigme systémique [Le Moigne, 1990] -

Figure 2 - Les pôles de référence pour la définition d'un système -

Figure 3 - Le système OID [Le Moigne 1994] -

Figure 4 - Le système AIK [Ermine et Boughzala, 2007] -

Figure 5 - Le Système OID enrichie par le patrimoine de connaissance -

Premier Chapitre :

Figure 1.1 - Représentation d'une fonction en IDEF0 -

Figure 1.2 - Représentation d'un UDC en IDEF3 -

Figure 1.3 - La logistique interne de l'entreprise- [Petitqueux, 1999] -

Figure 1.4 - la logistique externe de l'entreprise [Petitqueux, 1999] -

Deuxième chapitre :

Figure 2.1 – Primitive d'un fournisseur, un client ou un magasin de stockage dans un diagramme de flux-

Figure 2.2 - Primitive d'un flux physique dans un diagramme de flux -

Figure 2.3 - Primitive d'un flux d'Information dans un diagramme de flux -

Figure 2.4 - Primitive de localisation d'un fournisseur ou d'un client en VSM -

Figure 2.5 - Primitive de localisation d'un opérateur en VSM -

Figure 2.6 - Primitive désignant un processus interne en VSM -

Figure 2.7 - Primitive désignant l'ensemble de données/caractéristiques d'un processus interne en VSM -

Figure 2.8 - Primitive désignant les détails de la fabrication en VSM -

Figure 2.9 - Primitive désignant un entrepôt, un magasin de stockage ou un supermarché en VSM -

Figure 2.10 - Primitive désignant un point de stockage intermédiaire avec le niveau de stock atteint en VSM -

Figure 2.11 - Primitive désignant un flux physique en VSM -

Figure 2.12 - Primitive désignant un flux d'information non automatisée en VSM -

Figure 2.13 - Primitive désignant un flux d'information automatisée en VSM -

Figure 2.14 - Primitive désignant un transport entre l'entreprise et ses différents partenaires en VSM -

Figure 2.15 - Primitive désignant un signal Kanban en VSM -

Figure 2.16 - Primitive désignant l'envoi d'un signal Kanban en VSM -

Figure 2.17 - Primitive désignant la production en suivant les étiquettes du Kanban en VSM -

Figure 2.18 - Primitive désignant l'échange d'un Kanban en VSM -

Figure 2.19 - Etat actuel d'un modèle VSM d'une Supply Chain -

Figure 2.20 - Etat souhaité d'un modèle VSM d'une Supply Chain -

Figure 2.21 - Primitive représentant le cycle de vie du produit -

Figure 2.22 - Représentation d'une étape du cycle de vie -

Figure 2.23 - Représentation d'un flux d'information dans un modèle de PLM -

Figure 2.24 - Représentation de la base de stockage en PLM -

Figure 2.25 - Proposition d'un modèle de PLM

Figure 2.26 - Un exemple représentatif des modèles de CRM dans le domaine du Marketing [Avlonitis et Panagopoulos, 2005] -

Figure 2.27 - Un exemple représentatif des modèles de CRM dans le domaine du Marketing [King et Burgess, 2006] -

Figure 2.28 - Un exemple représentatif des modèles de CRM dans le domaine du SI [Ngai et al, 2009] -

Figure 2.29 - Un exemple représentatif des modèles de CRM dans le domaine du SI [Payne et Frow, 2005] -

Troisième Chapitre :

Figure 3.1 - Bilan des sources de récoltes d'information sur le terrain –

Figure 3.2 - Exploitation du guide d'entretien pour construire les modèles des processus -

Figure 3.3 - Exploitation du guide d'entretien pour l'identification des flux- d'information et de connaissances dans les processus -

Figure 3.4 - Le modèle de VSM dans l'aciérie -

Figure 3.5 - Modèle de PLM construit chez Vallourec -

Figure 3.6 - Modèle de CRM réalisé chez Vallourec -

Figure 3.7 - Distinction entre informations et connaissance dans la construction des modèles de processus -

Quatrième Chapitre :

Figure 4.1 - Cycle de vie d'un modèle de processus en entreprise -

Figure 4.2 - Conditions de cohérence d'un modèle de processus en phase de construction en entreprise -

Figure 4.3 - Conditions de cohérence d'un modèle de processus en phase d'instanciation et d'opérationnalisation en entreprise -

Figure 4.4 - Conditions de cohérence d'un modèle de processus en phase d'amélioration du modèle -

Figure 4.5 – Le cycle d'amélioration continue de la modélisation -

Liste des tableaux

Premier Chapitre :

Tableau 1.1 - Etat de l'art de la modélisation en Entreprise -

Tableau 1.2 - Quelques modèles et langages de modélisation du SCM -

Tableau 1.3 - Quelques modèles et langages de modélisation du PLM -

Tableau 1.4 - Quelques propositions de modèle de CRM -

Tableau 1.5 - Récapitulatif des fonctions et qualités d'un modèle proposés par Walliser [Walliser, 1977] -

Deuxième Chapitre :

Tableau 2.1 - Justification de l'étude des modèles -

Tableau 2.2 - Fonctions de contact d'un modèle (Phase de construction) -

Tableau 2.3 - Fonctions de Transfert d'un modèle en Phase de conception -

Tableau 2.4 - Ensemble des fonctions d'un modèle en phase de conception -

Tableau 2.5 - Fonctions de contact d'un modèle en Phase d'utilisation -

Tableau 2.6 - Fonctions de transfert d'un modèle (Phase d'utilisation) -

Tableau 2.7 - Ensemble des fonctions d'un modèle en phase d'utilisation -

Tableau 2.8 - Rappel des fonctions d'un modèle en phase d'utilisation pour le SCM-

Tableau 2.9 - Modèles de Supply Chain étudiés –

Tableau 2.10 - Fonctions réalisées par les Modèles de Supply Chain étudiés -

Troisième Chapitre :

Tableau 3.1 - Récapitulatif de la première phase du projet -

Tableau 3.2 - Identification des étapes du processus de SCM -

Tableau 3.3 - Identification des étapes du processus de PLM -

Tableau 3.4 - Identification des étapes du processus de CRM -

Tableau 3.5 - Ensemble des entretiens menés par processus -

Tableau 3.6 - Validation fonctionnelle d'un modèle de SCM -

Tableau 3.7 - Les fonctions les plus importantes à vérifier par le modèle de PLM en phase d'utilisation –

Tableau 3.8 - Les fonctions les plus importantes à vérifier par le modèle de CRM en phase d'utilisation -

Quatrième Chapitre :

Tableau 4.1 - Cohérence entre les stratégies de l'entreprise, les objectifs du modèle et les capacités du modèle -

Introduction Générale et problématique de la thèse

Introduction Générale et problématique de la thèse

I.	Choix du Paradigme et proposition d'un cadre structuré.....	21
II.	Le Paradigme Systémique : cadre général de l'étude des objets complexes	21
II.1	Cadre d'étude	22
II.2	Représentations systémiques de l'entreprise.....	23
II.3	Structurer l'entreprise en sous-systèmes	26
II.4	Etude critique du cadre présenté	26
III.	Problématique de la thèse.....	27
III.1	Périmètre des processus étudiés	27
III.2	Questions abordées.....	28
IV.	Plan de la thèse et Organisation du document.....	30

I. Choix du Paradigme et proposition d'un cadre structuré

Pour comprendre les phénomènes complexes qui nous entourent, plusieurs approches ont été adoptées. La théorie mathématique des ensembles, les approches cartésiennes et l'approche systémique ont, par exemple, proposé des modélisations dont le but est de comprendre et de prévoir l'évolution des phénomènes.

L'approche systémique de modélisation possède l'avantage de ne pas réduire les phénomènes complexes à des objets figés, stables ou définitivement irréductibles [Le Moigne, 1994]. Le concept de « Système » a été « forgé pour faciliter la compréhension de processus ouvert plutôt que d'objets fermés » [Le Moigne, 1994].

Dans cette partie, un cadre d'étude basé sur les principes du paradigme Systémique est introduit. Ce cadre sert à structurer la problématique et à présenter clairement les solutions proposées à ses questions.

II. Le Paradigme Systémique : cadre général de l'étude des objets complexes

Le paradigme systémique présente un système complexe suivant trois aspects en étroite interaction : la structure du système, l'activité du système et l'évolution du système. Dans la Théorie du « Système Général », Le Moigne apporte une « description » plutôt qu'une « définition » (illustrée par la Figure 1) d'un système comme étant « un objet qui dans un environnement doté de finalités, exerce une activité et voit sa structure interne évoluer au fil du temps sans qu'il perde pourtant son identité unique. » [Le Moigne, 1994]. À ces trois aspects, les systémiciens apportent deux hypothèses supplémentaires : l'hypothèse téléologique (« l'objet est doté de projets » [Le Moigne, 1994]) et l'hypothèse de l'ouverture sur l'environnement (la capacité du système à échanger avec son environnement).

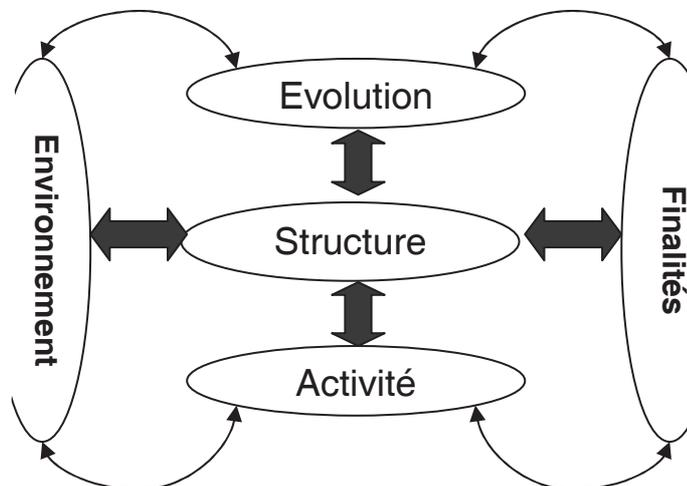


Figure 1 - Description d'un système dans Le paradigme systémique [Le Moigne, 1990] -

La définition d'un système précise « ce qu'il est », « ce qu'il fait » et « ce qu'il devient » [Le Moigne 1994], « elle pondère une définition ontologique, une définition fonctionnelle et une définition génétique » [Le Moigne 1994].

II.1 Cadre d'étude

Conformément au paradigme systémique, tout objet étudié dans cette thèse est introduit par une définition ontologique (la structure de l'objet ou ce que l'objet est), une définition fonctionnelle (les activités de l'objet ou ce que l'objet fait) et une définition génétique (l'évolution du système étudié), cette triangulation est à la base de la pyramide illustrée dans la figure 2. Nous considérons que l'hypothèse téléologique influence à la fois la structure, les fonctions et l'évolution d'un système, donc il est important de préciser, pour tout système, les finalités recherchées (ce pourquoi l'objet est fait). L'hypothèse d'ouverture sur l'environnement n'est pas mise en avant dans ce cadre. Ainsi, les quatre pôles d'étude sont représentés par la pyramide de la figure 2.

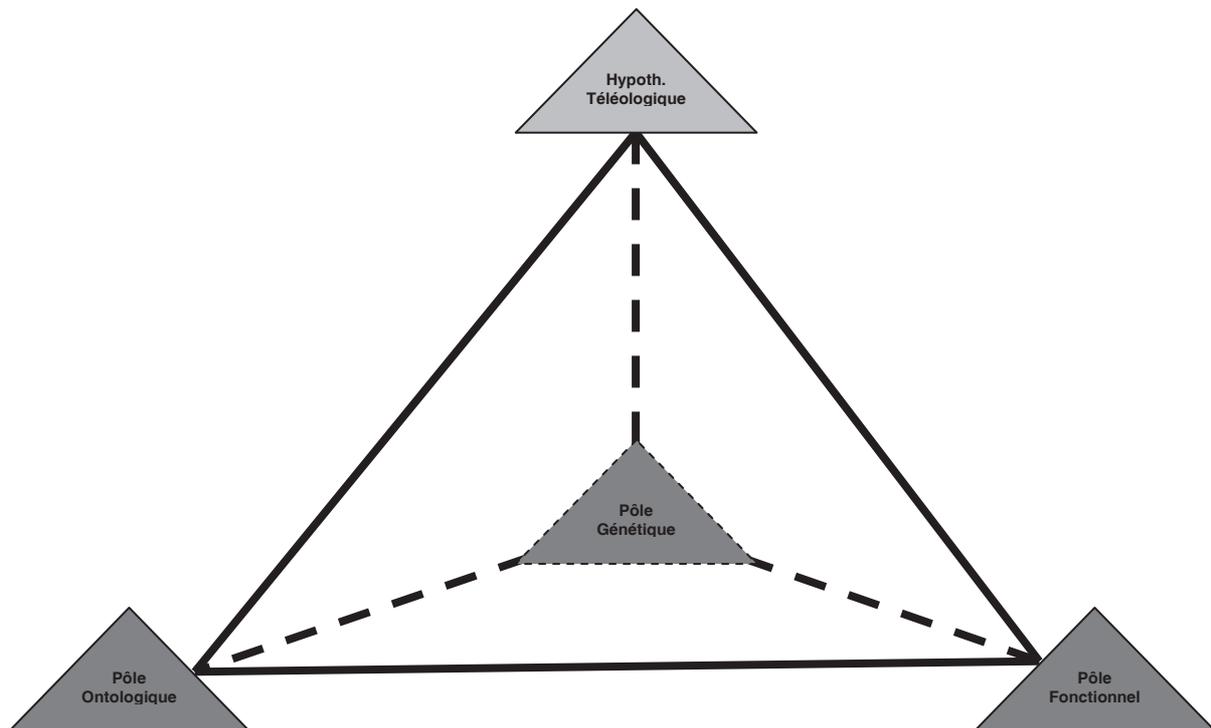


Figure 2 - Les pôles de référence pour la définition d'un système -

Le pôle Ontologique définit la structure du système : ses composants internes, la nature de ses composants et les relations qui peuvent exister entre eux. Le pôle fonctionnel détermine les fonctions attendues du système, les ressources nécessaires à ces fonctions et les étapes de réalisation. Le pôle génétique traduit l'évolution de la structure du système et des fonctions remplies par cette structure dans le temps.

L'hypothèse téléologique détermine les « propriétés que le système poursuit en dépit des modifications de son environnement ». Cette hypothèse est importante, car la connaissance de la structure et des fonctions de l'objet à modéliser « ne s'entendent que par rapport aux intentions que nous lui proposons » [Walliser, 1977]. Ainsi, la spécification des finalités du système simplifie la compréhension de sa structure, de ses fonctions et de son évolution.

De plus de la compréhension des systèmes étudiés dans cette thèse, le cadre décrit dans la figure 2 permet de vérifier la cohérence entre les trois pôles d'un même système avec son hypothèse téléologique : la structure du système permet de remplir les fonctions attendues, tout en évoluant dans le temps, pour réaliser les finalités du système.

II.2 Représentations systémiques de l'entreprise

L'entreprise est un système « ouvert » sur un environnement économique, industriel et social avec lequel elle échange un certain nombre de flux (des flux financiers, des flux d'information et des flux de matière...). Il est possible d'identifier les sous-systèmes qui composent l'entreprise en suivant les transformations de chacun de ses flux. Les flux financiers sont traités par le sous-système de comptabilité et de gestion, les flux d'information sont étudiés par le sous-système d'information et les flux de matières sont transformés par le sous-système d'Opération. Deux représentations systémiques de l'entreprise la décomposent en ses principaux sous-systèmes : la représentation OID (Opération-Information-Décision) et la représentation AIK (Acteurs-Information-Knowledge).

Nous étudions le système « Entreprise », ses sous-systèmes ou les modèles de ces sous-systèmes en suivant trois axes : l'axe Ontologique, l'axe Génétique et l'axe Fonctionnel. La nature et la composition de chacun de ses axes est régie par la finalité du système (l'axe Téléologique).

L'une des façons de mettre en évidence ces trois axes est la représentation canonique d'un système complexe issu des travaux de « Le Moigne » [Le Moigne, 1994]. La figure 3 illustre les interactions entre les parties d'un système complexe.

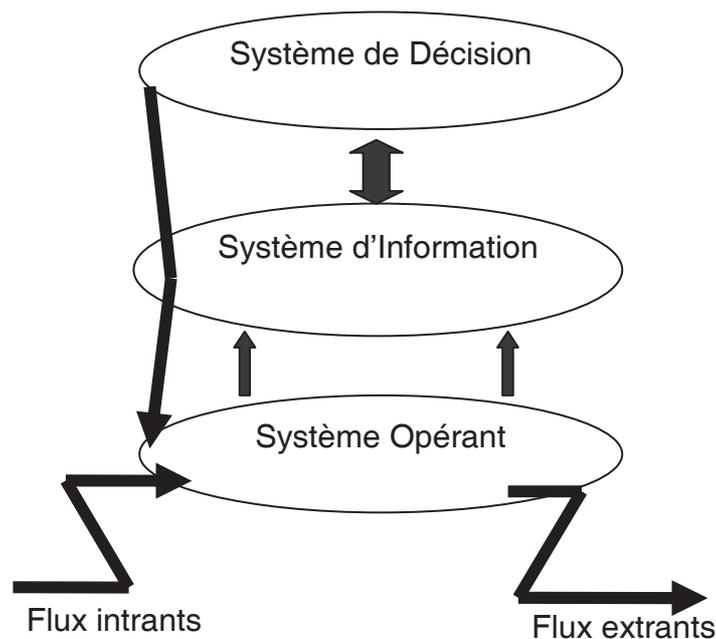


Figure 3 - Le système OID [Le Moigne 1994] -

La figure 3, représentation OID (Opération-Information-Décision) de l'entreprise, distingue les trois sous-systèmes majeurs : le système de Décision, le système d'Opération et le système d'Information.

Le sous-système d'Opération représente ce que "fait" le système. C'est-à-dire qu'il rend compte des processus fonctionnels au sein de l'entreprise. Il détaille l'infrastructure nécessaire à la production de bien ou de service : machine, moyens de transport, magasins de stockage... Il exécute les directives du sous-système décisionnel. Parmi les fonctions du Système d'Opération, on peut citer par exemple :

- Commander les approvisionnements nécessaires (en matières premières, en énergies,...) auprès des fournisseurs sélectionnés ;

- Produire la commande demandée par un client en respectant les spécifications de ce client et ses exigences de qualités ;
- Livrer une commande à un client suivant les conditions spécifiées dans le contrat établi (temps de livraison, mode de livraison, adresse de livraison...).

Le sous-système d'Information spécifie ce « qu'est » l'information qui circule dans l'entreprise. Il sert aussi de support de communication entre les autres systèmes. Le système d'Information se charge de :

- Regrouper les informations dans l'entreprise à partir des symboles la représentant et organiser les échanges de ces informations ;
- Organiser les échanges d'informations (symboles, outils et réseaux de communication), les faire fonctionner (parler, écrire, dessiner, au cours de réunions, d'entretiens, d'observations, d'interventions) et évoluer (planification, programmation, réorganisation) ;
- Sélectionner et enregistrer une information à une adresse donnée afin qu'elle puisse être consultée quand cela est nécessaire.

Le sous-système de Décision précise ce « pourquoi » l'entreprise travaille. Il regroupe l'ensemble des centres de prise de décisions en entreprise, il dicte la stratégie à long ou moyen terme à suivre par l'entreprise. Il confère une autonomie de devenir à l'organisation modélisée en lui donnant deux autres facultés : la conception et la compréhension [Simon, 1973]. Prendre des décisions permet de :

- Finaliser, car les systèmes complexes ne sont pas entièrement déterminés "du dehors". Ils doivent donc se finaliser ;
- Comprendre, car une décision est le résultat d'une compréhension intelligente de la situation abordée, compréhension orientée par les finalités du système ;
- Concevoir, car décider c'est également "résoudre un problème" (*problem solving*). La décision ne provient pas de la seule computation des informations présentant le problème. Elle est une construction téléologique qui apporte des informations externes à la formulation du problème lors d'une démarche créative (conception de scénarios, de projets ou de plans).

La maîtrise des décisions, des opérations et des informations de l'entreprise est essentielle pour exécuter les processus (tel que « réaliser un produit », « rendre un service à un client », « gérer des ressources humaines », « contrôler la compatibilité de l'entreprise », ...). Pour assurer une amélioration continue de ses processus, un système clé est à prendre en compte dans la représentation OID : le patrimoine de connaissances de l'entreprise. La connaissance peut être vue comme un mélange d'information, de compréhension, de capacité, d'expérience, d'habiletés et de valeurs [Rowley, 2007], une définition possible de cette ressource stratégique de l'entreprise est donnée par Ermine :

La connaissance peut être définie comme de l'information (un ensemble de messages produits par un système) qui a un sens spécifique dans un contexte spécifique [Ermine, 2000].

Ermine [Ermine et Boughzala, 2007], affirme que la connaissance n'est pas un attribut propre à un système de l'entreprise (Opération, Information ou Décision), elle existe en tant que patrimoine propre à l'entreprise.

Le patrimoine de connaissance (qui contient l'ensemble des connaissances de l'entreprise) est un système intangible qui n'est pas visible dans l'organisation. Son contenu est disséminé dans deux composantes essentielles : le capital d'information et le capital humain et social. « Les travailleurs du savoir », « les acteurs de la connaissance » ou les « knowledges Workers » détiennent le rôle le plus important dans l'identification, le

stockage et l'utilisation de ces connaissances. En effet, le capital d'Information s'est construit autour de Systèmes d'Information de plus en plus grands et de plus en plus sophistiqués. Les « knowledges Workers » repèrent les informations auxquelles ils donnent un sens particulier dans leur contexte opérationnel. Ils construisent ainsi les connaissances utiles pour leurs métiers [Ermine et Boughzala, 2007]. De plus, la « quintessence de la connaissance de l'entreprise est dans la tête de ces employés » [Ermine et Boughzala, 2007] qu'ils aient un rôle décisionnel ou un rôle opérationnel.

Une représentation qui met en avant le système de connaissance est la représentation AIK (Acteurs-Information-Knowledge) qui est décrite dans la Figure4.

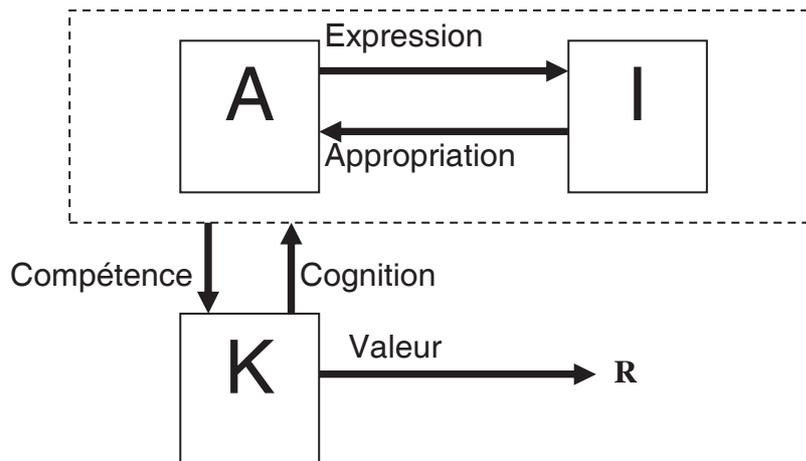


Figure 4 - Le système AIK [Ermine et Boughzala, 2007] -

Dans la figure 4, le sous-système d'information (I), le patrimoine de connaissance (K) et l'ensemble des acteurs de l'entreprise (A) décrivent un fonctionnement de l'entreprise centré sur les connaissances.

Les sous-systèmes I et A échangent des flux d'information. Les acteurs envoient leurs besoins au Système d'Information et s'approprient les informations dont ils ont besoin pour l'exécution de leurs tâches. La capacité de chaque acteur à accomplir son travail avec efficacité est liée aux compétences qu'il développe. L'acquisition de connaissances par les acteurs se fait à travers les flux de cognition. Le système de connaissance est alors le lieu de stockage des compétences et la source de la cognition. Il faut noter que les flux de connaissances ne sont pas propres à I ou A. L'acquisition de connaissances et le développement de compétences peuvent résulter de l'échange d'un acteur avec le Système d'Information. Le sous-système K interagit, alors, avec l'ensemble formé par les sous-systèmes I et A.

En reprenant notre cadre d'analyse pour évaluer la représentation AIK, on peut dire que les Acteurs (A), les Informations (I) et les Connaissances (K) renvoient à l'axe ontologique de l'entreprise. Les échanges entre A, I et K renvoient aux fonctions de l'entreprise même si ces fonctions ne sont pas explicitées. La finalité ultime du système, ainsi constitué, est la création de valeur. Pour l'entreprise cette valeur peut être industrielle telle que la confection d'un produit ou la création d'un service, sociale telle que la création d'emploi ou environnementale telle que l'utilisation d'énergies renouvelables...

Le système AIK renvoie au pôle ontologique, nécessite des précisions concernant le pôle fonctionnel de l'entreprise et met en évidence la finalité de l'entreprise.

En conclusion de l'étude de deux représentations de l'entreprise AIK et OID, cinq sous-systèmes sont une description de ce que l'entreprise est, de ce qu'elle fait et de ses finalités.

II.3 Structurer l'entreprise en sous-systèmes

Les représentations OID et AIK peuvent être la base d'une définition systémique de l'entreprise et donnent les sous-systèmes possibles à étudier.

Mais, la représentation OID (figure 3) ne tient pas compte d'un quatrième sous-système : le système de connaissance ou « le Patrimoine de Connaissances » défini par Ermine [Ermine, 2000]. La représentation AIK (figure 4), bien qu'elle soit la plus appropriée à la problématique de management de connaissance, ne rend pas compte des pôles de la systémique : le pôle fonctionnel, le pôle génétique et le pôle ontologique et de l'hypothèse téléologique.

Nous retenons dans la représentation de l'entreprise les sous-systèmes de Décision d'Opération et d'Information enrichie par le patrimoine de connaissance (Figure 5).

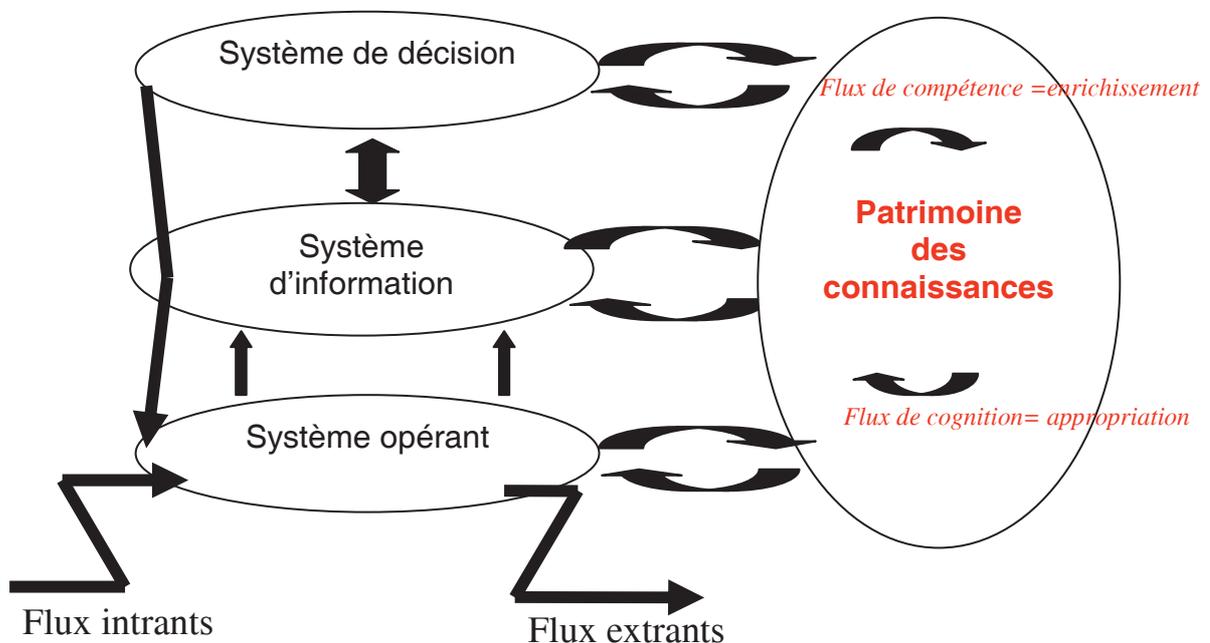


Figure 5 - Le Système OID enrichi par le patrimoine de connaissance -

Dans la figure 5, le pôle fonctionnel de l'entreprise relève du système d'Opération qui décrit les activités de production. L'aspect téléologique de l'entreprise sera décrit à travers les informations et les connaissances (le sous-système d'Information et le patrimoine de Connaissance ou le Système de Connaissance). La téléologie concerne les objectifs stratégiques de l'entreprise (le sous-système de Décision) pour l'exécution des opérations de production. L'axe génétique qui est vu comme une modification de la structure du système étudié au cours du temps, sera évoqué dans la thèse pour décrire l'évolution d'un système de la phase de conception vers la phase d'utilisation.

II.4 Etude critique du cadre présenté

La figure 5 reste une représentation réductrice de l'entreprise. Elle ne montre que les sous-systèmes dont l'entreprise est composée. Elle permet de définir la nature des flux échangés en interne et les flux échangés avec le milieu extérieur.

En effet, divers flux sont échangés aussi bien au cours des interactions avec l'environnement que lors de la réalisation des fonctions internes de l'entreprise. On peut citer les flux physiques (les flux de matières par exemple) en commençant par la matière première et en arrivant à un produit fini prêt pour la consommation. Il y a aussi les flux financiers qui relient les sources de financements de l'entreprise, aux dépenses et recettes pour arriver au chiffre d'affaire et les retours sur investissement (ROI). D'autres flux importants en entreprise sont les flux d'Information, les flux d'énergie et les flux cognitifs.

En résumé, l'entreprise est considérée ici comme un ensemble de système en interaction via des flux (physique, information ou connaissance) ; cet ensemble exécute des processus fonctionnels (ou business) qui ont besoin de ressources (matérielles, d'informations et de connaissances) internes ou externes à l'entreprise dans le but d'atteindre à la fois les objectifs spécifiques à chaque sous-système que les objectifs de réussite économique communs à l'ensemble.

L'entreprise est donc, « une réalité complexe qu'il est nécessaire de modéliser » [Vallespir et al 2003]. La problématique de la thèse est d'aider au choix de modèles d'entreprise, de les construire rigoureusement, de les valider et de veiller à ce qu'ils n'altèrent pas la cohérence globale des systèmes de l'entreprise.

III. Problématique de la thèse

Une entreprise est un système complexe « qui dans un environnement (marché, concurrence, fournisseur, humanité) doté de finalités (générer des valeurs ajoutées), exerce une activité (des processus) et voit sa structure interne (ses moyens) évoluer au fil du temps, sans perdre pourtant son identité unique » [Le Moigne 1994].

Distinguer les sous-systèmes de l'entreprise permet d'étudier les informations et les connaissances qui composent l'axe ontologique, les décisions qui dictent les finalités de l'entreprise et les opérations qui déterminent les fonctions de l'entreprise. Parmi les méthodes d'organisation des fonctions de l'entreprise, l'organisation en processus permet de distinguer un enchaînement d'activités qui transforment des flux d'entrée en flux de sortie et qui consomment certaines ressources de l'entreprise. Pour obtenir les fonctions de l'entreprise, des critères de sélection s'imposent pour les processus à étudier dans la suite de cette thèse.

III.1 Périmètre des processus étudiés

Les processus de l'entreprise peuvent être classés en trois grandes catégories : [Laguna et Marklund, 2005].

- Les processus « individuels » : ils sont réalisés par une seule personne en entreprise, ils correspondent à une tâche que la personne accomplit dans le cadre de sa fonction (tel que « réaliser un bon de commande », « éditer une facture », « calculer le coût d'une opération », ...)
- Les processus « Fonctionnels » ou « Verticaux » : ils nécessitent l'intervention d'un groupe d'individus dans l'entreprise, un département ou une entité fonctionnelle, (tel que « organiser les stocks dans un magasin », « dessiner une maquette de produit », « réaliser une étude de marché »...)
- Les processus « Inter-fonctionnels » ou processus « Horizontaux » qui relient plusieurs entités fonctionnelles qui sont elles-mêmes rattachées à différents départements. Ces processus sont les plus difficiles à manager car, ils sont transversaux, mais ils présentent le plus grand potentiel d'amélioration.

C'est pour la maîtrise de ces processus que la modélisation peut apporter une grande valeur ajoutée. Nous nous limitons au périmètre suivant.

Définition 1 du périmètre d'étude : le domaine d'étude est centré sur les processus « Inter-fonctionnels » qui relie plusieurs entités fonctionnelles de l'entreprise. La maîtrise de ces processus pourrait apporter les plus grands gains.

Plusieurs processus sont définis comme des processus « Inter-fonctionnels » ou « Horizontaux » en entreprise. On peut citer par exemple le processus « Achat » qui consiste à déterminer les besoins de l'entreprise en matières premières, à faire le point sur la consommation et les stocks et à commander auprès des fournisseurs les quantités suffisantes pour subvenir à ces besoins. On peut aussi citer le processus « de gestion des ressources humaines » qui consiste à recruter les profils nécessaires pour chaque fonction de l'entreprise, à être à l'écoute des besoins des employés et à suivre leurs évolutions de carrières en leur proposant les formations adéquates. Plus récemment on parle du processus « de développement durable » en entreprise qui consiste à déterminer les indicateurs du développement durable en entreprise et à mettre en place les actions possibles pour les suivre et les améliorer [Bossel, 1999]. Pour cela nous centrons notre étude sur trois des processus Inter-fonctionnels « clés » [Chiang and Trappey, 2007] de l'entreprise.

Définition 2 du périmètre d'étude : le domaine d'étude est centré sur trois des processus « Horizontaux » en entreprise. Les processus de Supply Chain Management (SCM), de Product Lifecycle Management (PLM) et de Customer Relationship Management (CRM).

Plusieurs papiers de recherche [Chiang and Trappey, 2007] ont validé d'une part l'importance de maîtriser ces trois processus en entreprise et d'autre part les interconnexions entre ces trois processus.

Ainsi, étudier la chaîne logistique globale, le cycle de vie du produit et la relation avec le client donne une vision intégrée de l'entreprise.

III.2 Questions abordées

Le management des processus est lié à l'amélioration des performances. Pour maîtriser ces processus et fixer les objectifs d'amélioration, on utilise la modélisation.

Les modèles de processus sont développés selon des vues différentes de l'entreprise, car ils doivent répondre à des besoins différents en fonction des acteurs qui sont impliqués : actionnaires, producteurs, vendeurs, comptables, agents de manutention, acheteurs...Chacun de ces acteurs réalise sa fonction selon un processus donné construit sur un modèle différent pour atteindre ses objectifs.

En utilisant le cadre systémique introduit dans la première partie de ce chapitre, un processus d'entreprise est considéré comme un système qu'on étudie selon trois vues :

- La vue téléologique (ce à quoi le processus travaille) : elle exprime les objectifs du processus
- La vue ontologique (ce que le processus est) : elle représente la structure du processus. Trois composantes sont à distinguer dans cette structure : les Données du processus (données d'entrées et données de sorties), les informations du processus et les connaissances du processus (dont les définitions sont données dans Rowley [Rowley,

2007]). De plus, l'enchaînement des étapes du processus et les ressources consommées pour son exécution font partie de la vue ontologique

- La vue fonctionnelle (ce que le processus fait) : elle énumère les fonctions remplies par le processus.

Pour qu'un processus atteigne les résultats attendus, il faut que ces trois vues soient cohérentes et complémentaires, ainsi : « ce qu'est le processus » doit permettre de réaliser les fonctions du processus et atteindre les objectifs du processus.

Pour vérifier cela, on utilise des modèles qui représentent le processus réel et permettent de le comprendre, de le piloter et de le modifier.

Avec les modèles, un manager cherche à maîtriser

- L'aspect téléologique : il fixe un objectif à sa modélisation
- L'aspect ontologique : il construit une abstraction du processus réel à travers le modèle, il décrit ce « qu'est le processus » avec le langage du modèle.
- L'aspect fonctionnel : il représente les fonctions que doit remplir le processus, estime l'impact des décisions prises sur le processus et anticipe son évolution.

Les modèles de processus sont donc des outils pour maîtriser les trois aspects systémiques : téléologique, ontologique et fonctionnel.

La problématique abordée dans la thèse est de fournir, tout d'abord, au manager, des outils performants pour lui permettre de construire les modèles des processus dont il a la charge (SCM, PLM, CRM...).

Les premières questions qui se posent sont :

Comment définir un langage de modélisation structuré, générique et complet permettant de modéliser les processus de l'entreprise (ici limité aux trois processus suscités) ?

Quelle démarche mettre en œuvre pour utiliser le langage de modélisation ?

1) Quels sont les éléments constitutifs du modèle ?

2) Comment assembler ces éléments ?

3) Comment vérifier que le modèle construit répond aux fonctionnalités attendues ?

La modélisation d'un processus permet d'améliorer sa performance, le modèle est donc un outil d'optimisation locale dans l'entreprise. Classiquement, on sait bien que l'optimisation locale de plusieurs processus n'entraîne pas une optimisation globale. Il est donc important de ne pas perdre la vision globale de l'entreprise en modélisant chacun de ses processus. C'est ce que nous appelons dans cette thèse le problème de cohérence des processus abordés via les modèles décrits ci-dessus dans les périmètres de la problématique. La question qui se pose alors est :

Comment peut-on garantir la cohérence des modèles construits ?

1) Quels sont les critères de cohérence ?

2) Quelle démarche adopter pour utiliser ces critères ?

Le document est organisé autour de ces deux séries de questionnements. Le plan détaillé des chapitres est expliqué dans la dernière partie de cette introduction.

IV. Plan de la thèse et Organisation du document

L'introduction a permis de présenter le paradigme dans lequel s'inscrit cette thèse, les pôles de la systémique et les définitions de référence. Ensuite la problématique a exposé les questions de recherche traitées dans les prochains chapitres. Dans le but de séparer le pôle ontologique (informations et connaissances), le pôle fonctionnel (les processus) et les finalités de l'entreprise nous distinguons les modèles qui permettent d'atteindre ce but. Une méthode rigoureuse de modélisation est alors nécessaire pour assurer la cohérence entre les modèles construits et une cohérence globale de l'entreprise.

Le premier chapitre dresse un état de l'art des modèles d'entreprise, des méthodes de validation de modèles et de la réalisation de cohérence de modèle. Ce chapitre nous permet de prendre en compte les méthodes de modélisation suivies dans la littérature et les critères de mise en cohérence de modèles dans l'entreprise.

Le deuxième chapitre de la thèse présente la solution que nous apportons à la première série de questions : Analyser la construction et la validation des modèles de processus.

Le troisième chapitre présente la validation industrielle de nos travaux de recherche. L'entreprise partenaire est confronté à la problématique de choisir, de construire et de valider un modèle de processus. L'apport de la thèse est alors d'appliquer la méthode de construction et de validation de modèle dans le chapitre précédent. Mais l'intervention sur un cas industriel a enrichi considérablement la réflexion sur la cohérence des modèles et a permis de structurer la réponse que nous proposons pour garder une cohérence dans l'entreprise.

Le quatrième chapitre expose la méthode que nous suivons pour répondre à la deuxième série de questions : Définir les critères de cohérence des modèles et conserver la cohérence globale des systèmes de l'entreprise (et plus particulièrement du système d'Information et du système de Connaissances). Ce quatrième chapitre propose un guide de réalisation de cohérence en détaillant le rôle de chaque sous-système de l'entreprise dans la démarche de modélisation.

Le dernier chapitre de cette thèse présente la conclusion et les perspectives de recherche. La conclusion reprend la problématique de départ, résume les potentielles réponses dans l'état de l'art et rappelle les propositions de solutions dans le cadre de nos travaux et la validation de ces solutions par une application industrielle. La discussion des limites et des hypothèses de recherche ouvre des perspectives futures sur un plan académique, industriel et personnel.

Premier Chapitre: Etat de l'art

Premier Chapitre: Etat de l'art

I.	Terminologie de la modélisation en entreprise	34
II.	Approches générales de modélisation en entreprise	37
III.	Conclusions et impact de l'état de l'art de la modélisation en entreprise sur la problématique.....	41
IV.	Etat de l'art des modèles de processus de SCM, de PLM et de CRM	43
IV.1	Modèles de Supply Chain Management.....	43
IV.1.1.	Définition de la Supply Chain.....	44
IV.1.2.	Définition du Supply Chain Management(SCM).....	45
IV.1.3.	Etat de l'art des modèles de SCM	46
IV.1.4.	Synthèse de l'état de l'art des modèles de SCM	48
IV.2	Modèles de Product Lifecycle Management	48
IV.2.1.	Définition du Cycle de vie du produit.....	48
IV.2.2.	Définition du PLM	48
IV.2.3.	Etat de l'art des modèles de PLM	49
IV.2.4.	Synthèse de l'état de l'art des modèles de PLM	50
IV.3	Modèles de Customer Relationship Management (CRM).....	51
IV.3.1.	Définition de la relation client.....	51
IV.3.2.	Définition du Customer Relationship Management (CRM)	51
IV.3.3.	Etat de l'art des modèles de CRM.....	52
IV.3.4.	Synthèse de l'état de l'art des modèles de CRM	53
V.	Etat de l'art de la validation des modèles de systèmes d'entreprise	53
V.1	La fonction décisionnelle	56
V.2	La fonction cognitive	56
V.3	La fonction descriptive.....	57
VI.	Cohérence des systèmes d'entreprise et conservation de la cohérence à travers les modèles.....	57
VI.1	Cohérence des systèmes d'entreprise.....	57
VI.2	Un état de l'art de l'interopérabilité des modèles et des domaines concernés.....	58
VI.3	Réalisation de l'interopérabilité entre les modèles dans la littérature.....	59
	Conclusion du premier chapitre	60

Introduction au premier chapitre

Appliquer un modèle en entreprise nécessite de comprendre sa construction et de tester sa validité pour garantir son efficacité. Les modèles de processus transversaux concernent plusieurs entités fonctionnelles en entreprise et peuvent apporter des gains considérables. L'évolution de la modélisation et l'intérêt croissant des chercheurs pour les processus ont généré diverses techniques de modélisation.

L'état de l'art impose dans un premier temps de distinguer les différents termes désignant la modélisation. Modèle, méthode de modélisation, langage de modélisation, règles de modélisation ou encore méta-modèle sont tous des termes rencontrés dans les papiers de recherche. Par rapport à cette littérature, un positionnement est important. Cela sert à exposer les significations possibles que peuvent avoir ces termes et pour clarifier le sens qu'on leur donne par la suite.

Ensuite, l'état de l'art des méthodes de construction et de validation de modèle est réalisé. L'accent est mis sur les fonctionnalités attendues du modèle qui sont déterminantes pour en assurer la validité. Cette partie de l'état de l'art synthétise les réponses aux premières questions de la problématique.

Comment définir un langage de modélisation structuré, générique et complet permettant de modéliser les processus de l'entreprise (ici limité aux trois processus suscités) ?

Quelle démarche mettre en œuvre pour utiliser le langage de modélisation ?

- 1) Quels sont les éléments constitutifs du modèle ?**
- 2) Comment assembler ces éléments ?**
- 3) Comment vérifier que le modèle construit répond aux fonctionnalités attendues ?**

Afin d'appliquer les solutions proposées, les processus de Supply Chain Management (SCM), de Product Lifecycle Management (PLM) et de Customer Relationship Management (CRM) sont étudiés. L'état de l'art des modèles de chacun de ces processus distingue le langage et la démarche de modélisation et la méthode de validation du modèle. Cette partie explique l'évolution des modèles de SCM, de PLM et de CRM et détermine le degré de maturité en termes de clarté de langage et de méthode de construction.

Assurer une cohérence des échanges entre les modèles de processus est essentiel à l'équilibre de l'entreprise. La notion de cohérence peut avoir des significations différentes.

Comment peut-on garantir la cohérence des modèles construits ?

- 1) Quels sont les critères de cohérence ?**
- 2) Quelle démarche adopter pour utiliser ces critères ?**

Le système de Connaissances et le Système d'Information interagissent avec les processus. Les conditions de cohérence dans le cadre de cette recherche sont liées à ces échanges d'informations et de connaissances Car ceci permet de garder l'unité des sous-systèmes de Décision, d'Opération, d'Information et de Connaissance.

I. Terminologie de la modélisation en entreprise

La littérature en modélisation d'entreprise est assez conséquente. Cependant, des termes identiques sont utilisés pour désigner des concepts différents causant une confusion pour une personne qui cherche à utiliser un outil de modélisation. À titre d'exemple, un processus en entreprise peut être représenté par un Modèle, un Méta modèle ou un cadre de modélisation.

Syntaxiquement, quelques-uns de ces termes ont la même signification, mais ils peuvent être employés pour désigner des choses complètement différentes. Par manque de précision, des mots peuvent en remplacer d'autres. Il nous paraît judicieux d'exposer les définitions trouvées de chaque terme pour expliciter le processus de modélisation.

Nous proposons de distinguer : un modèle, un langage de modélisation, une méthodologie de modélisation, un méta-modèle, un cadre de modélisation, une architecture d'entreprise ou « framework » et une norme de modélisation.

D'un point de vue général, **un modèle** est « toute représentation d'un système réel, qu'elle soit mentale ou physique, exprimée sous forme verbale, graphique ou mathématique » [Walliser, 1977]. La structure d'un modèle dépend des objectifs que le modélisateur veut atteindre, Le Moigne affirme que la connaissance de la structure et des fonctions de l'objet à modéliser « ne s'entendent que par rapport aux intentions que nous lui proposons » [Le Moigne, 1994].

« Un modèle d'un phénomène ou d'un processus est essentiellement un modèle de représentation tel qu'il permette, d'une part, de rendre compte de toutes les observations faites et, d'autre part, de prévoir le comportement du système considéré dans des conditions plus variées que celles qui ont donné naissance aux observations » [Naslin, 1963].

En modélisation d'entreprise le terme **modèle** désigne la représentation que l'on se fait de l'entreprise ou d'une partie de l'entreprise en général. Cette représentation peut être faite en fonction de schéma simple ou en traduisant la réalité en fonction d'équations mathématiques.

Un modèle « a pour objectif de formaliser tout ou partie de l'entreprise dans le but de comprendre ou d'expliquer une situation existante ou pour réaliser puis valider un projet conçu » [Braesch et al, 1995].

Dans le domaine de l'ingénierie dirigée par les modèles, tout modèle est relié à **un méta-modèle** [Bézivin et al, 2003]. Un méta-modèle doit être conçu pour expliquer la construction du modèle, il comporte toutes les composantes qui peuvent être utilisées pour la modélisation ainsi que l'ensemble des règles à respecter pour relier ces composantes. Le méta-modèle explique l'enchaînement des règles de modélisation, il est indépendant de la réalité à modéliser et ne concerne que la structure du modèle. Une définition utilisée assez souvent dans la littérature est la suivante :

Un méta-modèle « est un modèle qui définit le langage dans lequel un modèle s'exprime » [OMG 2002].

Pour un modèle informatique ou logiciel, la relation entre le modèle et le méta-modèle auquel il est conforme prend plus d'importance que la relation entre le modèle et le système réel. Ceci permet d'assurer d'un point de vue théorique, mais surtout opérationnel

qu'un modèle est correctement construit et donc qu'il est envisageable de lui appliquer des transformations automatisées.

Souvent, les notions de **langage de modélisation** et de méta-modèle sont confondues alors que ce sont deux concepts bien différents.

« Un langage est un système abstrait alors qu'un méta-modèle est une définition explicite de ce langage. Il faut donc distinguer le langage, qui joue le rôle de système, du (ou des) méta-modèle (s) qui jouent le rôle de modèle (s) de ce langage » [Bézivin et al, 2003].

Un langage peut être soit informel (langage naturel, par exemple), semi-formel (langage ou formalisme essentiellement graphique par exemple) ou formel (langage mathématique). La plupart du temps, les modèles basés sur un langage informel sont utilisés pour décrire une situation existante tandis que les modèles basés sur un langage formel permettent la vérification des propriétés fixées dans un projet donné [Chapurlat et al 1999].

La notion de **cadre de modélisation** a vu le jour dans les années 90, avec entre autre les travaux de Zachman [Zachman, 1996]. Un cadre de modélisation regroupe plusieurs modèles à la fois dans le but de comparer ces modèles en fonction d'une grille de critères propre et de donner une classification qui tient compte des notes de chaque modèle dans la grille de critères. Un cadre de modélisation « explique le positionnement relatif des modèles, les zones de recouvrement et la dynamique de passage de l'un à l'autre » [Vallespir et al 2003].

La notion de cadre de modélisation est proche de celle **d'architecture d'entreprise**, car on parle dans les deux cas d'un ensemble de modèles, mais les objectifs recherchés par ces deux structures sont différents. Une architecture intègre différentes dimensions de la même entreprise, on parle de « framework » qui est un modèle à plusieurs dimensions servant à représenter l'entreprise dans différents points de vue. On obtient ainsi une architecture des systèmes de l'entreprise qui est organisée suivant une logique fournie avec le « Framework ». La définition donnée par IEEE1471 (ISO 25961) est :

« L'organisation fondamentale d'un système incorporant ses composants, les relations entre ses composants et les relations de l'environnement, en plus des principes qui guident la construction (le design) de l'organisation et de son évolution. »

L'architecture concerne l'arrangement des fonctions qui maximisent le plus les objectifs de la structure du système. À partir de l'ISO 15704, l'architecture d'un système est définie comme un modèle des arrangements basiques et des connectivités entre les composants du système (ses composants pouvant être des objets ou entités physiques ou conceptuelles). Des exemples d'architecture d'entreprises sont: Zachman Framework [Noran, 2003], DoDaf Architecture [C4ISR, 97], Stair-Like Architecture [Chen and Qing, 2010] et The Federal Enterprise Architecture Framework (FEAF).

Enfin un terme utilisé souvent en modélisation est celui de **norme de modélisation**. Une norme est, en général,

« un document accessible à tous, établi par consensus et adopté par des organismes dont la compétence est reconnue, que ce soit au niveau national, régional ou international. Visant à répondre à un

besoin exprimé, ce texte est ainsi élaboré et validé- selon une procédure précise (en général un vote à la majorité)- par un organisme officiel » [Benezech, 1996].

Des langages de modélisation, des méthodes de modélisation ou des modèles d'entreprise peuvent être des solutions de références pour comprendre, visualiser ou anticiper des décisions sur l'entreprise. Le renvoi aux normes est source de confusion, car une norme de modélisation peut désigner plusieurs concepts. Seule une lecture de la norme en détails permet de distinguer si elle porte sur un langage, sur un modèle, sur une méthode de modélisation ou sur les trois à la fois. Parmi les organismes qui ont développé des normes en modélisation d'entreprise on peut citer : le CEN (Comité Européen de Normalisation), l'ISO (International Organization for Standardization), l'ISA (Instrument Society of American) et l'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers).

Les normes ISO restent néanmoins les plus connues et les plus utilisées. En modélisation d'entreprise, la section ISO TC 184 SC5/WG1 a produit quatre normes : l'ISO 14258 (1998), l'ISO 15704 (2006), l'ISO 19439 (2006) et l'ISO 19440 (2007). [Perrot, 2008].

La norme ISO 14258 (Rules and guidelines for Modelling), apparue en 1998, a dressé un état de l'art des méthodes de modélisation en entreprise et a apporté des définitions communes pour les termes figurant dans les normes suivantes. Cette norme présente les règles et un guide de modélisation. Cette norme incite à l'interopérabilité des normes et sur la communication inter-processus.

La norme ISO 15704 (Requirements for enterprise references Architecture (needs for frameworks, methodologies, languages, tools, models, Modules)) apparue en 2006, reprend les conclusions de la norme ISO 14258 et la méthodologie GERAM [IFIP-IFAC, 1999] pour proposer une architecture d'entreprise à deux dimensions. Elle permet de couvrir des transformations globales (telles que des démarches de re-engineering de processus) et des transformations locales (telles que la démarche d'amélioration d'un critère de performance précis d'un processus). L'ISO 15704 récapitule les travaux précédents en PERA, IEM, GRAI GIM, CIMOSA et GERAM. Cette norme introduit deux nouvelles dimensions : la dimension économique et la dimension décisionnelle (qui articule l'exécution des décisions opérationnelles).

L'ISO 19439 (Enterprise Integration Framework for Enterprise Modelling) complète l'architecture d'entreprise de la norme ISO 14258 par la définition d'une troisième dimension : le niveau de généralité. Elle propose un « Framework » pour la modélisation en entreprise plus complet et plus difficile à appliquer car il est plus contraignant. Elle articule la modélisation d'entreprise autour de 3 dimensions : la phase du modèle d'entreprise (Identification du domaine, Définition des concepts, Définition des besoins, Spécification de la conception, Description de l'implémentation, Domaine opérationnel, Définition de la mise hors service), les vues du modèle d'entreprise (Fonction, Information, Ressource et Organisation) et le niveau de généralité du modèle (Le niveau particulier, le niveau partiel et le niveau générique) : Phase-View-Genericity.

L'ISO 19440(Enterprise Integration : constructs for enterprise modelling), apparue en 2007, définit un langage de modélisation dont les primitives sont les « construct » ou les briques de base de la norme ISO 19439. Cette dernière norme donne les règles de modélisation qui permettent de construire le « framework » de la norme ISO 19439. La norme ISO19440 présente des sémantiques identiques pour une unification de modèles et supporte une approche processus.

Ainsi l'état de l'art comporte plusieurs termes et définitions pour parler de modèle. En modélisation d'Entreprise, nous rencontrons des modèles, des langages, des cadres ou des architectures qu'il est possible d'employer pour modéliser l'entreprise. Mais aussi pour chacun de ces concepts plusieurs approches de modélisation sont possibles.

II.Approches générales de modélisation en entreprise

Les papiers de recherche en modélisation d'entreprise sont très riches en méthodes et en langages de modélisation. L'état de l'art que nous faisons n'aspire pas à étudier en détail l'ensemble de ces travaux de recherche, mais essaye de mettre l'accent sur les tentatives les plus connues et celles qui expriment le mieux la vue systémique que nous adoptons de l'entreprise.

La classification des précédents travaux de recherche s'est appuyer sur le point de vue adressé de l'entreprise. Nous distinguons les approches fonctionnelles, les approches information ou données (data) et les approches ressources. Cette classification a été introduit en premier par Vernadat [Vernadat 1996, Vernadat 1997].

Le point de vue fonctionnel considère l'entreprise comme un enchainement de fonctions dont l'exécution nécessite la mobilisation de plusieurs types de ressources : humaines, matérielles et logicielles.

Le point de vue Information ou données (data) met l'accent sur les moyens en information de l'entreprise. Il traite l'architecture et le management du Système d'Information, la circulation des flux d'informations et les ressources technologiques et logicielles pour la gestion de l'information en entreprise.

Le point de vue ressource, représente l'entreprise comme un ensemble de ressources humaines (managers, opérateurs...), matérielles (machines, véhicules de transportation...), technologiques (logiciels de traitements, solutions technologiques,...) et de connaissances (bonne pratique, savoir-faire,...). Le but de la modélisation est de planifier au mieux la gestion de ses ressources.

Le tableau 1 récapitule une partie des modèles d'entreprise en précisant à chaque fois l'approche adoptée pour l'entreprise.

La distinction entre les différents termes en modélisation d'entreprise (partie I : Terminologie de modélisation en entreprise) a été prise en compte. Les travaux de recherche présentés dans le tableau 1 sont classés en modèles d'entreprise, langage de modélisation, et en méthodologie de modélisation. Le tableau 1 inclut principalement des papiers de références pour les travaux présentés. Ces papiers sont soit les papiers fondateurs du modèle, langage ou méthode étudiées soit les papiers de recherche les plus cités les concernant.

Approche	Utilisation en tant que	Méthode de modélisation	Références bibliographiques
Fonctionnelle	Langage de modélisation	SASS (Structured Analysis and System Specification)	T De Marco. Structured analysis and system specification. ACM Classic Books Series Classics in software engineering 1979
Fonctionnelle	Langage de modélisation	SADT Structured Analysis and Design Technique	D.T. Ross, "Structured Analysis (SA): A Language for Communicating Ideas," IEEE Transactions on Software Engineering, vol. 3, no. 1, pp. 16-34, Jan/Feb, 1977
Fonctionnelle	Langage de modélisation	IDEF0 (Integrated Computer- Aided Manufacturing Definition)	The IDEF family of languages. Christopher Menzel & Richard J Mayer. University of Texas, www.idef.com
Fonctionnelle	Langage de modélisation	IDEF3	The IDEF family of languages. Christopher Menzel & Richard J Mayer. University of Texas, www.idef.com
Fonctionnelle Data/Information	Langage de modélisation	IDEFx1	The IDEF family of languages. Christopher Menzel & Richard J Mayer. University of Texas, www.idef.com
Information	Modèles de l'entreprise	ARIS (Architecture of Integrated Information Systems)	ARIS Business Process Modeling. A.W. Scheer. Springer, Third Edition 2000
Information	Langage de modélisation	MERISE (Méthode d'Etude et de Réalisation Informatique par les Sous-ensembles (ou par les Systèmes d'Entreprise)	Tardieu Hubert, Rochfeld Arnold, Colletti René, Panet Georges et Vahee Gérard. La méthode Merise. 2: démarche et pratiques. Editions d'Organisation FRANCE (1985)
Fonctionnelle Data/Information Ressources	Méthodologie de modélisation	CIMOSA (Computer Integrated Manufacturing Open Systems Architecture) for CIM Open System Architecture	- ESPRIT-AMICE. CIM-OSA - A Vendor Independent CIM Architecture. Proceedings of CINCOM 90, pages 177-196. National Institute for Standards and Technology, 1990. - K. Kosanke, F. Vernadat, M. Zelm. CIMOSA: enterprise engineering and integration, , Computers in Industry 40 1999.83–97

Approche	Utilisation en tant que	Méthode de modélisation	Références bibliographiques
Fonctionnelle Data/Information Ressources	Méthodologie de modélisation	GRAI (Graphs with Results and Activities Interrelated)	G. Doumeingts, B. Vallespir, D. Chen, GRAI grid, decisional modelling, in: P. Bernus, K. Mertins, G. Schmith (Eds.), Handbook on Architecture of Information System International Handbook on Information Systems, Springer, Berlin, 1998.
Fonctionnelle Data/ Information Ressources (dont humaines)	Méthodologie de modélisation	PERA (Purdue Enterprise Reference Architecture and Methodology)	T.J Williams. The Purdue Enterprise Reference Architecture and Methodology (PERA). In "Handbook of life cycle engineering: concepts, models, and technologies" écrit par Arturo Molina, José Manuel Sánchez, Andrew Kusiak. Klumer Academic Publishers, 1998
Fonctionnelle Data/ Information Ressources	Méthodologie et cadre de modélisation	GIM (GRAI Integrated Methodology)	Roboam M, Zanettin M, Pun L 1989, 'GRAI-IDEFO-Merise (GIM): integrated methodology to analyse and design manufacturing systems, <i>Computer integrated manufacturing systems</i> , vol. 2, n°2, pp. 82-98.
Fonctionnelle (Processus) Data/Information Ressources	Méthodologie et cadre de modélisation	GERAM (Generalised Entreprise Reference Architecture and Methodology)	IFIP-IFAC 1999, GERAM: Generalised Enterprise Reference Architecture and Methodology. IFIP-IFAC Task Force on Architectures for Enterprise Integration, March.
Fonctionnelle Data/ Information	Langage de modélisation	UML (Unified Modeling Langage)	DF D'souza, AC Wills, Addison-Wesley. Objects, components, and frameworks with UML: The catalysis approach. Longman Publishing Co., Inc. Boston, MA. 1998
Fonctionnelle Data/ Information	Cadre de modélisation	UEML (Unified Enterprise Modeling Langage)	Vernadat F 2002, UEML: towards a unified enterprise modelling language. International Journal of Production Research. vol. 40, n°17, pp. 4309-4321

Approche	Utilisation en tant que	Méthode de modélisation	Références bibliographiques
Fonctionnelle Data/ Information	Langage de modélisation	SysML (System Modeling Language)	Matthew Hause. "The SysML Modelling Language", Fifth European System Engineering Conference 18-20 September 2006

Tableau 1.1 - Etat de l'art de la modélisation en Entreprise -

Le langage **SADT** (Structured Analysis and Design Technique) est le plus ancien des langages utilisés pour la modélisation d'entreprise. Il a inspiré les méthodes de modélisation dites cartésiennes ou structurées telles que le langage SASS (Structured Analysis and Systems Specification). Ces méthodes sont utilisées essentiellement pour modéliser les fonctions de l'entreprise.

L'ensemble des langages **IDEF** (Integrated Computer- Aided Manufacturing Definition) représente essentiellement les fonctions d'un système. Les variantes les plus courantes sont IDEF0 (qui est très proche de SADT (on parle de SADT-like)), IDEF3 et IDEFx1. Galland, dans ses travaux de thèse [Galland, 2001], détaille l'ensemble des langages IDEF (d'IDEF0 à IDEF4).

La figure 1.2 représente la brique fonctionnelle représentant un processus avec le langage IDEF0.

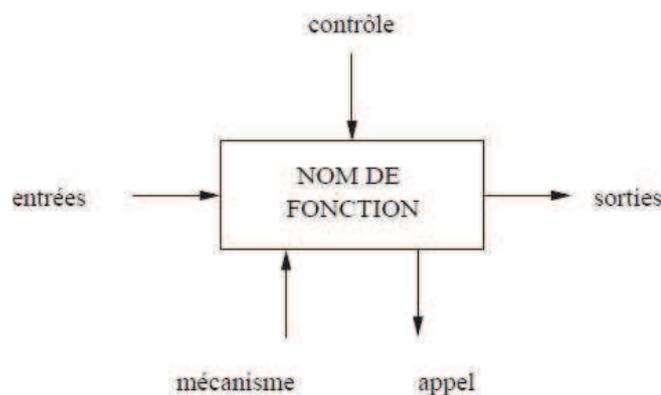


Figure 1.1 - Représentation d'une fonction en IDEF0 -

IDEF0 construit un modèle des activités de l'entreprise et donne un diagramme hiérarchique des activités de l'entreprise (représentées par des boîtes) que relie les données (représentées par des flèches) échangées au cours de l'exécution de ses fonctions.

IDEF3 reprend la même vue de l'entreprise que IDEF0 : la vue fonctionnelle. Pour illustrer les fonctions d'une entreprise, IDEF3 utilise des diagrammes de flux basés sur des unités de comportement (UDC) et des documents d'information. Les liens et les échanges entre UDC sont schématisés par des symboles différents.

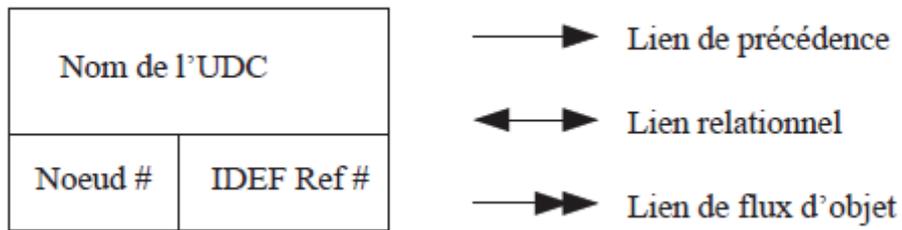


Figure 1.2 - Représentation d'un UDC en IDEF3 -

Les objectifs du langage **IDEF1** sont de construire un modèle d'information intégré et de concevoir une base de données pour ce dernier. IDEF1 définit un ensemble de procédures et de règles permettant d'implanter et d'installer la base de données et les fonctions associées.

Centrés sur le système d'information de l'entreprise, **ARIS** (Architecture of Integrated Information Systems) et **MERISE** analysent la conception du Système d'Information. Ce dernier langage présente une méthodologie de programmation structurée et d'analyse modulaire des systèmes.

Les méthodologies de modélisation telles que **GRAI** (Graphs with Results and Activities Interrelated) et **CIMOSA** (Computer Integrated Manufacturing Open Systems Architecture) proposent la modélisation de plusieurs vues de l'entreprise. GRAI est composé d'un modèle conceptuel, d'une grille et d'un réseau. CIMOSA comprend un cadre de modélisation, une plate-forme d'intégration et une méthodologie d'intervention sur les systèmes de production.

PERA (Purdue Enterprise Reference Architecture and Methodology) complète la méthodologie de CIMOSA par une distinction des étapes du cycle de vie de l'entreprise.

Des travaux de recherche ont proposé d'améliorer la performance de méthodologie de modélisation déjà reconnue. **GIM** (GRAI Integration Methodology) s'est basé sur les principes de GRAI, d'IDEF0 et de MERISE pour enrichir la Méthodologie GRAI. De la même façon **GERAM** (Generalised Enterprise Reference Architecture and Methodology) est basé sur les concepts de GRAI-GIM, PERA et CIMOSA. GIM et GERAM sont plutôt des cadres de modélisation qui positionnent les modèles et méthodologies sur lesquels ils sont bâtis et complètent ses méthodologies reconnues par des langages faciles d'utilisation.

Enfin **UML** [D'souza et al, 1998] a été, comme MERISE, un langage de modélisation largement utilisé. **UML** est plus particulièrement adapté à « la spécification, la visualisation, la construction et la documentation des interfaces d'un système logiciel » [Hause, 2006]. UML est aussi la base d'autres langages de modélisation telle qu'**UEML** (Unified Enterprise Modelling Language) qui a pour but entre autre de fournir un cadre pour positionner différentes approches de modélisation en entreprise. Ou encore **SysML** adapté particulièrement à une vue systémique. Il permet de modéliser l'architecture d'un système logiciel en détaillant les fonctions du système modélisé [Hause, 2006].

III. Conclusions et impact de l'état de l'art de la modélisation en entreprise sur la problématique

Une présentation des termes rencontrés en modélisation d'entreprise, a permis de définir avec précision les notions de modèle, de méta-modèle, de langage de modélisation, de cadre de modélisation et de normes. **Un modèle** utilise **un langage de modélisation** selon

des règles qui peuvent être renseignées dans **un méta-modèle**. **Un cadre de modélisation** rassemble des modèles représentant chacun un aspect particulier de l'entreprise. Après l'évaluation d'un organisme de normalisation, ces notions peuvent devenir des **normes de modélisation**.

Les techniques de modélisation présentées dans le tableau-1 sont, à tort, appelées modèles d'entreprise, à cause de la vue assez globale qu'elles donnent d'une entreprise. Mais nous estimons qu'elles appliquent une dynamique standard pour la construction d'une vision de l'entreprise en détaillant ses fonctions, ses informations ou ses ressources. Ces méthodologies dévoilent parfois des lacunes, des dysfonctionnements mais n'incitent pas à les combler ou à les corriger. Quelques-unes de ces méthodologies et langages de modélisation ont été utilisées pour modéliser les processus de l'entreprise telle que le processus de SCM (Supply Chain Management). Nous complétons l'état de l'art par l'étude des modèles spécifiques à chacun des processus de SCM, de PLM (Product Lifecycle Management) et de CRM (Customer Relationship Management).

IV. Etat de l'art des modèles de processus de SCM, de PLM et de CRM

Outre la détermination des fonctions du sous-système D'Opération, les processus de l'entreprise font le lien entre les différents sous-systèmes de Décision, d'Information, d'Opération et de Connaissance. Les processus dit « Inter-fonctionnels » définis par Laguna et Marklund [Laguna et Marklund, 2005] sont particulièrement en relation avec plus d'un des sous-systèmes de l'entreprise :

« Les processus inter-fonctionnel sont des processus « Horizontaux » qui relie plusieurs entités fonctionnelles qui sont elles mêmes rattachées à différents départements. Ces processus sont les plus difficiles à manager, car complexes, mais ils présentent le plus grand potentiel d'amélioration » [Laguna et Marklund, 2005]

Parmi les exemples de processus inter-fonctionnels, on peut citer le processus de gestion des achats, le processus d'application du développement durable ou le processus de gestion des ressources humaines de l'entreprise.

Chacun de ses processus structure le sous-système d'Opération (SO) selon les activités nécessaires pour le réaliser tout en mettant en évidence les flux d'entrée, les flux de sorties de chacune de ces activités et les ressources nécessaires pour effectuer la transformation des flux. Se substituant au SO, les processus inter-fonctionnels se transforment parfois eux-mêmes en système d'entreprise. Seulement, réduire le SO à un processus (quelle que soit l'importance de ce dernier dans l'activité du SO) nous parait une hypothèse loin de la réalité. Pour cela nous proposons de considérer trois processus qui donnent une idée plus proche de la réalité du SO. Ces trois processus sont le processus de gestion de la chaîne logistique globale ou le Supply Chain Management (SCM), le processus de gestion du cycle de vie du produit ou le Product Lifecycle Management (PLM) et le processus de gestion de la relation avec le client ou le Customer Relationship Management (CRM).

Après avoir présenté l'état de l'art de la modélisation en entreprise d'une manière générale, nous dressons l'état de l'art des modèles de trois processus de SCM, de PLM et de CRM en suivant les mêmes étapes.

Pour chaque processus, nous commençons par définir son périmètre, ensuite les étapes du processus sont déterminées. Les papiers de recherche sur les modèles sont classés en fonction de la nature du résultat fourni (modèle ou langage de modélisation). Enfin, nous concluons par une synthèse des renseignements à retenir de l'état de l'art.

IV.1 Modèles de Supply Chain Management

Dans le domaine de la production de biens et de services, la gestion efficace de la « Supply Chain » est un élément important pour gagner un avantage stratégique sur le marché. Dans ce domaine, plusieurs outils sont proposés pour améliorer la gestion de la « Supply Chain » d'une entreprise, Richmond et al [Richmond and Peters, 1998] proposent une comparaison entre ces outils de support aux différents processus fonctionnels de la Supply Chain et de traitement des flux d'informations entre ces processus. Seulement rares sont les démarches qui visent à avoir une vision générale donc plus claire de la Supply Chain, bien qu'il soit essentiel pour les managers d'avoir une telle vision. A chaque fois que le management d'une entreprise est confronté à un problème donné, les décisions prises visent la résolution de ce problème, mais affectent aussi les autres fonctions de l'entreprise. Nous allons nous intéresser aux modèles de « Value Stream Mapping » ou de création de chaîne de valeur dans la Supply Chain. D'autant plus que l'objectif premier du management

de la Supply Chain est de créer de la valeur non seulement pour l'entreprise, mais aussi pour l'ensemble des partenaires de la chaîne logistique [Lambert et Cooper, 2000]. Dans cette étude nous allons commencer par définir le concept de Supply Chain (SC) et de Supply Chain Management (SCM), ensuite nous présenterons deux modèles de construction de la chaîne de valeur dans la Supply Chain, en veillant à spécifier les primitives et la démarche de modélisation et à élaborer une étude critique du modèle.

IV.1.1. Définition de la Supply Chain

La « Supply Chain » ou « la chaîne complète d'approvisionnement » [Baglin et al, 2005], est :

L'ensemble de la chaîne de flux et de services qui permet à une entreprise de répondre à la demande de ses clients en fournissant le produit ou le service voulu [Baglin et al, 2005].

Ainsi la supply chain est fortement liée à la logistique de l'entreprise, elle couvre la totalité des opérations internes qu'elle doit réaliser sur les produits fabriqués ou les services délivrés tel que la conception des processus qui permettent de fabriquer ces produits, le management de la qualité et la gestion des stocks. La figure 1.4 illustre les maillons de la chaîne, étapes de la logistique interne de l'entreprise.

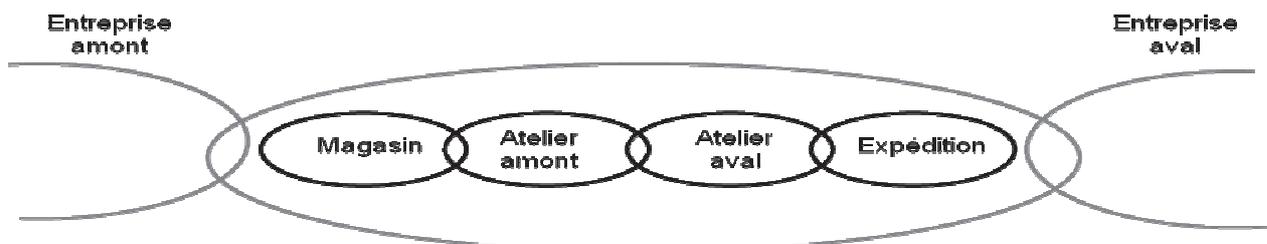


Figure 1.3 - La logistique interne de l'entreprise- [Petitqueux, 1999] -

Le magasin de stockage en début de chaîne reçoit les matières premières des fournisseurs pour alimenter l'atelier amont. Ce dernier fabrique des produits semi-finis ou des sous-ensembles qui seront montés dans l'atelier aval et expédiés en zone d'expédition vers l'entreprise cliente.

La Supply Chain concerne aussi un ensemble de partenaires externes. Idéalement, la chaîne logistique externe commence au fournisseur de matières premières brutes et arrive au client consommateur final du produit. La figure 1.5 liste les maillons de la chaîne logistique externe.

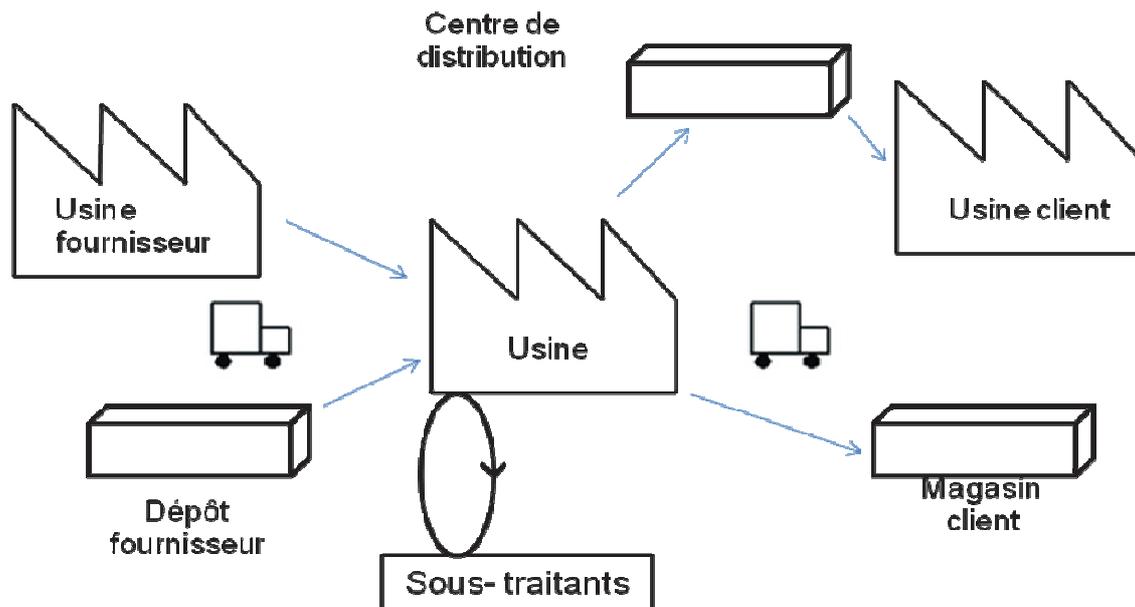


Figure 1.4 - la logistique externe de l'entreprise [Petitqueux, 1999] -

L'entreprise (représentée dans la figure 1.5) par son usine de production réceptionne de l'usine du fournisseur à travers le dépôt du fournisseur et livre à l'usine du client en passant par le centre de distribution. En cas d'externalisation d'une partie de la production, une collaboration avec des sous-traitants est envisagée. En cas de chaîne logistique étendue, la figure 1.5 est à reproduire en amont pour arriver au fournisseur de matières premières et en aval au client consommateur du produit.

Ainsi la Supply Chain ne se limite plus à « la gestion des flux physiques depuis les approvisionnements en matières premières jusqu'à la mise à disposition des produits finis aux clients sur le lieu d'achat ou de consommation » [Baglin et al, 2005], mais le concept de la Supply Chain a évolué pour désigner :

« L'ensemble de procédures et de logiciels permettant de gérer de façon optimale la totalité des flux d'information, des flux physiques et des interfaces entre les différents acteurs, producteurs et fournisseurs qu'implique la fabrication d'un produit ou l'offre d'un service. Ils se basent sur les renseignements concernant la demande jusqu'aux données nécessaires à la distribution, en passant par la conception et la production proprement dite » [Eymery, 1997].

La Supply Chain peut être considérée comme un système compliqué (ayant plusieurs composants connectés entre eux par des relations arborescentes) et complexe (un réseau de plusieurs composants avec des relations admettant des boucles de retour et qui ne sont pas forcément organisées de manières hiérarchique). Le Supply Chain Management, processus relié à ce système, requiert une attention particulière dans chaque entreprise.

IV.1.2. Définition du Supply Chain Management (SCM)

Le terme SCM (Supply Chain Management, ou en français GCL (Gestion de la Chaîne Logistique) a été introduit, pour la première fois, au début des années 80 par Shingo [Shingo, 1989]), depuis les outils et méthodologies de cette nouvelle discipline de management n'ont pas cessé d'intéresser les chercheurs et les entreprises.

Un état de l'art permet de relever plusieurs définitions du Supply Chain Management. Ce processus est considéré comme « une philosophie de management », « un ensemble d'activités pour implémenter une philosophie de management » ou « un ensemble de processus de management » [Mentzer et al, 2001].

La définition du SCM comme un ensemble de processus est assez répondeue. Le SCM est basé sur la définition des business process qui composent la Supply Chain. Un business process étant :

L'ensemble des activités à réaliser et les résultats attendus qui permettent à l'entreprise de fabriquer ses produits ou de livrer ses services [AFIS, 2010].

D'après le Global Supply Chain Forum (GCCF), un groupe d'entreprise et de chercheurs académiques [Lambert et Cooper, 2000] :

Le SCM est l'intégration des activités clés du business process en partant du client- consommateurs final jusqu'aux fournisseurs qui alimente la chaine par les produits, les services et les informations qui ajoutent de la valeur pour les clients et les actionnaires. Ces business processus sont, d'après les résultats d'étude de Lambert et Cooper, la gestion des relations avec le client (Customer Relationship Management), la gestion des services au client (Customer Services Management), la gestion des demandes (Demand Management), exécutions des ordres de production (Order Fulfilment), la gestion des flux de fabrication (Manufacturing Flow Management), la gestion des fournisseurs (procurement), le développement et la commercialisation de produits (product development and commercialization) et la gestion des retours (returns).

Outre les sous-processus constituant le SCM, cette définition identifie les membres de la Supply Chain (les fournisseurs, les clients et les partenaires industriels et logistiques de l'entreprise), les dimensions de la Supply Chain, les ressources de natures industrielles et logistiques et la circulation des flux (les flux physiques et les flux d'information). Dans un modèle de SCM, ces composants sont à organiser pour clarifier leurs rôles dans le processus.

IV.1.3. Etat de l'art des modèles de SCM

Dans le domaine de la production de biens et de services, la gestion efficace de la « Supply Chain » est un élément important pour gagner un avantage stratégique sur le marché. Dans ce domaine, plusieurs outils sont proposés pour améliorer la gestion de la « Supply Chain » d'une entreprise. Richmond et Peters [Richmond et Peters, 1998] proposent une comparaison entre ces outils qui servent de support aux différents processus fonctionnels de la Supply Chain et qui permettent le traitement des flux d'informations entre ces processus. Dans le tableau de la partie précédente (Tableau 1.1- Etat de l'art de la modélisation en entreprise), un ensemble de modèles et de langage est cité dans le cadre de la modélisation en entreprise en général. Quelques-uns de ces modèles sont appliqués au processus de SCM. Mais d'autres techniques sont développées spécifiquement pour la modélisation du SCM.

Modèle	Définition	Référence
IDEFO (Integrated Computer- Aided Manufacturing Definition)	Langage de modélisation	Chahed, 2008
UEML (Unified Enterprise Modelling Language)	Langage de modélisation	Vernadat, 2002
VSM (Value Stream Mapping)	Modèle	Abdulmalek and Rajgopal, 2007
Diagramme de flux	Langage de modélisation	Baglin, 2003
GRAPH NODES	Langage de modélisation	Giard, 2003
SCOR (Supply Chain Operations Reference Model)	Modèle	Stephens 2001
Modèle graphique semi formel de SCM	Modèle	Mentzer et al, 2001
Modèle quantitatif pour mesurer la performance des activités de la SCM.	Modèle	Li et al, 2005
Modèle de valeur de la SC	Modèle	Evans et Berman, 2001

Tableau 1.2 - Quelques modèles et langages de modélisation du SCM -

Le tableau 1.2 présente des exemples de modèles de SCM dans la littérature.

Grâce à un formalisme de la représentation des processus, IDEFO permet de représenter le SCM. Les travaux de thèse de Chahed [Chahed 2008] utilisent un modèle IDEFO pour représenter la Supply Chain dans un organisme d'Hospitalisation à Domicile.

Les travaux de Vernadat proposent un développement du langage UML : UEML (Unified Enterprise Modelling Language) qui permet la modélisation des processus de l'entreprise. [Vernadat, 2002].

Un diagramme de flux et un graphe de nœuds sont capables de représenter un SCM [Giard 2003, Baglin 2003]. L'analyse de la valeur appliquée à la SC donne un modèle de SCM qui pointe vers les opérations à valeur ajoutée dans le flux.

Suite à une recherche approfondie sur la SC, les modèles de VSM (Value Stream Mapping) et de SCOR (Supply Chain Operations Reference model) sont utilisés exclusivement pour le SCM. Le modèle de VSM [Abdulmalek and Rajgopal, 2007] est basé sur la théorie du Lean Manufacturing. Il propose de définir un état actuel du processus de SCM et un état futur amélioré. Le modèle SCOR est issu des travaux du Supply Chain Council : organisme indépendant d'industriels et d'académiques travaillant sur la SC depuis 1996. Le modèle SCOR met les outils de mesures de performance, les bonnes pratiques et les moyens logiciels au service d'un processus de Supply Chain décomposé en sous-processus business [Stephens, 2001].

D'autres modèles quantitatifs (on désigne par modèle quantitatif un modèle basé sur des modélisations mathématiques du SCM), permettent de calculer avec précision un critère de performance de la SC tel que le taux de stock ou la productivité. Un exemple des modèles quantitatifs est celui proposé par Li et al [Li et al, 2005] dont le travail a permis de mesurer la performance des activités dans un système de SCM.

Enfin le dernier type de modèles présentés dans le tableau 1.2 est un modèle graphique semi formel [Mentzer et al, 2001] qui décrit l'ensemble des fonctions d'un processus de SCM.

IV.1.4.Synthèse de l'état de l'art des modèles de SCM

La littérature est riche en modèle de SCM qui permettent de décrire, simuler ou manager la SC. La majorité des papiers de recherche précisent l'objectif du modèle. D'une manière générale, un modèle de SCM permet la compréhension de la SC et vise l'amélioration d'un de ses performances.

Plusieurs méthodes sont utilisées pour la construction des modèles de SCM. Les modèles basés sur un langage formel s'appuient sur la validité du langage pour représenter la SCM. Les modèles mathématiques sont validés à travers la validité des formules mathématiques utilisées pour le SCM. Il reste à vérifier la cohérence avec la réalité des représentations obtenues avec des langages formels ou mathématiques. Les modèles graphiques ou semi-formels déterminent des règles à respecter pour obtenir un modèle proche de la réalité. Les modèles tels que VSM ou SCOR se basent sur un ensemble de règles de modélisation claires et reprises dans les papiers de recherche.

IV.2 Modèles de Product Lifecycle Management

Dans cette partie, on s'intéressera au processus de gestion du cycle de vie : Product Lifecycle Management (PLM). Dans la chaîne de production, le client est passé de maillon final (destinataire du produit ou du service) à partenaire dans la conception réalisation du produit. D'une stratégie de « Make to Stock », les entreprises sont passées à une stratégie de « Custumize To Order (CTO) » ou de « Build To Order (BTO) » [Chiang et Trappey, 2007]. La maîtrise du cycle de vie du produit est devenue une condition de réussite. Sa définition permet de déterminer les étapes du processus du PLM.

IV.2.1.Définition du Cycle de vie du produit

Avec la mondialisation et l'ouverture des échanges commerciaux, la concurrence est de plus en plus forte sur les marchés. Les entreprises doivent répondre à des clients de plus en plus exigeants et proposer des produits et des services sur mesure. Il est nécessaire de détailler le cycle de vie du produit pour localiser les étapes à valeur ajoutée pour le client. La maîtrise de ses étapes favorise l'identification des possibilités d'amélioration.

Les quatre étapes classiques d'un cycle de vie de produit sont la conception ou le design, la production, l'utilisation et le retrait du marché. Les caractéristiques techniques du produit et les étapes de sa fabrication sont définies lors de la conception du produit par le département de recherche et développement de l'entreprise. Ensuite, les moyens matériels sont mis en place pour assurer la production. Le panel des fournisseurs, le mode de stockage et les réseaux de distribution complètent la Supply Chain. L'utilisation du produit commence à son arrivée chez le client consommateur final. Le service après vente assure le suivi des performances du produit chez le client et intervient en cas de besoin. Le suivi de la fin de vie du produit permet de récupérer le produit inutilisable pour le recyclé.

Les étapes du processus de PLM suivent les étapes du cycle de vie du produit en proposant à chacune de ces étapes les outils nécessaires à son amélioration.

IV.2.2.Définition du PLM

Les recherches en PLM ont débuté par la gestion des données techniques tout au long du cycle de vie. Le PDM (Product Data Management) propose des outils facilitant l'échange d'information entre les différents acteurs et le stockage des données produits pour une longue période. Dans ce contexte :

« Le PLM est une plateforme permettant de stocker gérer et administrer un grand nombre de documents techniques sur une période pouvant être longue. » [Ducellier et al, 2007]

Le PLM a évolué pour représenter l'entreprise dans sa totalité et intégrer, en plus des ressources informatiques, les ressources humaines et le processus de production.

Le PLM est « une approche stratégique qui applique un ensemble conséquent de solution de business en support d'une action collaborative de création, de management de divulgation et d'usage d'information produit dans l'entreprise étendue, depuis le concept jusqu'à la fin de vie. Cette action intègre les ressources humaines, les processus, les systèmes business et les informations. » [Chiang et Trappey, 2007]

La définition retenue du PLM dans la suite de cette thèse est celle d'une vision stratégique globale qui présente le PLM comme un processus inter-fonctionnel. Le PLM est :

« Une vision entière de l'entreprise qui gère les données produit et processus pour l'ensemble de leur cycle de vie, il touche les hommes, les processus, l'organisation, les applications du système d'information, il recouvre les fonctions de création des données produit en ciblant leur gestion, leur partage et leur validation. Enfin, il inclut des outils de production d'informations produit (la CAO ou la FAO), les outils de gestion des données produit (PDM). Pour lier ces deux outils on utilise le plus souvent des maquettes numériques et de visualisation. Et enfin plus en amont du produit se trouvent les configureurs, la gestion de portefeuille projet, les outils d'usine numérique... » [Debaecker, 2004].

Ainsi appliquer la vision PLM signifie « être capable de simuler la réalité des produits d'une manière virtuelle : la vie complète du produit et de son environnement sous l'angle de la conception en intégrant tous les partenaires en mode collaboratif et sous l'angle de l'utilisation en modélisant les contextes d'utilisation » [Debaecker, 2004]. Cette vision permet de mémoriser le « savoir faire », d'accroître la capacité du système à « apprendre ce qu'on lui a inculqué et de le refaire avec de nouveaux paramètres ou spécifications » [Debaecker, 2004]. Ce point de vue accorde la plus grande importance à la gestion des connaissances générées par une entreprise ou un système donné.

Nous nous concentrons sur les modèles de PLM qui permettent de représenter le processus dans sa globalité et non seulement un outil spécifique au service du PLM.

IV.2.3. Etat de l'art des modèles de PLM

Dans un contexte industriel de customisation, l'ensemble de l'entreprise est organisé autour du processus de PLM. Il devient important de se munir d'un modèle représentant la globalité de ce processus.

Dans la littérature, peu de modèles sont focalisés sur la représentation de toutes les étapes du cycle de vie du produit. Si de tels modèles ont été proposés, leur application a concerné une entreprise en particulier. Les techniques de Product Data Management ont été à l'origine de l'émergence du processus de PLM. On retrouve dans les modèles de PLM plusieurs outils d'interopérabilité de données et d'intégration de logiciel informatique [Ducellier et al, 2007]

Le tableau 1.3 présente des exemples de modèles du processus global du PLM.

Modèle	Définition	Référence
Modèle graphique avec langage semi-formel	Modèle	Abramovici et Sieg, 2002
Modèle UML	Langage de Modélisation	Sudarsan et al 2005
Modèle UML (introduisant le concept de "Holon" (l'association d'un produit avec une information).	Modèle	Terzi 2005
Modèle graphique	Modèle	Grievés M, 2006
Modèle graphique avec langage semi-formel	Modèle	Jun et al, 2007
Modèle graphique avec langage semi-formel	Modèle	Chiang et Trappey, 2007

Tableau 1.3 - Quelques modèles et langages de modélisation du PLM -

La majorité des modèles présentés dans le Tableau 1.3 [Abramovici et Sieg 2002, Grievés 2006, Jun et al 2007 et Chiang et Trappey 2007] sont basés sur un langage graphique. Les composants du cycle de vie du produit sont traduits en pictogrammes et sont reliés entre eux au moyen de flux de matières et d'information. Parmi les langages de modélisation d'entreprise, seul UML semble avoir été utilisé pour un modèle de PLM [Sudarsan et al 2005 et Terzi 2006]. L'utilisation d'UML démontre l'importance du PDM dans la modélisation du processus de PLM [Eynard et al, 2004].

Les modèles de PLM étudiés ont montré clairement l'absence de modèle commun à tous les chercheurs à la manière des modèles de SCM.

IV.2.4.Synthèse de l'état de l'art des modèles de PLM

Notre objectif est d'essayer d'avoir une démarche semblable à l'étude des modèles de SCM. On a distingué pour chaque modèle les primitives de modélisation et les règles de modélisation qui ont conduit à la construction du modèle.

Pour l'ensemble des modèles étudiés, des composants communs sont relevés. A titre d'exemple nous pouvons citer le cycle de vie du produit, la représentation des acteurs et des livrables de chaque étape du cycle de vie, la base de données qui regroupe les informations sur le produit et les informations échangées lors du cycle de vie (des fois même les connaissances échangées lors du cycle de vie) et enfin la représentation des flux échangés (flux de matières et flux d'informations).

Deux concepts de base sont essentiels à l'application du PLM en entreprise : l'interopérabilité entre les différents départements qui appliquent cette vision et la traçabilité des données produit tout au long de son cycle de vie. Il est important qu'un modèle de PLM illustre ces deux concepts pour contribuer au succès de la vision PLM.

Les divergences entre les modèles sont essentiellement dans la représentation graphique des primitives de modélisation. Différentes chartes graphiques sont utilisées.

IV.3 Modèles de Customer Relationship Management (CRM)

Les techniques de Customer Relationship Management (CRM) ont accompagné un changement organisationnel dans les entreprises. D'une structure basée sur le produit, les entreprises sont passées à une structure basée sur le client. Ceci a créé un besoin d'uniformisation entre les pratiques du marketing et les technologies d'information pour intégrer de nouvelles technologies dans la gestion des relations clients. Seulement investir dans les techniques et outils du CRM sans avoir dans l'entreprise une culture (et donc une connaissance) du CRM revient à « jeter l'argent par les fenêtres » [Chen et Popovich, 2003]. Il y a un besoin de comprendre les bases du CRM à travers différents modèles. Ceci ne peut être atteint qu'avec un accord entre les managers et les opérationnels et une collaboration totale entre les entreprises et leurs clients.

IV.3.1. Définition de la relation client

Contrairement à la Supply Chain et au cycle de vie du produit qui sont (totalement ou en grande partie) interne à l'entreprise, le client est un partenaire externe de l'entreprise, mais il influence considérablement son organisation, ses processus et ses objectifs. Le contexte industriel (le type de produit ou de service, les particularités du marché et la nature des services proposés aux clients) déterminent plusieurs formes d'échanges possibles entre l'entreprise et ses clients.

La relation avec le client peut avoir plusieurs formes : échange d'information, ventes de produits, réalisation de transaction, échange d'information sur le marché ou plus récemment échange de connaissances.

Après avoir déterminé les types d'échanges avec le client, les entreprises passent au management de ces échanges en mettant au point diverses techniques de CRM.

IV.3.2. Définition du Customer Relationship Management (CRM)

Sans le réduire à un ensemble d'outils techniques, le CRM peut être perçue comme un processus dont les étapes utilisent les ressources matérielles et humaines de l'entreprise pour atteindre un objectif sur la gestion de la relation avec le client. Le processus de Customer Relationship Management (CRM) peut être défini comme :

« Le processus qui conduit au développement et l'évaluation des opportunités du marché pour construire un portfolio de relations clients maximisant le profit pour les différents partenaires » [Zablah et al 2004].

Le CRM permet, d'abord, à l'entreprise de recueillir les données du client assez rapidement et sans difficulté, d'identifier les clients qui apportent le plus de valeurs sur le temps et d'augmenter la fidélité de ces clients en leur livrant des produits et des services personnalisés [Rigby et al 2002]. L'objectif du CRM, ensuite est d'acquérir, de conserver et de s'associer à des clients particuliers pour créer de la valeur pour l'entreprise et le client [Parvatiyar et Seth 2001]. Et enfin, le CRM facilite les relations entre les entreprises, leurs clients, leurs fournisseurs et leurs employés [Galbreath, 1998].

La suite de ce troisième paragraphe, consacré au CRM, est dédiée à l'étude des modèles du processus de CRM dans la littérature.

IV.3.3. Etat de l'art des modèles de CRM

Deux tendances sont visibles dans l'étude des modèles de CRM : les modèles présentant les technologies de l'information et les modèles présentant les stratégies marketing

Pour la première catégorie de modèles, les chercheurs associent le CRM aux Technologies de l'Information ou « Information Technologies (IT) ». Les modèles proposés ont alors pour but « d'aider les entreprises à planifier l'utilisation des IT pour manager leurs clients » [Stone et al, 1996].

Pour la deuxième catégorie de modèles, l'accent est mis sur le rôle du CRM pour accomplir la stratégie Marketing de l'entreprise.

Le tableau 1.4 présente un bilan de l'étude de quelques modèles en précisant le type de langage utilisé et la définition que devrait avoir la proposition de modèle parmi celles que nous avons identifiées : un modèle, un langage de modélisation, un méta modèle et une norme de modélisation.

Modèle	Définition	Référence
Modèle du CRM marketing	Modèle	Paas et Kujilen, 2001
Modèle graphique de la relation client (présentant la relation avec le client comme un ensemble de relations)	Modèle	Ryals et Knox, 2001
Modèle graphique (décrivant le processus du CRM)	Modèle	Winer 2001
Modèle graphique (décrivant le processus du CRM)	Modèle	Knox et al, 2003
Modèle graphique (décrivant le processus du CRM)	Modèle	Zablah et al, 2004
Modèle graphique (étudiant les relations marketing entre les éléments)	Modèle	Avlonitis et Panagopoulos, 2005
Modèle graphique semi formel	Modèle	Payne et Frow, 2005
Modèle graphique semi formel (décrivant le processus d'innovation dans le CRM)	Modèle	King et Burgess, 2007
Modèle graphique (étudiant la valeur ajoutée du CRM à l'entreprise)	Modèle	Richard et Jones, 2008
Modèle graphique de CRM	Modèle	Ngai et al, 2009

Tableau 1.4 - Quelques propositions de modèle de CRM -

Les recherches en CRM sont riches et variées. Les modèles retenus sont basés sur des langages graphiques. Les modèles de Paas et Kujilen [Paas et Kujilen, 2001], de Ryals et Knox

[Ryals et Knox, 2001], de King et Burgess [King et Burgess, 2007] proposent des améliorations du marketing de l'entreprise pour gagner et fidéliser les clients.

Les modèles de Ngai et al [Ngai et al, 2009] de Payne et Frow [Payne et Frow, 2005] identifient les outils technologiques qui permettent d'améliorer le Système d'Information de l'entreprise.

La précision des langages de modélisation permet d'apprécier la maturité des modèles de CRM. Qu'ils soient marketing ou informatique, ils sont en majorité basés sur un langage graphique ou un langage semi-formel, mais par propre au modèle de CRM. Considérer le CRM comme un processus à part entière dans l'entreprise n'est pas une pratique rependue. Ils sont employés dans le cadre du management d'un Système d'Information ou d'une stratégie Marketing. Avec la prolifération des recherches en CRM, la définition de la relation client comme un processus de l'entreprise est devenue fréquentes.

IV.3.4.Synthèse de l'état de l'art des modèles de CRM

Faire l'état de l'art des modèles de CRM n'a pas permis de distinguer des modèles de références. Les modèles de référence sont proposés depuis des dizaines d'années et validés par de multiples utilisations en entreprise. Le concept du CRM est en lui-même un concept récent dans l'industrie, il résulte de l'avènement de la globalisation qui a cassé les barrières historiques de l'entreprise et qui a ouvert l'entreprise sur son environnement (son marché, ses clients, ses fournisseurs, ses concurrents...).

Apparues dans les dix dernières années, les recherches en CRM ont permis néanmoins de distinguer clairement deux composants d'un processus de CRM : le Système d'Information et les stratégies Marketing. Un processus de CRM puise des ressources dans ces deux systèmes de l'entreprise et est en échanges constant avec eux.

En modélisant le processus de CRM, le plus important est d'identifier l'objectif du processus. Un processus de CRM qui est totalement inscrit dans le SI aurait pour objectif de récapituler les outils technologiques utilisés pour rentrer les informations du client (venant du client) et les informations sur le client (venant de l'entreprise) dans le SI. Un processus de CRM qui est totalement inscrit dans le Système de Marketing aurait pour but de fidéliser les clients ou en acquérir d'autres.

En comparaison avec le SCM (où nous avons pu trouver des modèles de référence) ou le PLM (où nous avons pu trouver des composants de références pour la construction d'un modèle), la recherche en CRM ne présente pas de modèles de références et ne distingue pas de composant de modèles clair et partagé pour décrire au mieux le processus de CRM en entreprise.

V. Etat de l'art de la validation des modèles de systèmes d'entreprise

Afin de convaincre un utilisateur de l'utilité d'un modèle il faut que le modèle soit « valide ».

Pour présenter un nouveau modèle et inciter les managers à l'appliquer dans leur entreprise, le modélisateur doit avoir des arguments de poids. La validité d'un modèle est souvent liée aux améliorations de performances qu'apporte la modélisation (gain économique, réduction de stocks, meilleure satisfaction du client...) ainsi on se contente de discuter de l'application du modèle et non la construction du modèle en lui-même (la

pertinence de ses primitives, la clarté de ses règles de modélisation...) pour prouver sa validité.

Ce que nous proposons est de s'intéresser au modèle en tant que tel et non en tant que représentation d'un cas d'entreprise. Nous aspirons ainsi à proposer une validation théorique indépendante des résultats mesurés de l'application du modèle.

Le mode de validation des modèles rencontrés dans la littérature a été un sujet qui nous préoccupait depuis le début des travaux de thèse, surtout que peu d'articles se sont intéressés à la validation des modélisations proposées.

La plupart des articles rencontrés dans la littérature valident les modèles proposés par des applications sur des cas pratiques : [Abdulmalek et Rajgopal, 2007]. Le modèle est jugé validé car il représente le cas d'entreprise étudiée, ne présente pas de résultats contradictoires et son application apporte généralement des résultats positifs : gain d'argent, amélioration de la qualité, augmentation de la satisfaction des clients...

Dans la littérature, différentes définitions d'un modèle sont données. Selon les besoins de la recherche, nous avons remarqué que chacune de ces définitions attribue à un modèle une fonction particulière sans laquelle le modèle ne peut pas être valide.

Ensuite les qualités retenues pour définir un modèle servent en réalité à caractériser la fonction qu'il remplit.

Walliser [walliser, 1977] propose un ensemble de fonctions et de qualités que le modèle devrait vérifier pour être validé.

	Qualités syntaxiques					Qualités sémantiques					Qualités pragmatiques						
Fonction cognitive	Consistance	complétude	Indépendance	décidabilité	saturation	Validation théorique	Validation empirique	fécondité	Falsifiabilité	flexibilité	simplicité	exhaustivité	robustesse	sensibilité	maniabilité	souplesse	transparence
Fonction descriptive																	
Fonction décisionnel																	
Fonction normative																	

Tableau 1.5 - Récapitulatif des fonctions et qualités d'un modèle proposés par Walliser [Walliser, 1977] -

Avoir les qualités syntaxiques, sémantiques et pragmatiques listée dans le tableau 1.5 assure au modèle une syntaxe correcte, une compréhension facile par les modélisateurs et les utilisateurs et une application aisée sur des cas réels. La validation théorique et la validation empirique sont des qualités sémantiques du modèle, mais les fonctions du modèle sont tout aussi importantes pour en assurer la validité.

Pour mettre l'accent sur les fonctions remplies par un modèle, l'AFIS classe les modèles en quatre « types » [AFIS, 2010] importants : les modèles cognitifs, les modèles normatifs, les modèles prédictifs et les modèles pour communiquer. La fonction normative implique que l'on cherche à mettre en place un standard à suivre et s'assurer que le modèle peut porter ce standard et s'appliquera de la même manière dans différents contextes opérationnels. Il nous paraît ambitieux d'inclure cette fonction dans notre analyse des fonctions d'un modèle, nous nous concentrons pour un début sur les fonctions cognitives, décisionnelles et descriptives (ou représentationnelles). Nous essaierons de développer à partir des définitions proposées par Walliser [Walliser, 1977], des définitions plus détaillées pour chacune de ces fonctions.

V.1 La fonction décisionnelle

Le modèle sert à déterminer comment fixer les variables de commande pour atteindre les objectifs que l'on s'est fixés sur les variables de sortie, compte tenu de l'évolution probable des variables externes [Walliser, 1977]. A partir de cette définition, il éclaire une décision.

Dans notre cas, nous avons considéré que la fonction prévisionnelle, « prévoir comment évolueront les variables de sortie du système, en fonction de l'évolution probable des variables externes et d'hypothèses de fixation des variables de commande », est au service de la fonction décisionnelle. Avoir des scénarii différents en fonction des décisions à prendre permet de mesurer leur impact sur l'entreprise.

La « décidabilité », qui implique « l'existence d'une procédure permettant de dire qu'une proposition est vraie ou fausse » [Walliser, 1977], est une qualité syntaxique propre à tout modèle. Enfin, la fonction décisionnelle est d'autant plus importante dans notre cas où les modèles de systèmes d'entreprise étudiés sont destinés à des managers responsables de prendre les décisions dans leurs entreprises.

V.2 La fonction cognitive

Un modèle est un moyen de connaître le système, il permet la compréhension du fonctionnement de l'entreprise. Il facilite la cognition en représentant « les relations (internes) qui existent entre variables d'entrées et variables de sorties du système » [Walliser, 1977].

Parmi les qualités sémantiques d'un modèle, « la simplicité » appuie cette fonction. Cette qualité fondée sur le principe de parcimonie d'Ockham, [Alféri, 1989] impose qu'un modèle doit être facile à comprendre en termes d'hypothèses formulées et d'étapes de mise en œuvre. On ne devrait pas hésiter donc à éliminer les hypothèses qui compliquent ou inhibent la cognition du système.

Quant aux qualités pragmatiques d'un modèle, la « maniabilité » et « la transparence » [Walliser, 1977] appuient la fonction cognitive.

La « maniabilité » impose une simplicité suffisante pour que l'utilisateur ne se heurte pas à des contraintes théoriques (pour la compréhension) ou matérielles (pour l'application).

La transparence est la qualité « d’être compris assez facilement par un large éventail de personnes » [Walliser, 1977] donc la compréhension du modèle est d’autant plus facilitée.

V.3 La fonction descriptive

Nous estimons que la fonction cognitive est complétée par une autre fonction : la fonction descriptive ou représentationnelle. Pour connaître un système et le comprendre il faut que le modèle soit capable de décrire aussi parfaitement que possible le système. Avant de comprendre les relations internes entre variables d’entrées et variables de sorties du système, il faut que le modèle permette de définir ces variables et en distingue les caractéristiques.

Cette fonction nous paraît importante d’autant plus qu’elle est fondée sur certaines qualités essentielles à un modèle.

Pour les qualités sémantiques du modèle, l’exhaustivité garantit sa capacité à « décrire plusieurs systèmes ou un même système au cours de ces nombreuses évolutions ». Alors que les qualités pragmatiques du modèle, sa maniabilité, sa souplesse (« l’aptitude à subir des modifications rapides des variables d’entrées ou des variables internes » [Walliser, 1977]) et sa sensibilité (« avoir une précision suffisante pour que les variations des sorties en fonction des entrées soient significatives » [Walliser, 1977]) facilite son adaptation aux situations décrites.

Après cette analyse de l’état de l’art de la validation d’un modèle, on a noté le rôle important des fonctions remplies par un modèle dans sa validation. Nous proposons donc de continuer par une étude qui détaille la validation fonctionnelle d’un modèle dans le deuxième chapitre.

VI. Cohérence des systèmes d’entreprise et conservation de la cohérence à travers les modèles

Pour un fonctionnement optimal d’un système complexe, la cohérence de ses sous-systèmes est recherchée. Ainsi la cohérence entre le Système de Décision, le Système d’Opérations, le Système d’Information et le Système de Connaissances est une condition nécessaire pour atteindre les objectifs du management.

L’entreprise est organisée en processus dont chacun est modélisé selon une technique de modélisation qui lui est propre. La cohérence des modèles traduit une cohérence des processus, elle est nécessaire pour atteindre le fonctionnement optimal de l’entreprise.

La cohérence des systèmes d’entreprise peut avoir des définitions différentes. Un état de l’art de quelques unes de ces définitions est réalisé. Ensuite nous explicitons le lien entre la cohérence et l’interopérabilité des modèles. L’interopérabilité des modèles est une notion fréquente dans la littérature et peut représenter une échelle évaluant le degré de cohérence entre deux systèmes.

VI.1 Cohérence des systèmes d’entreprise

La définition exacte de la cohérence entre les systèmes d’entreprise et ensuite les modèles des systèmes d’entreprise n’est pas fréquente dans la littérature. On parle de :

« Cohérence des activités de l’entreprise » [Dosi et al, 1990] dans le contexte de production multiple, ou « une firme fait preuve de cohérence quand ses lignes d’activités sont reliées entre elles, dans le

sens où elles ont en commun certaines caractéristiques » [Dosi et al, 1990]

Ces définitions concernent essentiellement le Système d'Opération alors qu'on voudrait atteindre une cohérence des systèmes de Décision, d'Information et d'Opération.

Pour trouver des liens et rechercher une certaine cohérence au niveau des systèmes de l'entreprise, on parle plus souvent de l'interopérabilité entre les systèmes ou d'interopérabilité entre les modèles. Un état de l'art de l'interopérabilité des systèmes d'entreprise conduit non seulement à comprendre les objectifs et les méthodes proposées dans ces recherches, mais permet d'établir un positionnement par rapport aux recherches en interopérabilité de systèmes et d'interopérabilité de modèles et à une proposition de définition de « cohérence de modèles pour réaliser une cohérence des systèmes ».

VI.2 Un état de l'art de l'interopérabilité des modèles et des domaines concernés

La littérature en interopérabilité des systèmes peut être structurée en deux thèmes majeurs : la définition de l'interopérabilité des systèmes et la définition des niveaux d'interopérabilités. Ces niveaux sont à vérifier dans des modèles et permettant de réaliser l'interopérabilité entre les systèmes. L'ensemble des niveaux d'interopérabilité peut en lui-même être désigné par « modèle » [Sheth, 1996].

Un « modèle » est utilisé dans le sens d'une échelle de mesure de l'interopérabilité

Une remarque s'impose quant au domaine d'application de l'interopérabilité des modèles. Une grande partie des références étudiées s'inscrivent dans les domaines techniques tels que les Systèmes d'Information, les échanges de DATA, les systèmes automatiques de contrôle et de commande... La notion d'interopérabilité des systèmes en entreprise a pris une dimension technologique depuis le début des années quatre-vingt-dix. Pour les systèmes d'Information, par exemple, la notion d'interopérabilité a été une notion centrale [Sheth, 1998].

L'interopérabilité entre les systèmes est définie comme « l'aptitude de deux systèmes ou plus, à communiquer, coopérer et échanger des données et services ; et ce malgré les différences dans les langages, les implémentations et les environnements d'exécution ou les modèles d'abstraction » [Wegner 1996]. Ainsi deux systèmes qui sont interopérables sont capables de communiquer à distance pour accéder et faire appel à leurs fonctionnalités [Vernadat 1996] et d'échanger puis réutiliser de l'information.

Tous les travaux visant à atteindre une certaine interopérabilité des systèmes, définissent des niveaux à atteindre pour évoluer de systèmes « isolés », « non interopérables » ou « incompatibles » à des systèmes « complètement intégrés », « interopérables » ou « interchangeable ». Les modèles d'interopérabilité définissent ces niveaux d'interopérabilité et sont utilisés pour « déterminer le degré d'interopérabilité entre les systèmes » [Tolk and Muguira, 2003].

Parmi les modèles utilisés pour définir le niveau d'interopérabilité de deux systèmes, on peut citer les modèles LISI et LCIM.

Le modèle LISI (Levels of Information Systems' Interoperability) [C4ISR Architecture Working group, 1998] est l'un des modèles les plus utilisés dans le domaine technologique des Systèmes d'Information. Sur la même base, le modèle LCIM (Level of Conceptual Interoperability Model) [Tolk and Muguira, 2003] définit les niveaux de réalisation de l'interopérabilité conceptuelle entre les systèmes.

Les modèles d'interopérabilité sont utilisés comme des modèles de maturité pour décrire les niveaux par lesquels un système, un processus ou une organisation progresse ou évolue durant leur définition, leur implémentation ou leur amélioration [Clark and Jones, 1999].

Cette analyse de l'état de l'art sur l'interopérabilité des modèles nous a conduits à mettre une certaine limite à notre travail.

VI.3 Réalisation de l'interopérabilité entre les modèles dans la littérature

Pour atteindre le niveau de modèles interopérables, les méthodes utilisées sont basées sur les ontologies [Jamadhvaja and Senivongse, 2005], les méta-modèles [Bézivin, 2005] ou l'utilisation d'ontologies et de méta-modèles en même temps [Höfferer, 2007].

Une ontologie est « un vocabulaire et des relations spécifiques utilisées pour décrire certains aspects de la réalité et un ensemble d'hypothèses explicites qui expliquent le sens du vocabulaire » [Guarino, 1998]. Une ontologie facilite l'échange d'information entre les Systèmes d'Information en définissant un vocabulaire commun dans lequel s'effectue l'échange. Les ontologies pallient aux problèmes d'hétérogénéité et de distribution de Data entre les systèmes et jouent le rôle d'interface entre les utilisateurs et les sources d'informations tout au long du fonctionnement des systèmes [Jamadhvaja and Senivongse, 2005].

Un méta modèle est le modèle d'un modèle [Object Management Group, 2003]. Il constitue une spécification formelle d'une abstraction, cette spécification est souvent consensuelle et normative [Bézivin, 2005].

Le méta modèle définit, souvent, les relations entre les éléments du modèle en utilisant un langage formel. En travaillant sur les méta-modèles des modèles, on est dans un environnement plus formel, plus consensuel et à caractère normatif. Il est plus facile alors de définir, au niveau des méta-modèles, des relations équivalentes, entre les composants des modèles, pour faire en sorte que les modèles soient plus interopérables [Bézivin, 2005]. Pour cela il faut déjà pouvoir extraire les méta-modèles de tous les modèles qu'on utilise.

Une dernière méthode pour réaliser l'interopérabilité des modèles est l'utilisation des méta-modèles et des ontologies simultanément [Höfferer, 2007]. Les méta-modèles fournissent les moyens de créer des ontologies. Plusieurs travaux ont expliqué l'élaboration d'ontologies à partir de méta-modèles [Höfferer, 2007] : on peut expliquer les relations ou les thèmes dans un méta-modèle à partir d'une ontologie.

Seulement, appliquer l'une de ces méthodologies ne suffit pas pour atteindre l'interopérabilité des modèles inclus dans cette thèse. Tous les modèles que nous étudions n'ont pas tous un méta-modèle et en proposer des méta-modèles ne fait pas partie des objectifs de cette thèse. En plus travailler avec des ontologies risque de compliquer l'application de nos hypothèses de recherche dans un contexte industriel. L'ensemble des managers et des opérateurs qui utilisent les modèles de processus est focalisé sur le choix du modèle, son application et l'exploitation de ses résultats. Il faut proposer une méthode qui leur permet de faire ceci tout en veillant à l'interopérabilité des modèles qu'ils appliquent. Le but de la deuxième question de la problématique est de définir des critères de cohérence et de proposer une démarche visant à les réaliser.

Conclusion du premier chapitre

Pour répondre aux questions de la problématique, la première étape consiste à faire l'état de l'art et l'analyse des papiers de recherche traitant de ces questions.

En ce qui concerne la première question de la problématique :

Comment définir un langage de modélisation structuré et générique et complet permettant de modéliser les processus de l'entreprise (ici limité aux trois processus suscités) ?

Quelle démarche mettre en œuvre pour utiliser le langage de modélisation ?

- 1) Quels sont les éléments constitutifs du modèle ?**
- 2) Comment assembler ces éléments ?**
- 3) Comment vérifier que le modèle construit répond aux fonctionnalités attendues ?**

L'état de l'art de la modélisation d'entreprise montre la multitude de papiers de recherche proposant des solutions pour modéliser la totalité ou une partie de l'entreprise. Ces recherches parlent de modèles, de langage de modélisation ou encore de méta-modèle. Il est important de distinguer chacun de ces termes et d'en proposer une définition de référence à adopter dans la suite des chapitres de la thèse.

En prenant comme exemples de processus de l'entreprise le SCM, le PLM et le CRM, l'étude des modèles a révélé une différence de maturité entre chacun des processus. Les méthodes globales de modélisation en entreprise peuvent être utilisées sur chacun de ces processus si le langage de modélisation est générique, mais le processus de SCM, de PLM ou de CRM présentent des modèles spécifiques.

A la suite de cet état de l'art, la première question de la problématique se focalise sur la démarche de modélisation :

Comment définir une démarche générique de modélisation qui permet de structurer différents le langage de modélisation ?

Cette démarche est appliquée dans le cadre de trois processus de l'entreprise le processus de SCM, de PLM et de CRM et permet de répondre aux trois questions sur :

- Les éléments composants le langage de modélisation :

1) Quels sont les éléments constitutifs du modèle ?

- Les étapes permettant d'assembler ces éléments :

2) Comment assembler les éléments constitutifs du modèle ?

- La méthode de validation de modèle :

3) Comment vérifier que le modèle construit répond aux fonctionnalités attendues ?

La deuxième partie de l'état de l'art permet de revenir à une vision globale de l'entreprise. Après avoir traité de la structure et de la validation d'un modèle de processus séparément, l'état de l'art est focalisé sur la réalisation des cohérences de plusieurs modèles en entreprise :

Comment peut-on garantir la cohérence des modèles construits ?

- 1) Quels sont les critères de cohérence ?**
- 2) Quelle démarche adopter pour utiliser ces critères ?**

Les critères de cohérence sont nombreux et dépendent fortement du contexte industriel étudié. Il est important de spécifier les critères pris en compte dans ce travail. Quant à la démarche de mise en cohérence, elle est dictée par une échelle d'évaluation. En effet, plus les conditions d'interopérabilité vérifiées des modèles sont nombreuses plus le niveau d'interopérabilité est élevé et plus la cohérence du système global est garantie. Ce qui est primordial, pour garantir la cohérence entre les modèles, est de définir des critères de cohérence et de structurer la démarche autour de conditions sur les modèles pour réaliser ces conditions. La deuxième question de la problématique devient :

Comment peut-on définir des critères de cohérence communs à différents modèles de systèmes ?

- 1) Quelles sont les conditions à vérifier par les modèles pour répondre à ces critères de cohérence ?**
- 2) Quelle démarche adopter pour réaliser ces conditions ?**

L'état de l'art contribue à la reformulation des questions de la problématique. La suite de ce travail de recherche est organisée autour des solutions apportées à ces questions. Le deuxième chapitre est une proposition de solution à la première question. Ensuite le troisième chapitre est la synthèse d'un cas d'étude : une application industrielle dans une entreprise confrontée à la même problématique. Le quatrième chapitre apporte la solution que nous proposons à la deuxième question de la problématique. Cette solution a bénéficié de retour d'expérience de l'application industrielle. Enfin le dernier chapitre de la thèse dresse la perspective de nos travaux de recherche.

Deuxième Chapitre: Proposition d'une méthode de construction et de validation de modèles

Deuxième Chapitre: Proposition d'une méthode de construction et de validation de modèles

Introduction au deuxième chapitre	66
I. Définitions de références des objets à modéliser selon le cadre systémique	66
II. Processus de modélisation en entreprise	68
III. Méthode d'étude de modèles.....	68
III.1 Structure d'un modèle	69
III.2 Validation fonctionnelle d'un modèle.....	69
III.2.1 Justification de l'étude	69
III.2.2 Recherche des environnants	70
III.2.3 Fonctions d'un modèle	70
IV. Etude des modèles de Supply Chain Management (SCM)	75
IV.1 Etude d'un diagramme de flux	75
IV.1.1 Définition du modèle.....	75
IV.1.2 Primitives de modélisation	75
IV.1.3 Validation du modèle dans la littérature	76
IV.1.4 Etude critique du modèle.....	76
IV.2 Value Stream Mapping (VSM)	77
IV.2.1 Définition du modèle.....	77
IV.2.2 Primitives de modélisation :	78
IV.2.3 Exemple de modèle VSM	82
IV.2.4 Validation du modèle dans la littérature	85
IV.2.5 Etude critique du modèle.....	85
IV.3 Résultats de l'étude des modèles de SCM	86
IV.3.1 Les Points communs entre les modèles de SCM.....	86
IV.3.2 Les Divergence entre les modèles de SCM.....	86
IV.3.3 Application de la validation fonctionnelle aux modèles de SCM.....	87
V. Etude des modèles de Product Lifecycle Management (PLM).....	88
V.1 Les primitives de modélisation	88
V.2 Les règles de modélisation	90
V.3 Proposition d'un modèle de PLM	90
VI. Etude des modèles de Customer Relationship Management (CRM).....	93
VI.1 Primitives d'un modèle de CRM.....	93

VI.2	Les règles de modélisation du processus de CRM.....	96
VI.3	Synthèse de l'étude des modèles de CRM	97
Conclusion du deuxième chapitre : Différents Niveaux de maturités des modèles de SCM, de PLM et de CRM		98

Introduction au deuxième chapitre

Le premier chapitre constitue un état de l'art de la modélisation en entreprise en général et une étude plus approfondie des modèles utilisés pour chacun des processus de SCM, de PLM et de CRM. Cette analyse a démontré la richesse des recherches en modélisation d'entreprise et les avancements dans chacun des domaines de processus industriels mentionnés ci-dessus.

La partie de la problématique traitée dans ce chapitre est :

Comment définir une démarche générique de modélisation qui permet de structurer différents langages de modélisation ?

Cette démarche est appliquée dans le cadre de trois processus de l'entreprise le processus de SCM, de PLM et de CRM et permet de répondre aux trois questions sur :

- Les éléments composants le langage de modélisation :

1) Quels sont les éléments constitutifs du modèle ?

- Les étapes permettant d'assembler ces éléments :

2) Comment assembler les éléments constitutifs du modèle ?

- La méthode de validation de modèle :

3) Comment vérifier que le modèle construit répond aux fonctionnalités attendues ?

Afin de répondre à cette question, nous définissons clairement les objets modélisés dans cette thèse et nous clarifions le processus de modélisation. Ce processus utilise, comme données d'entrées, des objets réel et produit, comme données de sorties, des modèles de la réalité en appliquant différentes techniques de modélisation.

Nous proposons par la suite une méthode claire et rigoureuse pour l'étude et la validation de modèles de processus. Cette méthode est appliquée sur les modèles de processus de SCM, de PLM et de CRM. Les résultats de cette application servent à structurer l'application industrielle qui sera l'objet du troisième chapitre. En effet, une application théorique d'une méthode d'étude de modèles est consolidée par une application pratique.

I. Définitions de références des objets à modéliser selon le cadre systémique

Un modèle est appliqué à un objet particulier. Dans notre cas l'entreprise et plus en particulier les processus du Sous-système D'Opération de l'entreprise sont l'objet de la modélisation.

Dans le cadre de l'entreprise, la modélisation est un vaste domaine [David, 2001]. Plusieurs modèles sont présentés (modèles de flux, modèles stochastiques, modèles de représentation...), les modélisateurs ont des rôles différents (constructeur du modèle, en charge de son implémentation en entreprise, en charge du suivi des performances du modèle..) et les utilisateurs peuvent être impliqués ou pas tout au long de la modélisation (participation ou pas à la construction du modèle, participation ou pas à l'implémentation du modèle en entreprise). La modélisation est l'action de passer d'une réalité perçue à une représentation virtuelle. Pour construire cette représentation, le modélisateur dispose d'outils et doit suivre des règles particulières. Nous présentons par la suite l'ensemble des termes employés pour décrire cette action.

Objet général de tous les modèles étudiés dans cette thèse, l'entreprise est perçue à travers les sous-systèmes qui la composent [Le Moigne, 1994] : Le sous-système D'Opération qui représente ce que « fait » l'entreprise [Le Moigne, 2003] et est composé d'un ensemble de processus, Le sous-système d'Information (SI) spécifie ce « qu'est » l'information qui circule dans l'entreprise, le sous-système de Décision qui précise « ce pourquoi » l'entreprise travaille [Le Moigne, 2003] et Le sous-système de Connaissance (SC) précise ce « qu'est » la connaissance en entreprise, il est en relation avec l'ensemble des sous-systèmes au moyen de flux de cognition et de compétence. La définition de référence de l'entreprise que nous avons choisie s'inscrit dans le paradigme systémique et reprend les fondements de la définition du « Système général » de Le Moigne.

Définition systémique de l'entreprise :

Une entreprise est un système complexe qui dans un environnement (marché, concurrence, fournisseur, humanité) doté de finalités (générer des valeurs ajoutées), exerce une activité (des processus) et voit sa structure interne (ses moyens) évoluer au fil du temps, sans qu'il perde pourtant son identité unique.

Assurant le fonctionnement de l'entreprise, le sous-système d'Opération est perçu à travers les processus qui le composent. Un processus détermine « un enchaînement d'actions » [Malone and Crowsten, 2003] qui consomment et produisent différentes ressources pour leur exécution. Dans le cadre de cette thèse nous définissons un processus comme

Définition systémique d'un processus de l'entreprise :

Un processus est un enchaînement d'activités qui transforment des flux d'entrées en des flux de sorties tout en consommant certaines ressources dans l'entreprise.

L'action de modéliser implique un modélisateur qui va exécuter l'action et un utilisateur auquel le modèle est destiné. Le modélisateur est présent à l'étape de construction et de validation d'un modèle. L'utilisateur d'un modèle valide si le modèle est conforme à la réalité. Si plusieurs modèles sont présents dans une même entreprise, comme est le cas de notre étude, l'utilisateur joue un rôle important dans la réalisation de la cohérence entre ces modèles. Nous avons ainsi défini les rôles du modélisateur et de l'utilisateur. L'action de modéliser implique un modélisateur qui s'intéresse à un objet (objet de la modélisation) pour construire un modèle mis à la disposition d'un utilisateur. Avant de commencer l'étape de modélisation, les personnes en charge de modéliser puis d'utiliser un modèle sont déterminées. Le rôle du modélisateur et le rôle de l'utilisateur du modèle sont définies avec précision pour la suite du document.

Rôle du modélisateur : Le modélisateur est la personne qui maîtrise le langage de modélisation et les règles qui le régissent c'est lui qui construit le modèle à partir des processus réels de l'entreprise.

Après construction du modèle, il s'agit, d'abord, de s'assurer qu'il représente le processus. Ensuite le modèle est mis à disposition d'un ou plusieurs utilisateurs qui l'appliquent dans une entreprise.

Rôle de l'utilisateur du modèle : L'utilisateur du modèle est la personne qui a assimilé le langage et qui le met en place dans l'entreprise en veillant à ce que les objectifs de la modélisation soient atteints.

L'hypothèse téléologique s'applique à tous modèles dans notre thèse. Nous sommes convaincus que tout modèle est construit pour un but explicite et défini entre le modélisateur et l'utilisateur. Pour cela ces quatre définitions vont être souvent citées. Le modélisateur, l'utilisateur et l'objet de la modélisation sont au cœur de notre problématique.

II. Processus de modélisation en entreprise

La modélisation est l'action de passer d'une réalité perçue à une représentation virtuelle. Pour construire cette représentation, le modélisateur dispose d'outils et doit suivre des règles particulières.

Un modèle d'entreprise est Dans la suite de cette recherche :

Un modèle est la représentation que l'on se fait de l'entreprise ou d'une partie de l'entreprise. Cette représentation peut utiliser de simples schémas graphiques ou un langage mathématique dans le but de comprendre ou d'expliquer une situation existante ou pour réaliser puis valider un projet conçu.

Pour passer de l'objet perçu à la représentation dont on fait, un modèle est construit à l'aide de composants précis formant le langage de modélisation.

Un langage de modélisation est le formalisme qui permet de traduire la réalité en modèle. Il est formé de composants (primitives du modèle) ou de notations standardisés qui forment la syntaxe de ce langage.

Seulement, toutes les primitives (composantes ou constituantes) d'un langage ne peuvent pas être assemblées de façon aléatoire. Des règles sont à respecter pour obtenir le modèle. La revue de littérature a démontré que les règles de modélisation sont renseignées dans un méta-modèle quand il est possible de le faire. Nous considérons que les règles de modélisations peuvent être rédigées clairement et accompagnent le modèle pour expliquer sa construction, car atteindre un niveau d'abstraction permettant d'obtenir un méta-modèle n'est pas possible avec tous les modèles.

Les règles de modélisation dictent les étapes à suivre pour construire le modèle. Elles donnent les conditions à vérifier pour assembler les éléments du langage et les associations qui ne sont pas possibles entre les primitives pour construire un modèle de la réalité qui a un sens.

Ainsi une méthodologie de modélisation décrit la totalité du processus qui conduit le modélisateur du système réel à un modèle de ce système.

Une méthodologie de modélisation présente des règles de modélisation qui aide à construire un modèle du système perçu en utilisant un langage de modélisation.

Il est important de conserver le même enchaînement d'étapes dans la méthode de modélisation quand il s'agit de modéliser différents processus. Ceci permet de juger la clarté, la rigueur et la facilité d'application des règles de modélisation et du langage du modèle.

III. Méthode d'étude de modèles

La méthode qu'on a adoptée pour l'étude est basée sur trois phases

- Comprendre le modèle et distinguer ses primitives de modélisation

- Ecrire la grammaire du modèle
- Etudier la méthode de validation du modèle

Les deux premières étapes relèvent de la structure du modèle. La pertinence des primitives de modélisation et la clarté des règles reliant ces primitives sont des critères importants pour la compréhension du modèle.

III.1 Structure d'un modèle

Deux étapes sont à vérifier pour identifier la structure du modèle :

- Comprendre le modèle et distinguer ses primitives de modélisation

Pour comprendre un modèle il est essentiel de pouvoir en distinguer les composants les plus importants.

Lister les primitives du modèle permet tout d'abord de voir les éléments de base sur lesquels le modèle est bâti et vérifier si ces éléments représentent bien les concepts du modèle.

Ensuite isoler les primitives de modélisation permet de voir si elles sont pertinentes et si elles sont assez claires et exhaustives pour exprimer les idées du modélisateur : on peut voir par exemple s'il y a assez de primitives pour construire autant de versions d'un modèle que de cas d'entreprise modélisée ou bien si les primitives au contraire ne permettent la construction que d'une seule version inéchangeable, ceci peut réduire le modèle à une simple représentation de l'entreprise quel que soit le système modélisé.

- Ecrire la grammaire du modèle

L'écriture de la grammaire du modèle permet de dégager les règles de modélisation. Après avoir identifié les éléments qu'on utilise pour la construction du modèle, il est important de voir la logique suivant laquelle ces primitives de modélisation sont agencées.

La grammaire du modèle constitue une garantie de bon fonctionnement du modèle par ailleurs, car si les règles de modélisation sont claires le modèle ne serait que plus compréhensible.

III.2 Validation fonctionnelle d'un modèle

Afin de valider un modèle nous proposons d'étudier ces fonctions en commençant par étudier la justification de cette étude fonctionnelle, ensuite nous distinguons les environnants du modèle et enfin nous formulons les fonctions du modèle qui vérifient les services rendus par le modèle à ses environnants.

III.2.1 Justification de l'étude

Dans le cadre de nos recherches, les modèles de SCM, de PLM ou de CRM sont destinés aux managers de l'entreprise pour comprendre le fonctionnement de leur entreprise, car ils sont en face d'un système assez complexe (l'entreprise), plus leur compréhension de l'entreprise proche de la réalité, plus les décisions prises sont efficaces et permettent d'atteindre les objectifs de l'entreprise.

Pourquoi étudier les modèles de systèmes d'entreprise ?	Parce qu'il y a besoin de comprendre l'organisation d'une entreprise et les opportunités d'amélioration.
Pour qui ?	Pour les managers en entreprise essentiellement
A cause de quoi ?	A cause de la complexité du système étudié : l'entreprise
Dans quel but ?	Pour pouvoir prendre des décisions efficaces concernant l'organisation de leurs entreprises

Tableau 2.1 - Justification de l'étude des modèles -

Pour bien cerner les environnants d'un modèle, on a choisi de distinguer deux situations de vie : la « phase de conception du modèle » et « la phase d'utilisation du modèle ».

III.2.2 Recherche des environnants

En phase de conception, le modèle est créé par un modélisateur en utilisant des primitives de modélisation et suivant des règles de modélisation. Ceci est traduit en un langage de modélisation assez générique et appliqué à un cas d'entreprise (système à modéliser) pour illustrer le modèle.

Les environnants du modèle sont donc :

- Le modélisateur
- le système à modéliser (entreprise au sens générique)
- les primitives de modélisation
- les règles de modélisation
- le langage de modélisation (générique)

Une fois le modèle établi, c'est au modélisateur de l'appliquer sur un cas de système perçu (une entreprise particulière) pour des utilisateurs donnés et sur un support de modélisations permettant la compréhension du modèle.

Ainsi les environnants dans cette phase sont :

- le modélisateur
- l'utilisateur du modèle
- le système perçu à modéliser (cas d'une entreprise en particulier)
- le support d'implémentation

III.2.3 Fonctions d'un modèle

Comme pour l'analyse fonctionnelle de produits, on distingue deux types de fonctions :

- Les fonctions de connections ou de contact qui relient le système étudié directement à un environnement.
- Les fonctions de transfert qui relient deux environnements à travers le système étudié.

Les environnants du modèle changent dans les deux phases de son cycle de vie : la phase de conception et la phase d'utilisation. A chacune de ses phases, une liste de fonctions est construite.

Phase de conception du modèle

En phase de conception, le modèle possède un langage de modélisation générique, des règles de modélisation et des primitives de modélisation. Ces outils sont à appliquer sur

un système réel par un modélisateur. L'on n'a pas encore construit un résultat de la modélisation.

Les fonctions de contact présentent les contraintes que le système doit remplir pour répondre à des exigences venant des éléments de son milieu. Dans ce cas d'étude, le modèle doit remplir les contraintes imposées par le modélisateur, le système d'entreprise modélisé, les primitives de modélisation, les règles de modélisation et enfin le langage de modélisation. Le tableau 2.2 récapitule la formulation des fonctions de contraintes du modèle.

FC1	Le modèle doit être simple d'utilisation pour le modélisateur
FC2	Le modèle doit couvrir un cas générique de système d'entreprise
FC3	Le modèle doit présenter des primitives de modélisation claires et exhaustives
FC4	Le modèle doit présenter des règles de modélisation simple et facile à appliquer
FC5	Le modèle doit avoir un langage de modélisation générique

Tableau 2.2 - Fonctions de contact d'un modèle (Phase de construction) -

En étudiant la validité d'un modèle, les fonctions FC3 et FC4 imposent de vérifier la clarté des primitives et des règles de modélisation. La fonction FC1 permet de vérifier que le modèle est facilement applicable par un modélisateur. Les fonctions FC2 et FC5 garantissent la généralité du modèle et sa possible application dans plus d'un cas de système réel.

Les fonctions de transfert mettent en valeur les contraintes à vérifier sur le modèle à travers la relation de deux de ses environnants. Le tableau 2.3 récapitule toutes les relations possibles entre les environnants du modèle.

	Le modélisateur	Système d'entreprise générique	Les primitives de modélisation	Les règles de modélisation	Le langage de modélisation
Le modélisateur		FT1	FT2	FT3	FT4
Le système d'entreprise générique	FT1		FT5	FT6	FT7
Les primitives de modélisation	FT2	FT5		FT8	FT9
Les règles de modélisation	FT3	FT6	FT8		FT10
Le langage de modélisation	FT4	FT7	FT9	FT10	

Tableau 2.3 - Fonctions de Transfert d'un modèle en Phase de conception -

Les fonctions de transfert résultantes sont formulées :

FT1 : le modèle doit permettre au modélisateur de comprendre et contrôler un système d'entreprise générique.

FT2 : le modèle doit avoir des primitives de modélisation compréhensible pour le modélisateur

FT3 : le modèle doit avoir des règles de modélisation compréhensible pour le modélisateur
 FT4 : le modèle doit avoir un langage de modélisation facilement utilisable pour le modélisateur
 FT5 : le modèle doit permettre de représenter un système d'entreprise générique avec ses primitives de modélisation
 FT6 : le modèle doit permettre de représenter un système d'entreprise générique avec ses règles de modélisation claires
 FT7 : le modèle doit permettre de représenter le système d'entreprise générique en un langage de modélisation claire
 FT8 : le modèle doit avoir des règles de modélisation précisant l'utilisation des primitives de modélisation
 FT9 : le modèle doit permettre d'exprimer les primitives de modélisation en un langage de modélisation adéquat
 FT10 : le modèle doit permettre de traduire les règles de modélisation en un langage de modélisation adéquat.

On remarque qu'il y a une répétition dans certaines de ces fonctions :

Ainsi on propose de représenter les fonctions de la manière suivante :

- FT2 et FT3 → FT2 : le modèle doit avoir des règles de modélisation et des primitives de modélisation compréhensibles pour le modélisateur
- FT5, FT6 et FT7 → FT4 : le modèle doit permettre de représenter un système d'entreprise générique avec ses primitives de modélisation, ses règles de modélisation et son langage de modélisation

Les fonctions de transfert obtenues sont similaires aux fonctions résultantes de l'état de l'art. Les fonctions : FT1 et FT2 se rapprochent de la fonction cognitive et de la fonction descriptive retenues dans la littérature pour la validation fonctionnelle de modèles. .

Pour récapituler les fonctions retenues pour la phase de construction du modèle sont :

FC1	Le modèle doit être simple d'utilisation pour le modélisateur
FC2	Le modèle doit couvrir un cas générique de système d'entreprise
FC3	Le modèle doit présenter des primitives de modélisation claires et exhaustives
FC4	Le modèle doit présenter des règles de modélisation simple et facile à appliquer
FC5	Le modèle doit avoir un langage de modélisation générique
FT1	le modèle doit permettre au modélisateur de construire un système d'entreprise générique
FT2	le modèle doit avoir des primitives de modélisation et des règles de modélisation compréhensibles pour le modélisateur
FT3	le modèle doit avoir un langage de modélisation facilement utilisable pour le modélisateur
FT4	le modèle doit permettre de représenter un système d'entreprise générique avec ses primitives de modélisation, ses règles de modélisation et son langage de modélisation
FT5	le modèle doit avoir des règles de modélisation précisant l'utilisation des primitives de modélisation
FT6	le modèle doit permettre d'exprimer les primitives de modélisation en un langage de modélisation adéquat
FT7	le modèle doit permettre de traduire les règles de modélisation en un langage de modélisation adéquat

Tableau 2.4 - Ensemble des fonctions d'un modèle en phase de conception -

Au total cinq fonctions relient le modèle au modélisateur au système d'entreprise modélisé, aux primitives du modèle, aux règles de modélisation et au langage de modélisation. Sept fonctions relient les constituants de l'environnement à travers le modèle. Ces fonctions assurent les services rendus par le modèle à ses environnants.

La phase d'utilisation du modèle

En phase d'utilisation du modèle, le résultat de la modélisation représente le cas d'un système réel établi par un modélisateur, présenté sur un support de modélisation et destiné à un utilisateur.

Les fonctions de contact sont :

FC1	Le modèle doit être accessible pour toute modification par le modélisateur
FC2	Le modèle doit être compréhensible par l'utilisateur du modèle
FC3	Le modèle doit exprimer le cas du système perçue à modéliser
FC4	Le modèle doit présenter un support d'implémentation accessible et facile d'utilisation

Tableau 2.5 - Fonctions de contact d'un modèle en Phase d'utilisation -

Les fonctions de contraintes en phase d'utilisation permettent essentiellement la compréhension du modèle par les utilisateurs pour que son application en entreprise soit efficace.

Les fonctions de transfert sont :

	Le modélisateur	L'utilisateur du modèle	Le système perçu à modéliser	Le support d'implémentation
Le modélisateur		FT1	FT2	FT3
L'utilisateur du modèle	FT1		FT4	FT5
Le système perçu à modéliser	FT2	FT4		FT6
Le support d'implémentation	FT3	FT5	FT6	

Tableau 2.6 - Fonctions de transfert d'un modèle (Phase d'utilisation) -

Les fonctions de transfert résultantes sont formulées :

FT1 : le modèle doit permettre au modélisateur de transmettre ses visions à l'utilisateur du modèle

FT2 : le modèle doit permettre de représenter le cas particulier d'entreprise étudiée

FT3 : le modèle doit permettre au modélisateur de représenter sa vision sur un support d'implémentation accessible et facile à manipuler

FT4 : le modèle doit permettre à l'utilisateur de comprendre le cas du système perçu

FT5 : le modèle doit être sur un support d'implémentation accessible à l'utilisateur

FT6 : le modèle doit utiliser un support d'implémentation adaptable au système perçu

La fonction FT3 permet au modélisateur de présenter un modèle du système réel en fonction de sa propre vision. L'accessibilité du support de modélisation permet de simuler le comportement du système modélisé. Pour un manager cette fonction permet de simuler l'impact des décisions à prendre sur le système réel. La fonction FT3 est proche de la

fonction décisionnelle retenue dans la littérature pour la validation fonctionnelle de modèles.

Dans la phase d'utilisation un récapitulatif des fonctions est le suivant :

FC1	Le modèle doit être accessible pour toute modification par le modélisateur
FC2	Le modèle doit être compréhensible par l'utilisateur du modèle
FC3	Le modèle doit exprimer le cas du système perçue à modéliser
FC4	Le modèle doit présenter un support d'implémentation accessible et facile d'utilisation
FT1	le modèle doit permettre au modélisateur de transmettre ses visions à l'utilisateur du modèle
FT2	le modèle doit permettre de représenter le cas particuliers d'entreprise étudiée
FT3	le modèle doit permettre au modélisateur de représenter sa vision sur un support d'implémentation accessible et facile à manipuler
FT4	le modèle doit permettre à l'utilisateur de comprendre le cas du système perçu
FT5	le modèle doit être sur un support d'implémentation accessible à l'utilisateur
FT6	le modèle doit utiliser un support d'implémentation adaptable au système perçue

Tableau 2.7 - Ensemble des fonctions d'un modèle en phase d'utilisation -

Les environnants du modèle en phase d'utilisation sont moins nombreux que ceux en phase de conception. Une fois qu'on s'est assuré de la bonne formulation et de la facilité du langage de modélisation et des règles de modélisation, le modélisateur en phase d'utilisation assure la prise en main du résultat de modélisation par les utilisateurs pour l'appliquer en entreprise et atteindre les objectifs visés par tous ces processus de modélisation.

IV. Etude des modèles de Supply Chain Management (SCM)

Apparue vers la fin des années 1950, plusieurs modèles de SCM sont proposés dans la littérature. Seulement rares sont les modèles qui visent à avoir une vision générale donc plus claire de la Supply Chain, bien qu'il soit essentiel pour les managers d'avoir une telle vision. A chaque fois que le management d'une entreprise est confronté à un problème donné, les décisions prises visent la résolution de ce problème, mais affectent aussi les autres fonctions de l'entreprise.

Nous allons nous intéresser aux modèles de « Value Stream Mapping » ou de création de chaîne de valeur dans la Supply Chain. D'autant plus que l'objectif premier du management de la Supply Chain est de créer de la valeur non seulement pour l'entreprise, mais aussi pour l'ensemble des partenaires de la chaîne logistique [Lambert et Cooper, 2000].

Dans cette étude nous allons commencer par définir le concept de Supply Chain (SC) et de Supply Chain Management (SCM), ensuite nous présenterons deux modèles de construction de la chaîne de valeur dans la Supply Chain, en veillant à spécifier les primitives et la démarche de modélisation et à élaborer une étude critique du modèle.

Pour illustrer notre méthode simple d'étude de modèle nous proposons par la suite une étude de deux modèles parmi les plus utilisés pour la SC.

Deux remarques sont à prendre en compte :

La première est que les deux modèles analysés ne sont pas les seuls modèles de SCM. L'état de l'art présenté dans le Chapitre II présente d'autres modèles supplémentaires auquel on peut aussi appliquer notre analyse.

La deuxième remarque est que le but de notre analyse n'est pas de désigner le meilleur modèle dans l'absolu mais simplement de sélectionner des modèles de SCM qui répondent aux critères retenus pour notre analyse.

Nous avons pris deux des modèles les plus utilisés de SCM : les diagrammes de flux et le modèle de Value Stream Mapping (VSM).

IV.1 Etude d'un diagramme de flux

IV.1.1 *Définition du modèle*

Le diagramme de flux classique représente en général la circulation des flux physiques : flux de matières premières, produits semi-finis, produits finis ... et les flux d'information : ordre de fabrication, état des stocks, demande client... ce modèle essaie de dresser un premier état de l'entreprise étudiée, de ses clients et de ses fournisseurs avec l'identification des flux de valeur tout au long de son fonctionnement normal. Baglin et al [Baglin et al, 2005] considère le diagramme de flux comme la première démarche pour avoir une vision claire des flux de l'entreprise.

IV.1.2 *Primitives de modélisation*

Un diagramme est le modèle le plus générique pour représenter une Supply Chain. Ses primitives sont les éléments de la Supply Chain et les différents flux échangés entre eux.

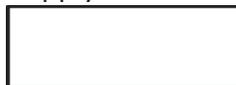


Figure 2.1 - Primitive d'un fournisseur, un client ou un magasin de stockage dans un diagramme de flux -

Un carré qui est utilisé à la fois pour désigner un fournisseur, un client, les magasins de stockage et même les étapes du processus de production.

L'environnement de l'entreprise est matérialisé, encore une fois, par un rectangle englobant l'ensemble des opérations, des locaux et des flux internes, mais les spécifications entre les ressources internes et externes de l'entreprise n'est pas claire.

La représentation des postes à l'intérieur de l'entreprise est faite à l'aide d'un carré avec le nom de l'activité à l'intérieur. Cette représentation est valable pour les postes de fabrication ainsi que pour les postes de stockage ou de traitement de l'information alors que les activités menées par ces postes sont différentes.

Le modèle sépare entre deux types de flux, les flux physiques échangé entre l'entreprise, ses clients et ses fournisseurs et les flux d'informations qui accompagnent ses flux.



Figure 2.2 - Primitive d'un flux physique dans un diagramme de flux -

Les flux physiques sont symbolisés par une flèche pleine indiquant l'origine et la destination du flux. Cette représentation est utilisée pour les flux internes, les flux externes et les flux de matières premières, de produits semi fini ou de produits finis. Bien que la nature des flux détermine le mode de transport, le type d'information générées ou requises et les indicateurs permettant de les piloter, les types et caractéristiques de ces flux physiques n'est pas mise en valeur. Ici la séparation entre les flux internes et les flux externes n'est pas spécifiée non plus.



Figure 2.3 - Primitive d'un flux d'Information dans un diagramme de flux -

Les différentes informations échangées tout au long de la chaîne logistique sont représentées par des flèches pointillées. Ces informations peuvent avoir différents rôles dans la chaîne logistique en fonction de l'émetteur de l'information, du destinataire et du contenu du message. Les commandes clients, les statistiques sur le marché, les ordres de fabrication, les plannings de production, les commande aux fournisseurs... ne sont pas, par exemple, traités de la même façon et méritent d'être représenté différemment.

IV.1.3 Validation du modèle dans la littérature

Le diagramme de flux est le plus souvent le résultat de discussion entre les acteurs de la SC. Les managers veulent simplement comprendre l'état de leurs chaînes logistiques pour prendre les bonnes décisions. Nous n'avons pas pu avoir d'articles scientifiques qui cherchent à valider un diagramme de flux.

IV.1.4 Etude critique du modèle

Selon l'analyse présentée dans l'état de l'art, Walliser [Walliser, 1977] a reconnu quatre fonctions pour un modèle : la fonction cognitive, la fonction prévisionnelle, la fonction décisionnelle et la fonction normative. Nous allons donc vérifier si le diagramme de flux remplit les exigences fonctionnelles d'un modèle.

La fonction cognitive aspire à rendre claire et intelligible la situation de l'entreprise et plus particulièrement la structure de sa Supply Chain. Le diagramme de flux classique, tel que

présenté précédemment, offre une vue incomplète de la SC. Il renseigne sur les processus internes dans une entreprise (stockage, production, contrôle qualité,...), mais il n'offre pas de visibilité de la SC complète de l'entreprise en question, on n'a pas d'indication concernant le nombre de fournisseurs et leur rang dans la SC (fournisseurs de produits semis fini ou fournisseurs de matières premières) ni sur le nombre et le rang des clients dans la SC (client consommateur final ou pas). Le diagramme de flux ne permet pas de comprendre la SC.

La fonction décisionnelle est en même temps le but annoncé d'un diagramme de flux : « fournir une vision globale du fonctionnement du système logistique » pour permettre de prendre les décisions essentielles pour le piloter. Seulement les décisions prises sont des décisions tactiques de moyen et court terme.

En effet Baglin et al [Baglin et al, 2005] identifie deux catégories de décisions à prendre : les décisions stratégiques relevant de la politique stratégique de l'entreprise et les décisions tactiques relevant du management opérationnel de la SC.

Les décisions stratégiques sont « l'ensemble des décisions qui structurent et organise le système industriel et logistique (et donc la SC) de façon à atteindre les objectifs qui découlent de la stratégie générale et de marketing de l'entreprise », elles peuvent être à moyen et long terme [Baglin et al, 2005]. Le diagramme de flux ne joue pas un rôle support pour de telles décisions.

Les décisions tactiques de management de la SC permettent de trouver des solutions au niveau de l'organisation et la gestion des flux opérationnels, Baglin et al [Baglin et al, 2005]. Un diagramme de flux peut aider à identifier des dysfonctionnements opérationnels : mauvaise exécution ou manque d'une étape du processus de fabrication, mauvaise transmission de l'information, problèmes de gestion des stocks.... Cette identification peut motiver des décisions pour résoudre ses problèmes à moyens et courts termes. Les décisions portant sur le long terme ne sont pas mises en évidence par ce modèle car il ne permet pas d'avoir des pronostics sur le fonctionnement de la SC.

La fonction prévisionnelle pour un modèle est pratiquement absente pour le diagramme de flux, il ne permet pas d'anticiper les évolutions éventuelles de la SC ni de mesurer les conséquences des actions à mener.

La fonction normative est quasi absente dans ce modèle car il ne renseigne pas sur la nature de la situation décrite : s'agit-il simplement d'une description de l'état constaté de la SC ? Ou bien s'agit-il de la description de l'état souhaité de la situation de la SC. Dans ce cas le diagramme de flux nous permet de se doter d'une vision qu'il faut chercher à atteindre pour la SC.

Au final, on peut dire qu'un diagramme de flux classique ne remplit pas les fonctions établies par Walliser [Walliser, 1977] pour un modèle.

IV.2 Value Stream Mapping (VSM)

L'étude du modèle de VSM commence par présenter les étapes qui ont mené à l'apparition du modèle dans la théorie du Lean.

IV.2.1 Définition du modèle

Afin de concurrencer l'industrie automobile américaine, Toyota développa, vers la fin des années cinquante, une approche d'amélioration continue de la production le TPS (Total Production System) plus connue sous le nom générique de « lean manufacturing » ou la production au plus juste. La pratique du « Lean manufacturing » est fondée sur des principes simples mais efficaces : la prise en compte du besoin du client, la production au plus juste, la coordination des flux et l'intégration des fournisseurs dans la production.

Petitqueux [Petitqueux, 1999] détaille les conséquences de l'application et de ses principes dans une entreprise.

L'objectif de la méthodologie « Lean Manufacturing » est de traquer les pertes dans l'entreprise et de mettre en place un outil adapté visant à éliminer ces pertes.

La différence entre la vision traditionnelle de la chaîne logistique et de la vision VSM est la séparation entre flux de valeur ajoutée et flux de « non valeur ajoutée » [Hines et Rich, 1997] et l'intégration de l'ensemble des partenaires de l'entreprise (fournisseurs, fournisseurs des fournisseurs, client et client des clients...) pour une Supply Chain plus étendue. En effet le diagramme de flux consiste à identifier les activités de l'entreprise et les flux qui circulent entre ces activités ainsi que les flux échangés avec l'ensemble de partenaires alors que le « Value Stream Mapping (VSM) » remonte la chaîne logistique jusqu'aux fournisseurs de matières premières et les clients consommateurs du produit ou du service pour repérer le moindre dysfonctionnement et faire en sorte que les améliorations apportées impliquent l'ensemble des maillons de la Supply Chain.

IV.2.2 Primitives de modélisation :

La représentation des éléments de la Supply Chain diffère légèrement d'une version à une autre, mais on constate une similitude dans les primitives utilisées.

Le Value Stream Mapping a pour but de mettre en évidence le parcours, les transformations et les différents types de flux dans la chaîne logistique. On se base sur cette caractéristique pour classer les différents pictogrammes servant pour primitives au modèle VSM.

Origine ou destination des flux:

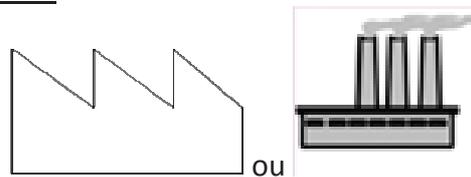


Figure 2.4 - Primitive de localisation d'un fournisseur ou d'un client en VSM -

La figure 2.4 ne distingue pas les différents partenaires que l'entreprise peut avoir. Bien que le modèle cherche à établir la chaîne logistique la plus complète possible en remontant en amont la liste des fournisseurs pour arriver idéalement au fournisseur de matières premières, et en suivant, en aval, le parcours du produit ou du service au court de sa transformation pour arriver jusqu'au client- consommateur final. Des partenaires tels que les sous traitants de l'entreprise sont représentés par les mêmes symboles bien que la nature du service ou du produit échangé avec chaque partenaire détermine un rôle différent dans la chaîne logistique et exige de l'entreprise un mode de collaboration différent.

Intervention manuelle sur les flux :



Figure 2.5 - Primitive de localisation d'un opérateur en VSM -

La figure 2.5 désigne l'emplacement des opérateurs dans la chaîne de fabrication du produit. Elle est utile pour visualiser les tâches manuelles et réfléchir sur la possibilité de leur automatisation ou sur un renforcement des effectifs pour améliorer l'exécution de cette tâche.

Processus de transformation des flux :

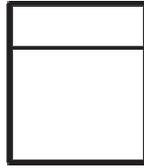


Figure 2.6 - Primitive désignant un processus interne en VSM -

La fabrication du produit ou service final est décomposée en un ensemble de processus interne. Dans la case supérieure de cette boîte, on inscrit le nom du processus (exemple : coupe, tronçonnage, ...). Dans la case inférieure on rajoute des indications correspondant à la présence ou pas d'opérateurs au cours du processus ou les détails de la planification.

Afin de présenter les informations essentielles sur le processus de fabrication, les pictogrammes suivants sont utilisés pour : les indicateurs de performance du processus, la planification ou non de l'étape considérée et l'utilisation ou non de Kanban. Un exemple est présenté dans la Figure 2.7 :

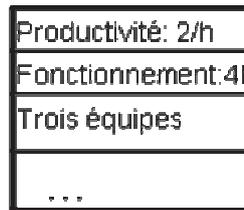


Figure 2.7 - Primitive désignant l'ensemble de données/caractéristiques d'un processus interne en VSM -

La boîte de données (Figure 2.7) vient en complément de la boîte du processus interne. Elle porte des indicateurs de performance du processus tel que : le taux de production du processus, le nombre d'heures de travail s'il s'agit d'une machine, le temps nécessaire pour fabriquer une pièce,



Figure 2.8 - Primitive désignant les détails de la fabrication en VSM -

La Figure 2.8 ne précise pas les détails de la planification du poste, de la machine ou du processus correspondant. Il ne comporte pas non plus d'information concernant l'élaboration de cette planification.

Point de stockage temporaire des flux :

Les points de stock dans la Supply Chain sont désignés par trois types de primitives.



Figure 2.9 - Primitive désignant un entrepôt, un magasin de stockage ou un supermarché en VSM -

La Figure 2.9 symbole désigne un point de stockage lors du processus de fabrication. En général les stocks ainsi représentés sont des stocks de matières premières au début du processus de transformation ou de produits finis à la fin de leur fabrication et en attente de livraison.

Les produits en cours de fabrication ou produits semi-finis (les « en cours ») sont généralement désignés par le symbole suivant avec une indication sur le niveau des stocks :

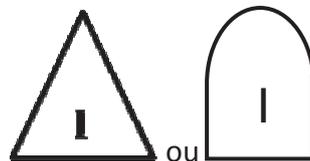


Figure 2.10 - Primitive désignant un point de stockage intermédiaire avec le niveau de stock atteint en VSM -

Dans la figure 2.10, l'état « en stock » des produits est simplement temporaire. Les produits sont supposés passer le plus rapidement à l'étape suivante dans le processus de fabrication.

La circulation des flux (en fonction de la nature du flux échangé) :

Les différents flux dans un modèle de VSM sont les flux physiques (produit dans différentes phases de production) les flux d'information transmise de manière automatique ou non et enfin les transports entre les partenaires de la Supply Chain.



Figure 2.11 - Primitive désignant un flux physique en VSM -

La Figure. 2.11 représente le mouvement de flux physique entre les différents postes ou étapes du processus de production de marchandise entre les postes de l'entreprise. En général ces flux physiques sont des produits semi-finis en cours de fabrication dans l'entreprise.



Figure 2.12 - Primitive désignant un flux d'information non automatisé en VSM -

Pour distinguer les flux physiques des flux d'information, on utilise des flèches simples (la figure 2.12). La transmission de ses informations n'est pas automatisée, elles sont transmises oralement ou sur support papier.

La figure 2.13 représente les informations transmises automatiquement à la production.



Figure 2.13 - Primitive désignant un flux d'information automatisée en VSM -

Les informations automatisées sont en général des plans de productions (quantités, types de produits et délais de production) transmises automatiquement à la chaîne de production.

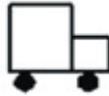


Figure 2.14 - Primitive désignant un transport entre l'entreprise et ses différents partenaires en VSM -

Les figures précédentes (2.11, 2.12 et 2.13) sont utilisées en interne dans la chaîne de production. Jugés différents des flux physiques entre les processus internes de l'entreprise, les échanges entre l'entreprise et ses différents partenaires sont représentés par le pictogramme d'un camion.

Avec l'avènement des Kanbans (étiquette), différents pictogrammes sont rajoutés à un modèle de VSM.

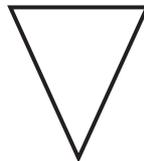


Figure 2.15 - Primitive désignant un signal Kanban en VSM -

La figure 2.15 est employée pour indiquer que la production est faite selon le système de Kanban et indique l'emplacement des étiquettes du Kanban dans la chaîne de production.

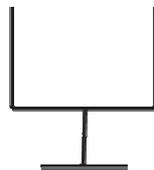


Figure 2.16 - Primitive désignant l'envoi d'un signal Kanban en VSM -

La production en Kanban est gérée par des étiquettes. La figure 2.16 désigne dans un modèle VSM l'envoi d'une étiquette Kanban pour signaler une rupture (stock manquant ou opération arrêtée) de la production.

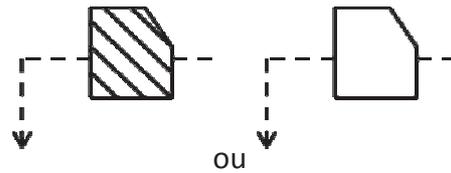
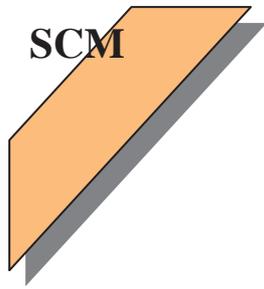


Figure 2.17 - Primitive désignant la production en suivant les étiquettes du Kanban en VSM -

Les pictogrammes de la Figure 2.17 sont employés pour indiquer l'arrivée d'étiquette Kanban pour une étape de production.

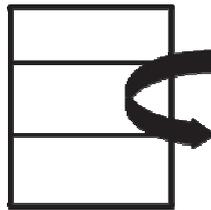


Figure 2.18 - Primitive désignant l'échange d'un Kanban en VSM -

La Figure 2.18 indique les échanges de Kanban entre les étapes de la production. Cet ensemble de symboles utilisés pour caractériser le recours à la production en Kanban une méthode de production qui considère que le VSM est la première étape à faire pour détecter les pertes dans la SC et agir dessus afin de les éliminer.

IV.2.3 Exemple de modèle VSM

Pour construire un modèle de VSM en entreprise, on procède en deux étapes : une traduction de l'état actuel de la Supply Chain de l'entreprise tel qu'elle est. Ensuite grâce au modèle des améliorations sont à apporter à la Supply Chain.

Les règles de modélisation sont les suivantes :

- **Traduction de l'état actuel de la Supply Chain de l'entreprise par famille de produits**

Une famille de produits étant un ensemble de produits présentant approximativement la même conception, le même processus de production et des éléments semblables.

Cet état est décrit dans la Figure 2.19.

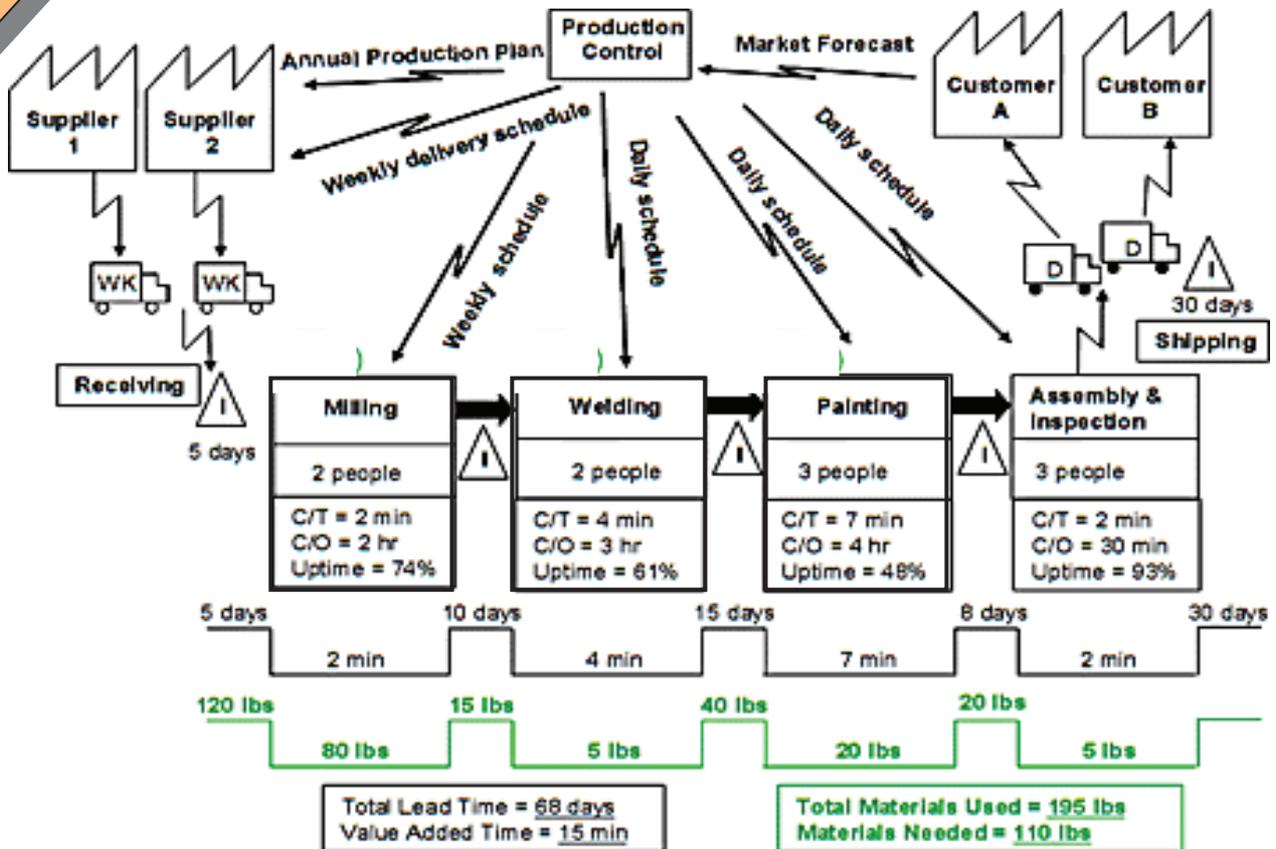


Figure 2.19 - Etat actuel d'un modèle VSM d'une Supply Chain -

Dans la Figure 2.19 la production s'effectue en quatre étapes suivie chacune d'un point de stock qui suppose que le flux de produit n'est pas continu. Un cycle de production complet dure 68 jours. Alors que le temps d'opération qui ajoute de la valeur au produit est de seulement 15 minutes. Les pertes sont enregistrées aussi pour les matériaux utilisés dans la production. Le poids des matériaux utilisés tout au long de la production est de 195 Livres alors que le poids réellement nécessaire est de 110 Livres seulement.

Par le modèle de la Figure 2.19, il est clair que des améliorations sont nécessaires pour réduire les pertes de temps et de matières dans la Supply Chain. En suivant les règles de modélisation du VSM et en visant l'amélioration des performances de la Supply Chain on obtient la Figure 2.20.

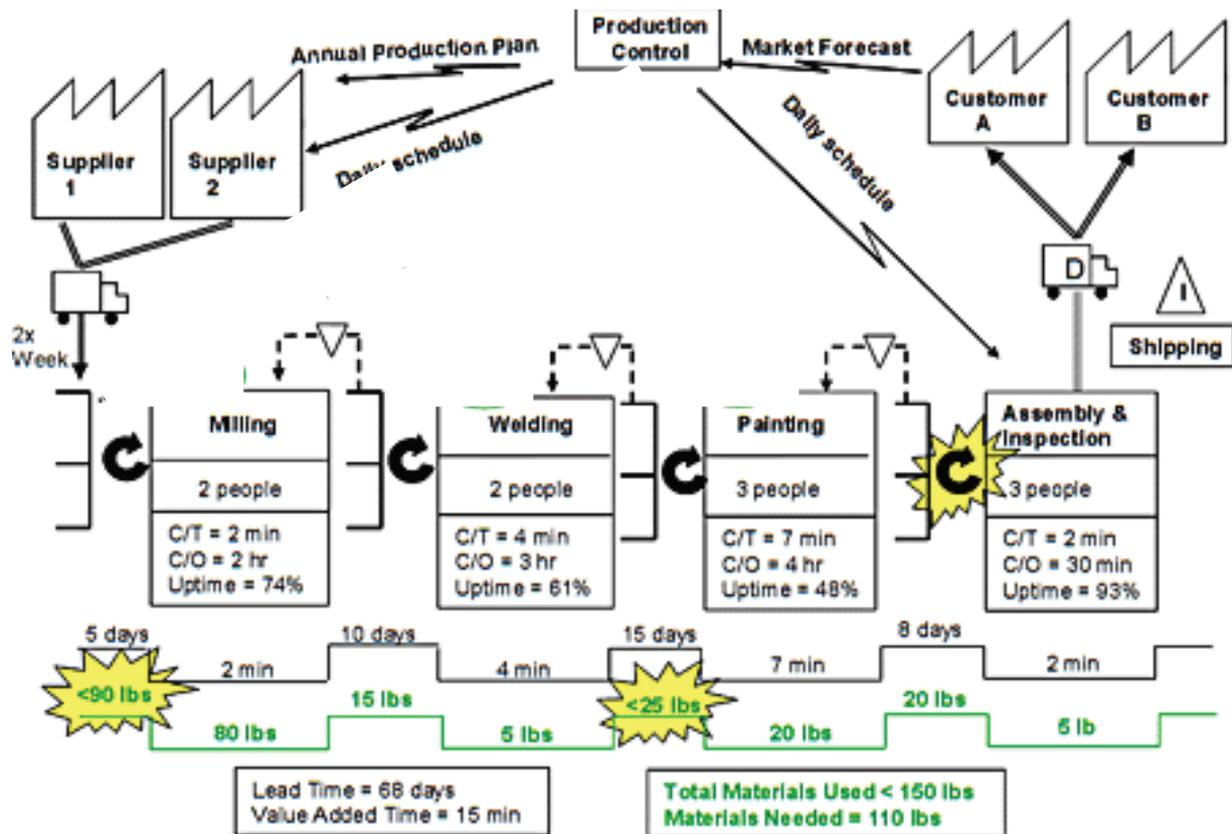


Figure 2.20 - Etat souhaité d'un modèle VSM d'une Supply Chain -

La Figure 2.20 décrit un état amélioré que la Supply Chain devrait atteindre. Ce modèle a été construit en suivant les règles suivantes :

- Répartir la fabrication des différents produits de la façon la plus égale possible pour éviter les effets cumulatifs de la variation de la demande sur la chaîne de production.
- Produire en accord avec le rythme du marché : produire la quantité de produits nécessaire pour répondre à la demande du marché)
- Installer des flux continus quand c'est possible : réduire les stocks intermédiaires et les temps d'arrêts.
- Calculer le Takt Time (le temps de vente de la période/nombre de pièces à livrer dans la période). Cet indicateur est le reflet de la demande client.
- Établir un programme pour les demandes clients et respecter ce programme dans l'établissement de la chaîne de valeur de production
- Utiliser des supermarchés quand la production continue n'est pas possible : un supermarché est un système de stock qui abrite un ensemble de produits semi-finis et renouvelle seulement ceux qui entraînent la partie continue de la production dans le sens du courant.

Ce deuxième modèle de la Supply Chain a permis de supprimer les points de stocks pour les remplacer par des magasins de stockage Kanban, gérés par des étiquettes. En plus, la quantité totale des matériaux utilisés est passée de 195 Livres à 150 livres.

IV.2.4 Validation du modèle dans la littérature

Les travaux de recherche étudiés ont traité de l'utilisation des modèles de VSM pour la représentation de la Supply Chain (tel que : [Womack et Jones, 2003], [Shingo, 1989] et [Abdulmalek et Rajgopal, 2007]) mais peu se sont intéressés à la validation de cette méthodologie.

En ce qui concerne les travaux fondateurs de la démarche « lean manufacturing », ils inscrivent le modèle VSM en tant que première analyse d'opportunités pour mettre en œuvre les outils du « lean manufacturing » [Womack et Jones, 2003], [Shingo, 1989].

L'utilisation de la modélisation VSM se fait généralement dans une étude de cas, les chercheurs valident leur modèle en validant les résultats de modélisation (exprimée souvent par des améliorations de production, des réductions de coûts ou de délais...)

Simplement, nous avons pu trouver un article assez récent, [Abdulmalek et Rajgopal, 2007], qui valide une modélisation VSM par la simulation dans le secteur de production en processus continu : la métallurgie. Abdulwahed et Rajgopal ont développé un outil de simulation qui leur permet d'avoir des scénarios de SC, en fonction du changement apporté et des décisions que les managers pourraient prendre.

IV.2.5 Etude critique du modèle

Nous allons adopter la même démarche que celle utilisée pour faire l'analyse d'un diagramme de flux classique.

La finalité du VSM est d'arriver à représenter la totalité de la chaîne logistique et la position de l'entreprise dans cette chaîne avec l'ensemble de ses liens et de ses fournisseurs. La fonction cognitive du modèle permet d'avoir une visibilité de la SC en vue de la comprendre et prendre les bonnes décisions pour la piloter ou améliorer ses performances. Néanmoins, les flux d'information qui permettent de comprendre la SC ne sont pas détaillés. Ils existent différents pictogrammes pour désigner le mouvement de flux physiques : flux poussés, flux tirés, réception de produits... Alors que deux catégories seulement des flux d'information sont distinguées (selon le moyen de transfert de cette information) : automatisé ou pas.

Le modèle VSM est un outil de management, il permet aux responsables de la SC de prendre les décisions nécessaires pour améliorer la productivité et éliminer les sources de perte le long du processus dans l'entreprise.

Comparé à un diagramme de flux qui influence seulement les décisions tactiques de l'entreprise, le modèle VSM agit sur le positionnement stratégique de l'entreprise au sein de la chaîne logistique globale. Lambert et Cooper [Lambert et Cooper, 2000] insistent sur l'importance de la définition des objectifs stratégiques d'une SC (objectifs définis par les différents partenaires mis en relation dans la SC). La « focale » de la SC détermine la politique stratégique de l'entreprise et distingue les flux de valeur permettant d'atteindre cette focale et les flux de « non valeur » [Lambert et Cooper, 2000].

Mais aussi, l'outil VSM permet de prendre des décisions tactiques qui affectent le fonctionnement interne ou l'organisation de la production. Dans l'idéal, l'établissement d'un modèle VSM de l'entreprise précède l'application des techniques du Lean Manufacturing pour éliminer les pertes détectées et atteindre l'état idéal recherché. Selon l'importance des pertes constatées et leur impact sur la performance de l'entreprise, des décisions urgentes sont prises à court terme, alors que d'autres vont entrer en application à moyen terme.

Contrairement à un diagramme de flux, le modèle VSM prévoit le fonctionnement de la SC. En effet, en établissant un modèle VSM de l'état idéal de la SC après avoir éliminé toutes les pertes, le manager de la SC peut avoir des scénarios de fonctionnement pour atteindre cette situation et aller vers le « zéro défauts » [Womack et Jones, 1996]. On peut envisager d'établir des modèles VSM intermédiaires d'une SC (entre l'état initial de la SC et l'état atteint après avoir implémenté les outils lean manufacturing adéquats) après avoir décidé des actions à prendre pour améliorer les performances de la SC, ainsi la fonction prévisionnelle est bien assurée. Seulement le modèle en lui-même ne permet pas d'avoir des prévisions quant à l'acceptation du changement décidé pour la SC, à chaque fois qu'on veut se représenter les conséquences des actions préconisées, il est indispensable de passer par des calculs préalables et des discussions avec les responsables de chaque poste de production ou responsable de service pour prévoir les évolutions possibles de la SC et établir après ses discussions un modèle VSM de ces scénarios de réactions.

La démarche de modélisation en VSM permet de se doter, selon Waliser, d'une « norme » : une situation souhaitée de la SC qu'il faut atteindre. La fonction normative d'un modèle est visible. Mais cette norme n'a pas été générée systématiquement par le modèle, car avoir une première vision VSM de la SC permet tout simplement de détecter les points de pertes (pertes de temps, de stocks, de surproduction...). Pour pallier ses dysfonctionnements, libre aux managers de la SC de choisir les solutions qu'ils estiment plus efficaces pour atteindre une situation zéro défauts.

Au final on peut dire que le modèle VSM répond mieux aux caractéristiques fonctionnelles que doit remplir un modèle comparé à un diagramme de flux. Mais certaines de ces fonctions telles que la fonction prévisionnelle ou la fonction normative sont à améliorer pour rendre la démarche plus fluide : nécessitant moins d'efforts de la part des managers de la SC et moins d'accompagnement de leur part dans l'établissement du modèle.

IV.3 Résultats de l'étude des modèles de SCM

L'étude des modèles de Supply Chain a révélé des résultats importants.

Ce sujet est apparu depuis les années 50 dans les travaux de recherche, les chercheurs ont longtemps discuté des concepts de Supply Chain et de sa modélisation pour aboutir à des approches reconnues.

IV.3.1 Les Points communs entre les modèles de SCM

Le point commun entre les différents modèles de Supply Chain étudiés dans la littérature est la clarté des règles de modélisation. En effet, ces modèles sont construits selon des règles claires, facilement compréhensibles et assimilables pour le modélisateur et les utilisateurs potentiels du modèle.

IV.3.2 Les Divergence entre les modèles de SCM

Les points de divergences constituent en majorité les avantages qu'appliquer un VSM par rapport à un diagramme de flux classique.

- Offrir un choix de primitives suffisants pour distinguer les composants importants de la Supply Chain : tel que distinguer par des primitives de modélisation différentes les acteurs internes (différents départements dans l'entreprise) et externes à l'entreprise (fournisseurs et clients) ou bien distinguer les différents flux qui circulent dans la SC (matières, informations...)

- Pour faciliter la prise de décision et permettre aux managers d'améliorer les performances de leurs entreprises, le modèle doit permettre d'établir deux états de l'entreprise : un premier modèle qui permet de représenter l'état actuel de la SC et un deuxième modèle qui décrit une meilleure situation de la SC (en intégrant des changements qui visent à améliorer les performances de la SC).

IV.3.3 Application de la validation fonctionnelle aux modèles de SCM

Les modèles de SCM passent par deux phases : la phase de conception et la phase d'utilisation. En plus des modèles de diagrammes de flux et du modèle de VSM dont l'étude a été détaillée, nous effectuons l'analyse fonctionnelle de plusieurs modèles dans la littérature. Les fonctions concernées sont les fonctions du modèle en phase de conception, car tous les modèles sont jugés sur les propriétés théoriques qu'ils possèdent, l'application de modèle de processus et la validation de ces modèles en phase d'utilisation fera l'objet du troisième chapitre.

Modèle étudié	Papier de Référence
IDEFO (Integrated Computer- Aided Manufacturing Definition)	Chahed et al, 2007
UEML (Unified Enterprise Modeling Language)	Vernadat, 2002
VSM (Value Stream Mapping)	Abdulmalek and Rajgopal, 2007
Diagramme de flux	Baglin, 2003
GRAPH NODES	Giard, 2003
SCOR (Supply Chain Operations Reference Model)	Stephens 2001

Tableau 2.9 - Modèles de Supply Chain étudiés -

Différents modèles ont traité de l'amélioration de la Supply Chain. Nous avons retenu les plus récents (présentés dans les dix dernières années).

Le but de l'analyse fonctionnelle est de déterminer les fonctions réalisées et non réalisées par chacun des modèles du processus de SCM. Ceci n'a pas pour but de déterminer le meilleur modèle, mais peut orienter le choix d'un modélisateur.

Modèle du processus de SCM	Fonctions réalisées	Fonctions non réalisées
IDEFO (Integrated Computer- Aided Manufacturing Definition)	FC1-FC2-FC3-FT1-FT2-FC4-FC5	FT3
UEML (Unified Enterprise Modeling Language)	FC2-FC3-FT1-FT2-FC4	FC1-FT3-FC5
VSM (Value Stream Mapping)	FC1-FC2-FC3-FT1-FT2-FT3-FC5	FC4
FLOW CHART	FC1-FC2-FC3-FT2-FC4-FC5	FT1-FT3
GRAPH NODES	FC2-FC3-FT2-FT3-FC4-FC5	FC1-TF1
SCOR (Supply Chain Operations Reference Model)	FC2-FC3-FT1-FT2-FT3	FC1-FC4-FC5

Tableau 2.10 - Fonctions réalisées par les Modèles de Supply Chain étudiés -

La majorité des fonctions sont réalisées en phase de conception par les modèles de processus de SCM. La suite de la validation fonctionnelle en phase d'utilisation est réalisée après l'application de modèles de processus en entreprise.

V. Etude des modèles de Product Lifecycle Management (PLM)

Pour ce qui est de l'étude des modèles de SCM, on a pu faire l'étude de deux modèles utilisés largement dans la littérature. Pour les modèles de PLM, il y a un accord entre les chercheurs qu'on ne dispose pas encore de modèles reconnus qui traduisent une vision commune des chercheurs en PLM. Pour cette raison, on a trouvé différents modèles dans la littérature, les détails de ces modèles sont présentés dans le premier chapitre de cet état de l'art.

Nous allons étudier les articles qui présentent des modèles de PLM dans la littérature, en mettant l'accent sur les points en commun entre ces différents modèles (les primitives de modélisation et la validation des modèles présentés).

Nous nous sommes référé à des articles assez récents sur le PLM afin d'avoir les dernières avancées dans la recherche en PLM dans le but de remonter avec la bibliographie de ces articles aux origines, écoles de recherche dans le domaine.

Jhon Stark [Stark, 2006] affirme qu'il n'existe pas de modèles commun à une vision PLM et son implémentation en entreprise, il admet néanmoins qu'une modélisation commune pourrait servir considérablement le développement, l'application et le déploiement des outils de la vision PLM en entreprise.

Certains des articles se contentent même d'affirmer que leurs travaux s'inscrivent dans la vision PLM de l'entreprise et présentent un exemple d'application en industrie sans présenter de modélisation de cette vision PLM : [Lee et al, 2006], [Ming et al, 2007], [Qui et al, 2007].

V.1 Les primitives de modélisation

Les primitives de modélisation sélectionnées dans cette partie ne sont pas issues d'un seul modèle de PLM, mais de plusieurs modèles à la fois. On a essayé de trouver les composants en commun entre récent modèles de PLM.

Ces composants doivent exprimer au mieux les concepts et principes du PLM.

- **le cycle de vie du produit :**

Les modèles de PLM étudiés introduisent les détails du cycle de vie du produit, mais il n'y a pas de représentation commune (encore une fois) pour le représenter. Seulement on a remarqué que certaine représentation serait à éviter telle que la représentation du cycle de vie comme un enchainement d'étapes comme l'indique la figure 2.21.

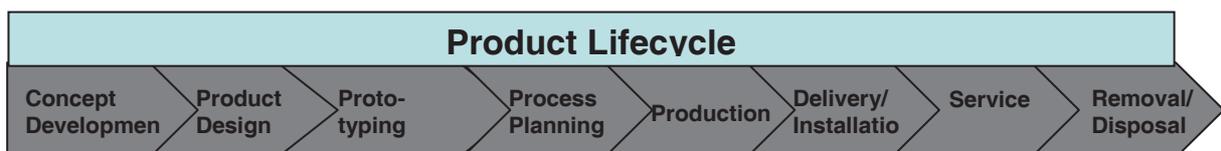


Figure 2.21 - Primitive représentant le cycle de vie du produit -

La figure 2.21 ne permet pas de tenir compte des flux d'information échangés entre les phases et donne l'impression, idéaliste, que la progression du produit d'un concept, en

passant par un produit fini et jusqu'à son retrait du marché se fait automatiquement sans aucune difficulté

Revenir à la représentation de chaque phase du cycle de vie dans un cadre indépendant des précédentes et des suivantes permet de rajouter les flux échangés ainsi que les livrables (relatifs au produit) de chaque phase.

Ce choix de primitive est fait dans la majorité des modèles étudiés (GERAM representation, STEP representation, Terzi [Terzi, 2005], Ming et al [Ming et al, 2007], Kritisis et al [Kritisis et al, 2003], June et al [June et al, 2007]...)

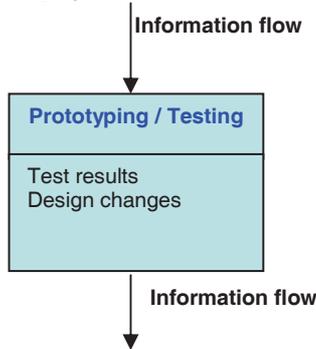


Figure 2.22 - Représentation d'une étape du cycle de vie -

- **les flux d'information échangés entre les différentes phases du cycle de vie du produit :**

Pour représenter les échanges d'informations dans un modèle de PLM, la majorité des modèles étudiés utilisent la primitive de flèche simple (décrite dans la Figure 2.23



Figure 2.23 - Représentation d'un flux d'information dans un modèle de PLM -

Avec une spécification à chaque fois des flux d'information « direct », Jun et al, (qui suivent le sens de l'évolution du cycle de vie du produit) et les flux d'information « indirect », Jun et al (qui sont à l'inverse de l'évolution du cycle de vie du produit)

En général le même symbole est utilisé pour représenter les flux matériel (de produit) entre les différentes phases du cycle de vie (Jun et al [June et al, 2007], Terzi et al [Terzi et al, 2005]).

- **la base de données :**

Cette base de données regroupe l'historique des informations échangées entre les différentes phases du cycle de vie, l'ensemble des données relatives à l'évolution du produit et enfin les connaissances produites et à stocker par les différents départements de l'entreprise.

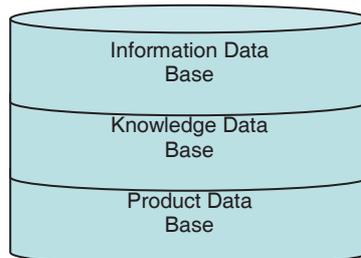


Figure 2.24 - Représentation de la base de stockage en PLM -

On distingue alors pour le PLM les données, des informations et des connaissances en spécifiant le rôle de chacune de ces formes de communication dans le processus du PLM.

V.2 Les règles de modélisation

Les règles des modèles de modélisation sont le résultat de l'étude des propositions de modèles de PLM dans l'état de l'art.

- Présenter une idée globale du cycle de vie du produit avec les étapes de « début de cycle de vie », de « milieu de cycle de vie » et de « fin de cycle de vie ». [Abramovici et al, 2007, Jun et al, 2007, Kritsis et al, 2003]
- Garder une traçabilité des données sur le produit tout au long du cycle de vie. [Terzi 2005, Terzi et al, 2006]
- Préciser une base de stockage pour distinguer les données, les informations et les connaissances échangées [Stark, 2006] tout au long du cycle de vie.
- Expliciter les sous étapes de chacune des phases importantes du cycle de vie avec un formalisme qui précise les départements (ou opérateurs) en charge de la sous-étape, les informations et les connaissances échangées avec les étapes précédentes et suivantes et les données à conserver sur le produit. [Fathallah et al, 2010]
- Mettre en évidence les échanges inverses (de la fin de vie du produit de retour vers le début de cycle de vie) d'information et flux physiques (recyclage de produit). [CHiang et Trappey, 2002]

V.3 Proposition d'un modèle de PLM

Dans le cadre de cette thèse, un modèle de PLM est proposé en suivant la démarche de construction de modèle et grâce à l'étude bibliographique qui a permis d'identifier les primitives les plus importantes d'un modèle de PLM, mais aussi les règles de modélisation qu'il faut suivre. [Fathallah et al, 2010].

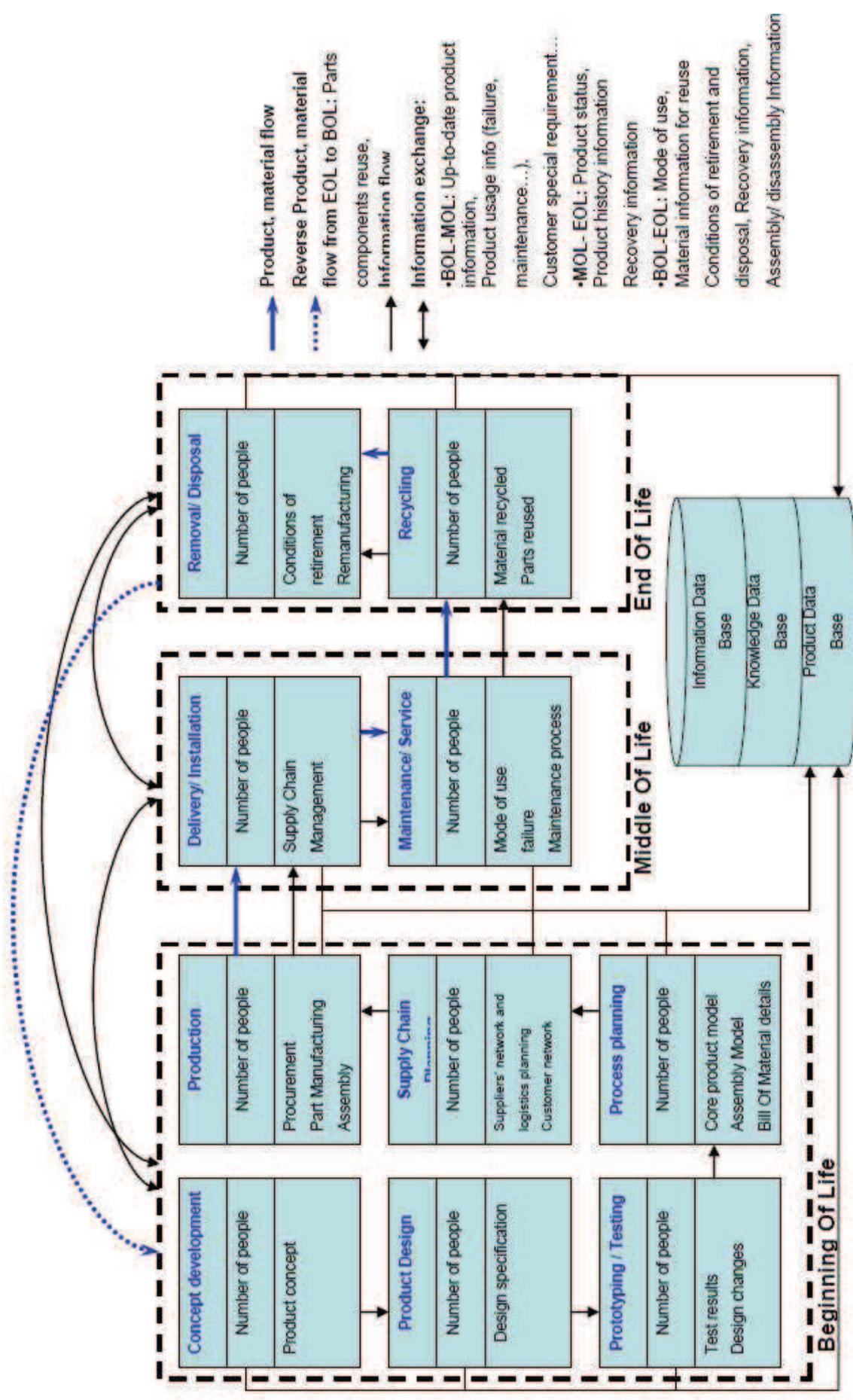


Figure 2.25 - Proposition d'un modèle de PLM -

Les primitives du modèle de PLM proposé dans la Figure 2.25 sont le résultat de l'étude théorique des précédents articles de recherche en PLM.

Nous avons constaté qu'il n'y a pas de primitive unique pour présenter le cycle de vie dans la littérature, mais un recours fréquent à la distinction de trois parties : le début ou BOL (Beginning Of Life), le milieu ou MOL (Middle Of Life) et la fin ou EOL (End Of Life) du cycle de vie. La différence entre ces parties du cycle de vie d'un produit réside dans la différence entre les services de l'entreprise qui les assurent, la différence entre les flux d'informations et de matière échangé.

Dans la phase de BOL : le produit est encore à l'état de concept développé et perfectionné par le service d'étude et développement de l'entreprise pour atteindre les performances visées par les études. A cette phase le service d'industrialisation planifie la chaîne de production et cherche les sites d'industrialisation, les fournisseurs et les clients potentiels et les modes de distribution du produit.

Dans la phase de MOL : la structure (géométrie...) et les composants du produit (matières premières...) sont validés. Les services d'industrialisation et de production traitent de la meilleure façon de mettre en place la production : gestion des approvisionnements, planification de la production, livraison au client et suivi du service après-vente.

Enfin, dans la phase de EOL : le produit est vendu au client et a accompli une grande partie de son cycle de vie, les services de recherche et de développement, mais aussi les services de marketing travaillent avec le client à retirer le produit du marché pour le détruire et mettre en place une gestion durable des déchets ou le recycler et mettre en place une chaîne de réutilisation de la matière première.

Entre ces phases, les catégories d'informations échangées sont indiquées sur la Fig2.25. Les connaissances et les datas ne sont pas présentes sur le modèle générique, mais y seront spécifiées dans le cas de l'application du modèle sur un cas de processus de PLM réel.

VI. Etude des modèles de Customer Relationship Management (CRM)

Les modèles de CRM sont les moins matures dans les modèles de processus choisis (la comparaison est faite avec les modèles de SCM et de PLM). La recherche en CRM a débuté depuis seulement la fin des années quatre-vingt-dix. De plus les modèles retenus (dans le chapitre précédent d'état de l'art) sont issus de domaines de recherche différents : la construction de Système d'Information en entreprise ou l'étude de stratégie marketing.

VI.1 Primitives d'un modèle de CRM

Les modèles qui présentent le CRM comme une stratégie marketing ont pour objectif d'acquérir et de fidéliser les clients. Les primitives les plus utilisées représentent les composants du marché : le client, la société, les concurrents et les forces de ventes de l'entreprise. Les étapes du processus de CRM suivent le sens des échanges d'information entre les composants du marché. Le modèle d'Avlonitis et Panagopoulos [Avlonitis et Panagopoulos, 2005] remonte le flux d'information du client au vendeur de l'entreprise en précisant les conditions de leur relation pour que l'entreprise réussisse à fidéliser le client.

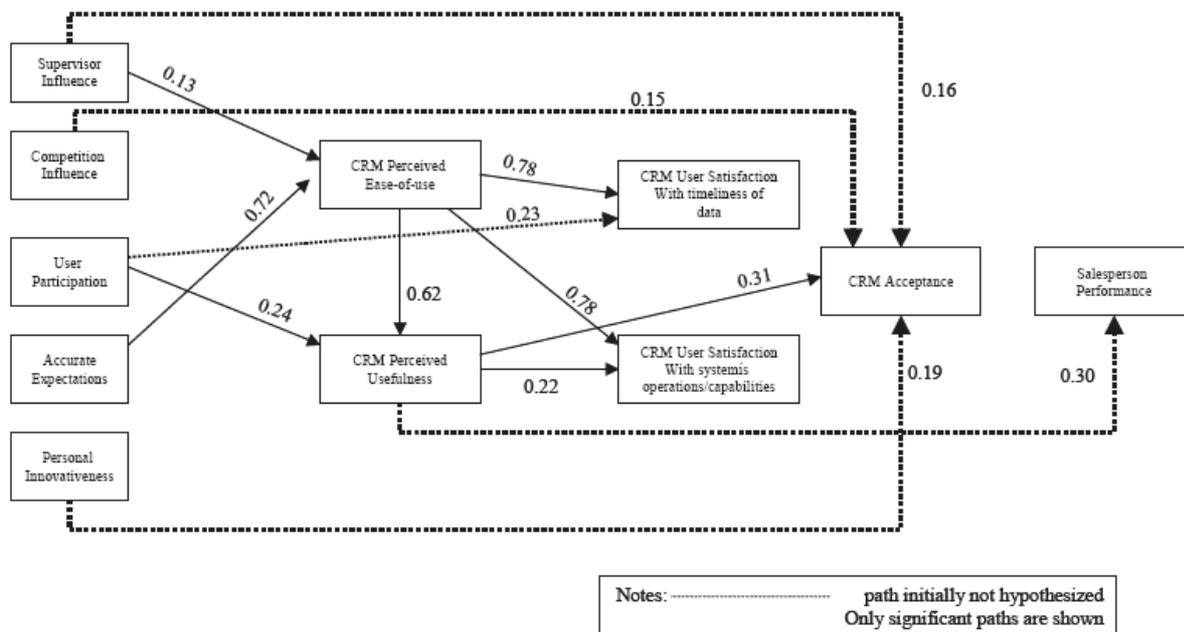


Figure 2.26 - Un exemple représentatif des modèles de CRM dans le domaine du Marketing [Avlonitis et Panagopoulos, 2005] -

Dans la figure 2.26 la représentation graphique d'un processus est utilisée. Les composants du modèle sont représentés par des rectangles et les relations entre eux sont désignées par des flèches. Le modèle de CRM lie la satisfaction du client à la fois à la performance de vente et à la perception du client du CRM. L'ensemble du modèle est appliqué dans le cas d'une entreprise pharmaceutique pour classer les liens en fonction de leur importance dans le cas d'étude.

Le modèle de King et Burgess [King et Burgess, 2006] utilise les mêmes primitives graphiques pour représenter les composants du processus de CRM.

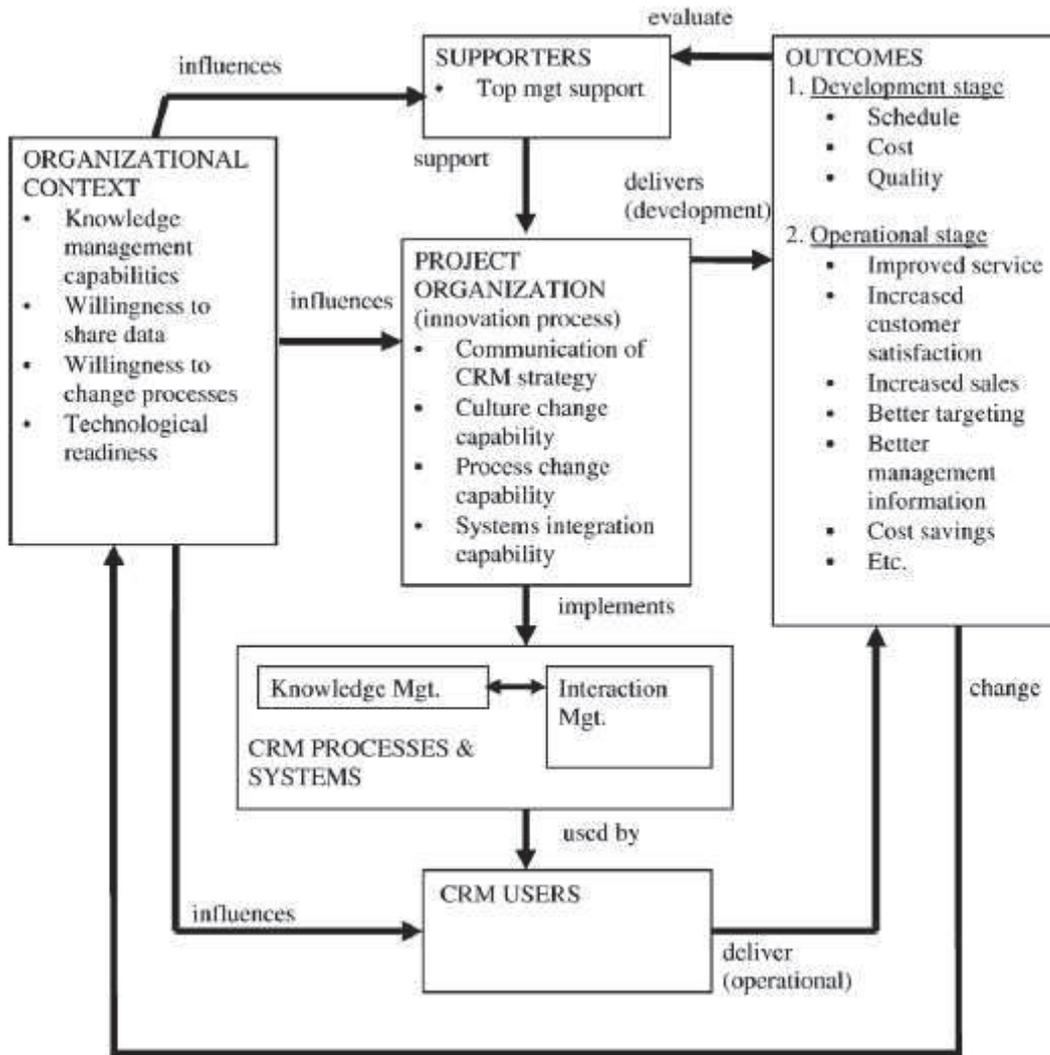


Figure 2.27 - Un exemple représentatif des modèles de CRM dans le domaine du Marketing [King et Burguess, 2006] -

La figure 2.27 précise la nature des relations possibles entre les différents acteurs du processus de CRM. Les utilisateurs du CRM produisent les résultats tels que l'amélioration de la satisfaction du client ou l'augmentation des ventes. Le management de l'entreprise supporte les utilisateurs du CRM et évalue les résultats produits.

Dans le domaine de management du Système d'Information (SI), les primitives ne diffèrent pas de celles utilisées avec le CRM dans le domaine du marketing. Elles représentent les étapes du processus. L'accent est mis sur les outils technologiques et logiciels qu'il faut utiliser pour améliorer le SI.

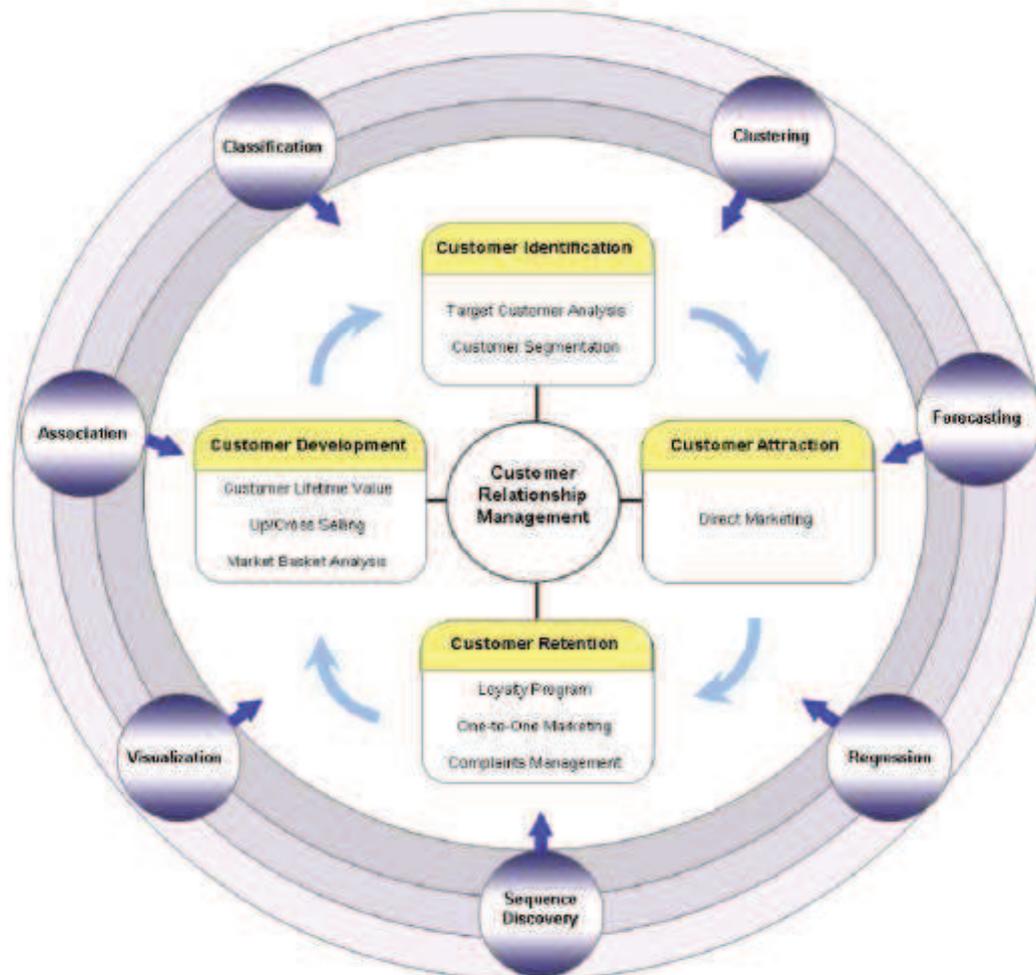


Figure 2.28 - Un exemple représentatif des modèles de CRM dans le domaine du SI [Ngai et al, 2009] -

Le modèle de Ngai et al [Ngai et al, 2009] identifie quatre étapes dans le processus de CRM : L'identification du client, son acquisition, sa rétention et le développement de la relation avec le client. A chacune de ces étapes correspond une technique de Data mining.

Le modèle de CRM proposé par Payne et Frow [Payne et Frow, 2005] reprend un langage graphique retrouvé dans la plupart des modèles de CRM relatifs au marketing.

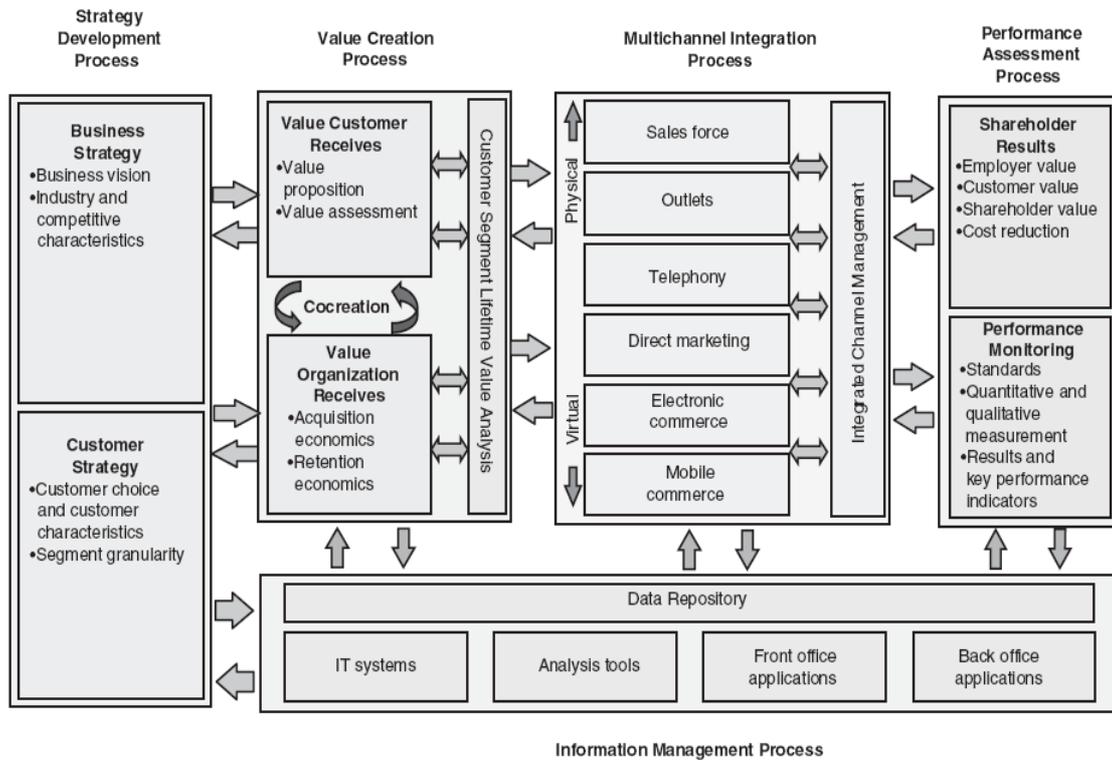


Figure 2.29 - Un exemple représentatif des modèles de CRM dans le domaine du SI [Payne et Frow, 2005] -

A chaque étape du CRM, la figure 2.29 propose une solution technologique qui contribue au développement du SI de l'entreprise. L'ensemble des technologies utilisées dans le CRM permettent de tenir compte des besoins du client et d'améliorer les échanges d'informations avec lui.

Nombreux modèles de CRM sont proposés. Dans le domaine du marketing ou du SI, le langage de modélisation est un langage graphique similaire au langage de modélisation de processus (étapes du processus, flux échangés et indicateurs de performances). Les primitives les plus souvent utilisées, sont les étapes du processus de CRM, les échanges d'informations entre les étapes et les indicateurs de performances du processus.

VI.2 Les règles de modélisation du processus de CRM

Le langage de modélisation utilisé est essentiellement un langage graphique de représentation de processus. Les règles qui découlent de ce langage sont des règles organisationnelles.

Dans le modèle de Richard et Jones [Richard et Jones, 2008] la règle est de classer les composants à valeur ajoutée en catégories pour identifier celles qui apportent le plus grand bénéfice au processus de CRM.

VI.3 Synthèse de l'étude des modèles de CRM

Parmi les modèles qui ont pour objectif de mettre à disposition du Système d'Information les outils technologiques qui lui permettent de bâtir une relation solide avec les clients, on peut citer les modèles de Ryals et Knox [Ryals et Knox, 2001] et de Richards et Jones [Richards et Jones, 2008].

Ces deux objectifs sont retrouvés dans la classification du CRM en deux types : le CRM analytique et le CRM opérationnel [Tufféry, 2002]. Le CRM opérationnel ayant pour objectif de gérer les canaux de communication et de lancer les campagnes de commercialisation doit s'appuyer sur un marketing bien développé. Le CRM analytique consiste à maîtriser la collecte des informations des clients et l'analyse de ces informations, il nécessite alors d'avoir un SI bien structuré. .

Pour conclure, on peut affirmer que les objectifs (l'aspect téléologique) conditionnent le choix du modèle à utiliser dans l'application industrielle.

Conclusion du deuxième chapitre : Différents Niveaux de maturité des modèles de SCM, de PLM et de CRM

Pour répondre à la première question de la problématique, une méthode générique et rigoureuse de construction de modèles de processus est proposée dans ce chapitre. La validation d'un modèle passe par la validation des fonctions attendues. Une liste de fonctions est obtenue (à partir d'une analyse fonctionnelle d'un modèle dans les deux phases de son cycle de vie). Pour application, nous avons choisi d'étudier les modèles des trois processus de SCM, de PLM et de CRM.

L'application de notre démarche de modélisation a démontré une différence de niveau de maturation entre les modèles des processus étudiés.

Les modèles de SCM sont les plus nombreux et les plus aboutis. Il a été possible de les comparer sur les trois plans : téléologique, ontologique et fonctionnel. Les objectifs de chacun des modèles sont mis en évidence. Sur un plan ontologique, les données et informations indispensables au processus sont visibles dans les modèles bien qu'il soit rarement question de connaissances. Sur un plan fonctionnel, ce que le modèle fait est discuté. Ainsi les étapes de modélisation permettant de réaliser ses fonctions sont discutées pour les clarifier.

Les modèles de PLM sont étudiés d'un point de vue téléologique et ontologique. Si les objectifs d'un modèle de PLM sont clairs et souvent évoqués dans la littérature, il y a divergence sur la nature, le nombre et les échanges entre les primitives des modèles de PLM. Aussi, les fonctions du modèle ne sont pas claires. Ceci a motivé la proposition d'un modèle de PLM en précisant un objectif précis, en se basant sur l'ontologie des modèles de PLM dans la littérature et en complétant par les aspects fonctionnels de modèles de PLM.

Les modèles de CRM sont les plus récents dans la littérature. A la suite de l'état de l'art, le point commun entre ces modèles est de préciser leur objectif. En revanche, les aspects ontologiques et fonctionnels divergent considérablement d'un modèle à un autre.

Troisième Chapitre : Application Industrielle chez Vallourec

Troisième Chapitre : Application Industrielle chez Vallourec

Introduction du troisième chapitre	101
I. Présentation de l'entreprise partenaire	101
I.1 Présentation générale de l'entreprise.....	101
I.2 Présentation des produits concernés par l'étude.....	101
I.3 Présentation des sites industriels concernés par l'étude.....	102
II. Formulation de la problématique à valider sur le terrain	102
II.1 Nos questions de recherche confrontées au cas réel	102
II.2 Définition du périmètre d'application	104
II.3 Intérêt de l'entreprise pour l'étude	105
III. Résolution des questions de recherche relatives à la construction et à la validation des modèles des processus pour les produits à forte teneur en chrome de Vallourec	106
III.1 Bilan détaillé de la première Phase du projet.....	108
III.2 Résultat de la première phase : Identification des étapes des processus de SCM, de PLM et de CRM pour les produits à 13 % de Chrome de Vallourec.....	109
III.2.1. Étapes du processus de SCM pour les produits « 13 % de chrome » et « Super 13 % de chrome ».....	109
III.2.2. Étapes du processus de PLM pour les produits « 13 % de chrome » et « Super 13 % de chrome ».....	110
III.2.3. Étapes du processus de CRM pour les produits « 13 % de chrome » et « Super 13 % de chrome ».....	111
III.3 Bilan détaillé de la deuxième phase du projet :.....	113
III.4 Outil de la deuxième phase du projet : Guide des Entretiens.....	113
III.5 Résultats de la deuxième phase du projet.....	116
III.5.1. Construction du modèle de SCM	117
III.5.2. Construction du modèle de PLM	121
III.5.3. Construction du modèle de CRM.....	125
IV. Résolution des questions de recherche relatives à la réalisation d'une vision globale du système étudié : l'entreprise Vallourec sur les produits à forte teneur en chrome.....	128
Conclusion du troisième chapitre	130

Introduction du troisième chapitre

L'application des travaux de recherche en milieu industriel est une étape importante de la thèse. Elle a servi à valider les résultats du deuxième chapitre en suivant une méthode rigoureuse de construction de modèle. Ceci complète l'étude de la première question de la problématique.

Quant à la deuxième question, qui concerne la mise en cohérence de modèles, l'application industrielle permet de suivre les phases du cycle de vie d'un modèle en entreprise et de rédiger un guide de bonnes pratiques à appliquer pour conserver la cohérence des modèles et faire en sorte qu'ils atteignent les performances voulues en entreprise.

Ce troisième chapitre commence par une présentation de l'entreprise partenaire : le groupe Vallourec. Les raisons du choix de ce milieu d'application y seront exposées. Ensuite, la problématique de recherche est reformulée pour intégrer les particularités du milieu industriel et la décliner en un ensemble de questions à traiter sur le terrain. En plus de la démarche de construction de modèle, un guide d'entretien et des consignes de mise en cohérence des modèles ont été mis en place. Les résultats de cette application sont de construire des modèles de SCM, de PLM et de CRM, cohérents et utiles à l'entreprise. L'utilité d'un modèle est de s'assurer qu'il répond aux besoins des utilisateurs, qui exprime l'objectif du modélisateur et qui n'entraîne pas d'incohérence pour le système global de l'entreprise. Nous concluons ce chapitre en expliquant les outils qui nous ont permis d'énumérer de bonnes pratiques à respecter pour la réalisation des cohérences des modèles chez Vallourec pour les produits à forte teneur en chrome.

I. Présentation de l'entreprise partenaire

I.1 Présentation générale de l'entreprise

Leader mondial dans le secteur des tubes en acier sans soudure, le groupe Vallourec possède une capacité de production annuelle de près de 2,5 millions de tonnes.

Né en 1977 de la fusion de Vallourec (France) et de Mannesmannröhren — Werke (Allemagne), le groupe Vallourec dispose d'usines de production de tubes laminés pour l'ensemble des industries en Europe, en Amérique du Nord et en Amérique du Sud, ainsi que d'aciéries produisant les aciers nécessaires à leur fabrication. Pas moins de 18 561 employés à travers le monde assurent la présence de Vallourec sur les marchés de Pétrole & Gaz, de l'Énergie électrique, de la Mécanique, de la Pétrochimie et de l'Automobile.

En 2009, le groupe Vallourec totalise un Chiffre d'Affaires de 4 465 millions d'euros dont 50 % sont générés par les produits à destination du secteur Pétrole et Gaz. L'étude présentée dans cet article concerne plus particulièrement ces produits.

I.2 Présentation des produits concernés par l'étude

Les Divisions Pétrole et Gaz conçoivent et développent une gamme de produits adaptés aux environnements hostiles de l'exploitation des puits de pétrole et de gaz jusqu'aux raffineries : tubes de forage, tubes sans soudure lisses ou filetés pour le cuvelage ou la production de pétrole et de gaz, joints standards ou supérieurs « premiums » pour de multiples applications, canalisations, Pipe-Line, accessoires de raccordement, dans des nuances optimisées pour des conditions d'utilisation parfois extrêmes (corrosion, température, pression). En collaboration étroite avec les équipes marketing à l'écoute des

besoins réels du marché, les équipes R&D basées en usines sont au contact quotidien des processus de production. Pour répondre aux exigences des clients, ces équipes s'appuient sur le Centre de Recherche d'Aulnoy (Vallourec Research Aulnoy) doté de moyens d'investigation et de modélisation qui apportent l'expertise nécessaire dans les disciplines de base : métallurgie, chimie des surfaces, calcul scientifique, CAO (Conception Assistée par Ordinateur), calcul par éléments finis et contrôles non destructif (CND).

En concentrant notre étude sur les produits Pétrole et Gaz, nous arrivons à distinguer les processus de SCM, mais surtout les processus de PLM relatifs à l'élaboration de l'acier et aux tests de qualification des produits et les processus de CRM illustrant la collaboration des clients pour la mise au point des produits Pétrole et Gaz.

I.3 Présentation des sites industriels concernés par l'étude

Avec des filiales réparties sur quatre continents (l'Europe, l'Asie, l'Amérique du Nord et l'Amérique du Sud), les produits Pétrole et Gaz passent par divers sites. Nous définissons un périmètre au sein du groupe Vallourec pour mener à bien le projet :

- Les sites de production : la Tuberie et l'Acierie de Saint-Saulve à Valenciennes et la Tuberie d'Aulnoye (Nord de La France) ;
- Le site de Recherche et Développement produit : Centre de Recherche d'Aulnoy (Nord de La France) ;
- La direction de gestion de relations client basée au siège social à Boulogne (région parisienne) ;
- La direction de gestion des connaissances basée au siège social à Boulogne (région parisienne).

II. Formulation de la problématique à valider sur le terrain

En tenant compte du contexte industriel particulier de Vallourec, ces questions n'ont pas la formulation exacte des questions de la problématique, mais elles ont été élaborées des questions de recherche posées lors de la problématique pour atteindre les objectifs de l'application et qui sont d'appliquer et de valider la démarche proposée dans le deuxième et le troisième chapitre.

Ensuite, les hypothèses de recherche sont explicitées. Ces hypothèses sont dictées par l'étude de l'état de l'art réalisée sur la problématique.

La démarche suivie pendant cette application est alors expliquée avec des exemples de résultats obtenus. Enfin, l'analyse des résultats révèle à quel point les questions de départ ont été traitées et les réponses fournies à travers cette application.

II.1 Nos questions de recherche confrontées au cas réel

Notre vision globale de l'entreprise prend en compte les sous-systèmes de Décision, d'Information, d'Opération et de Connaissance. La maîtrise des échanges entre ces différents systèmes garantit la stabilité de l'entreprise.

Notre problématique concerne la démarche de construction des modèles de processus :

Comment définir un langage de modélisation structuré, générique et complet permettant de modéliser les processus de l'entreprise (ici limité aux trois processus de SCM, de PLM et de CRM) ?

Quelle démarche mettre en œuvre pour utiliser ce langage pour construire le modèle ?

La résolution de cette première série de questions conduit à traiter la question de cohérence globale au niveau de l'entreprise :

Comment peut-on garantir la cohérence des modèles construits ?

1) Quels sont les critères de cohérence ?

2) Quelle démarche adopter pour utiliser ces critères ?

L'intérêt industriel étant d'assurer l'industrialisation d'une gamme de produits importants pour le chiffre d'affaire de Vallourec, nous formulons notre question de recherche.

Notre vision de l'entreprise est celle d'un système OIIC (Opération, Information, Décision et Connaissance). Les sous-systèmes d'Opération, d'Information, de Décision et de Connaissance interagissent pour contribuer à la réalisation des objectifs d'industrialisation des produits qui sont de réaliser l'harmonie entre les processus de production. Sur le terrain nous traitons 5 questions. Les quatre premières questions montrent soulignent les problématiques à traiter pour chacun des sous-systèmes de l'entreprise. La dernière question remet l'accent sur la vision globale de l'entreprise en traitant d'un aspect relatif à la cohérence des flux d'information et de connaissance échangés entre les différents sous-systèmes de l'entreprise.

- Question relative à l'application de modèles de processus sur la cohérence du Système d'Opérations :

Un modèle, comme un langage, est basé sur une syntaxe bien définie. Il est formé de composants de base dont la signification est claire et partagée entre les différents utilisateurs du modèle. On désigne, dans nos travaux, ces composants par « primitives du modèle ». Ces primitives sont assemblées suivant des règles de construction, des « règles de modélisation » pour former un modèle de la réalité [Fathallah et al, 2010]. Plusieurs modèles peuvent partager les mêmes primitives. Le client et le produit sont, par exemple, des primitives que l'on trouve dans la plupart des modèles de processus (indépendamment du processus considéré).

Question1 : *Les primitives communes à plusieurs modèles du sous-système d'Opération ont-elles une définition partagée dans une même entreprise ?*

- Question relative à l'application de modèles de processus sur la cohérence du Système d'Information :

Chaque modèle comporte des flux d'information qui illustrent les échanges avec le Système d'Information dans l'entreprise. D'une part, pour construire le modèle, on puise dans le SI, des informations, des données, des spécifications de métier.... D'autre part, le modèle peut enrichir le SI quand des flux d'information sont produits ou modifiés en cours de modélisation. Ces échanges de flux sont différents si on considère un modèle de SCM, de PLM ou de CRM.

Question2 : *Comment rendre cohérents les échanges de flux d'information entre le Système d'Information et différents modèles de processus dans une même entreprise ?*

- Question relative à l'application de modèles de processus sur la cohérence du Système de Décisions :

On est convaincu qu'il n'y a pas de modèle idéal qui permet de réaliser l'ensemble des décisions dans une même entreprise. Chaque modèle étudié (SCM, PLM ou CRM) peut permettre de prendre des décisions variées et différentes pour améliorer un processus de

l'entreprise. Ces décisions dans leur ensemble doivent être prises en cohérence avec le plan stratégique de l'entreprise.

Question3 : *Les améliorations apportées par différents modèles de processus sont-elles possibles et cohérentes ? Existe-t-il un modèle de chaque processus qui permet d'avoir les résultats cohérents avec les objectifs généraux de l'entreprise ?*

- Question relative à l'application de modèles de processus sur la cohérence du Système de Connaissance :

Pour construire un modèle, on fait appel aux connaissances des différentes personnes concernées. Ces connaissances sont des savoirs et des savoir-faire propres à l'entreprise qui ne sont pas réductibles à des flux d'Information. Il est justifié de pouvoir déterminer les connaissances nécessaires à la bonne exécution d'un processus dans un modèle. Par exemple, certains des modèles de Customer Relationship Management, comportent les connaissances et sont appelés les modèles de Customer Knowledge Management pour souligner l'importance des connaissances pour le processus de CRM (Mehtala, 2007).

Question4 : *Peut-on insérer dans un modèle les connaissances utilisées par un processus ? Peut-on s'assurer de la cohérence des connaissances partagées entre plusieurs processus de la même entreprise ?*

- Question relative à l'application de modèles de processus sur la cohérence globale de l'entreprise :

L'application de chaque modèle de processus présente des conséquences sur chacun des sous-systèmes de l'entreprise : le système d'Opération, le système de décision, le système d'Information et le système de connaissance. Si on considère le système global : l'entreprise et l'application de modèles de différents processus (dans notre cas les processus de SCM, de PLM et de CRM) la cohérence globale est affectée. Une première étape qui garantit la cohérence au sein d'une entreprise est de s'assurer que les flux d'informations et les flux de connaissances entre les modèles de différents processus ne sont pas contradictoires.

Question5 : *Peut-on s'assurer de la cohérence des flux d'informations et des flux de connaissances créés ou échangés dans différents modèles de processus dans une même entreprise ?*

L'application industrielle menée dans le groupe Vallourec propose une résolution de ces questions. La solution apportée à la cinquième question a été traitée dans le quatrième chapitre de cette thèse où nous proposons une méthode à suivre pour la réalisation de la cohérence des informations et des connaissances des modèles dans une même entreprise.

II.2 Définition du périmètre d'application

Grand groupe international avec plusieurs sites de production et un large panel de clients, le groupe Vallourec présente un terrain idéal pour visualiser les processus relatifs à la Supply Chain, aux produits et aux clients, et il est difficile de gérer l'ensemble des informations venant de tous ses différents sites. Nous avons donc défini un périmètre précis pour notre étude. Dans notre cas, trois processus ont été étudiés au sein du groupe Vallourec : le processus de SCM, le processus de PLM et le processus de CRM.

Le projet est inscrit au sein de la division Ingénierie et Industrie (E&I) de Vallourec chargé de la production, des ventes et du marketing de tous les tubes sans soudure produits sur les sites français et allemand. Les sites français et les sites allemands sont jumelés suivant des critères de capacités de production, de spécificités de produits et de composition

de portefeuille client. Il a été possible alors de restreindre le périmètre aux sites français pour visualiser les processus de SCM, de PLM et de CRM :

- Sites de production : la Tuberie et l'Acierie de Saint-Saulve à Valenciennes et la Tuberie d'Aulnoy.
- Site de Recherche et Développement produit : Centre de Recherche d'Aulnoy (Nord de La France)

Par ailleurs, deux directions ont été mobilisées pour mieux comprendre le CRM et le KM dans le groupe Vallourec :

- La direction de gestion des relations client : Le siège social à Boulogne (région parisienne)
- La direction de Gestion des connaissances chez Vallourec : Le siège social à Boulogne (région parisienne)

Pour l'entreprise, notre projet de recherche présente des avantages importants spécifiés par la suite.

II.3 Intérêt de l'entreprise pour l'étude

Le groupe Vallourec est une entreprise Internationale possédant pas moins de 51 sites de production dans 20 pays. Afin de maîtriser les processus au niveau du groupe Vallourec, les « ingénieurs industrialisation » jouent un rôle de coordination entre plusieurs sites. Leur rôle est d'accompagner l'industrialisation de nouveaux produits (depuis la R&D et jusqu'à la production dans les usines), d'améliorer la qualité et les performances des produits existants et d'identifier et de partager les meilleures pratiques dans les usines.

Les produits à destination du marché du pétrole et du gaz génèrent 53 % du chiffre d'affaires du groupe [Rapport annuel du groupe Vallourec, 2010]. Parmi cette gamme de produits, les tubes à haute teneur en chrome (les 13 % de chrome et les super 13 % de chrome) requièrent un grand investissement initial : phases d'étude plus longues et plus coûteuses, étapes de production plus exigeantes, contrôles de qualités plus fréquents... Par rapport aux produits à base de Carbone utilisés seulement dans des milieux peu agressifs (basse teneur de CO₂, basse propriété corrosive...), les tubes à 13 % de chrome peuvent être utilisés dans des milieux agressifs très corrosifs et à forte teneur en CO₂. Le retour sur investissement sur ces produits est beaucoup plus important. Vallourec est constamment à la recherche de méthodes lui permettant d'améliorer le développement, la production et la livraison de ses produits. Pour toutes ces raisons, nous menons notre étude sur les 13 % de chrome et les super 13 % de chrome

Notre projet a pour but d'aider à la réalisation des objectifs d'industrialisation du groupe Vallourec sur un produit important de la gamme de l'entreprise. Nous avons travaillé sous la supervision du « pilote d'Industrialisation » (ingénieur en charge de l'industrialisation d'un produit) des produits à « 13 % de chrome ».

Le comité directeur du groupe Vallourec est convaincu de l'importance de la gestion des connaissances dans la réussite de la stratégie du groupe. Ainsi, le groupe Vallourec s'est employé à appliquer les méthodes et outils du Knowledge Management (KM) (travaux de thèse d'A. Tissot [Tissot, 2005]) et possède un manager KM depuis 2005. Cette sensibilisation au KM représente un avantage pour la représentation du Système de Connaissance dans notre étude, mais aussi nous permet d'arriver à des conclusions utiles pour la direction KM du groupe, telles que des recommandations de thèmes à aborder pour les communautés de pratiques (composées de représentants de plusieurs sites industriels)

ou des recommandations d'actions à discuter dans les Groupes d'Amélioration Continue (les GAC qui sont composés d'opérateurs d'un seul site de production).

III. Résolution des questions de recherche relatives à la construction et à la validation des modèles des processus pour les produits à forte teneur en chrome de Vallourec

Etant donné le nombre de sites et de directions impliquées dans l'étude, nous avons accordé une grande importance à l'élaboration d'un processus d'intervention sur le terrain qui nous permet de relever toutes les informations nécessaires pour répondre à notre problématique. Il est important d'avoir plusieurs sources de récolte de données du terrain d'étude : analyse d'archives ou d'historique, visite sur le terrain et conduite d'entretiens. La figure 3.1 présente les différentes sources de récolte de données. Cette figure suit la progression du projet.

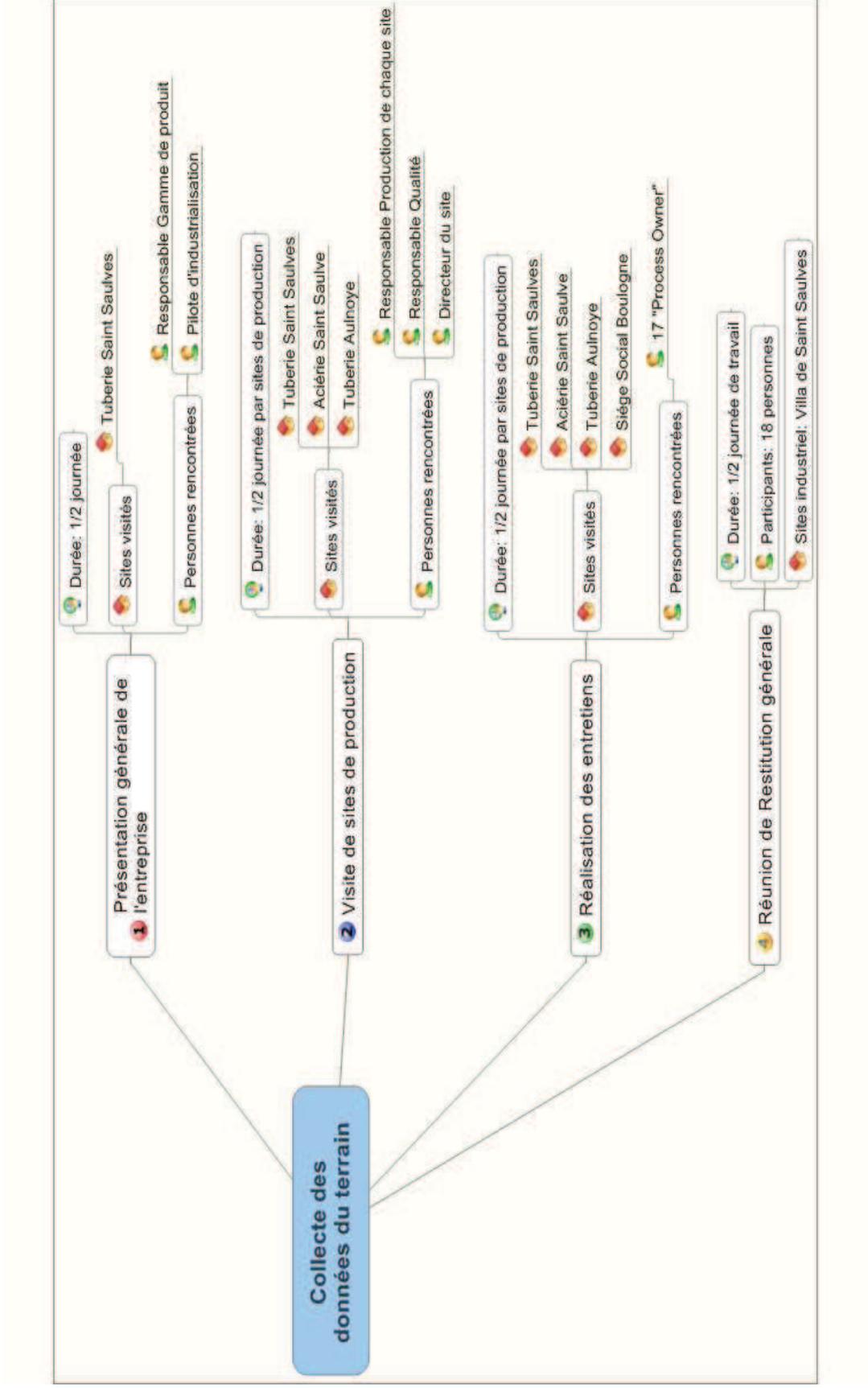


Figure 3.1 - Bilan des sources de récoltes d'information sur le terrain -

Les premières visites chez Vallourec ont permis de cerner les différents outils de production et les moyens mis à disposition des chercheurs. Nous avons pu comprendre l'importance de notre projet pour l'entreprise et nous avons fixé le périmètre de notre intervention sur le terrain. Pour obtenir des informations pertinentes sur les processus de Vallourec, nous avons cherché à interviewer les « propriétaires de processus » (les « process owners » selon Hammer et Cahmpey [Hammer and Champey, 1993]).

Définition « d'un propriétaire de processus » :

Un propriétaire de processus est un manager senior responsable chez Vallourec de l'organisation, du contrôle et de la planification d'un processus donné. Il pilote l'exécution des étapes du processus, est informé des ressources nécessaires pour les réaliser et supervise les performances du processus dont il a la charge.

Le déroulement de chacun des entretiens a suivi une démarche de 6 étapes :

1. Envoi des thèmes du questionnaire 24 h avant le rendez-vous avec le propriétaire du processus
2. Conduite de l'interview à l'aide d'un guide en notant les réponses de la personne interviewée. Les questions posées permettent de récupérer les informations voulues concernant notre étude, mais l'interview peut inclure d'autres questions si cela est nécessaire.
3. Rédaction du compte rendu de l'entretien. Ce compte rendu n'est pas composé seulement des réponses du propriétaire du processus aux questions du guide de l'entretien, mais il contient toutes les remarques et questions pertinentes pour l'étude.
4. Envoi du compte rendu de l'entretien 48h au maximum après le déroulement de l'interview.
5. Discussion avec chaque propriétaire de processus pour vérifier l'exactitude des informations dans le compte rendu et obtenir les compléments d'information sur les sujets de l'étude.
6. Organisation de réunions collectives pour échanger entre propriétaires du même processus.

Le résultat de cette démarche est les modèles validés par les propriétaires de processus et de présenter les pistes d'améliorations pour Vallourec.

La première phase de notre étude s'arrête au début des interviews individuels, elle nous a permis essentiellement d'identifier les étapes de chaque processus. La deuxième phase de notre étude commence avec les entretiens avec les propriétaires de processus et comporte l'utilisation des résultats de ses entretiens pour construire les modèles de processus.

III.1 Bilan détaillé de la première Phase du projet

La présentation générale de l'entreprise et la compréhension de son mode de fonctionnement ont eu lieu lors des visites des sites de production et des directions de Système d'Information et de Connaissances. Le tableau 3.1 récapitule le temps passé sur cette étape du projet, les personnes rencontrées, leurs rôles au sein du groupe Vallourec et les informations clés obtenues. Ces informations vont servir à identifier sur le terrain les étapes de chacun des processus que nous cherchons à modéliser. Nous les avons classées par ordre d'importance pour comprendre le processus de SCM, de PLM ou de CRM.

Site/ direction visité	Personnes rencontrées et rôles dans le groupe Vallourec	Temps passé sur site	Informations obtenues sur :
La direction des sites de production (Valenciennes)	<ul style="list-style-type: none"> • Responsable gamme de produit • Pilote d'Industrialisation de produits 	Durée totale de la visite : ½ journée → Durée de l'entretien : 2 h	<ul style="list-style-type: none"> • Les étapes du SCM dans le groupe Vallourec • Le cycle de vie des produits « 13 % de chrome » et « Super 13 % de chrome ».
La direction de gestion de Connaissances à Boulogne Billancourt	<ul style="list-style-type: none"> • Manager KM (Knowledge Management) du groupe Vallourec 	Durée totale de la visite : ½ journée → Durée de l'entretien : 2 h	<ul style="list-style-type: none"> • L'organisation de la direction du KM du groupe Vallourec • La stratégie du KM du groupe Vallourec
La Tuberie de Saint-Saulve	<ul style="list-style-type: none"> • Responsable production • Responsable Qualité 	Durée totale de la visite : ½ journée → Durée de l'entretien : 30mn	<ul style="list-style-type: none"> • Les étapes de production d'un tube • Les étapes d'élaboration du tube (PLM)
L'Acierie de Saint-Saulve	<ul style="list-style-type: none"> • Responsable production • Responsable Qualité 	Durée totale de la visite : ½ journée → Durée de l'entretien : 30mn	<ul style="list-style-type: none"> • Les étapes d'élaboration de l'acier (SCM) • La composition des coulées d'acier (PLM)
La Tuberie d'Aulnoy	<ul style="list-style-type: none"> • Responsable production • Responsable Qualité • Directeur du site 	Durée totale de la visite : 1 journée → Durée de l'entretien : 30mn	<ul style="list-style-type: none"> • Les étapes de finition du tube (PLM) • Les modes de livraison aux clients (CRM)

Tableau 3.1 - Récapitulatif de la première phase du projet -

En plus de ces visites chez le groupe Vallourec, des documents relatifs à l'activité, la production et les gammes de produits ont été analysés. Des informations sur le secteur métallurgique en général ont complété la compréhension des spécificités des produits à destination de l'industrie du pétrole.

III.2 Résultat de la première phase : Identification des étapes des processus de SCM, de PLM et de CRM pour les produits à 13 % de Chrome de Vallourec

A la suite de la première phase nous avons pu identifier pour chaque processus les étapes du processus, l'étape clé du processus et les moyens disponibles sur le site du groupe pour la réaliser.

III.2.1. Étapes du processus de SCM pour les produits « 13 % de chrome » et « Super 13 % de chrome »

Le processus de SCM se divise sur trois sites de production. L'aciérie assure la transformation de la ferraille en acier qui sera la matière première de fabrication des tubes en tuberie. Ensuite les sites de production appelés dans le groupe Vallourec OCTG (Oil

Company Tubular Goods) effectuent les derniers filetages sur les tubes ou bien les munissent des connexions demandées par le client.

Le tableau 3.2 donne le détail des étapes de production d'un tube « 13 % de chrome » et « Super 13 % de chrome » dans le groupe Vallourec. Mais cette première identification du processus de SCM ne tient pas compte des informations qui peuvent être traitées dans chacune des étapes ni des connaissances que les employés utilisent ou acquièrent en les réalisant.

Site industriel	Étapes du processus
Aciérie	<ol style="list-style-type: none"> 1. Décharger ferraille 2. Trier ferrailles 3. Mettre en bennes de la ferraille 4. Réaliser la coulée 5. Solidifier l'acier 6. Réchauffer les barres 7. Forger les barres par machines 8. Conditionner les barres 9. Expédier vers la tuberie
Tuberie	<ol style="list-style-type: none"> 1. Réceptionner les ronds d'acier 2. Préparer les ronds d'acier 3. Tirer les tubes (mesurer, peser et couper) 4. Laminer les ronds 5. Traiter les tubes
OCTG	<ol style="list-style-type: none"> 1. Réceptionner les tubes 2. Stocker les tubes 3. Effectuer les filetages 4. Mettre en place les connexions et joints 5. Conditionner les commandes 6. Expédier les commandes

Tableau 3.2 - Identification des étapes du processus de SCM -

Les premières visites sur le terrain d'application nous ont permis de conclure qu'il est important de présenter un modèle global de la Supply Chain à l'ensemble de nos collaborateurs pour leur permettre de visualiser la totalité de la chaîne (qui est partagée entre 3 sites de production du groupe) et de réfléchir aux moyens d'améliorer le management de la partie dont ils ont la charge.

III.2.2. Étapes du processus de PLM pour les produits « 13 % de chrome » et « Super 13 % de chrome »

Contrairement au processus de SCM où nous avons obtenu des étapes du processus classées par ordre chronologique dans chacun des sites de production, le classement des étapes du processus de PLM n'a pas été possible à ce niveau du projet. Le tableau 3.3 présente les opérations relatives au PLM dans chacun des sites du groupe Vallourec.

Site industriel	Étapes du processus
Centre de recherche d'Aulnoy	<ul style="list-style-type: none"> • Établir les caractéristiques du produit • Effectuer des tests en laboratoires • Établir la composition chimique d'acier • Réaliser des tests industriels • Normaliser les nouveaux produits • Déposer les certifications des produits innovants • Qualifier les usines pour l'industrialisation du produit • Superviser la phase de production • Apporter une solution technique aux défauts relevés en production • Répondre aux réclamations du client • Apporter un conseil technique au client
Sites de production du groupe Vallourec (Tuberis et Acierie)	<ul style="list-style-type: none"> • Installer les moyens techniques permettant la production aux spécifications du centre de recherche • Industrialiser le produit • Établir des chemins types de produits dans l'usine • Recueillir les données sur le déroulement des tests • Recueillir les données sur les performances de l'acier
Direction du marketing & développement du groupe	<ul style="list-style-type: none"> • Transmettre les demandes clients au centre de recherche • Définir l'implication du client dans la phase de développement • Informer le client de la progression de la commande • Transmettre les réclamations des clients • Suivre les performances du produit chez le client • Définir avec le client le programme d'amélioration produit

Tableau 3.3 - Identification des étapes du processus de PLM -

Tout au long de la première phase du projet, nous avons pu constater que les étapes de début du cycle de vie et de milieu de cycle de vie sont importantes pour le groupe Vallourec. Les sites de production collaborent étroitement avec le centre de recherche pour élaborer des produits à la hauteur des exigences du client, les tester dans les usines et réviser les produits qui font l'objet de réclamations. La fin de vie des produits n'est pas gérée par le groupe Vallourec. Une fois le tube livré au client, les équipes commerciales de Vallourec, suivent la satisfaction du client et lui proposent de le remplacer s'il arrive en fin de vie.

III.2.3. Étapes du processus de CRM pour les produits « 13 % de chrome » et « Super 13 % de chrome »

Pour reconstituer le processus de CRM dans le groupe Vallourec, nous avons rajouté deux acteurs extérieurs au groupe, mais qui jouent un rôle important : le marché des

produits pétrole et les clients finaux consommateurs des tubes. Le marché du pétrole donne des indications sur l'évolution des concurrents, les appels d'offres qui seront formulés et la progression des activités des groupes pétroliers.

Le tableau 3.4 désigne les acteurs du processus de CRM : le marché des produits pétrole, les équipes de Marketing et développement du groupe Vallourec, les équipes de vente, les sites industriels du groupe et les clients finaux.

Acteurs du CRM dans le groupe Vallourec	Étapes du processus
Le Marché (des produits Pétrole)	<ul style="list-style-type: none"> • Recueillir les évolutions des produits pétrole • Suivre les évolutions du secteur du pétrole et des clients
Direction du marketing & développement du groupe	<ul style="list-style-type: none"> • Répondre aux appels d'offres • Désigner les produits qui répondent le mieux à l'appel d'offre • Vérifier la faisabilité de la commande avec la R&D • Vérifier la faisabilité de la commande avec les usines • Suivre la réalisation des commandes dans les usines • Négocier les dates de livraison • Négocier la nécessité de stockage ou pas • Apporter une assistance technique au client
Équipes de ventes de produits	<ul style="list-style-type: none"> • Prendre les commandes du client sur le terrain • Suivre la progression de la commande du client • Informer le client de la progression de sa commande • Recueillir les informations sur la satisfaction du client
Sites de production du groupe Vallourec (Tuberie et Acierie)	<ul style="list-style-type: none"> • Produire les commandes • Remonter les informations sur l'évolution des commandes • Résoudre les problèmes de réclamations des clients
Client final	<ul style="list-style-type: none"> • Consommer les produits • Signaler les dysfonctionnements du produit • Développer des évolutions du produit • Demander des développements de produits

Tableau 3.4 -.Identification des étapes du processus de CRM -

Une première identification des étapes du processus de CRM à Vallourec a montré que les équipes de Marketing & Développement ont un rôle important pour la bonne exécution du processus. Basées au siège du groupe Vallourec à Paris, ces équipes effectuent des déplacements fréquents dans les sites de production ainsi que des visites des sites d'exploration pétrolière chez des clients pour superviser l'évolution du produit chez le client et recueillir d'éventuelles demandes. Tous les propriétaires de processus du CRM intervenants dans notre étude font partie de l'équipe Marketing & Développement des produits à 13 % de Chrome.

III.3 Bilan détaillé de la deuxième phase du projet :

L'intérêt de notre problématique pour Vallourec est d'accompagner la direction d'industrialisations du groupe. Le déroulement du projet s'est fait sous la supervision de « pilote d'industrialisation » en charge des produits « 13 % de chrome » et « Super 13 % de chrome ».

Avec la collaboration de cet interlocuteur privilégié, le rôle de chaque site visité est défini dans chacun des processus de SCM, de PLM et de CRM. Ensuite, les personnes qui sont en charge d'exécuter les étapes de chaque processus sont identifiées. En nous basant sur les résultats de la première phase, nous avons désigné rapidement cette liste de personnes en déterminant les exécuteurs de chaque étape de processus. Les informations nécessaires pour bâtir les modèles de processus ont été obtenues à la suite de **21 interviews** avec des propriétaires de processus.

	Processus de SCM	Processus de PLM	Processus de CRM
Nombre d'entretien (45mn/entretien)	10	4	3

Tableau 3.5 - Ensemble des entretiens menés par processus -

Les propriétaires de processus détiennent un « savoir » sur l'exécution de leur processus. Ils mènent des actions de gestion de connaissances en participant à des « communautés de pratiques » dont le but est de capitaliser la connaissance de Vallourec sur une compétence particulière ou à des GAC (Groupe d'Amélioration Continue) dont le but est d'utiliser les connaissances acquises par l'entreprise pour optimiser la gestion des processus dans les usines.

III.4 Outil de la deuxième phase du projet : Guide des Entretiens

Notre démarche est basée sur les principes de la méthode MASK (Method for Analysing and Structuring Knowledge, méthode d'acquisition et de structuration des connaissances) basée sur des entretiens. Les mêmes étapes : entretien, modélisation puis validation sont suivies. En suivant la démarche de la méthode MASK nous obtenons les savoirs et savoir-faire d'un expert [Ermine, 2002]. En suivant la même démarche, nous obtenons les savoirs et savoir-faire d'un propriétaire de processus.

Les entretiens menés sont des entretiens semi-directifs avec un guide élaboré au préalable et validé par les différentes personnes supervisant le projet pour ne pas dévier de la problématique de recherche et par un expert pour la formulation des questions et le déroulement des entretiens.

Nous respectons les recommandations nécessaires à l'élaboration de questionnaire dans les méthodes de recherche en management [Thiétard et al, 2003]. Le guide commence par des questions fermées sur le parcours du propriétaire du processus dans Vallourec, ses collaborateurs et ses interlocuteurs dans d'autres processus. Ensuite les questions concernant les détails du processus sont ouvertes pour laisser la liberté aux opérateurs d'exprimer leur point de vue en temps qu'expert détenteur d'information. On laisse la liberté aux opérateurs pour exprimer leur point de vue

Le guide utilisé est structuré en thèmes pour faciliter l'administration [Thiétard et al, 2003] en face à face des questions :

- Pour reconstituer les processus globaux de SCM, de PLM ou de CRM : une première partie des questions porte sur le parcours et l'évolution de chaque personne chez Vallourec, ainsi que sur l'équipe dans laquelle elle travaille et les collaborateurs avec qui elle est le plus en contact ;
- Pour reconstruire les modèles de références et les outils de modélisation des processus considérés : la deuxième partie des questions porte sur les définitions des éléments importants dans un modèle de processus, les modèles utilisés actuellement chez Vallourec et les changements prévus ou souhaités pour ces modèles ;
- Pour déterminer les flux échangés avec le Système d'Information et le Patrimoine de Connaissance : la troisième partie de l'entretien porte sur l'identification des actions et/ou décisions importantes pour le propriétaire de processus interviewé et l'ensemble des informations et connaissances nécessaires et produites pour chacune de ces actions et décisions. Pour illustrer la différence entre information et connaissance, nous avons préparé au préalable un exemple d'action « emballer un tube » avec les informations nécessaires, les informations produites, les connaissances utilisées et les connaissances produites à l'exécution de cette action.

La figure 3.2 est un exemple de guide d'entretien et de l'exploitation des réponses aux questions posées :

Entretien n° : 2	Date de réalisation : 24/02/2010
Réalisé à :	Date de validation :
Personnes présentes : Abir Fathallah.	
Informations générales :	
Quels est votre parcours chez Vallourec ?	
Dans quelles équipes travaillez- vous ?	
Quels sont vos collaborateurs ?	
Informations spécifiques au SCM :	
1. présentation du produit ou de la gamme de produits sujet de l'étude :	
2. Quel est, pour vous, la définition spécifique du produit pour vous (attributs, informations importantes...) ?	
3. Quels sont les clients concernés par cette gamme de produits ?	
4. Quels sont, pour vous, les caractéristiques de ses clients (attributs, informations spécifiques...) ?	
5. Comment définissez-vous la SC avec ces clients et sur ces produits ?	
6. Comment gérez-vous les relations avec ses clients ?	
7. Quels sont les objectifs visés par la SCM avec ces clients ?	
8. Quels outils (informatiques, techniques, logiciels...) utilisez-vous pour la gestion de la supply chain?	
9. Envisagez-vous d'employer de nouveaux outils ?	

→ Permet de déterminer: le degré d'ancienneté, les collaborateurs et la taille de l'équipe

→ Permet de déterminer: le modèle de processus à appliquer, les définitions des primitives du modèle et les objectifs du modèle

Figure 3.2 - Exploitation du guide d'entretien pour construire les modèles des processus -

L'entretien commence par des questions d'ordre général (Figure 3.2) qui permettent de déterminer l'équipe à laquelle appartiennent les personnes interviewées et leur degré d'ancienneté chez Vallourec. Ensuite, les questions portent sur le processus sous-étude, les outils utilisés pour le manager et le modèle (s'il existe) qui le représente.

Les questions ouvertes et impliquant plus la personne interviewée sont regroupées à la fin du document. Elles concernent la détermination des actions et des décisions, dont le propriétaire du processus a la charge. Les dernières questions nécessitent un temps de réflexion pour extraire les connaissances utilisées et produites pour chaque action exécutée et chaque décision prise.

Dans le cadre de votre fonction :

Action :

Quels sont les actions spécifiques à exécuter ?

2. Si elles sont nombreuses quelles sont les plus importantes, les indispensables à votre fonction ?

3. Pour chaque action, quels sont les informations dont vous avez besoin ?

4. Selon vous quels sont les informations que l'on peut obtenir de cette action ?

5. A quelles connaissances faites-vous appel pour mener à bien cette action ?

6. Quelles sont les connaissances qui peuvent résulter de la réalisation de cette action ?

Décision :

Quels sont les décisions spécifiques à prendre ?

2. Si elles sont nombreuses quelles sont les plus importantes, les indispensables pour votre fonction et pour l'étape suivante du travail ?

3. Pour chaque décision, quels sont les informations dont vous avez besoin ?

4. Selon vous quels sont les informations que l'on peut obtenir de cette décision ?

5. A quelles connaissances faites-vous appel pour prendre cette décision ?

6. Quelles sont les connaissances qui peuvent résulter de la décision que vous prenez ?

Identification du Patrimoine de connaissance :
 (À partir du guide remplir un tableau par actions et par décisions correspondantes)
 Le but est de constituer le patrimoine connaissance de Vallourec et de le distinguer du Système d'Information)

	Information consommée	Information produite	Connaissance utilisée	Connaissance apportée
Action exécutée :				
Décision prise :				

Permet de déterminer l'ensemble des actions activités nécessaires à exécuter le processus

Permet de déterminer les décisions à prendre pour exécuter le processus

Récapitulatif des informations et des connaissances nécessaires pour exécuter un processus et prendre des décisions relatives à cette exécution

Figure 3.3 - Exploitation du guide d'entretien pour l'identification des flux-d'information et de connaissances dans les processus -

Comme le montre la Figure 3.3, le guide d'entretien permet de distinguer les actions des décisions. Les actions permettent de reconstituer les activités du processus. Les décisions relèvent les données et les informations qu'il faut avoir pour permettre l'exécution de ses activités. Le tableau de la Figure 3.3 complète ces informations en distinguant les connaissances consommées et produites à chaque action et à chaque prise de décision.

III.5 Résultats de la deuxième phase du projet

Pour obtenir chacun des modèles de SMP de PLM et de CRM pour les produits « 13 % de chrome » et « le Super 13 % de chrome », les étapes de construction de modèles ont été suivies :

Etape1 : identification des objectifs du modèle ;

Etape2 : Détermination des primitives du modèle (instanciation des primitives du modèle) ;

Etape3 : Construction du modèle ;

Etape4 : Validation des fonctions du modèle en phase d'utilisation.

L'identification des objectifs de chaque modèle et la détermination des primitives sont les étapes discutées et obtenues à partir d'interviews effectués avec chaque propriétaire de processus. La construction du modèle est réalisée par le modélisateur. La

validation fonctionnelle s'est déroulée en réunion de validation. Cette réunion est animée par le modélisateur qui propose un modèle et discute avec les utilisateurs de la réalisation ou non des fonctions du modèle. On distingue donc une différence entre le modélisateur et les utilisateurs de chacun des modèles construits.

Rôle du modélisateur :

Le modélisateur est la personne qui maîtrise le langage de modélisation et les règles qui le régissent c'est lui qui construit le modèle à partir des processus réels de l'entreprise. (Chapitre I)

Dans ce cas d'étude, je me suis chargé du rôle de modélisateur pour les trois modèles de processus SCM, PLM et CRM est la même. Ce choix a été fait dans un souci de conservation de cohérence entre les modèles de processus.

Le modélisateur rencontre les utilisateurs pour en phase4 de la construction des modèles pour réaliser la validation des fonctions.

Rôle de l'utilisateur du modèle :

L'utilisateur du modèle est la personne qui a assimilé le langage et qui le met en place dans l'entreprise en veillant à ce que les objectifs soient atteints.

Les utilisateurs du modèle sont les propriétaires de processus dont la fonction requiert d'avoir une vision globale du processus et de faire le lien entre ses plusieurs étapes.

III.5.1. Construction du modèle de SCM

- Étape 1 de la méthode : Identification des objectifs du modèle

Pour le SCM, L'objectif est de localiser les critères de performance à mesurer pour une possible amélioration. Ceci peut être atteint par un ensemble de modèles tels que le modèle SCOR (Supply Chain Operations References model) ou le modèle VSM (Value Stream Mapping). La validation des comptes rendus des entretiens et les échanges qui ont suivi ont eu pour but d'affiner les préférences des propriétaires du processus. L'application du modèle de Value Stream Mapping a été jugé plus appropriée aux besoins des propriétaires du processus du SCM dans le groupe Vallourec.

- Étape 2 de la méthode : Détermination des primitives du modèle

Le modèle de VSM présente un langage semi-formel où des pictogrammes représentent les éléments de la Supply Chain. Nous avons déterminé les primitives du modèle de VSM dans notre cas d'entreprise après analyse des comptes rendus des entretiens.

La Supply Chain est divisée en trois maillons importants : Réalisation de l'acier, Production du tube et Réalisation des finitions et des filetages sur le tube. À chacun de ces maillons, il a fallu déterminer et définir les primitives suivantes :

- Les fournisseurs ;
- Les clients ;
- Les opérations de production réalisées (durée de l'opération, mesures de performance relatives à l'opération) ;
- Les flux physiques échangés ;
- Les flux d'Informations échangés ;
- Les ressources humaines utilisées ;

- Les ressources matérielles utilisées ;
- Les emplacements et la taille des stocks ;

Réfléchir avec le modélisateur et les propriétaires du processus (utilisateurs des modèles) a servi à obtenir des définitions partagées de chacune des primitives. Ceci prépare l'étape suivante : la construction du modèle.

- Étape 3 de la méthode : Construction du modèle

La supply chain du groupe Vallourec concernant les produits « 13 % de chrome » et « super 13 % de chrome » couvre l'ensemble des sites de production : l'aciérie, la tuberie et le site d'OCTG pour la finition des tubes. Le modèle de VSM doit couvrir l'ensemble de ces trois sites de production. Nous présentons un extrait de ce modèle dans la figure 3.2.

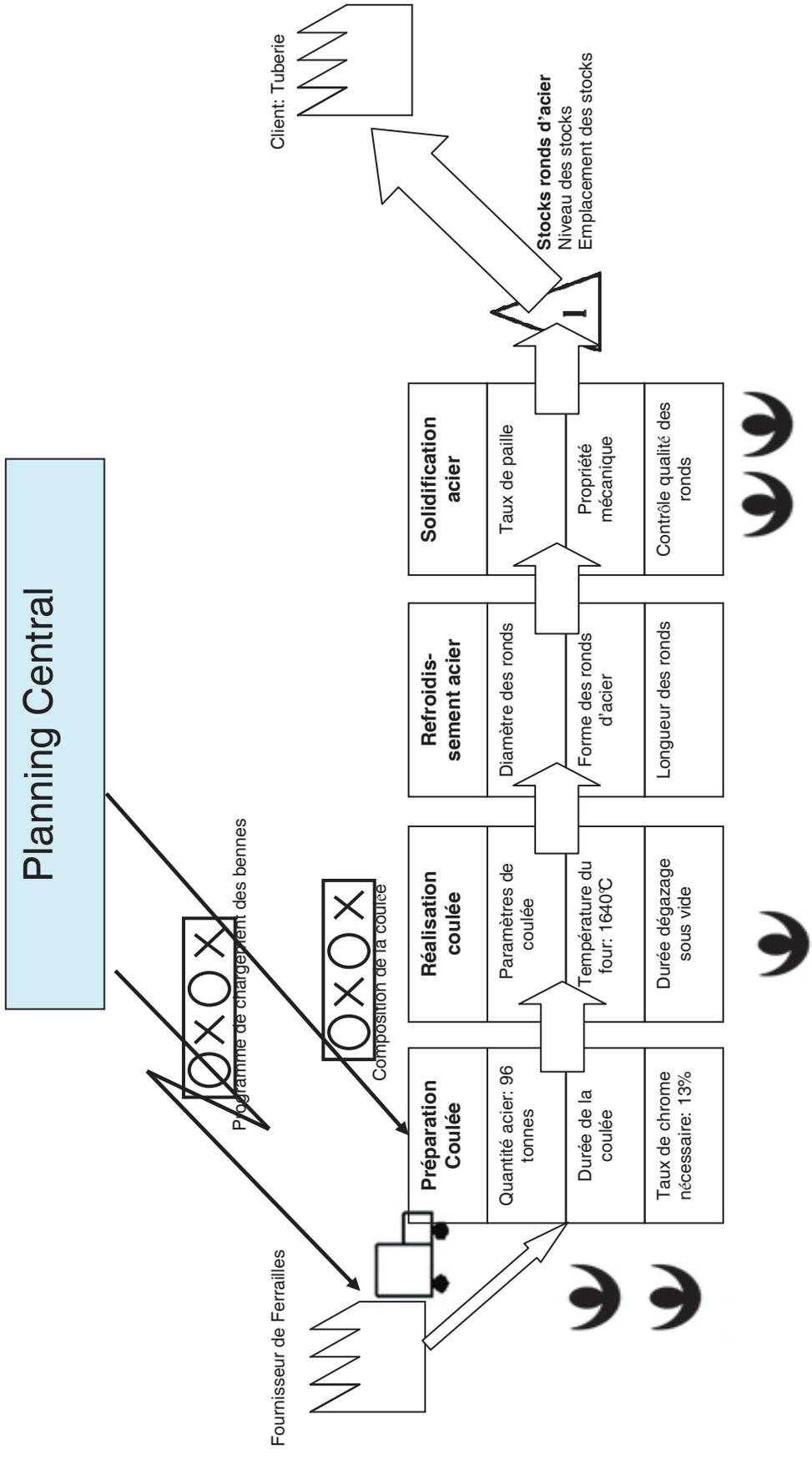


Figure 3.4 - Le modèle de VSM dans l'aciérie -

Le processus de SCM commence par l'arrivée de la ferraille sur le site de production (matières premières), ensuite la coulée de l'acier est réalisée tout en respectant les conditions de sécurité. La solidification de l'acier en formant les barres est plus contraignante pour le « 13 % de chrome et le « super 13 % de chrome » que les autres types d'acier, il faut livrer à la tuberie des barres sans aucun défaut (taux de pailles très bas, barres homogènes et respect des normes de qualités).

- Étape 4 de la méthode : Validation fonctionnelle du modèle

L'application d'un modèle doit répondre à des fonctions le reliant aux éléments de son environnement : le modélisateur, les utilisateurs du modèle, le support de modélisation et le système perçu à modéliser qui est la supply chain de Vallourec.

Chaque modèle possède des caractéristiques qui lui permettent ou pas de remplir l'ensemble de ses fonctions, ce sont ces caractéristiques qui sont détaillées dans le tableau 3.6.

	Fonction à remplir	Solutions techniques vérifiées par le modèle
FC1	Le modèle de SCM doit être accessible pour toute modification par son modélisateur	Le modèle de VSM a été élaboré sur support papier sous la forme d'un poster, le modélisateur peut le changer si cela est nécessaire.
FC2	Le modèle de SCM doit être compréhensible par ses utilisateurs	Le langage du modèle VSM présente des pictogrammes spécifiques à chacune des primitives du modèle. Les significations de ces pictogrammes ont été partagées entre les différents utilisateurs du modèle.
FC3	Le modèle doit exprimer le cas du système perçu à modéliser	Les utilisateurs du modèle ont vérifié la conformité entre le modèle de VSM et la Supply Chain réelle de leur usine.
FC4	Le modèle doit présenter un support d'implémentation accessible et facile d'utilisation	La présentation du modèle de VSM en poster papier a rendu son support accessible aux propriétaires du processus ils peuvent l'appliquer dans leurs équipes
FT1	le modèle doit permettre au modélisateur de transmettre ses visions à l'utilisateur du modèle	Le modélisateur a élaboré une première version du modèle de VSM à partir des interviews exprimant ainsi sa vision de la Supply Chain.
FT2	le modèle doit permettre de représenter le cas particulier d'entreprise étudiée	La Supply Chain de Vallourec englobe trois sites de production, le modèle de VSM a permis de représenter les spécificités de chacun de ces sites.
FT3	Le modèle doit permettre au modélisateur de représenter sa vision sur un support d'implémentation accessible et facile à manipuler.	La présentation du modèle de VSM en poster papier a rendu son support accessible au modélisateur pour effectuer les modifications demandées par les propriétaires du processus.

	Fonction à remplir	Solutions techniques vérifiées par le modèle
FT4	le modèle doit permettre à l'utilisateur de comprendre le cas du système perçu	Le modèle présenté a été compris par l'ensemble des propriétaires du processus ils ont compris la signification des éléments du modèle et ont pu le comparer avec les processus réels dont ils ont la charge.
FT5	le modèle doit être sur un support d'implémentation accessible à l'utilisateur	La présentation du modèle de VSM en poster papier a rendu son support accessible aux propriétaires du processus pour demander des modifications au modélisateur.

Tableau 3.6 - Validation fonctionnelle d'un modèle de SCM -

Les fonctions de transfert FT5, FT3 et la fonction de contact FC4 sont relatives au support d'implémentation du modèle. Pour les vérifier, nous avons présenté le modèle sur un poster accessible au modélisateur, mais aussi à l'ensemble des utilisateurs du modèle.

III.5.2. Construction du modèle de PLM

L'avantage de construire un modèle de PLM est de fournir Vallourec d'une idée globale et partagée entre les utilisateurs du modèle du cycle de vie d'un produit important.

- Étape 1 de la méthode : Identification des objectifs du modèle

Pour le PLM, l'objectif de l'entreprise est de visualiser la totalité du cycle de vie pour les produits « 13 % de chrome » et « Super 13 % de chrome ». Le modèle de PLM doit permettre de décrire précisément toutes les étapes du cycle de vie du produit et les départements de Vallourec intervenants à chacune de ses étapes. Le modèle a pour objectif de déterminer les informations et les flux de matières échangées entre chacune de ces étapes. Pour le responsable d'industrialisation des produits « 13 % de chrome » et « Super 13 % de chrome », ceci permet de déterminer l'étape d'industrialisation atteinte et de prévoir les futurs développements du produit.

- Étape 2 de la méthode : Détermination des primitives du modèle

Le processus de PLM pour les produits « 13 % de chrome » et « Super 13 % de chrome » est composé essentiellement de 9 sous-processus :

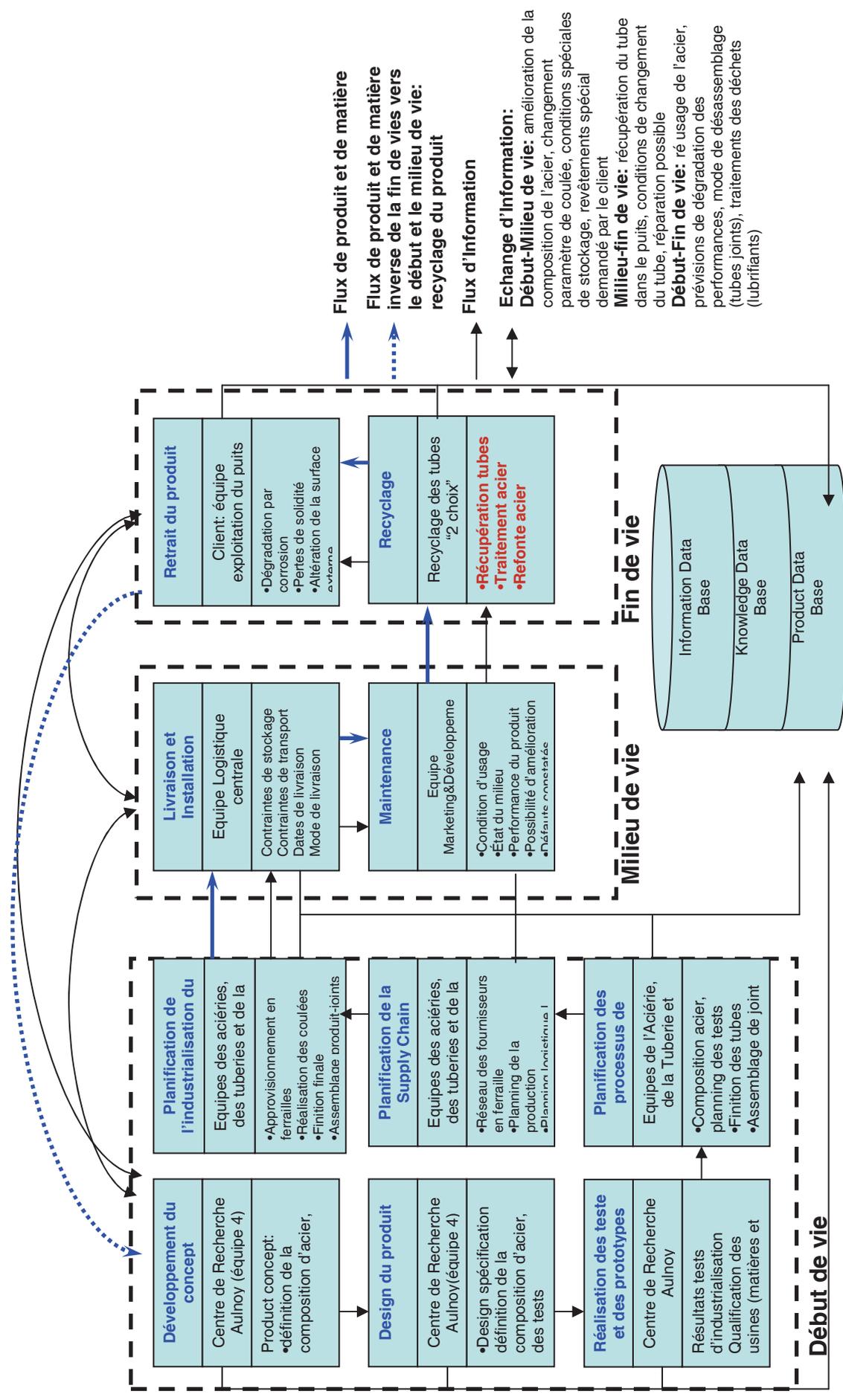
- Sous- processus 1 : développement du produit ;
- Sous- processus 2 : détermination du Design du produit ;
- Sous- processus 3 : Détermination du prototype (composition de la coulée d'acier) et test de coulée ;
- Sous- processus 4 : Planification de la Supply Chain ;
- Sous- processus 5 : Planification du processus production ;
- Sous- processus 6 : Livraison au client ;
- Sous- processus 7 : Suivi des performances du produit chez le client ;
- Sous- processus 8 : Fin de vie du produit et retrait ;
- Sous- processus 9 : recyclage du produit.

À chacun des sous-processus du cycle de vie, le produit subit une transformation dont les informations sont stockées dans le système d'information de Vallourec. La

détermination des flux physiques (produits et matières premières) et des flux d'information échangés entre les étapes du cycle de vie fait partie de la construction du modèle.

- Étape 3 de la méthode : Construction du modèle

La construction du modèle du processus de PLM chez Vallourec est différente de la construction du modèle de SCM. Contrairement aux domaines de SCM, peu de modèles du processus de PLM sont disponibles dans la littérature [Starck, 2007]. En phase de construction d'un modèle de processus, nous proposons de respecter certaines étapes précises et de prouver la validité du modèle en vérifiant des fonctions qu'il doit rendre à ses environnants. Cette méthode de construction a été appliquée pour construire un modèle de PLM que nous continuons d'appliquer dans notre cas d'entreprise pour deux raisons. La première est qu'il a été difficile de retrouver des modèles de représentations du processus de PLM dans la littérature qui répondent aux objectifs de Vallourec. La deuxième raison est que nous visons de tester la justesse du modèle de PLM que nous avons construit.



Flux de produit et de matière
Flux de produit et de matière inverse de la fin de vies vers le début et le milieu de vie: recyclage du produit
Flux d'information
Echange d'information: composition de l'acier, changement paramètre de coulée, conditions spéciales de stockage, revêtements spécial demandé par le client
Milieu-fin de vie: récupération du tube dans le puits, conditions de changement du tube, réparation possible
Début-Fin de vie: ré usage de l'acier, prévisions de dégradation des performances, mode de désassemblage (tubes joints), traitements des déchets (lubrifiants)

Figure 3.5 - Modèle de PLM construit chez Vallourec -

Les premières étapes du cycle de vie sont étudiées dans le moindre détail, il faut s'assurer qu'il est possible de réaliser un acier avec un grade et une nuance demandés par le client. Ensuite, il faut veiller à ce que la coulée test donne la composition d'acier voulue et enfin il faut obtenir les mêmes résultats à plus grande échelle dans les sites de production.

Une réflexion est lancée concernant les dernières étapes de fin de vie du produit. Vallourec suit de très près les performances de ses produits chez le client, mais si le produit arrive à la fin de sa vie et est retiré du puits de forage peut-on organiser sa récupération par l'entreprise pour le fondre de nouveau ? Quels coûts peut avoir de telles opérations ? Les clients seront-ils prêts à investir dans le retour des produits vers le début du cycle de vie ?

- Étape 4 de la méthode : Validation fonctionnelle du modèle

La vérification des fonctions du modèle de PLM est importante, car ce modèle n'est pas issu de précédents travaux de recherche, mais il a été proposé dans le cadre de nos travaux de thèse.

	Fonction à remplir	Solutions techniques vérifiées par le modèle
FC1	Le modèle de PLM doit être accessible pour toute modification par son modélisateur	Le modèle de PLM a été élaboré sur support papier sous la forme d'un poster, le modélisateur peut le changer si cela est nécessaire.
FC2	Le modèle doit être compréhensible par ses utilisateurs	L'explication des composants du modèle a pris beaucoup de temps, car les utilisateurs n'ont pas l'habitude de présenter le PLM par un modèle. Une grande importance est accordée à la signification de chaque primitive du modèle pour ne pas avoir de confusion.
FC3	Le modèle doit exprimer le cas du système perçu à modéliser	Le modèle exprime le cas du système de PLM perçu, mais l'étape de fin de vie du produit n'est pas claire, car elle est difficile à retracer pour ce cas précis d'application.
FC4	Le modèle doit présenter un support d'implémentation accessible et facile d'utilisation	Le modèle de PLM est présenté sur support papier pour le rendre accessible à tous les utilisateurs.
FT1	le modèle doit permettre au modélisateur de transmettre ses visions à l'utilisateur du modèle	Le modèle de PLM établi est une première tentative de modélisation du processus de PLM de Vallourec dans sa totalité. Il a permis de présenter la manière adoptée par le modélisateur pour représenter le système perçu.
FT2	le modèle doit permettre de représenter le cas particulier d'entreprise étudiée	Après discussion avec les utilisateurs du modèle qui sont en charge d'exécuter le processus de PLM dans la pratique, certains détails du modèle ont été modifiés pour obtenir une représentation fidèle du cas particulier de Vallourec

	Fonction à remplir	Solutions techniques vérifiées par le modèle
FT3	Le modèle doit permettre au modélisateur de représenter sa vision sur un support d'implémentation accessible et facile à manipuler.	La présentation du modèle de PLM sur un poster a permis de le rendre accessible aux utilisateurs
FT4	le modèle doit permettre à l'utilisateur de comprendre le cas du système perçu	Première représentation du processus de PLM dans sa globalité, le modèle a permis aux utilisateurs de comprendre les particularités de leur processus et les étapes dont ils n'avaient pas la charge.
FT5	le modèle doit être sur un support d'implémentation accessible à l'utilisateur	Le modèle de PLM est mis à disposition des utilisateurs pour toute modification.

Tableau 3.7 - Les fonctions les plus importantes à vérifier par le modèle de PLM en phase d'utilisation -

Dans le tableau 3.7, les fonctions FC2 et FT4 ont été, dans le cas du modèle de PLM, les fonctions les plus difficiles à réaliser. Expliquer les définitions des composants du modèle a pris beaucoup de temps. En outre, visualiser le processus de PLM dans sa globalité et repérer la contribution de chaque personne à sa réalisation n'a pas été une tâche aisée. En effet, les acteurs du PLM découvraient pour la première fois un modèle représentant le processus avec un langage graphique et ceci depuis la conception du produit, en passant par sa fabrication et jusqu'à sa fin de vie.

III.5.3. Construction du modèle de CRM

- Étape 1 de la méthode : Identification des objectifs du modèle

L'entreprise vise des objectifs précis concernant chacun des processus de SCM, de PLM et de CRM. L'explicitation de ses objectifs, faite à partir des entretiens, sert à faire le choix de modèles de processus à appliquer. Les entretiens réalisés chez Vallourec ont clarifié les objectifs de chacun. Les comptes rendus ont permis d'harmoniser ces objectifs et d'obtenir l'accord de chacun sur une formulation commune et partagée. Ces objectifs identifiés vont déterminer le choix de modèle à appliquer sur chacun des processus.

L'étude de la bibliographie des modèles de CRM a déterminé deux types de modèles : les modèles de CRM qui visent à organiser la stratégie marketing de l'entreprise et les modèles de CRM qui identifient la possibilité d'améliorations du Système d'Information pour mieux répondre aux clients. Pour le CRM, L'objectif de l'entreprise est de relier les services de l'entreprise travaillant sur le produit est de déterminer les outils employés par chacun. Pour répondre à cet objectif, le modèle de la figure 3.6 a été proposé.

- Étape 2 de la méthode : Détermination des primitives du modèle

Le processus de CRM est constitué par deux sous processus : la gestion de la relation client ou le CRM opérationnel et l'analyse de la relation client ou le CRM analytique. Pour

chacune de ces étapes, nous avons déterminé les activités à exécuter et les équipes en charge de les exécuter.

- Étape 3 de la méthode : Construction du modèle

Le modèle de Tuffery [Tuffery, 2002] a été adapté à notre cas pratique en identifiant le sous-processus de CRM analytique et le sous-processus de CRM opérationnel.

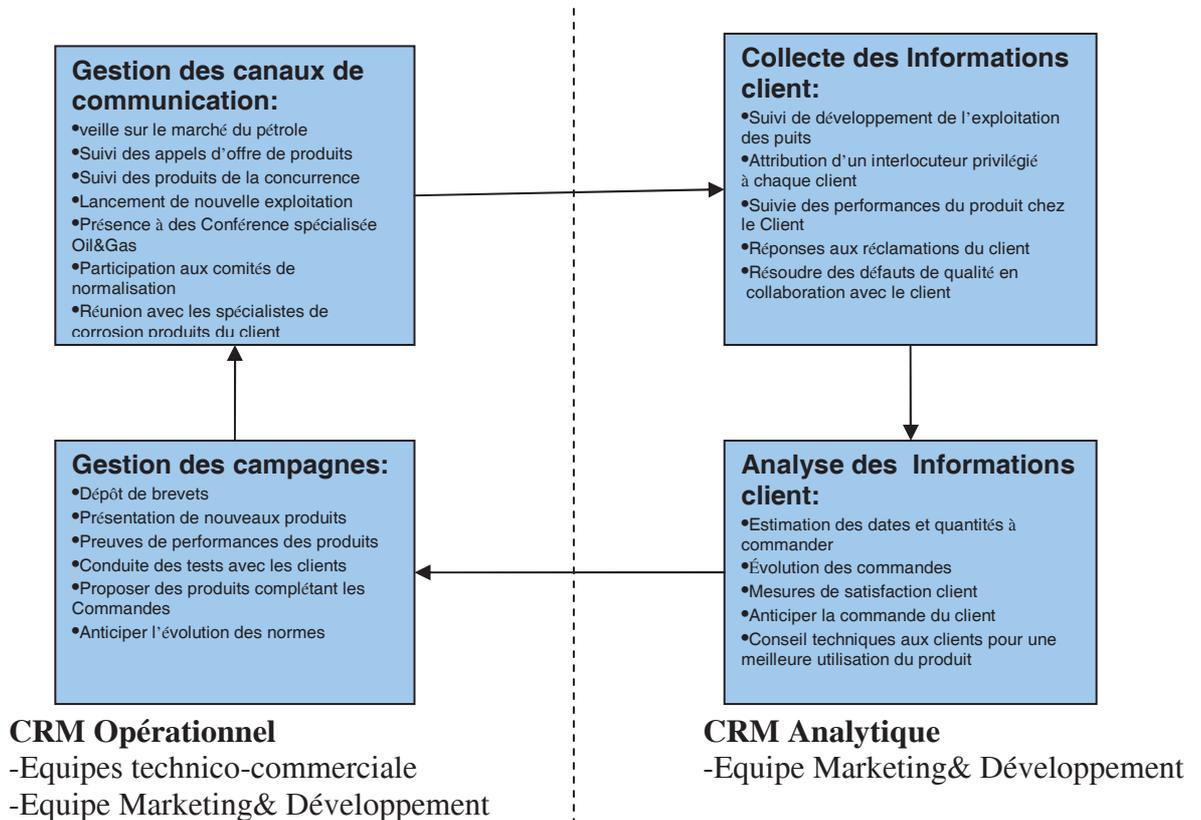


Figure 3.6 - Modèle de CRM réalisé chez Vallourec -

À la suite de l'identification des étapes du processus de CRM chez Vallourec, la priorité a été de présenter les plus importantes étapes du processus (dans les cadres de la figure 3.2) : Collecte des informations clients, Analyse des Informations, Gestion des campagnes et gestion des canaux de communication. Ces étapes ont été introduites dans le modèle de Tuffery (Tuffery, 2002). Dans notre cas, nous avons spécifié les actions effectuées pour chacune de ces étapes à Vallourec sur les produits « 13 % de Chrome » et « Super 13 % de Chrome ». Les étapes de recueil et d'analyse d'Information sont réalisées par les équipes de Marketing& Développement appelées équipe du CRM analytique. Les équipes de « technico-commerciaux » apportent leur appui dans le CRM opérationnel en participant aux étapes de gestion des campagnes marketing et de gestion des canaux de communication.

- Étape 4 de la méthode : Validation fonctionnelle du modèle

La validation des fonctions du modèle de CRM a nécessité plus de temps que la validation des fonctions des autres modèles.

	Fonction à remplir	Solutions techniques vérifiées par le modèle
FC1	Le modèle doit être accessible pour toute modification par son modélisateur	Le modèle de CRM a été élaboré sur support papier sous la forme d'un poster, le modélisateur peut le changer si cela est nécessaire.
FC2	Le modèle doit être compréhensible par ses utilisateurs	Le choix de modèle de CRM s'est porté sur un modèle de représentation, dont la compréhension ne nécessitant pas des compétences techniques particulières.
FC3	Le modèle doit exprimer le cas du système perçu à modéliser	Le modèle de CRM a été construit en utilisant le vocabulaire et les spécificités du CRM chez Vallourec.
FC4	Le modèle doit présenter un support d'implémentation accessible et facile d'utilisation	Le modèle de CRM est présenté sur support papier pour le rendre accessible à tous les utilisateurs.
FT1	le modèle doit permettre au modélisateur de transmettre ses visions à l'utilisateur du modèle	Les étapes du processus de CRM sont élaborées par le modélisateur pour exprimer son point de vue du processus.
FT2	le modèle doit permettre de représenter le cas particulier d'entreprise étudiée	La présentation du modèle de CRM aux utilisateurs du modèle a permis de vérifier qu'il représente le cas particulier du CRM à Vallourec.
FT3	Le modèle doit permettre au modélisateur de représenter sa vision sur un support d'implémentation accessible et facile à manipuler.	La présentation du modèle de CRM sur un poster a permis de le rendre accessible aux utilisateurs
FT4	le modèle doit permettre à l'utilisateur de comprendre le cas du système perçu	Le modèle de CRM a permis aux utilisateurs de comprendre l'enchaînement des étapes du CRM opérationnel et le CRM analytique et les outils utilisés dans chacune de ses étapes.
FT5	le modèle doit être sur un support d'implémentation accessible à l'utilisateur	Le modèle de CRM est mis à disposition des utilisateurs pour toute modification.

Tableau 3.8 - Les fonctions les plus importantes à vérifier par le modèle de CRM en phase d'utilisation -

Les propriétaires du processus de CRM ont expliqué dans les objectifs pour la gestion de la relation avec les clients, la répartition des clients de Vallourec en fonction de la fréquence des commandes, des volumes commandés et des marchés où ils évoluent (énergie, automobile, chaudière...). Pour chaque groupe de clients, un ensemble d'outils sont utilisés et des équipes de CRM sont mobilisées. Si le client est un grand groupe pétrolier, la collaboration des équipes du centre de recherche avec les équipes du

marketing et développement permet de répondre à l'appel d'offre du client et de proposer une gamme de produits complémentaires à cet appel.

IV. Résolution des questions de recherche relatives à la réalisation d'une vision globale du système étudié : l'entreprise Vallourec sur les produits à forte teneur en chrome

Notre projet sur les produits à forte teneur en chrome du groupe Vallourec a permis de construire les modèles des processus de SCM, de PLM et de CRM des sites du Nord de la France. La cohérence globale de l'entreprise réside dans notre cas dans la cohérence des informations circulant dans l'entreprise et la cohérence des connaissances.

Nous avons pris le soin de distinguer les échanges d'information des échanges de connaissances dans nos différents entretiens avec les propriétaires de processus de Vallourec.

Identification du Patrimoine de connaissance :
 (À partir du guide remplir un tableau par actions et par décisions correspondantes)
 Le but est de constituer le patrimoine connaissance de Vallourec et de le distinguer du Système d'Information)

Exemple :
 Emballage de tubes

	Information consommée	Information produite	Connaissance utilisée	Connaissance apportée
Action exécutée : Emballer un tube	- Température, dimension, qualité de l'acier...	- Types d'emballage, référence d'emballage...	Connaissance sur les tubes, connaissances sur les clients	Savoir faire d'emballage (...)
Décision prise : Rejet d'un tube	Résultats test de qualité (mise au mille)	- rapport de rejet	Connaissances des défauts sur les tubes	-Processus de rejet (...)

→ Exemple d'actions et de décisions nécessitant des informations et des connaissances différentes

	Information consommée	Information produite	Connaissance utilisée	Connaissance apportée
Action exécutée :				
Décision prise :				

→ Réflexion avec le propriétaire du processus pour distinguer les informations des connaissances dans ses actions et ses prises de décisions

Figure 3.7 - Distinction entre informations et connaissance dans la construction des modèles de processus -

En utilisant un exemple que tout propriétaire de processus a vu une fois dans les sites de production de Vallourec : l'emballage d'un tube, nous expliquons la différence entre les informations que peut nécessiter cette opération et les connaissances utilisées pour l'exécuter. Deux types de flux sont produits : des flux d'informations qui seront utilisées pour

exécuter l'action suivante dans le processus ou prendre une décision et des flux de connaissances qui sont stockés dans le patrimoine de connaissance du groupe Vallourec.

Il nous a paru important de reconstituer un guide des bonnes pratiques pour obtenir la cohérence de ses deux flux transversaux à tous les processus étudiés. Cette reconstitution s'est faite au fur et à mesure que nous avons mené notre intervention sur le terrain au sein de Vallourec. Nous avons dédié le chapitre suivant, le quatrième chapitre de ce manuscrit à la formalisation de ses bonnes pratiques.

Conclusion du troisième chapitre

L'application industrielle présentée dans ce chapitre a pour but de répondre à un ensemble de questions relatives à notre problématique de recherche. En entreprenant de construire et de valider les modèles de processus de SCM, de PLM et de CRM de Vallourec sur les sites du Nord de la France et pour les produits à forte teneur en chrome, nous traitons les questions suivantes :

Question1 : *Les primitives communes à plusieurs modèles du sous-système d'Opération ont-elles une définition partagée dans une même entreprise ?*

La situation avant l'intervention sur le terrain : Les primitives communes aux trois processus industriels sont le client, le produit (son cycle de vie et ses spécifications), les étapes de production (l'ordre des étapes et les ressources nécessaires à chacune des étapes de production) et les flux d'information. Chaque propriétaire de processus détient une définition de ses primitives qui correspond aux limites de ses fonctions. Ainsi un propriétaire du processus de CRM définit le client par la fréquence et la taille de ses commandes et son niveau d'expertise dans le secteur du pétrole ; un propriétaire du processus de PLM s'intéresse à la collaboration du client ou non dans le développement du produit et un propriétaire du processus de SCM enregistre le mode de livraison demandé par le client et les dates de livraison en fonction des stocks et des délais de production.

Les gains pour l'entreprise : Notre démarche de modélisation a permis de réunir les propriétaires de processus de SCM, de PLM et de CRM. Chacun a apporté les éléments qu'il juge important pour définir chacune des primitives essentielles à la construction d'un modèle de son processus. Nous avons obtenu des définitions communes et partagées pour les primitives communes : le client, le produit (le « 13% de chrome » et le « Super 13% de chrome »), les étapes de production et les flux d'information. Ces définitions permettent à tous les propriétaires de processus impliqués dans l'étude de discuter sur la base d'une définition commune et de mieux comprendre les modèles d'autres processus.

Question2 : *Comment rendre cohérents les échanges de flux d'information entre le Système d'Information et différents modèles de processus dans une même entreprise ?*

La situation avant l'intervention sur le terrain : Avant de réaliser notre étude de cas, Vallourec n'utilisait pas de modèles des processus de SCM, de PLM et de CRM. On ne pouvait donc pas déterminer dans les détails les informations utilisées dans chaque modèle et les informations dont on a besoin pour construire un modèle.

Les gains pour l'entreprise : La réalisation de modèle de processus a permis de déterminer précisément les informations dont chaque processus a besoin pour améliorer ses performances. Ceci facilite et accélère la construction de nouvelles versions d'un modèle. Pour construire le modèle de CRM nous avons extrait les informations sur les historiques des commandes d'un même client, les quantités commandées et la fréquence des commandes, les réclamations faites et la gestion de ces réclamations par Vallourec. L'ensemble de ces informations peuvent être reliées dans le SI comme faisant partie du processus de CRM et seront ainsi plus faciles à récupérer pour construire un modèle de CRM.

Question3 : *Les améliorations apportées par différents modèles de processus sont-elles possibles et cohérentes ? Existe-t-il un modèle de chaque processus qui permet d'avoir les résultats cohérents avec les objectifs généraux de l'entreprise ?*

La situation avant l'intervention sur le terrain : Avant notre intervention, nous n'avons pas obtenu des modèles complets et représentatifs des processus de SCM, de PLM

et de CRM. Les modèles locaux de gestions de stocks, de calculs des quotas attribués aux aciéries sont des modèles mathématiques visant une amélioration locale d'une partie du processus.

Les gains pour l'entreprise : La méthodologie adoptée pour la construction de tout modèle donne une priorité à la détermination d'un objectif pour le modèle. Nous avons choisi de construire les modèles de SCM, de PLM et de CRM en même temps. Ceci a permis de formuler les objectifs de chaque modèle au début de la modélisation de réfléchir avec les utilisateurs du modèle à la cohérence de ses objectifs. En cas d'incohérence avec les objectifs généraux de l'entreprise, le modèle a été changé.

Question4 : *Peut-on insérer dans un modèle les connaissances utilisées par un processus ?
Peut-on s'assurer de la cohérence des connaissances partagées entre plusieurs processus de la même entreprise ?*

La situation avant l'intervention sur le terrain : Avant de réaliser notre étude de cas, Vallourec n'utilisait pas de modèles des processus de SCM, de PLM et de CRM. On ne pouvait pas juger s'il était possible d'insérer des connaissances dans les modèles de processus. La gestion des connaissances est bien développée avec une direction de KM basée au siège social de l'entreprise. Ceci justifie notre réflexion sur l'introduction de connaissances, au même titre que les informations, dans les modèles de processus.

Les gains pour l'entreprise : Tous les processus modélisés chez Vallourec, produisent des connaissances spécifiques. La construction de modèles de représentations a permis de dresser la liste des connaissances spécifiques du processus de SCM, du processus de PLM et du processus de CRM.

Question5 : *Peut-on s'assurer de la cohérence des flux d'informations et des flux de connaissances créés ou échangés à la suite de l'application de différents modèles de processus dans une même entreprise ?*

La situation avant l'intervention sur le terrain : Avant de réaliser notre étude de cas, Vallourec n'utilisait pas de modèles des processus de SCM, de PLM et de CRM. On ne pouvait pas comparer ni les informations ni les connaissances utilisées dans des modèles de différents processus.

Les gains pour l'entreprise : La présentation des modèles ainsi obtenus à l'ensemble des utilisateurs nous a permis de traiter la question de la cohérence entre les connaissances présentées dans chaque modèle.

Les trois dernières questions ont contribué à constituer un guide de bonnes pratiques pour la réalisation de la cohérence des informations et des connaissances de l'entreprise. Pour notre étude, l'obtention de flux d'informations et de connaissances non contradictoires entre plusieurs processus contribue fortement à la réalisation de la cohérence globale de l'entreprise. Ainsi, le quatrième chapitre de ce manuscrit est dédié à la formalisation de ces bonnes pratiques, issues du terrain, pour une éventuelle utilisation dans d'autres cas d'entreprise.

**Quatrième Chapitre: Proposition
d'une méthode pour la réalisation de
la cohérence des systèmes
d'entreprise à travers les modèles**

Quatrième Chapitre: Proposition d'une méthode pour la réalisation de la cohérence des systèmes d'entreprise à travers les modèles

Introduction au quatrième chapitre.....	135
I. Définitions des critères de cohérence des Systèmes d'entreprise et impact sur les modèles des systèmes	135
I.1 Critères réalisant la cohérence en entreprise :	136
I.2 Traduction des critères de cohérence sur les modèles des SE.....	136
II. Guide pour la mise en cohérence des modèles.....	137
II.1 Cycle de vie d'un modèle de Système d'entreprise	137
II.2 Les points de mise en cohérence des modèles dans les différentes phases de leurs cycles de vie	139
II.2.1 Phase de construction	139
II.2.2 Phase d'instanciation et d'opérationnalisation	145
II.2.3 Phase d'amélioration	147
III. Influence de la modélisation sur les systèmes de l'entreprise.....	147
Conclusion du quatrième chapitre	149

Introduction au quatrième chapitre

Garantir une cohérence des systèmes de l'entreprise est un deuxième objectif pour cette thèse. La deuxième question de la problématique introduit cet objectif :

Comment peut-on garantir la cohérence des modèles construits ?

1) Quels sont les critères de cohérence ?

2) Quelle démarche adopter pour utiliser ces critères ?

La résolution de cette question est d'autant plus difficile que la notion de cohérence est définie de manière différente d'un domaine à un autre. L'automatique, la mécanique, le génie logiciel et le génie industriel par exemple proposent des définitions différentes pour que deux systèmes soient cohérents. La modélisation en entreprise étant un domaine assez large, le quatrième chapitre commence par dresser les critères définissant la cohérence des systèmes d'entreprise. Si l'on considère que ces critères sont visibles dans les modèles de ces systèmes, les étapes de modélisation présentent des opportunités pour vérifier les critères de cohérences des systèmes modélisés. Un guide est alors explicité pour la mise en cohérence des modèles des systèmes d'entreprise. L'élaboration de notre guide est à la fois le résultat d'une étude théorique (état de l'art de la modélisation d'entreprise effectué dans le premier chapitre) et d'une application industrielle (application industrielle détaillée dans le troisième chapitre). Le modèle passe par quatre étapes dans une entreprise : sa construction, son instanciation, son opérationnalisation et son amélioration. Une fois les objectifs de modélisation initiaux atteints, l'amélioration d'un modèle est souvent oubliée. Un retour d'expérience sur toutes les étapes de modélisation permet de retenir les bonnes pratiques et de construire de nouveaux objectifs à atteindre ce qui relance la modélisation. Ce cycle met en place une démarche de modélisation continue sur les modèles de processus et implique toutes les ressources de l'entreprise (humaines, matérielles et logicielles) dans la réalisation de cette démarche.

Ce chapitre commence par déterminer la cohérence et les critères qui permettent de l'atteindre. Ensuite, nous proposons un guide pour la mise en cohérence des modèles. La construction du modèle nécessite une attention particulière car la cohérence est souvent le résultat de la construction du modèle selon certaines conditions. Les étapes d'instanciation et d'opérationnalisation du modèle impliquent les utilisateurs du modèle qui sont guidés par le modélisateur pour respecter les conditions de cohérence. L'étape d'amélioration impose de relancer le cycle de modélisation, nous détaillons, donc, la succession d'étapes permettant de réaliser la cohérence entre les modèles et l'implication des sous-systèmes de l'entreprise dans chacune de ces étapes.

I. Définition des critères de cohérence des Systèmes d'entreprise et impact sur les modèles des systèmes

Plusieurs critères définissent, dans la littérature, la cohérence entre deux systèmes.

A titre d'exemple, deux systèmes sont cohérents, en génie logiciel, s'ils ont des langages compatibles (langage informatique), s'ils utilisent le même langage (langage informatique), s'ils échangent des data ou s'ils ont des parties en commun les rendant interopérables. La représentation en sous-système de l'entreprise implique d'inclure le Système de Décisions, le Système d'Information et le Système de Connaissance dans la réalisation de la cohérence des Systèmes d'Entreprise (les processus du Système

d'Opération). En effet les processus du Système D'Opération (SE) échangent des informations avec le Système d'Information, utilisent les connaissances nécessaires du Système de Connaissance et suivent les directives du Système de Décisions. Les SEs doivent posséder des facteurs précis pour que leurs modèles présentent les conditions nécessaires à l'application de ses facteurs de cohérence.

I.1 Critères réalisant la cohérence en entreprise :

L'ensemble de nos travaux de recherche s'inscrivent dans un cadre systémique. La structure des systèmes étudiés (aspect ontologique), les fonctions qu'ils remplissent (aspect fonctionnel) et les objectifs (aspect téléologique) qu'ils sont supposés atteindre sont mis en valeur dans les critères de cohérence entre les systèmes d'entreprise.

La cohérence des Systèmes d'Entreprise (SE) correspond à **deux facteurs fondamentaux** :

- 1) Chaque SE a un objectif propre par définition (téléologie du système d'entreprise), tous ces objectifs doivent être alignés sur l'objectif global de l'entreprise (téléologie de l'entreprise). Les fonctions des SEs (aspect fonctionnel) doivent concourir à la réalisation de ses objectifs ainsi qu'à la réalisation des objectifs stratégiques de l'entreprise.
- 2) Les SEs ne sont pas isolés par définition. Ils échangent des data, des informations et des connaissances (aspect ontologique), ceux-ci doivent être complémentaires et non contradictoires. Les fonctions des SE (aspect fonctionnel) doivent harmoniser les échanges d'informations et de connaissances en entreprise.

Avoir des Systèmes d'Entreprise cohérent se traduit par des caractéristiques que les modèles doivent remplir. Un modèle de SE qui a un objectif indistinct et qui ne permet pas de visualiser ou de distinguer les flux d'information et de connaissances est un frein à la réalisation de la cohérence des SEs.

I.2 Traduction des critères de cohérence sur les modèles des SE

Analyser plusieurs SEs implique de se placer dans le cas d'une entreprise multi-site contenant différents Systèmes en interaction. Chacun des SEs identifié dispose d'un modèle permettant de le piloter. La Cohérence des SEs est définie par rapport aux objectifs visés et aux informations et aux connaissances échangées. Les deux facteurs de cohérence peuvent être analysés sur les modèles à condition que :

- 1) la capacité du modèle (ce qu'il est capable de faire, le service qu'il rend) soit définie en accord avec l'objectif du système
- 2) les informations et les connaissances soient visibles sur le modèle pour pouvoir déterminer les échanges possibles avec d'autres modèles de SE dans la même entreprise.

Pour arriver à remplir ces deux conditions, la méthode de modélisation doit contenir deux étapes :

- 1) la méthode de modélisation utilisée intègre la définition des objectifs du SE
- 2) la méthode de modélisation utilisée inclut l'identification des flux d'information qui circule dans le SE

En suivant ces recommandations, la cohérence des modèles est possible à analyser car il est possible de vérifier l'alignement des objectifs des modèles et la complémentarité des informations et des connaissances produites. Le résultat est un guide de mise en cohérence des modèles qui déclinent les conditions de mise en cohérence sur les modèles.

Seulement, chaque modèle passe par différentes phases en entreprise. La construction du modèle et l'utilisation du modèle sont les deux moments importants qui déterminent la construction et la validation d'un modèle. Les bonnes pratiques sont alors déclinées en fonction de la phase du cycle de vie du modèle pour une meilleure application dans la pratique.

II. Guide pour la mise en cohérence des modèles

Après avoir déterminé les critères de cohérence des SE dans cette thèse et les conditions qui en découlent sur les modèles des SE, un guide pour la réalisation des conditions de cohérence est proposé. Un modèle suit (tel un produit) un cycle de vie précis. Nous avons distingué dans les chapitres précédents de la thèse les phases de construction et d'utilisation d'un modèle. En plus de détailler la phase d'utilisation du modèle, nous proposons de prendre en compte l'étude des améliorations possibles à rajouter au modèle. Dans un premier temps, toute proposition d'amélioration de modèle engendre de nouveaux objectifs à atteindre et entraînera une relance de son instanciation sur le SE réel pour atteindre ce nouvel objectif. Ensuite, inclure la phase d'amélioration dans le cycle de vie du modèle permet de proposer un cycle d'amélioration continue sur la modélisation. Ce cycle distingue les interactions entre les modèles du Système D'Opération et les Systèmes de Décision et de Connaissance pour former un ensemble de connaissances spécifiques à la modélisation qui sont utilisables pour tous cas de processus.

II.1 Cycle de vie d'un modèle de Système d'entreprise

La démarche de mise en cohérence des modèles s'appuie sur un cycle de vie composé de quatre phases. La construction du modèle, l'instanciation du modèle, l'opérationnalisation du modèle et l'amélioration du modèle. L'instanciation et l'opérationnalisation d'un modèle peuvent être regroupées en une phase d'utilisation, elles sont séparées dans ce chapitre pour montrer la différence de résultats produits à chacune d'entre elles. L'instanciation donne un modèle du processus réel sous étude dans l'entreprise. L'opérationnalisation impose d'obtenir à un résultat du modèle qui est discuté à la phase d'amélioration pour vérifier si l'objectif initialement fixé est atteint ou pas. La phase de construction est détaillée car elle met en place la base de la cohérence des modèles. La phase d'amélioration requiert une gestion active du Système de Connaissance. La conservation de cette phase d'amélioration permet d'améliorer l'organisation de l'entreprise et l'atteinte des objectifs. L'enchaînement de ces quatre phases et les résultats obtenus sont expliqués dans la figure 4.1.

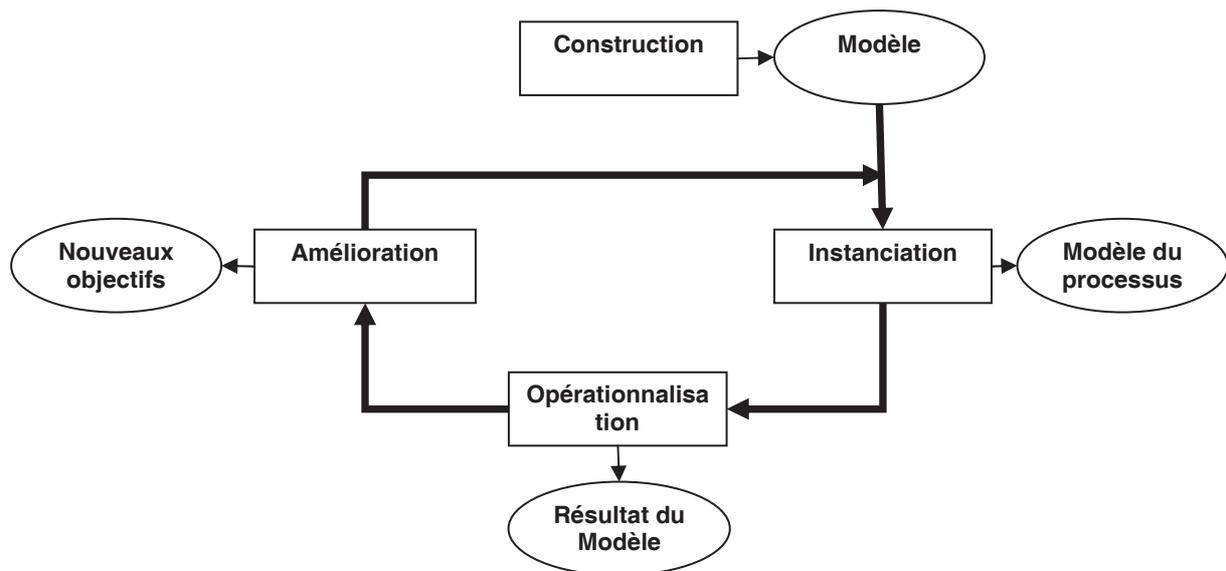


Figure 4.1 - Cycle de vie d'un modèle de processus en entreprise -

La première étape du cycle de vie du modèle n'implique pas un SE réel car, avant d'appliquer un modèle sur un SE donné, une méthode de modélisation est construite en utilisant un langage spécifique, cette méthode permet d'avoir un modèle de SE théorique prêt à être utilisé en entreprise sur un SE réel. L'utilisation du modèle commence avec la phase **d'instanciation** qui permet d'avoir une image du processus réel en fonction du langage de modélisation choisi. Ensuite, **l'opérationnalisation** du modèle consiste en la vérification de l'état du processus réel étudié. Les outils du modèle sont alors déployés. A titre d'exemple, un outil de modèle peut être une méthode de calcul du temps de production pour un modèle de SCM, une méthode d'extraction des caractéristiques techniques d'un produit pour un modèle de PLM ou des règles de calcul du taux de fidélité des clients pour un modèle de CRM.

Si le modèle démontre que le processus peut atteindre les objectifs visés par le manager, le résultat de **l'opérationnalisation** du modèle servira de référence pour garder un mode de fonctionnement qui garantit l'atteinte des objectifs. Et l'étape de **l'amélioration** discute de la possibilité ou pas d'améliorer les objectifs initiaux de la modélisation pour atteindre de meilleurs résultats du modèle.

Si le modèle démontre que le processus n'atteint pas les objectifs du manager, **l'opérationnalisation** du modèle servira pour simuler le fonctionnement du processus qui permet d'atteindre les objectifs visés. Le résultat de l'opérationnalisation sera la référence à atteindre pour réaliser cet objectif. Les objectifs initiaux de la modélisation sont déclinés en actions à entreprendre sur le processus réel. La phase **d'amélioration** du modèle permettra de regarder si les objectifs initiaux sont atteignables.

Pour chacune des phases du cycle de vie du modèle, ainsi détaillées, nous distinguons des conditions spécifiques pour la réalisation de la cohérence. L'accent est mis sur la phase de construction du modèle. Il est primordial de s'assurer de la réalisation des conditions de cohérences au début du cycle de vie car, ce sont les bases de la cohérence dans les autres phases. Les phases d'instanciation et d'opérationnalisation sont alimentées par les résultats du chapitre précédent : l'application industrielle déroule la phase d'utilisation de modèles de SCM, de PLM et de CRM. Les conditions de mise en cohérence en phase d'utilisation obtenue avec le cas de Vallourec sont reprises pour être généralisées aux cas d'autres entreprises. Enfin la cohérence des modèles en phase d'amélioration permet de construire

un cycle d'amélioration continue de la modélisation alimentée par les connaissances sur les modèles et pilotée par une communauté de pratiques dédiée à la modélisation. Cette démarche renforce les échanges entre le Système de Connaissance et les modèles de processus. En plus des connaissances sur les processus modélisés, une deuxième catégorie de connaissances est identifiée : les connaissances sur les modèles.

II.2 Les points de mise en cohérence des modèles dans les différentes phases de leurs cycles de vie

La phase de construction engendre des conditions à la fois sur le langage et les règles de modélisation, mais aussi sur la suite des phases du cycle de vie du modèle. Les phases d'instanciation, d'opérationnalisation et d'amélioration impliquent le modélisateur dans la réalisation des conditions de cohérence. Une fois le modèle construit, son application en entreprise est fortement liée à un modélisateur qui l'explique aux utilisateurs et qui le modifie en fonction de leurs besoins.

L'alignement stratégique des objectifs des modèles imposent de vérifier les capacités des modèles et de distinguer les décisions stratégiques de l'entreprise.

La cohérence des informations et des connaissances impliquent de réaliser une analyse croisée sur l'ensemble des processus modélisés.

Le respect de toutes les conditions de cohérence permet de mettre en place une amélioration continue des modèles et de s'assurer que tous les partenaires partagent les mêmes objectifs et les mêmes définitions des éléments importants de l'entreprise.

II.2.1 Phase de construction

Les entités fonctionnelles de l'entreprise concourent à la réalisation de ses objectifs stratégiques. Seulement chaque entité fonctionnelle est organisée en processus formant des Systèmes d'Entreprise (SE) indépendants. Les lignes stratégiques de l'entreprise déterminent aussi l'objectif à réaliser pour le SE. La détermination de l'objectif du modèle d'un SE permet de vérifier si la première condition de cohérence est réalisée ou pas d'autant plus que chaque SE peut changer d'objectifs au cours de son évolution.

a) Première Condition de cohérence : Si chaque modèle correspond à un objectif du SE et si ce SE correspond à la stratégie de l'entreprise, alors tous les modèles sont cohérents.

Pour vérifier cette condition, l'objectif du SE doit être à la fois aligné sur un objectif stratégique de l'entreprise et réalisable par le modèle. La capacité d'un modèle est alors définie comme étant son aptitude à faciliter la réalisation d'un objectif donné du SE. Ainsi, pour réaliser le premier point de mise en cohérence, deux parties sont à vérifier :

Première partie de mise en cohérence : Lors de la construction du modèle, il faut veiller à la correspondance entre les objectifs du SE et les capacités du modèle.

Deuxième partie de mise en cohérence : la capacité du modèle doit correspondre à un objectif du SE. Cet objectif doit faire partie des objectifs de la stratégie de l'entreprise.

Un même SE peut changer d'objectifs selon les besoins de l'entreprise. En effet un état de l'art des papiers de recherche montre que la finalité d'un processus change en fonction du contexte industriel, des conditions du marché et de l'état de la concurrence. Les trois processus transversaux de SCM, de PLM et de CRM sont souvent étudiés séparément, l'alignement stratégique des trois processus est revu seulement en recherche sur les Systèmes d'Information. Dans le cadre de la planification stratégique des Systèmes

d'Information, un exercice d'organisation permet à l'entreprise de déterminer un ordre de priorités dans le développement de son SI [Doherty et al, 1999].

Pour atteindre une cohérence d'objectifs au niveau de l'entreprise dans sa totalité, l'ensemble des objectifs possibles pour un SCM, un PLM ou un CRM est déterminé et les capacités des modèles sont fixées. Ensuite nous déterminons les capacités des modèles nécessaires à chaque objectif. Enfin, nous présentons les stratégies les plus courantes en entreprise et les modèles de SCM de PLM et de CRM qui sont cohérents avec ces stratégies.

A partir de l'état de l'art des systèmes de SCM, de PLM ou de CRM, des exemples d'objectifs différents peuvent être déduits.

Un Système de Supply Chain Management travaille à

- Réduire les stocks
- Eliminer les pertes de temps
- Améliorer la flexibilité de la chaîne de production
- Optimiser le taux d'utilisation des ressources

Un système de Product Lifecycle Management travaille à

- Changer le design d'un produit
- Initier une collaboration avec les clients et les fournisseurs
- Améliorer les échanges d'informations du produit
- Augmenter la réactivité de l'entreprise par rapport aux tendances du marché

Les systèmes de Customer Relationship management travaillent à

- Fidéliser les clients
- Acquérir de nouveaux clients
- Augmenter la satisfaction du client
- Recueillir des informations sur le client

Pour réaliser chacun de ces objectifs, l'état de l'art des modèles de SCM, de PLM et de CRM a permis de distinguer les capacités offertes par chaque modèle pour atteindre les objectifs des systèmes d'entreprise.

Les capacités des modèles de SCM sont :

- Le calcul des niveaux de stocks. Ex : modèle stochastique de gestion de stocks
- L'estimation des temps de production. Ex : modèle de Value Stream Mapping
- L'organisation de la production selon plusieurs schémas. Ex : Le modèle SCOR (Supply Chain Operation Reference model)
- La localisation des étapes où les ressources sont utilisées et identifier la nature de ces ressources. Ex : un modèle ERP (Entreprise Resource Planning)

Les capacités des modèles de PLM sont :

- L'identification des Informations sur le design d'un produit. Ex : Jun et al, 2007

- La détermination de la nature des flux échangés avec les clients/fournisseurs. Ex : Ming et al, 2007
- La mise en place d'outils techniques pour échanger des informations de sans pertes de sens
- Le détail de l'organisation des départements de l'entreprise et la contribution de chacun dans le cycle de vie du produit

Les capacités de modèles de CRM :

- La mise en place de critères de calcul de la fidélité du client
- Le développement de scénarii pour rentrer sur de nouveaux marchés
- La mesure et l'analyse de la satisfaction des clients
- L'interprétation des informations recueillies sur le client

La capacité du modèle, l'objectif du SE et l'objectif stratégique de l'entreprise sont les trois critères qu'il faut mettre en phase pour la réalisation de la première condition de cohérence.

Le tableau 4.2 associe des stratégies d'entreprise aux objectifs de modèles et aux capacités des modèles.

Stratégie d'entreprise	Objectifs modèle	Capacité du modèle
Passer d'une production en ligne à une production en ilots avec un niveau de stocks réduit	SCM : réduire les stocks	<ul style="list-style-type: none"> • La localisation des stocks • Le calcul des stocks
	PLM : définir une décomposition du produit en sous-ensemble	<ul style="list-style-type: none"> • La définition détaillée du produit • La visualisation des étapes de production
	CRM : réduire les coûts de ventes	<ul style="list-style-type: none"> • La communication rapide avec le client • Le calcul du coût de vente en fonction des coûts de production
Proposer des produits innovants pour ces clients, et s'adapter aux nouvelles tendances du marché	SCM : Augmenter la réactivité de la chaîne de production	<ul style="list-style-type: none"> • L'uniformisation des étapes de production • la maîtrise des flux logistiques
	PLM : Changer le design du produit	<ul style="list-style-type: none"> • L'identification des Informations sur le design d'un produit • L'identification des échanges avec les processus de SCM et de CRM
	CRM : Suivre la satisfaction des clients	<ul style="list-style-type: none"> • Le calcul des valeurs de satisfaction des clients • Le suivie des réactions des clients face aux nouveautés produit

Stratégie d'entreprise	Objectifs modèle	Capacité du modèle
Concentrer les efforts marketing sur une niche du marché et acquérir une base solide de client sur cette niche	SCM : Réduire les coûts de production	<ul style="list-style-type: none"> • Le calcul des coûts de production • Le calcul des coûts logistiques
	PLM : Customiser le produit en fonction des demandes clients	<ul style="list-style-type: none"> • L'intégration des demandes du client dans Le cycle de développement du produit •
	CRM : Enrichir le portefeuille de clients	<ul style="list-style-type: none"> • La mise en place de critères de calcul de la fidélité du client • Le développement de scénarii pour rentrer sur de nouveaux marchés

Tableau 4.2 - Cohérence entre les stratégies de l'entreprise, les objectifs du modèle et les capacités du modèle -

Dans le cadre d'une stratégie d'innovation continue, les modèles de processus doivent concourir à augmenter la réactivité de la chaîne de production pour le SCM, à changer le design du produit pour le PLM et à suivre la satisfaction du client pour le CRM. Pour atteindre ces objectifs, le modèle de SCM doit permettre l'uniformisation des étapes de production, le modèle de PLM doit permettre l'identification des informations sur le design du produit et le modèle de CRM doit permettre le suivi des réactions des clients face à toute innovation. L'alignement entre la stratégie de l'entreprise, les objectifs et les capacités de différents modèles de processus est une première garantie pour la réalisation de la cohérence en phase de construction.

En phase de construction du modèle, le modélisateur utilise des informations disponibles dans l'entreprise. Plus ces informations sont précises plus le modèle est fidèle au processus réel.

La construction du modèle nécessite de faire appel au patrimoine de connaissances de l'entreprise. Les savoir et les savoir-faire sur un processus ne peuvent pas être réduits à des flux d'informations. L'identification des connaissances dans un modèle facilite sa compréhension par les utilisateurs qui y reconnaissent les savoir-faire essentiels à leurs tâches.

b) Deuxième Condition de cohérence : Une analyse croisée des informations et des connaissances de chaque modèle permet de définir les composants partagés entre les modèles

Pour vérifier cette condition, il faut veiller à ce que les informations et les connaissances soient visibles dans les modèles de processus étudiés. Une analyse de la littérature sur les modèles de SCM, de PLM et de CRM permet d'identifier les catégories d'informations qui doivent figurer dans chacun des modèles et les connaissances qui facilitent son utilisation. Nous précisons dans la première partie de la deuxième condition de mise en cohérence de modèles en phase de construction les résultats de cet état de l'art.

Analyse des informations et des connaissances dans les modèles de SCM :

L'analyse de la littérature a permis de distinguer trois catégories d'informations dans un modèle de SCM : [Baglin et al 2005, Abdulmalek and Rajgopal 2007, Huang et al 2005, Stephens 2005]

- Les informations échangées avec les fournisseurs
- Les informations nécessaires à la production
- Les informations échangées avec les clients

Pour comprendre au mieux la chaîne logistique globale il est primordial de distinguer les échanges entre les trois interfaces de la chaîne : le fournisseur, la chaîne de production interne et le client.

L'identification des connaissances dans un modèle de SCM n'est pas évidente, rares sont les papiers de recherche qui mentionnent les connaissances dans leurs modèles. Mais nous avons identifié :

- Les connaissances échangées pour avoir une compréhension partagée des données et des actions menées dans la Supply Chain (Hult et al, 2007)
- Les connaissances sur le management de la qualité dans la production (Tissot, 2005)
- Les connaissances sur les achats tout au long de la Supply chain (Tissot, 2005)

En plus de ces flux de connaissances à mettre dans un modèle de SCM, les connaissances du métier (différentes en fonction du contexte industriel) sont importantes à identifier. Les connaissances d'un pétrolier sont différentes de celle d'un fabricant de voiture ou d'un distributeur de produits de consommation. Renseignées dans un modèle ces connaissances décrivent mieux le contexte industriel étudié.

Analyse des informations dans les modèles de PLM

Les modèles de PLM proposés dans la littérature [Abramovici et Sieg, 2002, Sudarsan et al 2005, Terzi 2005, Grieves M, 2006, Jun et al, 2007, Chiang et Trappey, 2007] distinguent un ensemble d'information qu'on peut classer en :

- Information pour le début du cycle de vie du produit
- Information pour le milieu du cycle de vie du produit
- Information pour la fin du cycle de vie du produit

La distinction de trois phases de cycle de vie d'un produit est due au changement de départements dans l'entreprise : le département de Recherche & Développement s'occupe de la première phase de design et de développement du produit, le département d'industrialisation se charge de la production et de la distribution et le service après ventes se charge de qui gèrent chacune de ces phases.

Les recherches sur les modèles de PLM accordent de plus en plus d'importance aux connaissances, nous pouvons les classer en :

- Les meilleures pratiques du Design (Baxter et al, 2007)
- Les connaissances sur les techniques d'innovation (Baxter et al, 2007)
- Les connaissances sur la phase de production (Jun et al, 2007)

Ces connaissances décrivent le mieux les spécificités du produit traité par le modèle et facilitent alors la compréhension et l'application du modèle en entreprise.

Analyse des informations dans les modèles de CRM

Le différentes références bibliographiques sur les modèles de CRM [Paas et Kujilen, 2001, Ryals et Knox, 2001, Winer, 2001, Knox et al 2003, Buttle, 2004, Zablah et al, 2004, Avlonitis and Panagopoulos, 2005, Payne et Frow, 2005, King et Burgess, 2007, Richard and Jones, 2008, Zahay et Peltier, 2008] distinguent les informations qu'on peut classer selon les catégories :

- Information sur les clients
- Information sur le marché
- Information sur les concurrents
- Information interne de l'entreprise

La gestion des connaissances est l'un des facteurs de réussite du CRM [Gibert et al, 2002]. Le CKM (Customer Knowledge Management) remplace le CRM pour souligner l'importance de cette ressource :

- Retour d'expérience sur l'acquisition et la conservation des clients (Gibert et al 2002)
- Connaissance sur la réalisation de la satisfaction du client (Gibert et al 2002)
- Connaissance sur la perception du client des caractéristiques du produit Garcia-Murillo and Annabi 2002)
- Connaissance sur le développement et le lancement de nouveaux produits ou services (Garcia-Murillo and Annabi 2002)

Avant la phase suivante du cycle de vie d'un modèle, l'ensemble des conditions à vérifier est regroupé dans la figure 4.2.

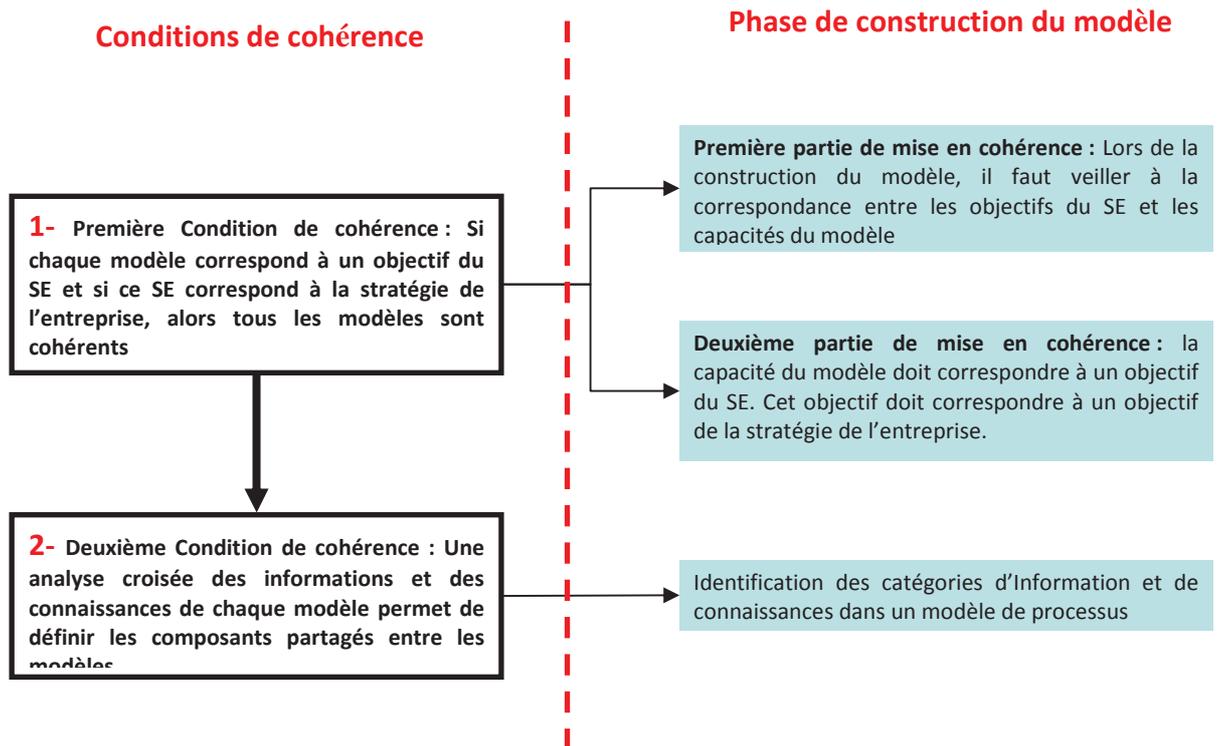


Figure 4.2 - Conditions de cohérence d'un modèle de processus en phase de construction en entreprise -

L'objectif du modèle doit être réalisable par les capacités du modèle et en phase avec les objectifs stratégiques de l'entreprise. La stratégie de l'entreprise étant la même pour tous les SE, la première condition assure la cohérence des objectifs des modèles appliqués aux SE s. Ensuite l'identification des flux d'informations et de connaissances dans les différents modèles de processus permet de définir les composants partagés de ces flux et de les mettre en cohérence.

La phase de construction des modèles détermine alors la structure générale d'un processus opérationnel. Une fois vérifiées sur un modèle, les conditions de mise en cohérence de cette phase assure que l'instanciation et l'opérationnalisation des modèles ne donne pas des représentants incohérents de processus réels.

II.2.2 Phase d'instanciation et d'opérationnalisation

Le modélisateur est la personne qui maîtrise le langage de modélisation et les règles qui le régissent. C'est lui qui construit le modèle à partir des processus réels de l'entreprise. Il revient au modélisateur de s'assurer de la cohérence des modèles en phase d'instanciation. Le modélisateur doit maintenir la cohérence des objectifs des modèles (tel que décrits par la première condition de mise en cohérence en phase de construction) et réaliser une analyse croisée des informations et des connaissances dans le modèle (tel que décrit dans la deuxième condition de mise en cohérence en phase de construction).

a) Première Condition de cohérence en phase d'instanciation et d'opérationnalisation :

La phase d'instanciation peut faire dévier des objectifs du modèle. Plusieurs acteurs interviennent à cette phase : le modélisateur, l'utilisateur du modèle et le propriétaire du processus réel à modéliser. Le rôle du modélisateur est de :

- Rappeler constamment les objectifs de la modélisation
- Ne collecter que les données strictement nécessaires pour la réalisation de ces objectifs

b) Deuxième Condition de cohérence en phase d’instanciation et d’opérationnalisation :

La deuxième condition de mise en cohérence en phase de construction du modèle permet d’identifier les flux d’informations et de connaissances sur les modèles. Le modélisateur doit s’assurer de :

- Classer les informations obtenues de chaque modèle en fonction des catégories déterminées dans l’étape précédente et comparer les flux communs à plusieurs modèles pour assurer la cohérence des informations qui circulent en entreprise. Ex : Classer les informations sur le client du point de vue de la SCM, du PLM ou du CRM permet de vérifier que les trois processus de la même entreprise utilisent des informations non contradictoires.
- Capitaliser les connaissances nécessaires pour chaque modèle pour une meilleure utilisation des bonnes pratiques.

Le modélisateur a un rôle important dans la réalisation des conditions de cohérences des modèles.

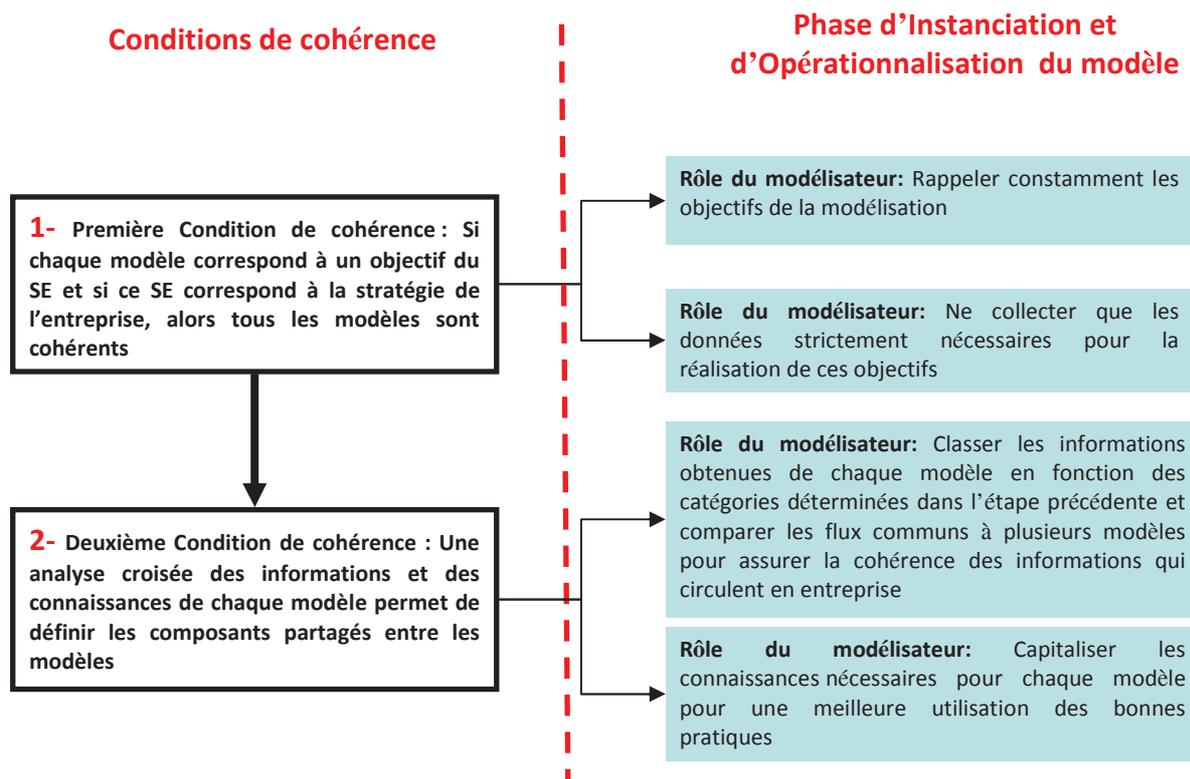


Figure 4.3 - Conditions de cohérence d’un modèle de processus en phase d’instanciation et d’opérationnalisation en entreprise -

La figure 4.3 précise le rôle du modélisateur dans chacune pour réaliser les conditions de mise en cohérence en phase d’instanciation du modèle en entreprise. Le modélisateur est garant des objectifs de la modélisation et de la récolte des informations

nécessaires pour ces objectifs. Il harmonise ensuite les flux d'informations communs à plusieurs modèles et veille à la capitalisation des bonnes pratiques en entreprise.

II.2.3 Phase d'amélioration

La réalisation des conditions de cohérence conduit à relancer la modélisation pour deux raisons possibles :

- L'objectif d'amélioration continue dans une entreprise aboutit à un changement des objectifs du modèle.
- La boucle d'amélioration continue du recueil d'information et de connaissance utilise le retour d'expérience du modélisateur pour améliorer l'instanciation du modèle.
-

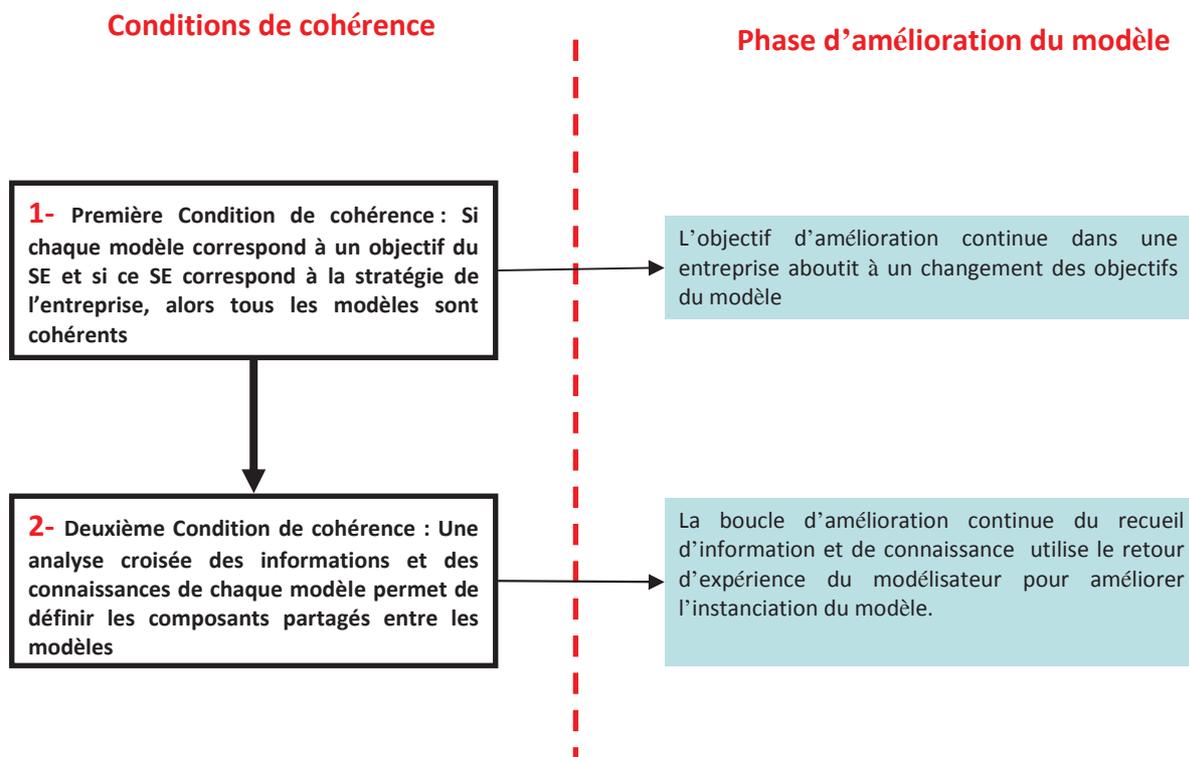


Figure 4.4 - Conditions de cohérence d'un modèle de processus en phase d'amélioration du modèle -

L'entreprise en s'inscrivant dans une démarche d'amélioration continue, revoit constamment les performances de ces processus. Cette démarche contribue à l'augmentation des performances des processus et relance la modélisation car, si les données d'entrée changent (état du processus et nouveaux objectifs) on construit un nouveau modèle.

III. Influence de la modélisation sur les systèmes de l'entreprise

Une implication directe de la réalisation de la cohérence des modèles est la maîtrise de la complexité de l'entreprise. Ce système est en évolution continue particulièrement à la suite de l'application d'un modèle.

En effet, la construction et la validation d'un modèle de processus transforme l'organisation de l'entreprise. Les indicateurs de performance des modèles permettent de superviser ces transformations. Mais la démarche de modélisation est tout aussi importante que les valeurs des indicateurs. A titre d'exemple, il est très utile pour les opérateurs d'un atelier de conserver toutes les mesures et actions qui mènent au calcul du temps de production au lieu de se contenter de la valeur seule du temps de production.

Le cycle présenté dans la figure 4.5 assure une amélioration continue des modèles de processus par l'amélioration ou le changement des objectifs de modélisation.

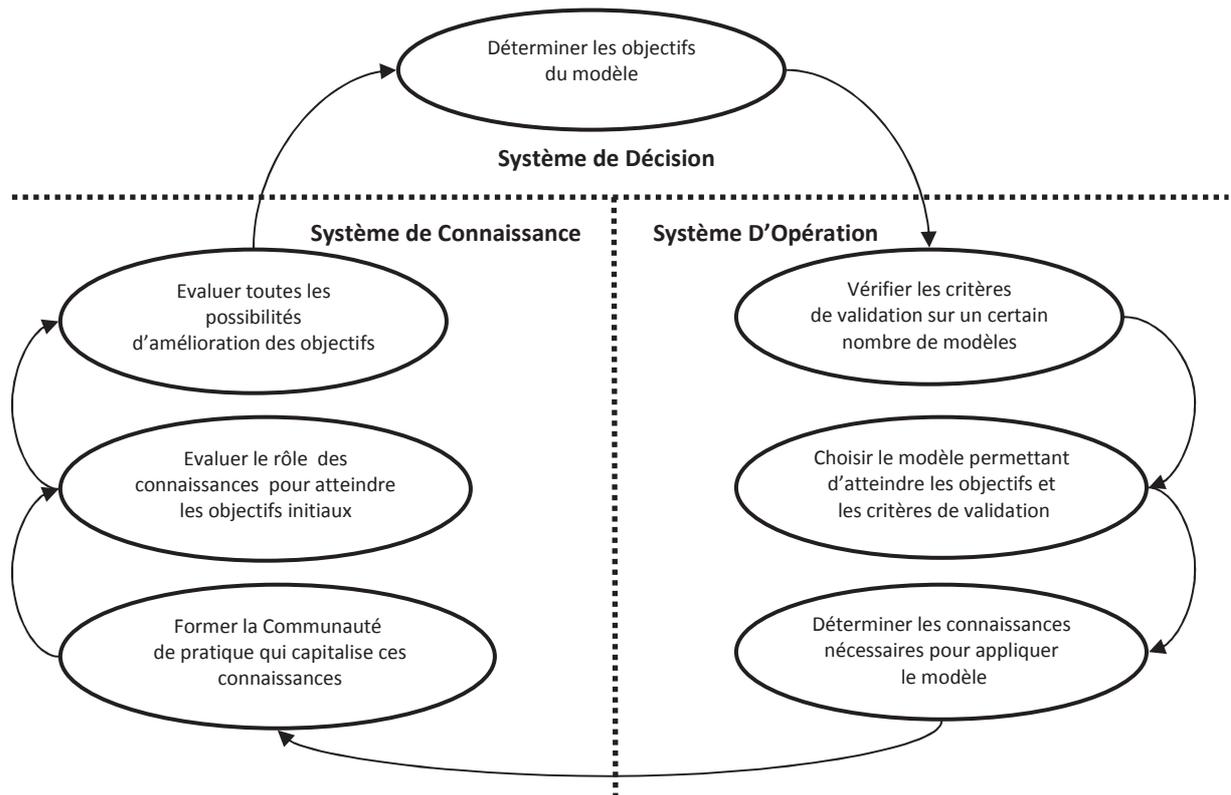


Figure 4.5 – Le cycle d'amélioration continue de la modélisation -

Dans la figure 4.5, les objectifs stratégiques attendus de la modélisation sont établis dès que le Système de Décision déclenche le processus d'appliquer un modèle. Le Système d'Opération traduit ces objectifs stratégiques en des objectifs opérationnels à moyen et court terme. Les connaissances issues de la modélisation sont capitalisées dans la communauté de pratique en charge du processus sous étude.

L'évaluation de la performance du modèle permet au Système de Décision de fixer de nouveaux objectifs et de relancer la modélisation.

Conclusion du quatrième chapitre

La notion de cohérence n'a pas de définition unique dans la littérature. Les critères de mise en cohérence dépendent fortement du contexte industriel (génie logiciel, génie électrique...). La cohérence entre les modèles impose la réalisation de certaines conditions.

Dans ce chapitre, nous commençons par définir la mise en cohérence des modèles de processus. Nous détaillons ensuite le cycle de vie d'un modèle de processus en entreprise. A chacune de ces étapes les conditions à réaliser par les modèles pour aboutir à la cohérence de l'entreprise sont différentes. En réponse à la deuxième question de la problématique, la démarche de mise en cohérence consiste à identifier la phase du cycle de vie correspondante au modèle et à réaliser la condition de cohérence correspondante à cette phase.

Cinquième Chapitre : Perspectives et futures développements

Cinquième Chapitre : Perspectives et futures développements

Conclusion :.....	153
Perspectives de recherche académiques	155
Perspectives industrielles	157
Perspectives personnelles	158

Conclusion :

Les modèles sont utilisés pour mieux maîtriser le fonctionnement de l'entreprise. Une application efficace d'un modèle conduit à visualiser le processus de l'entreprise, à simuler son fonctionnement et à mettre en place des actions pour améliorer ses performances. L'importance de cet objectif justifie la profusion de travaux de recherche dans le domaine de la modélisation et la multitude de modèles disponibles pour chacun des processus clés de l'entreprise.

Une démarche de modélisation unique permet d'augmenter la compatibilité de différents modèles entre eux et d'améliorer la cohérence de l'entreprise.

La démarche de modélisation que nous détaillons dans cette recherche couvre les deux phases du cycle de vie du modèle. La première phase du cycle de vie du modèle est sa construction. Le modélisateur connaît le langage de modélisation et maîtrise les règles de modélisation. Cette connaissance lui permet de traduire un processus réel en un modèle spécifique. L'opération de modélisation est jugée valide si les fonctions attendues du modèle sont vérifiées. En effet, si l'on effectue une analyse fonctionnelle de tout modèle de processus, la condition de validation du modèle est la réalisation ou pas des fonctions listées.

La deuxième phase du cycle de vie du modèle commence quand il est utilisé dans un cas de processus réel. Le modélisateur (responsable de la construction du modèle) ainsi que les utilisateurs du modèle (responsable d'appliquer le résultat de modélisation) sont des éléments importants parmi l'ensemble des environnants du modèle. S'assurer de la validité du modèle en phase de construction est aussi important que de s'assurer que le modèle réalise les objectifs du modélisateur et répond au besoin des utilisateurs.

Afin d'inclure les composantes clés de l'entreprise industrielle, l'étude de processus inter fonctionnel est une condition nécessaire. Les sous-systèmes de l'entreprise sont impliqués dans l'application de tous processus inter fonctionnel. L'enchaînement des étapes du processus et les ressources consommées font partie du sous système d'Opération. Le sous système de Décision donne les directions stratégiques qui sont visibles dans les objectifs du processus. Le sous système d'Information permet de lister l'ensemble des informations dont le processus a besoin pour atteindre ces objectifs et les informations produites par le processus. Le sous système de Connaissances permet de capitaliser les bonnes pratiques d'exécution efficace du processus. Les modèles des processus (représentations du processus réel utilisant un langage et des règles de modélisation spécifiques) doivent refléter eux aussi ces échanges entre le processus et les sous systèmes de l'entreprise.

Le client, le produit et la Supply chain ou la chaîne logistique globale sont des facteurs de succès de toute entreprise industrielle. Les processus de management relatifs à ces facteurs sont au centre de préoccupations des décideurs. Le périmètre d'étude comprend, dans un premier temps, ces trois processus : le processus de Supply Chain Management (SCM), le processus de Product Lifecycle Management (PLM) et le processus de Customer Relationship Management (CRM).

Muni d'une méthode de modélisation rigoureuse et unique pour chaque processus en entreprise, un manager sera capable de comprendre plus aisément les modèles de chaque processus. La première étape de notre méthode de modélisation est de lister les primitives de chaque modèle et de donner une définition claire de chacune de ces

primitives. La deuxième étape est l'écriture de la grammaire du modèle. Les règles de modélisation permettent d'arranger les primitives selon un certain ordre pour obtenir un modèle qui a du sens. La troisième étape est la vérification de la validité du modèle. Dans un contexte industriel, le modèle rend des services à ses environnants. Nous déterminons, par une analyse fonctionnelle, la liste des fonctions à vérifier par le modèle pour que ses services soient atteints.

Une étude théorique permet d'appliquer la même méthode de modélisation sur différents modèles de chacun des processus de SCM, de PLM et de CRM. Les modèles de SCM sont les plus matures et permettent de distinguer des primitives du modèle et des règles de modélisation.

L'application de la validation fonctionnelle classe différents modèles de SCM en fonction des fonctions vérifiées. En traduisant l'objectif du modélisateur en des services demandés au modèle, cette classification oriente le choix pour appliquer le modèle qui permet d'atteindre les objectifs du modélisateur.

La recherche en PLM propose plusieurs modèles fortement liés à un contexte industriel particulier tel que l'industrie aéronautique ou l'industrie électronique. Les modèles sont concentrés sur la phase critique du cycle de vie qui permet à l'entreprise d'avoir un avantage concurrentiel : le développement d'un produit, l'assemblage des composants d'un produit. Peu de modèles sont génériques et donnent une vision globale du processus de PLM. En revanche, les composants d'un modèle de PLM sont souvent listés dans la littérature telle que les caractéristiques techniques du produit, les étapes du cycle de vie, les flux d'information échangés entre les étapes et les connaissances à capitaliser. Avec une méthode de construction de modèle unique, nous proposons de construire un modèle de PLM qui présente le processus de façon globale à partir du développement du concept d'un produit, en passant par la planification de la production et jusqu'à la fin de vie du produit. Les composants qui doivent représenter ce processus sont souvent évoqués.

La modélisation du CRM sous forme de processus n'est pas fréquente dans la littérature. Le CRM est souvent vu comme un ensemble d'outils informatiques ou d'outils marketing. Le CRM informatique a pour objectif de faciliter la communication avec le client et de faire entendre la voix du client dans l'entreprise. Le CRM marketing permet de mesurer la fidélité des clients et de s'introduire sur de nouveaux marchés. Les étapes et les composants du processus de CRM sont différents si notre objectif est informatique ou marketing. En revanche, le management des connaissances est une étape importante de la réalisation des objectifs du CRM. Plusieurs modèles de CRM détaillent non seulement les informations échangées entre le modèle et le Système d'Information, mais aussi les connaissances nécessaires au CRM. Le Customer Knowledge Management (CKM) permet d'acquérir, de partager et d'échanger la connaissance détenue par le consommateur pour améliorer les produits, les services et les bénéfices de l'entreprise.

Toute entreprise industrielle est organisée autour d'un processus tel que le processus de SCM, de PLM ou de CRM. Ce processus devient le processus central dont les objectifs sont primordiaux à atteindre, mais cela n'empêche pas aux autres processus d'être visibles. Pour le management, trois modèles de processus sont construits. La cohérence de l'ensemble est assurée dès la construction des modèles. Nous définissons la cohérence par deux facteurs : l'unité d'objectif et la compatibilité entre les flux d'information et de connaissances dans l'entreprise.

La réalisation de ces deux facteurs de cohérence commence dès la phase de construction d'un modèle, est maintenue durant l'instanciation et l'opérationnalisation du modèle et doit être prise en compte dans l'amélioration du modèle.

En phase de construction, la première condition de cohérence entre les modèles est de s'assurer que les capacités du modèle (ce que le modèle est capable de faire, le service qu'il rend) sont alignées sur l'un des objectifs stratégiques de l'entreprise. Ainsi les modèles concourent tous à la réalisation des mêmes objectifs. La deuxième condition de cohérence consiste à rendre visibles les informations et les connaissances dans les modèles.

En phase d'instanciation et d'opérationnalisation, le modélisateur joue un rôle important dans le maintien de la cohérence du système global. Les processus modélisés font intervenir des utilisateurs de différents départements dans la même entreprise (R&D (Recherche et Développement), Achat et production pour ne citer que ces exemples). Dans un contexte industriel, les utilisateurs d'un modèle tendent à réaliser des objectifs d'amélioration locale. Le modélisateur intervient alors pour rappeler l'importance de respecter l'objectif global et les conséquences positives sur l'ensemble des départements de l'entreprise. A cette phase pratique, les modèles permettent d'afficher des flux d'informations et de connaissances. Ceci facilite l'analyse de ces informations pour unifier les définitions des composants partagés et permet de capitaliser les connaissances clés pour les réutiliser dans toute l'entreprise.

En phase d'amélioration du modèle, l'objectif du début est revu pour déterminer s'il a été atteint. En fonction de l'évolution du système entreprise et de l'évolution de son environnement (le marché, les concurrents...), la stratégie de l'entreprise change. Le manager est emmené à changer d'objectif pour réaliser un gain financier ou optimiser son organisation. La modélisation est alors relancée pour atteindre cet objectif amélioré. Lors de l'étape d'amélioration du modèle, le manager, le modélisateur et les utilisateurs du modèle doivent réaliser un retour d'expérience sur les phases d'instanciation et d'opérationnalisation du modèle. Le résultat est un ensemble de connaissances réutilisables pour tout processus de modélisation dans l'entreprise.

Les conditions de cohérence sont appliquées dans le cas d'une entreprise industrielle sur les modèles de trois processus : le SCM, le PLM et le CRM. Nous avons ciblé ces trois processus pour avoir une représentation des quatre sous-systèmes de l'entreprise : le sous-système de Décision (représenté par les finalités de chaque processus), le sous-système Opérant (représenté essentiellement par le processus de SCM), le sous-système d'Information (représenté essentiellement par le processus de PLM) et le sous-système de Connaissances (représenté par les connaissances sur les processus).

Le sujet traité de construction et de validation de modèles et de conditions de cohérence entre modèles entraîne de nombreuses perspectives. Le paragraphe suivant présente les possibles développements du travail de thèse sur trois plans : la recherche académique, le développement industriel et l'évolution personnelle.

Perspectives de recherche académiques :

Plusieurs perspectives de recherche académique sont envisagées pour ce travail de thèse. Pour présenter ces perspectives, nous partons des résultats de la thèse pour discuter d'un élargissement de leur périmètre d'application. Ensuite, nous discutons des possibles résultats à atteindre en poursuivant l'analyse commencée sur les modèles de processus et leur application en entreprise. Enfin, nous présentons les perspectives résultantes du changement des hypothèses de recherche.

La gestion de projet considère un portefeuille de projets dans l'entreprise dirigés et pilotés par une même entité de management. Une entreprise est un portefeuille de processus dont la gestion est assurée par des méthodes unifiées. L'analyse que nous faisons dans cette thèse peut être étendue à d'autres processus de l'entreprise. Les modèles étudiés dans cette thèse concernent trois processus industriels : le SCM, le PLM et le CRM. Le système Entreprise est constitué d'autres processus transversaux tout aussi importants : Le processus de Gestion des Achats, le processus de gestion des Ressources Humaines, le processus de Développement Durable... Cette perspective peut enrichir la méthode de construction et de validation des modèles, mais elle permet aussi de distinguer d'autres catégories d'informations essentielles à l'entreprise et partagées par les processus à travers les modèles. Les connaissances relatives à d'autres processus complètent le patrimoine des connaissances : connaissances relatives à la gestion de carrières, évolution des salariés dans l'entreprise, bonnes pratiques pour le respect de l'environnement, gestion des campagnes de sensibilisation...

La deuxième perspective de recherche concerne la poursuite de l'analyse de la cohérence des modèles en entreprise. Les informations et les connaissances propres à l'entreprise se retrouvent dans les modèles des processus transversaux. Nous avons étudié les contributions de la modélisation au patrimoine de connaissances et au système d'Information. Nous envisageons dans nos futures recherches d'étudier les conditions que doivent réaliser ces deux systèmes pour qu'ils soient transversaux à l'entreprise.

L'organisation du système de connaissance est un sujet souvent évoqué dans les papiers de recherches. Les connaissances nécessaires à chaque processus (le SCM, le PLM et le CRM) ont été capitalisées dans un premier temps. Le système de Connaissances devrait faciliter l'accès à ces connaissances pour construire d'autres modèles d'un même processus ou pour construire des modèles d'autres processus. Une communauté de connaissance peut par exemple travailler sur le stockage, l'utilisation et l'enrichissement des connaissances sur les modèles de processus.

Le système d'Information est de plus en plus présent dans le fonctionnement des processus. Les décisions et les indications sur le fonctionnement des opérations sont échangées entre le Système Opérant et le Système de Décision à travers le Système d'Information. Pour garder la cohérence de l'entreprise nous entreprenons dans cette thèse de poser des conditions sur les modèles. Le Système d'Information doit permettre de préserver ces conditions de cohérence des modèles avec l'étude de processus supplémentaire. Dans la pratique, chaque processus global de l'entreprise possède son propre Système d'Information. Les prochains développements de la thèse portent sur l'amélioration de ses systèmes relatifs aux différents processus et sur le développement des critères qui permettent d'atteindre une interopérabilité des modèles des processus.

La troisième perspective de recherche concerne le changement des hypothèses sur lesquelles nous avons construit nos questions de recherche. Le cadre systémique a été choisi pour illustrer l'organisation des processus de l'entreprise en sous-systèmes munis d'une structure de fonctions et d'objectifs propres à chaque processus. L'entreprise reste un système en évolution doté d'un axe génétique. L'introduction d'un nouveau concurrent sur le marché ou la mise au point d'une innovation technique obligent l'entreprise à changer son organisation pour s'adapter. Elle peut changer de modèle de CRM pour acquérir de nouveaux clients ou changer de modèle de PLM pour fabriquer un nouveau produit. Ce

changement entraînerait une modification des primitives de modélisation ou des règles de modélisation et le rajout de nouvelles fonctions à réaliser par le modèle. Il serait intéressant d'évaluer l'effet de l'évolution du système entreprise sur la méthode de modélisation de ses processus. En partant de trois processus de management : le SCM, le PLM et le CRM, nous étudions les étapes à rajouter à la méthode de construction du modèle ou les conditions à appliquer sur la méthode de validation des modèles

Perspectives industrielles :

L'application industrielle de nos travaux de recherche chez Vallourec ouvre des perspectives intéressantes.

En premier lieu, la construction de modèles de processus différents permet de mettre en place une démarche unique de modélisation dans toute l'entreprise. En plus de faciliter la réalisation des objectifs du modèle, la démarche de modélisation focalise l'attention des managers et des utilisateurs du modèle sur le recueil d'information et la capitalisation des connaissances. Le système d'Information d'un grand groupe tel que Vallourec couvre plusieurs sites de production dont les spécificités pourraient générer des SI différents. En listant les catégories d'informations dans chaque modèle, les managers SI vérifient la cohérence entre ces catégories et détectent les incohérences d'un site à l'autre. Par exemple, le changement des coordonnées du client signalé au niveau du CRM du site de livraison est reporté dans le SI du site de production et toutes les communications directes entre le client et le site de production (tel que l'état d'avancement du produit ou la demande de modification de commande) ne seront pas perdues. La cohérence du SI global permet de mesurer des critères de performances au niveau du groupe.

Pour le Système de gestion des Connaissances de Vallourec, deux perspectives sont envisagées. A la suite de notre projet, il est possible de créer une communauté de pratiques dédiée à la gestion des connaissances sur la modélisation. Les participants à cette communauté sont les propriétaires de processus. Ils peuvent ainsi échanger des bonnes pratiques sur l'application d'un modèle, le changement de modèle de processus, le rôle des utilisateurs dans la réussite du modèle et l'importance de rappeler l'objectif de modélisation. De plus dans les communautés de pratiques déjà existantes chez Vallourec, il est prévu d'introduire les catégories de connaissances issues de la modélisation des trois processus de SCM, de PLM et de CRM.

En deuxième lieu l'application de la même démarche de construction et de validation de modèles dans d'autres cas d'industrie serait très importante pour améliorer nos propositions.

Nous présentons dans le troisième chapitre la synthèse des résultats de l'une des possibles applications industrielles. Nous avons fait le choix d'intervenir dans une entreprise où les trois processus de SCM, de PLM et de CRM sont visibles. Dans le cas d'une entreprise internationale dotée d'un service de R&D et d'un service marketing il a été possible de construire les modèles de management de la supply chain, du cycle de vie du produit et de la relation avec les clients. Certaines entreprises, privilégient l'un des processus par rapport aux autres. A titre d'exemple, la grande distribution privilégie l'usage des modèles de SCM, l'industrie aéronautique recourt aux modèles de PLM et les entreprises de e-marketing sont basées sur les modèles de CRM. Une perspective future est d'appliquer notre méthode de construction et de validation de modèle dans différents scénario de business. Ainsi, il est

intéressant d'analyser les finalités attendues d'un modèle de PLM et d'un modèle de CRM alors que l'entreprise est organisée autour du processus de SCM.

Perspectives personnelles :

Pour conclure les perspectives de cette thèse, il me paraît important d'évoquer les développements prévus sur un plan personnel. Armée des compétences développées et des connaissances acquises pendant ma thèse, je me suis orientée vers une carrière dans l'industrie.

Dans le cadre d'un grand projet de développement de produit, ma mission est partagée en deux fonctions complémentaires. Je planifie la mise en place d'une partie de la chaîne de production tout en veillant au respect du budget alloué au projet. Connaître, dans le détail, les composants d'une Supply Chain, visualiser les étapes du cycle de vie du produit et comprendre les pré-requis pour établir une relation durable avec le client sont les acquis de ma thèse qui m'ont permis d'être opérationnelle rapidement.

Le contexte industriel de ma mission nécessite de dialoguer avec une multitude d'interlocuteurs et de gérer plusieurs processus en même temps. Mon rôle est alors de construire des modèles de ces processus et de les diffuser auprès des interlocuteurs du projet. Ceci permet non seulement la construction de modèle de processus autre que le SCM, le PLM et le CRM, mais encore la poursuite du développement d'une méthode de construction et de validation de modèles qui conserve la cohérence des systèmes de l'entreprise.

Tout manager est confronté à la problématique de construire le meilleur modèle du processus qu'il gère. Ce constat qui a donné naissance au sujet de ma thèse est devenu l'objectif que je dois atteindre à mon poste chez un constructeur automobile français.

En résumé, faire une thèse est une expérience extrêmement enrichissante. En plus de consolider les acquis théoriques d'un ingénieur en génie industriel, elle permet de développer des compétences très utiles à un manager : la conduite de projet, la communication efficace, la rigueur et l'organisation.

Références bibliographiques

- Abdulmalek, F.A., Rajgopal, J., 2007. Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study, *International Journal of Production Economics*, 107, p.p 223–236.
- Abramovici, Michael and Sieg Olaf, C., 2002. Status and development trends of Product Lifecycle Management Systems, *Proceedings of Product Data Management, Product Lifecycle Management, Product development, Digital Engineering, Engineering Collaboration*.
- Alféri, P., 1989. *Guillaume d'Ockham le singulier*, Les Editions de Minuit.
- Association Française de l'Ingénierie Système, 2010. Base de connaissances Ingénierie Système : Les processus d'Ingénierie Système. www.afis.fr
- Avlonitis, G.J., Panagopoulos, N.G., 2005. Antecedents and consequences of CRM technology acceptance in the sales force, *Industrial Marketing Management*, vol.34, pp. 355– 368.
- Bachelard, G., 1975. *Le nouvel esprit scientifique*, 13e édition.
- Baglin, G., Bruel, O., Kerbache, L., Van Delft, C., 2005. *Management Industriel et Logistique*, 4th Edition, Economica.
- Baina, S., 2006. Interopérabilité dirigée par les modèles : Une Approche Orientée Produit pour l'interopérabilité des systèmes d'entreprise, Thèse.
- Barthelme, F., Ermine, J.L., Rosenthal-Sabroux, C., 1998. Architecture for knowledge evolution in organisation, *European Journal of Operational research*, 1 September, pp. 414-427.
- Bézivin, J., 2005. On the Unification Power of Models. *Software and System Modelling*, vol.4 (2), pp.171-188.
- Bézivin, J., Blay, M., Bouzhegoub, M., Estublier, J., Favre, J.M., Gérard, S., Jézéquel, J.M., 2003. *Rapport de Synthèse de l'AS CNRS sur le MDA (Model Driven Architecture)*.
- Benezech, D., 1996. La norme : une convention structurant les interrelations technologiques et industrielles. *Revue d'économie industrielles*, vol.75(1 trimestre), pp.27-43.
- Bocquet, J.C., 2003. Processus et Organisation de développement. *cours de TC de l'option Génie Industriel, Ecole Centrale Paris*.
- Bossel, H., 1999. Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Applications. *The International Institute for Sustainable Development*.
- Braesch, Ch., Haurat, A., et Beving, J-M., 1995. L'entreprise-système. *La modélisation systémique en entreprise*, Hermès, Paris.
- C4ISR Architectures Working Group 1998 1998. Levels of Information Systems Interoperability. US DoD, OSD (C3I), CIO, Director for Architecture and Interoperability Website: <http://www.c3i.osd.mil/org/cio/i3/>, 30 March.
- Chahed Jebalia, S., 2008. Modélisation et analyse de l'organisation et du fonctionnement des structures d'hospitalisation à domicile. *Travaux de thèse*.
- Chapurlat, V., Larnac, M., Lamine, E., et Magnier, J., 1999. Definition of a formal analysis framework for existing enterprise modelling approaches. *Annual conference of ICIMS-NOE, Life cycle approaches to production systems: management, control, supervision (ASI)*, Louvain, Belgique, 22-24 septembre.

- Chen, I.J., Popovich, K., 2003. Understanding customer relationship management (CRM): People, process and technology, *Business Process Management Journal*, Vol. 9, Iss: 5, pp.672 – 688.
- Chiang, T.A., and Trappey, A.J.C., 2002. Development of value chain collaborative model for product lifecycle management and its LCD industry adoption. *International Journal of Product Economics*, pp. 109.
- Clark Thea and Jones Richard, 1999. Organisational Interoperability Maturity Model for C2 (Command and Control). *Proceedings of the 1999 Command and Control Conference*.
- Couture, A., et Loussararian, G., 1999. L'entreprise se transforme : de l'organisation mécanique et figée à l'organisation réactive et vivante, *Revue Française de Gestion Industrielle*, Vol. 18, N°2.
- Debaecker D., 2004. PLM, *la gestion collaborative du cycle de vie des produits (Product Life-Cycle Management)*.
- De Marco, T., 1979. *Structured analysis and system specification*, ACM Classic Books Series Classics in software engineering
- Doherty, N.F., Marples C.G., Suhaimi A., 1999. The relative success of alternative approaches to strategic information systems planning: an empirical analysis. *Journal of Strategic Information Systems*, vol 8, pp 263-283.
- Dosi, G., Teece, D., Winter, S., 1990. Les frontières des entreprises: Vers une théorie de la cohérence de la grande entreprise. *Revue Economique Industrielle*, Vol51, pp 238-254.
- Doumeingts, G., Vallespir, B., Chen, D., 1998. GRAI grid, decisional modelling. dans: P. Bernus, K. Mertins, G. Schmith (Eds.), *Handbook on Architecture of Information System International Handbook on Information Systems*, Springer, Berlin.
- Ducellier, G., Eynard, B., Caillaud, E., 2007. Infrastructure PLM pour la capitalisation et la réutilisation de données en conception mécanique. *18ème Congrès Français de Mécanique Grenoble*, 27-31 août.
- D'souza, D.F., Wills, A.C., Addison-Wesley, 1998. Objects, components, and frameworks with UML: The catalysis approach. *Longman Publishing Co., Inc. Boston, MA*.
- Ermine, J.L., 1998 a. *Capter et créer le capital savoir*. Annales de l'Ecole des Mines.
- Ermine J.L, 2000 b, *Les systèmes de connaissances*, 2° édition, Lavoisier.
- Ermine, J.L., 2005 c. *Modèle théorique et formel d'un système de gestion de connaissances*. Cahier de Recherche INT.
- Ermine, J.L., Boughzala, I., 2007. *Management des connaissances en entreprise*, 2° édition, Lavoisier.
- ESPRIT-AMICE 1990. CIM-OSA - A Vendor Independent CIM Architecture, In *Proceedings of CINCOM 90*, pages 177-196. National Institute for Standards and Technology.
- Eynard, B., Gallet, T., Roucoules, L., Ducellier, G., 2006. PDM system implementation based on UML. *Mathematics and Computers in Simulation*, Volume 70 (Issues 5-6, 24 February), Pages 330-342.
- Eymery, P., 1997. *La Logistique de l'entreprise: Supply Chain Management*. Hermès
- Evans, J.R., Berman, B., 2001. Conceptualizing and Operationalizing the Business-to-Business Value Chain. *Industrial Marketing Management*.

- Galbreath, J., 1998. Relationship management environments. *Credit World*, vol.87 (2), pp. 14–21.
- Galland, S., 2001. Approche multi-agents pour la conception et la construction d'un environnement de simulation en vue de l'évaluation des performances des ateliers multi-sites. *Mémoire de thèse*, École nationale supérieure des mines (Saint-Etienne).
- Giard, V., 2003. *Gestion de la production et des flux*, 3^{ème} Edition, Economica Paris.
- Grieves, M., 2006. *Product Lifecycle Management: Driving the Next Generation of Lean Thinking*, Mc Graw-Hill, New York.
- Guarino, N., 1998. Formal ontology and information systems. Proceedings of the 1st International Conference on Formal Ontology in Information Systems [FOIS'98], Torino: 3-15
- Hammer, M., and Champy, J., 1993. Reengineering the corporation: A manifesto fro Business Revolution. New York
- Hause, M., 2006. The SysML Modelling Languag. *Fifth European System Engineering Conference*, 18-20 September.
- Hines, P., and Rich, N., 1997. The seven value stream mapping tools. *International Journal of Operations & Production Management*, 17, (1), 46-64.
- Höfferer, Peter. *Achieving Business process Model Interoperability using Metamodels and Ontologies*. Proceedings of the 15th European Conference on Information Systems (ECIS 2007)
- IEEE, 1990. *IEEE: Standard Computer Dictionary- A Compilation of IEEE Standard Computer Glossaries*.
- IFIP–IFAC, 1999. GERAM: Generalised Enterprise Reference Architecture and Methodology. *IFIP–IFAC Task Force on Architectures for Enterprise Integration*, March.
- The ISO/IEC 2382 Information Technology Vocabulary, 1998
- Jamadhvaja, M., and Senivongse, T., 2005. An Integration of Data Sources with UML Class Models Based on Ontological Analysis. In A. Hahn, S. Abels and L. Haak (eds.): Proceedings of the First International ACM Workshop on Interoperability of Heterogeneous Information Systems (IHIS'05), CIKM Conference, p. 1-8.
- Jun, H.B., Kiritsis, D., Xirouchakis, P., 2007. Research Issues on closed loop PLM. *Computers in Industry*, vol.58, pp. 855–868.
- King, S.F., & Burgess, T.F., Understanding success and failure in customer relationship management. *Industrial Marketing Management* (2007)
- Kiritsis Dimitris, Bufardi Ahmed, Xirouchakis Paul. Research issues on product lifecycle management and information tracking using smart embedded systems. *Advanced Engineering Informatics* 17 (2003) 189–202
- Knox, S., Maklan, S., Payne, A., Peppard, J., Ryals, L., 2003. Customer relationship Management: Perspectives from the market place. *Butterworth-Heinemann (Elsevier Science)*.
- Kosanke, K., Vernadat, F., Zelm, M., 1999. CIMOSA: enterprise engineering and integration. *Computers in Industry* , vol.40, pp. 83–97
- Kiritsis, D., Bufardi, A., Xirouchakis, P., 2003. Research issues on product lifecycle management and information tracking using smart embedded systems. *Advanced Engineering Informatics*, issue: 17, pp.189–202
- Laguna, M., Maklund, J., 2005. Business Process Modelling, Simulation and Design. *Pearson Prentice Hall*.

- Lambert, D.M., and Cooper, M.C., 2000. Issues in Supply Chain Management. *Industrial Marketing Management*, 29, pp. 65-83.
- Lee, C.K.M., Ho, G.T.S., Lau, H.C.W., Yu, K.M 2006. A dynamic information schema for supporting product lifecycle management, *Expert Systems with Applications*, issue 31, pp.30–40
- Le Moigne, J.L., 1990. La modélisation des systèmes complexes. *Paris: Bordas, Dunot*.
- Le Moigne, J.L., 1994. La théorie du système général : Théorie de la modélisation . *Collection Les Classiques du Réseau Intelligence de la Complexité*, 4^{ème} Edition.
- Li, S., Rao, S.S., Ragu-Nathan, T.S., Ragu-Nathan, B., 2005. Development and validation of a measurement instrument for studying supply chain management practices. *Journal of Operations Management*, vol. 23, pp. 618–641.
- Mentzer, J.T., De Witt W., Keebler, J.S., Min, S., Nix, N.W., Smith, C.D., Zacharia, Z.G., 2001. Defining Supply Chain Management. *Journal of Business Logistics*, Vol22, no°2.
- Menzel, C., and Mayer, R.J., 2006, 'The IDEF family of languages', University of Texas, www.idef.com.
- Ming, X.G., Yan, J.Q., Lu, W.F., Ma, D.Z., Song, B., 2007. Mass production of tooling product families via modular feature-based design to manufacturing collaboration in PLM. *Journal of Intelligent Manufacturing*, issue 18, pp.185–195
- Naslin, P., 1963. Méthodes de ma connaissance analogique : analogies, homologies et modèles. *Dialectica*, Vol. 17, Issue 2-3, pp. 215–239, Septembre.
- Ngai, E.W.T., Xiu Li., Chau D.C.K., 2009. Application of data mining techniques in customer relationship management: A literature review and classification. *Expert Systems with Applications* 36 (2009) 2592–2602
- Noran O., 2003. An analysis of the Zachman framework for enterprise architecture from the GERAM perspective. *Annual Reviews in Control*, Volume 27, Issue 2, 2003, pp.163-183
- OMG (Object Management Group) 2002. Meta Object Facility (MOF) Specification. Version 1.4, April
- OMG (Object Management Group) 2003. MDA Guide Version 1.0.1, <http://www.omg.org/docs/omg/03-06-01.pdf>.
- Paas, L., and Kuijlen, T., 2001. Towards a general definition of customer relationship management. *Journal of Database Marketin*, Vol. 9, 1, pp. 1350-2328
- Parvatiyar, A., & Sheth, J.N., 2001. Customer relationship management: Emerging practice, process, and discipline. *Journal of Economic and Social Research*, vol. 3(2), pp.1–34.
- Payne, A., and Frow, P., 2005. A Strategic Framework for Customer Relationship Management. *Journal of Marketing*, Vol. 69, pp.167–176
- Petitqueux, A., (1999). Implémentation Lean: application industrielle. *Techniques de l'ingénieur*.
- Qiu, Z.M., Kok, K.F., Wong, Y.S., Fuh Jerry, Y.H 2007. Role-based 3D visualisation for asynchronous PLM collaboration. *Computers in Industry*, issue 58, pp.747–755
- Rigby, D.K., Reichheld, F.F., & Schefter, P., 2002. Avoid the four perils of CRM. *Harvard Business Review*, vol.80 (2), pp.101–109.
- Richards Keith, A., Jones Eli. Customer relationship management: Finding value drivers. *Industrial Marketing Management*, 37 (2008), pp.120–130

- Richmond, B., and Peters, E., 1998. Warehouse management systems technologies: Technology-enabled warehouse excellence, dans: Gattorna J., Editor, *Strategic supply chain alignment: Best practice in supply chain management*, Gower Publishing Limited, Hampshire, England, pp. 393–406.
- Rowley, J., 2007. The wisdom hierarchy: representations of the DIKW hierarchy. *Journal of Information Science*, 33 (2), pp.163-180.
- Ryals, L., and Knox, S., 2001. Cross-Functional Issues in the Implementation of Relationship Marketing Through Customer Relationship Management. *European Management Journal*, Vol. 19 (No. 5), pp.534–542.
- Roboam, M., Zanettin, M., Pun, L., 1989. GRAI-IDEFO-Merise (GIM): integrated methodology to analyse and design manufacturing systems. *Computer integrated manufacturing systems*, vol. 2(n°2), pp. 82-98.
- Ross D.T., 1977. Structured Analysis (SA): A Language for Communicating Ideas. *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol. 3(no. 1), pp.16-34, Jan/Feb.
- Scheer A.W., 2000. *ARIS Business Process Modeling*. Springer, Third Edition
- Sheth A., Changing P., 1998. Focus on Interoperability in Information Systems: from system, syntax, structure to semantics. *Interoperating Geographic Information Systems* Goodchild, M.F., Egenhofer M.J., Fegeas R. and Kottman C.A., (eds). Kluwer.
- Shingo, S., 1989. *A study of the Toyota production system*. New York: Productivity Press.
- Simon, H.A., 1973. The organization of complex systems in Hierarchy Theory - The Challenge of Complex Systems. Edited by George Braziller.
- Stark, John. Product Lifecycle Management. 2006.
- Stark, John 2007. Global Product: Strategy, product Lifecycle Management and the billion customer question. *Decision Engineering Series ISSN 1619-5736*, Springer Verlag London.
- Stephens, S., 2001. Supply Chain Operations Reference Model Version 5.0:A New Tool to Improve Supply Chain Efficiency and Achieve Best Practice. *Information Systems Frontiers*, vol4(Issue 3), pp.471–476.
- Stone, M., Woodcock, N., and Wilson, M., 1996. Managing the change from marketing planning to CRM. *Long Range Planning*, Vol. 29(No. 5), pp.675-683.
- Sudarsan, R., Fenves S.J., Sriram R.D., 2005. Wang, F., Product information modeling framework for product lifecycle management. *Computer-Aided Design*, 37, pp.1399–1411.
- Tardieu, H., Rochfeld, A., Colletti, R., Panet, G., et Vahee, G., 1985. *La méthode Merise. 2: démarche et pratiques*, Editions d'Organisation FRANCE
- Terzi Sergio., 2005. *Elements of Product Lifecycle Management: Definitions, Open Issues and Reference Models*. Doctoral dissertation.
- Terzi S., Cassina J., Hervé P., 2006. Development of a Metamodel to Foster Interoperability along the Product Lifecycle Traceability, dans *Interoperability in Enterprise soft wares and applications*, Springer London.
- Tissot Alexandre., 2005. Thèse “Vers un système de Management des Connaissances: étude et caractérisation dans le cadre d’une entreprise à structure décentralisée”.
- Tolk A., Muguira J., A., 2003. The Levels of Conceptual Interoperability Model. fall Simulation Interoperability Workshop Orlando, Florida, September
- Tufféry, S., 2002. *Data mining et scoring: bases de données et gestion de la relation client*. Paris Dunod. Pp311

- Tufféry, S. 2010, Dans “In Search of Knowledge Management: pursuing primary principles” de Green A, Stankosky M, Vandergriff L. Emerald Group Publishing Limited, First Edition.
- Vernadat, F., 1996. *Enterprise modelling and integration: principles and applications*, Chapman & Hall. ISBN: 978-0-412-60550-5.
- Vernadat F., 1997. Enterprise Modeling Languages. *ICEIMT'97 Enterprise Integration - International Consensus*, EI-IC ESPRIT Project 21.859.
- Vernadat, F., 2002. UEML: towards a unified enterprise modelling language. *International Journal of Production Research*. vol. 40 (no17), pp.4309-4321
- Vallespir, B., Braesch, C., Chapurlat, V., Crestani, D., 2003. L'intégration en modélisation d'entreprise : Les chemins d'U.E.M.L, 4e Conférence Francophone de MODélisation et SIMulation « Organisation et Conduite d'Activités dans l'Industrie et les Services» MOSIM'03, du 23 au 25 avril, Toulouse (France)
- Vallourec, Présentation des Résultats annuels 2009. www.vallourec.fr
- Walliser, B., 1977. *Introduction critique à l'analyse des systèmes*. Paris : Edition du Seuil.
- Wegner, P., 1996. Interoperability. *ACM Computing Survey*, vol. 28(1), pp 285–287.
- Williams T.J 1998, 'The Purdue Enterprise Reference Architecture and Methodology (PERA)', dans *Handbook of life cycle engineering: concepts, models, and technologies*, Arturo Molina, José Manuel Sánchez, Andrew Kusiak, Klumer Academic Publishers.
- Winer R.S., 2001. A framework for CRM. *California Management Review*, vol 43 (n° 3).
- Womack J.P., and Jones D.T., 1996. *Lean Thinking Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York: Free Press, Simon & Schuster, Inc.
- Zablah, A.R., Bellenger, D.N., Johnston, W.J., 2004. An evaluation of divergent perspectives on customer relationship Management: Towards a common understanding of an emerging phenomenon. *Industrial Marketing Management*, vol. 33, pp. 475– 489
- Zachman, J.A., 1996. *The Framework for Enterprise Architecture: Background, description and utility*. Zachman International.

Contributions personnelles

Articles de journaux :

- **[Publié]** Fathallah, A., Stal-Le Cardinal, J., Ermine, J.L., Bocquet, J.C., 2010. Enterprise Modelling: Building a Product Lifecycle (PLM) Model as a component of the integrated vision of the enterprise. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, Volume 4 Number 3.
- **[Publié]** Fathallah, A., Stal-Le Cardinal, J., Ermine, J.L., Bocquet, J.C., 2010. L'impact de l'utilisation de modèles sur les systèmes d'entreprise. *International journal of information sciences for decision making (ISDM)*, 40 , 147-153.

Articles de conférences :

- Fathallah, A., Stal-Le Cardinal, J., Ermine, J.L., Bocquet, J.C., 2010. L'impact de l'utilisation de modèles sur les systèmes d'entreprise. GECSO, Troisième Colloque francophone : Gestion de la Connaissance, société et organisation, 27-28 Mai.
- Fathallah, A., Stal-Le Cardinal, J., Ermine, J.L., Bocquet, J.C., 2010. Using Product Design Methods in Designing and Validating Entreprise Models. International Design Conference, DESIGN 2010, Dubrovnik-Croatia, May 17-20.
- Fathallah, A., Stal-Le Cardinal, J., Ermine, J.L., Bocquet, J.C., 2008. Enterprise Modelling: Building a Product Lifecycle (PLM) Model as a component of the integrated vision of the enterprise. Proceeding of IDMME, Virtual Concept. Beijing, China, October 13-15.

Annexes

Exemple d'entretien sur le SCM

Entretien n° : 3	Date de réalisation : 24/02/2010
Réalisé à : Villa Valenciennes	Date de validation :
Personnes présentes : Abir Fathallah, [REDACTED]	

Informations générales :

Quels est votre parcours chez Vallourec ?

Entrée chez Vallourec en 1986 (au VRA, à Aulnoye Amery). Puis en 1991 la Scierie de Saint Saulves responsable de l'élaboration de l'acier, responsable coulée continue rotative pour 2ans. Puis R&D et outillage. Depuis 1999 au service qualité de la scierie.

Depuis Novembre 2009 : « Communauté de Process »

Dans quelles équipes travaillez- vous ?

« Communauté de Process » : fondée en 2004, organise des échanges sur les processus du groupe entre trois aciéries du groupe : France, Brésil, USA.

Quels sont vos collaborateurs ?

Dans la « Communauté de Process » : Des collaborateurs dans les trois pays : USA, Brésil et France+ les responsables des usines, les responsables R&D, les équipes qualité dans les usines et les responsables Technologies (dans les USA et le Brésil essentiellement).

A Saint Saulves : les responsables des fours électriques, les responsables en approvisionnement ferrailles.

Quel est la définition d'un processus pour vous ?

Processus : ligne conductrice, ligne de progrès.

Ils y a trois processus important en usine : les processus de management, les processus de réalisation et les processus support.

Les plus important processus de réalisation en aciérie sont : la fusion/ Elaboration de l'acier/ Solidification de l'acier. Mais il y a aussi : préparation ferraille/ refroidissement de l'acier/ visite et expédition de l'acier aux tuberries.

Chaque usine établie sa ligne conductrice qui est un plan de progrès continue pour toute l'année et élaboré une année à l'avance. Les experts de la « Communauté de Process » conseille l'usine pour consolider et rectifier et exécuter ce plan : les processus sur lesquels il faut travailler les objectifs à atteindre en amélioration, les sites ou ces processus sont le mieux élaborer (et dont il faut s'inspirer)

Informations spécifiques au SCM :

1. présentation du produit ou de la gamme de produits sujet de l'étude :

Toute la gamme de produit à Saint Saulves : acier péri technique, acier à basse teneur en Carbone

2. Quel est, pour vous, la définition spécifique du produit pour vous (attributs, informations importantes...)?

Les attributs les plus importants du produit est la qualité et les caractéristique de l'acier.

Exemple :

-Pour le 13 de Chrome : le processus le plus important qu'il faut maîtriser est la dissolution du chrome dans l'acier pour avoir un acier à teneur de 13% en chrome, pour cela il faut tenir compte de l'étape de « dégazage » : installation de dégazage du métal sous vide.

-Pour la qualité de l'acier en général : à la fabrication des ronds d'acier, beaucoup d'instabilité et de retraits au centre des ronds -> étapes de forage et de re-laminage pour réduire ces défauts.

3. Quels sont les clients concernés par cette gamme de produits ?

Le client direct pour l'aciérie est la tuberie (client interne) quelque soit le type de produit traité. Quelquefois, un représentant du client du client (client de la tuberie) est présent pour voir l'élaboration de l'acier de ses produits.

4. Quels sont, pour vous, les caractéristiques de ses clients (attributs, informations spécifiques...) ? Comment gérez-vous les relations avec ses clients ?

La communication est avec un interlocuteur, un vis-à-vis direct à la tuberie. Les critères les plus importants à surveiller pour assurer la qualité de l'acier et la satisfaction du client sont : le Taux de Paille et le Taux de défauts intérieur.

5. Comment définissez-vous la SC avec ces clients et sur ces produits ?

Client consommateur final-> client de la tuberie-> client direct : la tuberie-> aciérie

6. Quels sont les objectifs visés par la SCM avec ces clients ?

Définir les bons indicateurs d'interface, les suivre et s'en servir pour bien faire évoluer le processus.

Objectif d'un « plan de progrès » de chaque usine (plan d'amélioration continue) : réduction d'énergie et réduction des consommations pour réduire les couts + Identifier les bons indicateurs de qualités.

Liste indicateurs de qualité : Taux de paille (défauts dans l'aciérie), Taux de dérogation (dérogation de l'acier par rapport à la qualité voulue par le client ou la fin de la livraison client le taux en dehors de la demande, pour une coulée le taux de produits sans dérogation ne doit pas être au dessous de 90%), le nombre de réclamations (du client, avec le détails de la réponse à cette réclamation), Indice de satisfaction mensuel

7. Quels outils (informatiques, techniques, logiciels...) utilisez-vous pour la gestion de la supply chain?

Des outils graphiques consultés tous les mois : tableaux de bord (contenant les indicateurs indiqués ci-dessus avec un code couleur : vert orange et rouge), organisation de GAC (Groupe d'Amélioration Continue pour résoudre, comprendre la détérioration d'un indicateur), Pareto, 5M, Brainstorming (décortiquer l'indicateur pour agir sur ses levier et l'améliorer)

Des outils de modélisation de coulée d'acier, modélisation de la solidification ou le refroidissement de l'acier.

8. Envisagez-vous d'employer de nouveaux outils ?

Non

9. Avez-vous un « modèle de SCM » de référence ?

Non

10. Envisagez-vous de changer de modèle ?

Non

11. Quels sont les composants les plus importants dans un modèle de SCM ? et quels sont leur définitions pour vous ?

Les processus

Les indicateurs de performance

12. Avez-vous entendue parler ou utilisé d'autres modèles de SCM dans votre parcours professionnels ? Si oui lesquels ?

Certaines démarches dans le SCM : MPC (Maitrise des Processus par la Mesure), le cycle de PDCA.

Rôle dans le modèle (SCM, PLM ou CRM) :

Après la réception des approvisionnements : Première étape de traitement de la matière première : préparation de l'acier

Contrôle, Supervision et Amélioration des processus de la SC (plus particulièrement les processus dans l'aciérie).

Dans le cadre de votre fonction :

Action :

1. Quels sont les actions spécifiques à exécuter ?
 - Récolter les indices de satisfaction des clients
 - Traiter les réclamations des clients

Décision :

1. Quels sont les décisions spécifiques à exécuter ?
 - Plan d'actions à prendre quand un indicateur se dégrade

Identification du Patrimoine de connaissance :

(À partir du guide remplir un tableau par actions et par décisions correspondantes)

Le but est de constituer le patrimoine connaissance de Vallourec et de le distinguer du Système d'Information)

	<i>Information consommée</i>	<i>Information produite</i>	<i>Connaissance utilisée</i>	<i>Connaissance apportée</i>
<i>Action exécutée :</i> Récolter les indices de satisfaction des clients	Indices de satisfaction communiqués par chaque tuberie (7 tuberie)	-Courbe représentative de l'évolution de l'indicateur - Informations à communiquer en réunion mensuelles à l'équipe en charge de la production de l'aciérie.	- Connaissance en communication et en gestion d'équipe	- Connaissance en réaction par rapport à l'évolution d'un indicateur
<i>Action exécutée :</i> Traiter les réclamations des clients	-Détails de la réclamation du client -Information sur la coulée ou l'acier objet de la réclamation	-Information sur des analyses supplémentaires sur le produit pour vérifier la réclamation -Information sur le processus qui a conduit au défaut - recommandations pour ne plus avoir le même défaut	-Connaissances sur les processus dans l'aciérie (paramètre de coulée, enregistrement de la coulée...) -Connaissance sur les qualités d'acier objets de la réclamation	-Connaissances sur les défauts à éviter dans les processus
<i>Décision prise :</i> Plan de changement du processus quand un indicateur se dégrade (ex : augmentation du taux de	-Information sur la dégradation de l'indicateur (ex : les chiffres du taux de réclamation communiqués par la tuberie) -Informations	-Détails des mesures à prendre pour influencer l'indicateur (ex : analyser des échantillons de la coulée en question pour	Connaissances en formation de l'équipe de GAC qui étudiera l'indicateur en question	Connaissances sur les leviers dans l'aciérie qui influencent chaque indicateur

réclamation)	sur les causes probables de dégradation de l'indicateur (des GAC) (ex : problèmes pour la coulée, problème de refroidissement ou solidification de l'acier...)	connaître les raisons des défauts, augmenter le temps de refroidissement, ...)		
--------------	--	--	--	--

Par exemple :

L'aciérie de SS est à 99% des produits sans réclamations, 98,5% des produits sans dérogations, 95% de respect des délais pour les livraisons.

Exemple d'entretien sur le PLM

Entretien n° : 12	Date de réalisation : 11/03/2010
Réalisé à : Tuberie Saint Saulve	Date de validation :
Personnes présentes : Abir Fathallah, [REDACTED]	

Informations générales :

Quels est votre parcours chez Vallourec ?

Depuis 2 ans chez Vallourec : R&D Pétrole et Contrôle Qualité

Dans quelles équipes travaillez- vous ?

Service Qualité : relation avec les clients pour développer de nouveaux produits et qualifier de nouveaux produits sur tous le site de Saint Saulve.

Quels sont vos collaborateurs ?

- Service Qualité
- Responsable Four de Saint Saulve
- Responsable Traitement Thermique
- responsable Process Laminoir

Informations spécifiques au PLM :

13. présentation du produit ou de la gamme de produits sujet de l'étude :
Tous le flux de produits pétroliers pour VMOG

14. Quel est, pour vous, la définition spécifique du produit pour vous (attributs, informations importantes...) ?

- Le grade d'acier considéré
- Les traitements thermiques à faire et leurs résultats
- Les tests CND (Contrôle Non destructif) à faire et leurs résultats

15. Quels sont les clients concernés par cette gamme de produits ?

- VMOG (à Aulnoy) et VAM Drilling (95% des produits)+ des clients aux USA

16. Quels sont, pour vous, les caractéristiques de ses clients (attributs, informations spécifiques...) ?

- Client interne : VMOG ou VAM Drilling, échange de spécification produit interne
- Pas de contact direct avec le client du client mais des échanges avec les commerciaux (qui sont en contact avec le client du client)

17. Comment définissez-vous le système de PLM avec ces clients et sur ces produits ?

- Décision de lancer un nouveau produit
- Confirmation des caractéristiques du produit à qualifier (traitements thermiques, CND...)
- Définition des livrables nécessaires à l'expédition (spécification produits, documents administratifs pour assurer l'expédition...)
- Passage des produits par le Laminoir (1 semaine en moyenne)
- Réalisation du premier test CND (1 semaine en moyenne)
- Effectuer les traitements thermiques sur les produits
- Réalisation du Deuxième test CND (1 semaine en moyenne)
- Validation de la qualité et des résultats de la qualification

→ Expédition client

18. Comment gérez-vous le PLM avec ses clients ?

- Edition des certifications et normes auxquelles doit répondre
- Echange de documents important : Certification et Normalisation
- Répondre aux réclamations clients (suite à des problèmes de qualité de produit) : VMOG (problème de filetage), VAM Drilling (test CND)

19. Quels sont les objectifs visés par le PLM avec ces clients ?

- Lancer de nouveaux produits et standardiser les circuits de ces produits
- Assurer la traçabilité de données-produits en phase de tests et qualification
- Assurer la continuité du flux de produits selon les étapes convenue pour la réalisation des tests

20. Quels outils (informatiques, techniques, logiciels...) utilisez-vous pour le PLM?

- Documents de références : Normes, Certification
- AMDEC Produit et AMDEC Process pour la maintenance et la gestion des risques
- Réalisation de Plan de Surveillance pour éviter les défauts produits
- Spécification des tests mécaniques par grade d'acier
- Logiciels de gestion de production pour la gestion des Ordre de Fabrication

21. Envisagez-vous d'employer de nouveaux outils ?

- SAP pour avoir une vision globale à partir de l'enregistrement des commandes jusqu'à l'expédition des produits.
- IRIS (solutions logicielles pour le management des documents électroniques)

22. Avez-vous un « modèle de PLM » de référence ?

Non, mais la vision de référence du cycle de vie couvre:

- Définition des livrables nécessaires à l'expédition (spécification produits, documents administratifs pour assurer l'expédition...)
- Passage des produits par le Laminoir (1 semaine en moyenne)
- Réalisation du premier test CND (1 semaine en moyenne)
- Effectuer les traitements thermiques sur les produits
- Réalisation du Deuxième test CND (1 semaine en moyenne)
- Validation de la qualité et des résultats de la qualification
- Expédition client

23. Quels sont les composants les plus importants dans un modèle de PLM ? et quels sont leur définitions pour vous ?

- Documents produits : spécifications produits (grade et essai mécanique), Documents de définition et validation de la qualification produit, test CND
- Traçabilité documents produits

Rôle dans le modèle (SCM, PLM ou CRM) :

- Intervient au lancement de nouveaux produits : définition des documents, tests et contrôle qualité nécessaire en fonction des spécifications produits, du grade d'acier et des tests mécaniques effectués
- Supervise la qualité des produits à la phase de fin sortie du Laminoir et avant Livraison au client interne

Dans le cadre de votre fonction :

Identification du Patrimoine de connaissance :

(À partir du guide remplir un tableau par actions et par décisions correspondantes)

Le but est de constituer le patrimoine connaissance de Vallourec et de le distinguer du Système d'Information)

	<i>Information consommée</i>	<i>Information produite</i>	<i>Connaissance utilisée</i>	<i>Connaissance apportée</i>
<i>Action exécutée :</i> Développer ou lancer un produit	-exigences du client -caractéristiques mécaniques du produit -résultats des essais sur le produit	-spécification produit -information pour l'étape de Laminage -information pour la réalisation des tests CND	-Connaissance sur le déroulement du Laminage	-Connaissance sur la définition de chemin standardisé pour chaque produit
<i>Décision prise :</i> Choisir les essais à faire sur un produit	-exigences de qualités demandées par le client -réclamations du client -constatations de défauts sur le produit	-Calendrier des essais et tests à faire -Ordre d'approvisionnement en ronds pour la réalisation de l'essai (exemple : 50à 100 ronds par essai)	- Connaissances sur le déroulement des coulées d'essai	-Connaissances sur l'utilisation des tubes rebutés (n'ayant pas passé les tests)

Exemple d'entretien sur le CRM

Entretien n° : 2	Date de réalisation : 17/02/2010
Réalisé à : Vallourec Headquarters (Boulogne Billancourt)	Date de validation :
Personnes présentes : Abir Fathallah, [REDACTED]	

Informations générales :

Quels est votre parcours chez Vallourec ?

Depuis 6 ans chez Vallourec : (entrée dans le groupe en 2003)

-2ans et demi : Aulnoye, projet de développement de nouveaux produit (depuis le design du produit en passant par le prototypage, les tests et la commercialisation).

-3ans et demi : USA (Houston), 50% « Technical sales » (support technique aux équipes commerciales) et 50% Management de produit dans un secteur de niche, les risers (tube utilisé dans l'eau)

-Depuis 6 mois : Technical sales sur une zone géographique précise (Irak, Iran, Inde, Syrie...)
+ Marketing et gestion d'une ligne de produit (worldwide)+ analyse tender et répondre aux appels d'offre

Dans quelles équipes travaillez- vous ?

Marketing& Développement

Quels sont vos collaborateurs ?

- Commerciaux : rôle de Support technique, fournir aux commerciaux les caractéristiques techniques des produits quand cela est nécessaire et à la demande des clients.

- Marketing

- R&D

- ☛ Comprendre le besoin du client (exprimé dans sa demande) et proposer les produits Vallourec qui répondent le mieux à ce besoin

Informations spécifiques au CRM :

24. présentation du produit ou de la gamme de produits sujet de l'étude :

Produits utilisés dans l'industrie pétrolière (forage), généralement hors API (American Petroleum Institute). Précisément : produits « 13 de Chrome » et « Super 13 de Chrome » (responsable de cette ligne de produit). Ce sont des produits qui existent depuis 10/15 ans. Des produits haut de gamme : demandant un type d'acier ou un type de filetage bien particulier

25. Quel est, pour vous, la définition spécifique du produit pour vous (attributs, informations importantes...)?

- pour définir le produit : type d'acier, condition d'utilisation du produit (conditions du milieu ou ils sont utilisés) : résistance à la corrosion, capacité industrielle des usines (capacité de production des usines sur ses produits), pas de stocks (produits haut de gamme, trop cher à stocker) et pas de volonté de constituer des stocks

26. Quels sont les clients concernés par cette gamme de produits ?

Toutes les sociétés pétrolières achetant des tubes. Les grands groupes pétroliers (avec des grands contrats : contrats cadres) : Total, Shell,... sur une zone géographique (Irak, Iran, Inde,

Syrie...), avant a travaillé sur la zone géographique du golf du Mexique. Mais aussi des groupes moins grands : Sonatrac,...

27. Quels sont, pour vous, les caractéristiques de ses clients (attributs, informations spécifiques...)?

Quantité commandé, importance stratégique de tel marché ou client par rapport à d'autres.

28. Comment gérez-vous les relations avec ses clients ?

Par contact commerciaux et réponse à appel d'offre. Des fois il s'agit de compléter des commandes si le produit ajouté est idéal pour utiliser avec les produits commandés.

29. Quels sont les objectifs visés par le CRM avec ces clients ?

Fidéliser le client, lui apporter un service de conseil et support technique et des recommandations quand à l'utilisation des produits et des propositions de compléter sa commande pour assurer un meilleur rendement global de son installation (L'objectif n'est pas d'être leader pour les produits 13 de Chrome et super 13 de chrome mais de pouvoir les proposer au client)

30. Quels outils (informatiques, techniques, logiciels...) utilisez-vous pour la gestion de la relation client ?

Pas d'outils dédiés au CRM, SAP pour les commerciaux (Une volonté d'uniformiser l'utilisation de SAP en cours)

Mais un portail KM (Sharemind) pour récapituler toutes les informations sur un même produit, les bonnes pratiques, les évolutions des normes, ...et portail Novam pour recueillir toutes les données sur un produit ➔ des outils plus utilisés en R&D + des portails gérés par des gens de la R&D ou du Marketing

31. Envisagez-vous d'employer de nouveaux outils ?

Non

32. Avez-vous un « modèle de CRM » de référence pour ces clients ?

Non. Le terme « CRM » pas très courant.

Mais fait une segmentation des clients, classification par quantité de commande, type de produit (haut de gamme ou pas), potentiel stratégique...

33. Envisagez-vous de changer de modèle ?

Non

34. Quels sont les composants les plus importants dans un modèle de CRM ? et quels sont leur définitions pour vous ?

Le client et les critères de segmentation des clients : quantité de commande, type de produit (haut de gamme ou pas), potentiel stratégique...

35. Avez-vous entendue parler ou utilisé d'autres modèles de CRM dans votre parcours professionnels ? Si oui lesquels ?

Oui, entendu dans des présentations avec département marketing.

Rôle dans un modèle de CRM, de PLM ou de SCM :

Dans le cadre de votre fonction :

Action :

Les actions les plus importantes à faire en R&D :

-Analyser les appels d'offre et proposer au client les produits dans la gamme de Vallourec qui réponde le mieux à sa demande

Les actions les plus importantes à faire en temps que chef de produits :

-définir le plan marketing de la ligne de produits gérés

Décision :

Parmi les décisions les plus importantes à prendre

- développer ou non un nouveau produit suite à l'analyse de l'appel d'offre d'un client

Identification du Patrimoine de connaissance :

	<i>Information consommée</i>	<i>Information produite</i>	<i>Connaissance utilisée</i>	<i>Connaissance apportée</i>
<i>Action exécutée :</i> Analyser les appels d'offre et proposer au client les produits	-appel d'offre client (milieu d'utilisation du produit et description de connexion éventuelle) -catalogue de produit Vallourec -quantité demandé par le client	-nom et caractéristiques du produit répondant à la demande client -recommandations pour les matériaux à utiliser -recommandations pour les services (maintenance, obsolescence et remplacements produits)	-performance constatées de certains produits sous des conditions du milieu spécifiques -capacité de certains produits à compléter la demande client (pour une connexion possible)	-connaissance dans la proposition de service associé à une commande -connaissance relative à l'emploi simultané de certains produits dans un milieu donné ou pour réaliser une connexion donnée
<i>Action exécutée :</i> définir le plan marketing d'une ligne de produits	-analyse marketing -profil du client -quantité commandé -position géographique concerné -capacité des usines du groupe -plan et objectif stratégique affichés du groupe	-plan marketing : imposer, maintenir, lancer ou arrêter un produit pour le produit -recommandation pour les commerciaux être agressif ou pas pour proposer un produit	-connaissances sur le marché visé -connaissances sur la concurrence (objectif sur le même marché, contrat cadre ou pas avec les clients potentiels...)	-connaissances sur l'évolution d'une ligne de produits
<i>Décision prise :</i> développer ou non un nouveau produit suite à l'analyse de l'appel d'offre d'un client	-appel d'offre client -Profil du client -accord ou non du client à partager les frais de lancement du produit -tests à faire en R&D -ressources disponibles en usines pour faire le produit	-définition détaillé du nouveau produit -certifications et test de qualification du produit	-connaissance en négociation avec le client	-connaissance en lancement de nouveau produit similaire