



HAL
open science

Les interfaces pour l'intégration de la logistique dans les projets de conception. Une contribution basée sur le cas du projet d'un tracteur à chenilles

Tetsu Koike

► **To cite this version:**

Tetsu Koike. Les interfaces pour l'intégration de la logistique dans les projets de conception. Une contribution basée sur le cas du projet d'un tracteur à chenilles. Sciences de l'ingénieur [physics]. Institut National Polytechnique de Grenoble - INPG, 2005. Français. NNT: . tel-00069225

HAL Id: tel-00069225

<https://theses.hal.science/tel-00069225>

Submitted on 16 May 2006

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.

INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE GRENOBLE

N° attribué par la bibliothèque
/ / / / / / / / / / / / / / / /

THÈSE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'INPG

Spécialité : **Génie Industriel**

Préparée au laboratoire **Gestion Industrielle : Conception et Logistique - GILCO**
Dans le cadre de l'Ecole Doctorale **Organisation Industrielle et Systèmes de Production - OISP**

Présentée et soutenue publiquement

par

Tetsu KOIKE

Le 07 novembre 2005

**Les interfaces pour l'intégration de la logistique dans
les projets de conception**
*Une contribution basée sur le cas du projet d'un tracteur
à chenilles*

Directeurs de thèse : Eric BLANCO et Bernard PENZ

JURY

M. Fred J.A.M van HOUTEN	Professeur, Université de Twente, Pays-Bas	Président
M. Jean-Pierre CAMPAGNE	Professeur, INSA de Lyon	Rapporteur
M. Patrick MARTIN	Professeur, ENSAM-Metz	Rapporteur
M. Daniel DANY	Partenaire industriel	Examineur
M. Eric BLANCO	Maître de Conférences, INP Grenoble	Co-encadrant
M. Bernard PENZ	Professeur, INP Grenoble	Directeur de thèse

Dedico esta tese...

...à Carla avec tout mon amour,

*...à toute ma famille et à tous nos amis au Brésil, en France, au
Japon et aux Etats-Unis qui nous ont toujours soutenus,*

...à memória de meu pai Johei Koike.

Remerciements

Cette thèse est le résultat d'un travail collectif aux interfaces, des interfaces liens du professionnalisme, de la confiance et de l'amitié.

Tout d'abord, j'adresse mes sincères remerciements et ma reconnaissance à mes directeurs de thèse MM. Eric Blanco, Maître de Conférences à l'INP Grenoble et Bernard Penz, Professeur des Universités dans ce même institut, pour m'avoir encadré et orienté dans mes travaux de recherche. Leur expérience et leur rigueur scientifique toujours démontrées durant les nombreuses heures de travail et de décontraction tout au long de ces trois ans de thèse m'ont permis de développer le sens critique nécessaire à l'accomplissement de cette recherche interdisciplinaire.

Je remercie vivement M. Yannick Frein, Professeur à l'INP Grenoble et Directeur du laboratoire GILCO, pour l'opportunité unique qui m'a été accordée de pouvoir réaliser mon doctorat au sein de son équipe de recherche et cela dans les meilleures conditions possibles.

Merci à M. Fred J.A.M. Van Houten, Docteur Ingénieur à l'Université de Twente au Pays Bas, pour avoir accepté de présider le jury de thèse. Comme ingénieur mécanique, cela a été un vrai honneur pour moi, compte tenu de ses contributions scientifiques incontestables dans notre discipline.

J'exprime mes remerciements à M. Jean-Pierre Campagne, Professeur à l'INSA de Lyon, pour avoir soigneusement analysé le mémoire de thèse et avoir réalisé son rapport, en amenant des remarques importantes qui ont enrichi mon approche sur la problématique d'intégration.

Je remercie également M. Patrick Martin, Professeur à l'ENSAM-Metz, pour l'intérêt manifesté pour cette thèse en acceptant d'être le rapporteur. Ses observations très pertinentes m'ont permis d'étendre le rayonnement des perspectives scientifiques de cette recherche.

Je souhaite manifester ma gratitude à M. Daniel Dany, Directeur du département Supply Chain, Fabrication et Assemblage chez S.P.E., pour avoir accepté d'être le partenaire industriel de cette recherche en m'intégrant dans son équipe de collaborateurs et aussi de participer comme examinateur dans le jury de thèse.

Un grand merci à MM. Patrick Davin et Jean-Pierre Pinède pour m'avoir encadré pendant les deux années passées chez S.P.E. Leur engagement et leur confiance se traduisant par le respect mutuel et l'amitié dans le quotidien du travail. J'en profite pour remercier tous les amis de cette entreprise pour leur effort et leur patience pour m'expliquer et m'apprendre les processus Supply Chain et le développement de produits. Merci à Patrick, Benoît, Francis, Gilles, Stéphane - membres de l'équipe de développement du Profil Logistique – pour leur engagement, leur vif intérêt, leur connaissance et leur expérience professionnelle apportées lors de

la construction de cet outil.

A tous mes amis - d'hier, d'aujourd'hui et de toujours - du laboratoire GILCO : MERCI pour votre amitié, MERCI pour les discussions très enrichissantes et pour les moments de détente que nous avons merveilleusement partagés pendant mon séjour à Grenoble.

J'exprime ma reconnaissance aux amis du Pôle Conception Intégrée du laboratoire 3S, des laboratoires CRISTO, GAEL et e-MOTION (INRIA Rhône-Alpes), ainsi qu'à tous les camarades de l'Ecole Doctorale OISP, tous partenaires dans cette aventure scientifique à la quête de nouvelles connaissances.

Je suis très reconnaissant à M. Jean-François Boujut, Professeur à l'INP Grenoble, pour l'intérêt porté sur cette recherche, lors des discussions sur les nuances des approches de la problématique d'intégration.

Merci beaucoup à M. Gérard Chazal, Professeur à l'Université de Bourgogne, pour ses contributions fondamentales qui m'ont permis de bâtir mon interprétation des interfaces.

Je voudrais également remercier à M. Pascal Laureillard pour ses observations très pertinentes sur mon approche de l'intégration par les interfaces.

Je souhaite remercier M. Henri Tiger, Directeur de l'ENSGI, pour ses questions précises et pour l'intérêt pointu porté sur mon travail. Je remercie aussi tous les enseignants de cette Ecole pour m'avoir apporté leur savoir-faire, leur expérience et leur disponibilité tout au long du développement de mes travaux de recherche.

Je manifeste mes remerciements et ma reconnaissance au personnel administratif et de support du laboratoire GILCO et de l'ENSGI, en particulier à Chantal Puech, Marinette Cartade, Corinne Mairot, ainsi qu'à Christophe Billot, Martine Kircher, Charlette Petit et Kheira Tourki. Cette reconnaissance je l'étends également au personnel de la scolarité de l'INP Grenoble pour leur soutien permanent dans toutes les étapes des mes études doctorales.

J'exprime ma gratitude à M. Alain Cartade pour la correction impeccable du texte intégral et qui à travers son expérience dans la recherche industrielle a apporté des suggestions précieuses pour rendre le texte plus clair et riche.

Un grand merci aux Couples d'Or et aux amis de tous les moments : Daniel & Iranete Lima, German Ruiz & Araceli Bustamante, Roberto & Marita Osorio, Jorge Hermosillo & Alicia Hernandez, Pierre & Françoise Raynaud, Christiane Pied & Christian David.

Merci à Carla pour la patience et le soutien sans réserve tout au long de ce parcours qui se montrait parfois trop long et difficile.

Dans un effort échoué de synthèse, j'aimerais remercier particulièrement toute ma famille au Brésil et au Japon pour m'avoir soutenu lors des moments les plus difficiles. A todos, meus sinceros agradecimentos.

A Dieu, merci !

"[...] os que madrugam no ler, convém madrugarem também no pensar. Vulgar é o ler, raro o refletir. O saber não está na ciência alheia, que se absorve, mas, principalmente, nas idéias próprias, que se geram dos conhecimentos absorvidos, mediante a transmutação, por que passam, no espírito que os assimila. Um sabedor não é armário de sabedoria armazenada, mas transformador reflexivo de aquisições digeridas."

Rui Barbosa (1849 – 1923)

Résumé

Ce mémoire de thèse présente nos travaux de recherche concernant la problématique de l'intégration de la logistique dans les projets de conception de produits manufacturés. Cette problématique pluridisciplinaire s'inscrit dans les axes de recherche en Génie Industriel développés au sein du laboratoire GILCO à l'Institut National Polytechnique de Grenoble.

Cette thèse a été réalisée dans le cadre d'un partenariat de recherche avec un constructeur mondial d'engins de chantier installé à Grenoble. Durant vingt-quatre mois, nous avons étudié la participation et les prestations des acteurs de la logistique dans les activités du projet de conception d'une nouvelle famille de tracteurs à chenilles.

Nous définissons l'intégration comme un processus d'apprentissage collectif vers la prise en compte des besoins stratégiques et des contraintes opérationnelles de la logistique lors des phases amont des projets de conception de produits. En adoptant le point de vue de la logistique, la thèse que nous défendons considère que pour y intégrer les acteurs appartenant à cette fonction, ainsi que leurs besoins et leurs contraintes, il faut tout d'abord structurer les interfaces logistique-conception en respectant les spécificités des étapes de projet. Selon notre thèse, la structuration des interfaces permet de déclencher un régime soutenu d'apprentissages croisés entre les acteurs représentant la logistique et l'ingénierie de produits.

Les contributions principales de nos travaux portent sur l'analyse de la problématique à partir d'une approche par les interfaces, les méthodologies d'intégration et les outils de support de l'intégration. Nous proposons un nouveau modèle d'interface comprenant cinq éléments fondamentaux: les acteurs, les outils, les objets intermédiaires, les procédures et règles, les espaces et temps d'interface. Ensuite, nous développons un modèle d'intégration à deux niveaux : l'intégration de besoins et l'intégration de contraintes. Finalement, nous développons en collaboration avec notre partenaire le concept de Profil Logistique. Il s'agit d'un nouvel outil d'interface qui permet de traduire la vision de conception dans la vision logistique du produit, selon une démarche interactive qui favorise l'apprentissage collectif.

Notre recherche nous permet de confirmer que l'intégration de la logistique dans les projets est une problématique encore mal définie et pour laquelle les approches existantes ne sont pas adéquates. C'est à travers les interfaces qu'il devient possible de dessiner un environnement propice à l'interaction entre la logistique et l'ingénierie et, par conséquent, à l'intégration.

Mots-clés : intégration, logistique, projet, conception, interfaces, apprentissage, Profil Logistique.

Resumo

As interfaces de integração da logística nos projetos de desenvolvimento de produtos: uma contribuição baseada no caso do projeto de um trator de esteiras

Esta tese apresenta nosso trabalho de pesquisa sobre a integração da logística nos projetos de desenvolvimento de produtos manufaturados. O problema da integração, de natureza multidisciplinar, faz parte das linhas de pesquisa em Engenharia Industrial desenvolvidas no Laboratório GILCO do Institut National Polytechnique de Grenoble. A tese foi realizada dentro de uma parceria entre este laboratório e uma empresa fabricante mundial de máquinas e equipamentos de construção, instalada à Grenoble. Durante vinte e quatro meses, nós realizamos o trabalho de campo nesta empresa, participando das atividades executadas em um projeto de desenvolvimento de uma nova família de tratores de esteiras.

Nós definimos integração como um processo de aprendizagem coletiva, cujo objetivo principal é de permitir a inclusão formal de critérios relativos aos requisitos estratégicos e operacionais da logística, particularmente durante as etapas iniciais dos projetos de novos produtos. Adotando o ponto de vista da logística, nós defendemos a seguinte tese: para integrar essa função industrial – seus representantes, seus requisitos estratégicos e suas restrições operacionais – nas fases iniciais dos projetos, deve-se preliminarmente estruturar as interfaces com a engenharia de produtos. Esta estruturação constitui uma etapa preparatória que permite e incentiva a aprendizagem mútua entre os representantes da logística e da engenharia nas equipes de projeto.

As principais contribuições de nosso trabalho são: um novo modelo de interface composto por cinco elementos principais (membros de equipe, ferramentas de auxílio à integração, objetos intermediários, procedimentos/regras e espaços/tempos); um novo modelo de integração em dois níveis (a integração dos requisitos estratégicos seguida da integração das restrições operacionais) e uma nova ferramenta de auxílio à integração, baseada no conceito de Perfil Logístico.

Como conclusão, nós afirmamos que o problema de integração da logística nos projetos ainda resta mal compreendido e mal definido. Além disso, as metodologias clássicas de integração do produto e do processo não se mostram adequadas para o caso da logística. Entretanto, por meio da estruturação das interfaces, é possível formalizar um ambiente apropriado à interação e, em consequência, à integração.

Palavras-chave: integração, logística, projeto, engenharia de produtos, interfaces, Perfil Logístico.

Abstract

The interfaces for integrating Logistics into Product Design Projects: A contribution based on a new track-type tractor's project

This dissertation presents the results of our thesis work on Logistics Integration into Product Design projects, a multidisciplinary issue that is part of Industrial Engineering research agenda developed at GILCO Laboratory at Institut National Polytechnique de Grenoble (INPG). We have developed our thesis in a partnership between GILCO and a worldwide earthmoving machinery manufacturer sited at Grenoble. During twenty-four months, we have studied the contribution of Logistics Department members in a New Product Development project for a new track-type tractor.

Integration is a mutual learning process for taking into account strategic requirements and operational logistic constraints in the early phases of product design programs. From a logistic point of view, we support the following thesis: A prime requirement for integrating logistics into design early phases is structuring the interfaces between Logistics and Product Engineering, considering the specificities of each design process phase.

Herein, we emphasize the crucial role played by the interfaces as a catalyst for promoting the creation of new knowledge and competencies at the borders between Logistics and Product Engineering. The thesis points out that effective integration requires a preliminary stage of mutual learning. Main contributions of our research are: A new Interface-based Analysis Model that integrates five components (Actors, tools, intermediary objects, procedures/rules, and space/time); A two-level Integration Model (Strategic needs integration level and operational constraints integration level); A new interface tool based on the Logistic Profile concept. This tool allows the translation from the design view of an intermediary concept solution into its logistic view, fostering mutual learning between team members.

As conclusion, we argue that integrating logistics into design projects is a still unknown and misunderstood problem. Furthermore, current product-process integration approaches proposed in the literature do not suitably consider logistics specificities. Through an interface-based approach, we believe that is possible to specify a proper project environment for interaction and logistics-design integration.

Key words: integration, logistics, project, product design, interfaces, learning, Logistic Profile.

Table de matières

RESUME.....	1
RESUMO.....	2
ABSTRACT.....	3
LISTE DE FIGURES.....	10
LISTE DE TABLEAUX.....	13
INTRODUCTION.....	15
I. Présentation générale	15
II. Le positionnement de la thèse par rapport aux travaux sur la conception de produits ...	21
III. Le positionnement de la thèse par rapport aux approches pour l'intégration de la logistique dans la conception de produits.....	27
IV. Plan de lecture	39
CHAPITRE 1	43
LA LOGISTIQUE DANS LES PROJETS DE CONCEPTION DE PRODUITS CHEZ S.P.E.	43
1.1. Un aperçu de la logistique des engins de chantier produits par S.P.E.....	44
1.1.1. <i>Les principaux acteurs du secteur d'engins</i>	<i>44</i>
1.1.2. <i>L'architecture générale de la chaîne logistique pilotée par l'entreprise.....</i>	<i>46</i>
1.2. L'évolution de la logistique chez S.P.E.	49
1.2.1. <i>L'organisation logistique au long de l'histoire du site industriel</i>	<i>50</i>
1.2.2. <i>De l'émergence de la structure fonctionnelle logistique... ..</i>	<i>52</i>
1.2.3. <i>...jusqu'à la structure intégrée Supply Chain</i>	<i>54</i>
1.2.4. <i>La logistique au cœur de la stratégie Supply Chain de l'entreprise.....</i>	<i>54</i>
1.3. Le Département "Supply Chain, assemblage et fabrication" : l'intégration de la logistique et de la production.....	55
1.3.1. <i>Le caractère dialectique de la fonction logistique</i>	<i>57</i>
1.3.2. <i>La répartition des connaissances-métiers logistiques</i>	<i>58</i>
1.3.3. <i>Le besoin d'une forte coordination informationnelle et opérationnelle.....</i>	<i>59</i>
1.3.4. <i>L'articulation nécessaire avec le processus de conception de produit.....</i>	<i>61</i>
1.4. Les modèles S.P.E. pour la conception de produits	61
1.4.1. <i>Le NPI : processus de conception de produits.....</i>	<i>62</i>
1.4.2. <i>Le CPPD : l'organisation des équipes de projet et de leur méthode de travail.....</i>	<i>66</i>
1.4.3. <i>La place prévue pour la logistique dans les modèles</i>	<i>68</i>

1.5. Le rôle prédéfini de la logistique dans les équipes de projet	70
1.5.1. <i>La logistique dans l'équipe NPI</i>	70
1.5.2. <i>La logistique dans l'équipe Focus</i>	71
1.5.3. <i>La logistique dans les équipes Composants.....</i>	73
1.6. La logistique sollicitée pour participer dès les phases initiales du processus de conception	74
1.6.1. <i>Le besoin d'intégration des coûts logistiques dans le pilotage économique des projets..</i>	75
1.6.2. <i>La logistique est-elle prête à participer aux phases initiales de la conception de produits ?.....</i>	82
1.7. Conclusion	83
 CHAPITRE 2	 85
 SUR LA PARTICIPATION DE LA LOGISTIQUE DANS LE PROJET D'UNE FAMILLE DE TRACTEURS A CHENILLES	 85
2.1. Le cadre : un projet de conception de 'A' à 'Z'	86
2.1.1. <i>L'artefact de conception : l'engin "tracteur à chenilles"</i>	86
2.1.2. <i>Les enjeux du projet.....</i>	89
2.1.3. <i>La nouvelle stratégie Supply Chain pour le projet.....</i>	90
2.2. Dans les activités du projet : la quête permanente pour l'intégration	92
2.2.1. <i>L'intégration produit-process : nouvelle architecture produit, nouvelle organisation et nouvelle logique d'interaction</i>	93
2.2.2. <i>L'apprentissage vers la construction de solutions de compromis</i>	97
2.2.3. <i>Synthèse : la construction de l'intégration produit-process dans l'interaction</i>	102
2.3. Sur la participation de la logistique	104
2.3.1. <i>Au début du projet et pendant la phase Concept : les activités dans l'équipe NPI</i>	105
2.3.2. <i>Au début de la phase Développement : les activités dans les équipes Composants.....</i>	108
2.3.3. <i>Les acteurs d'industrialisation comme les porteurs de questions logistiques.....</i>	109
2.3.4. <i>Toujours dans la phase Développement : les activités de l'équipe Focus</i>	113
2.3.5. <i>Bilan de la participation de la logistique</i>	116
2.3.6. <i>L'intégration : encore un problème mal défini ?.....</i>	118
2.4. Conclusion	120
 CHAPITRE 3	 121
 L'INTEGRATION LOGISTIQUE – CONCEPTION A TRAVERS LES INTERFACES	 121
3.1. L'interface : de quoi s'agit-il ?	122
3.1.1. <i>Origine et définitions.....</i>	122
3.1.2. <i>Les interfaces interfonctionnelles.....</i>	122
3.1.3. <i>Les interfaces sociales.....</i>	125
3.1.4. <i>L'interface comme intermédiaire</i>	127
3.1.5. <i>Les interfaces dans la conception et l'ingénierie de produits.....</i>	128
3.2. Vers un modèle d'interface pour l'analyse de projets de conception.....	134
3.2.1. <i>Définition</i>	134

3.2.2. <i>Premier élément : les acteurs d'interface</i>	136
3.2.3. <i>Deuxième élément : les objets intermédiaires</i>	137
3.2.4. <i>Troisième élément : les outils d'interface</i>	141
3.2.5. <i>Quatrième élément : les procédures et les règles d'interface</i>	142
3.2.6. <i>Cinquième élément : les espaces et les temps d'interface</i>	142
3.2.7. <i>Représentation schématique du modèle</i>	143
3.3. L'intégration à travers les interfaces	145
3.4. Conclusion	146
CHAPITRE 4	149
L'ANALYSE DES INTERFACES DANS LE PROJET DE LA FAMILLE DU TRACTEUR A CHENILLES	149
4.1. Démarche générale proposée	149
4.1.1. <i>Première étape : l'identification des éléments fondamentaux d'interface</i>	150
4.1.2. <i>Deuxième étape : le diagnostic des interfaces</i>	150
4.1.3. <i>Troisième étape : les prescriptions</i>	150
4.2. Première étape : l'identification des éléments d'interface logistique/ingénierie dans le projet du TX	151
4.2.1. <i>Le premier élément : les acteurs d'interface</i>	151
4.2.2. <i>Le deuxième élément : les outils d'interface</i>	152
4.2.3. <i>Le troisième élément : les objets intermédiaires</i>	155
4.2.4. <i>Quatrième élément : les procédures/règles d'interface</i>	159
4.2.5. <i>Cinquième élément : les espaces/temps d'interface</i>	162
4.3. Deuxième étape : le diagnostic des interfaces	162
4.3.1. <i>L'asymétrie des interfaces dans les modèles normatifs de conception</i>	163
4.3.2. <i>Le décalage temporel à l'interface logistique-conception</i>	164
4.3.3. <i>Le problème de l'identification de l'interlocuteur logistique</i>	167
4.3.4. <i>Il ne suffit pas de mettre en place une interface : l'étape manquante de traduction des besoins logistiques</i>	168
4.3.5. <i>A l'interface logistique-conception, il faut que le produit soit connu</i>	170
4.3.6. <i>La difficulté d'interagir dans le réseau crée autour des maquettes numériques 3-D</i>	171
4.3.7. <i>Une expérience de situation d'interface logistique-ingénierie</i>	177
4.3.8. <i>Entre la gestion de la production stabilisée et la gestion transitoire des situations d'interface en conception</i>	183
4.3.9. <i>Les règles d'interface ne sont pas données, elles sont construites dans la crise</i>	185
4.3.10. <i>Synthèse du diagnostic : au-delà des éléments d'interface</i>	186
4.4. Troisième étape : les prescriptions	193
4.4.1. <i>Sur les acteurs de la logistique et leur rôle dans les projets</i>	193
4.4.2. <i>Sur le modèle d'intégration</i>	195
4.4.3. <i>Sur les outils d'interface et les objets intermédiaires</i>	195
4.4.4. <i>Limites de l'analyse</i>	195
4.5. Conclusion	196
CHAPITRE 5	197

PROPOSITION D'UN MODELE SUPPORT A L'INTEGRATION LOGISTIQUE - CONCEPTION ..	197
5.1. Les entrées pour intégrer la logistique répertoriées durant le projet du TX.....	198
5.1.1. <i>L'intégration par les objectifs de projet.....</i>	200
5.1.2. <i>L'intégration par l'estimation des coûts logistiques.....</i>	201
5.1.3. <i>L'intégration par l'organisation de projet.....</i>	202
5.1.4. <i>L'intégration par les acteurs du process.....</i>	202
5.2. Les spécificités de la logistique qui ne sont pas prises en compte dans les approches d'intégration produit-process.....	203
5.2.1. <i>L'action de la logistique ne modifie pas la structure du produit.....</i>	204
5.2.2. <i>Il est difficile de juger sur les impossibilités d'exécution des activités logistiques du seul fait des choix de conception.....</i>	205
5.2.3. <i>Les acteurs de la logistique ne partagent pas le même corpus de connaissance propres aux interfaces produit-process.....</i>	208
5.2.4. <i>Conclusion : il faut d'autres modèles pour représenter l'intégration de la logistique dans les projets de conception.....</i>	210
5.3. Un idéal d'intégration logistique-conception.....	211
5.4. Une nouveau modèle support à l'intégration logistique-conception basée sur la structuration différenciée des interfaces.....	213
5.4.1. <i>Hypothèses et considérations.....</i>	213
5.4.2. <i>Un modèle à deux niveaux.....</i>	216
5.4.3. <i>Niveau I d'intégration : la traduction des besoins stratégiques dans la conception.....</i>	218
5.4.4. <i>Niveau II d'intégration : la prise en compte des contraintes logistiques.....</i>	219
5.4.5. <i>La structuration différenciée des éléments d'interface selon chaque niveau d'intégration.....</i>	220
5.4.6. <i>Positionnement des niveaux d'intégration par rapport au modèle NPI.....</i>	222
5.5. Conclusion.....	224
CHAPITRE 6.....	227
LE PROFIL LOGISTIQUE : OUTIL D'INTERFACE POUR L'INTEGRATION LOGISTIQUE - CONCEPTION.....	227
6.1. L'émergence des premières idées pour la conception d'un outil d'interface.....	228
6.1.1. <i>Un problème spécifique : l'estimation des coûts logistiques.....</i>	228
6.1.2. <i>Un constat : le rôle des classifications dans la rationalisation de l'activité logistique.....</i>	229
6.1.3. <i>Une première piste : remonter la compétence de classification logistique dans les phases amont de la conception.....</i>	234
6.2. Les besoins pour la conception d'un nouvel outil d'interface.....	237
6.2.1. <i>Proposer des instruments aux acteurs de la logistique pour la construction d'une démarche d'analyse et de synthèse des alternatives de solutions de conception.....</i>	237
6.2.2. <i>Permettre l'apprentissage sur le projet et sur la conception du produit.....</i>	237
6.2.3. <i>Formaliser la vision logistique en amont des projets.....</i>	238
6.2.4. <i>Supporter les traductions des solutions de conception.....</i>	238
6.3. Caractérisation de l'outil.....	239
6.3.1. <i>Les hypothèses qui soutiennent la définition de Profil Logistique.....</i>	239
6.3.2. <i>Définition.....</i>	240

6.3.3. Finalités principales.....	241
6.3.4. Les changements attendus dans le processus de conception à travers l'outil.....	243
6.4. Le développement du modèle général du Profil Logistique	245
6.4.1. La constitution d'une équipe multifonctionnelle et la méthode de travail	245
6.4.2. Le modèle du Profil Logistique	246
6.4.3. Le composant [Variables].....	246
6.4.4. Le composant [Profile Drivers]	251
6.4.5. Le composant [Profile Charts]	251
6.4.6. L'approche du Profil Logistique par rapport à d'autres approches de support à l'intégration.....	254
6.5. Conclusion	258
CHAPITRE 7	259
LES SITUATIONS D'INTERFACE BASEES SUR LE PROFIL LOGISTIQUE	259
7.1. Positionnement du Profil Logistique.....	260
7.1.1. Par rapport au modèle du processus de conception	260
7.1.2. Par rapport aux projets de conception.....	261
7.1.3. Par rapport au modèle d'intégration.....	262
7.2. Première situation d'interface : l'outil en développement.....	264
7.2.1. Les réunions d'équipe : exemple d'interfaces structurées.....	266
7.2.2. Les autres résultats explicites des réunions dégagés à travers les interactions	268
7.2.3. Un apprentissage préliminaire autour des concepts logistiques.....	271
7.2.4. Discussion.....	276
7.3. Deuxième situation d'interface : le scénario d'usage du Profil Logistique	278
7.3.1. Les règles suggérées de fonctionnement du Profil Logistique	278
7.3.2. La logique envisagée d'utilisation de l'outil.....	281
7.3.3. Discussion.....	283
7.3.4. Les limites de l'outil.....	284
7.3.5. Les perspectives pour avancer sur le concept de Profil Logistique	286
7.4. Conclusion	286
CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES.....	289
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	298

Liste de figures

FIGURE 1 - Deux approches différentes d'exécution des activités de conception : séquentielle (a) et concourante (b) (adapté de Wheelwright et Clark (1992)).....	26
FIGURE 2 - Le modèle DFL de Dowlatshahi (1996, 1999).....	34
FIGURE 3 - Plan de lecture du mémoire.....	40
FIGURE 4 - Chaîne logistique du secteur d'engins pilotée par S.P.E.....	46
FIGURE 5 - L'évolution de la structure de la logistique chez S.P.E. (sources : le périodique de circulation interne de l'entreprise et d'autres documents internes).....	51
FIGURE 6 - Le processus de NPI avec ses activités principales et leurs livrables (Adapté du "Guide de l'utilisateur NPI", S.P.E., Inc.).....	63
FIGURE 7 - L'organisation des équipes de projet.....	66
FIGURE 8 - La place des acteurs de la logistique dans les équipes de projet.....	69
FIGURE 9 - Le positionnement des acteurs de la logistique (#1, #2, #3) dans les phases du processus de conception S.P.E. Les lignes bornées indiquent la durée de l'équipe dans le processus.....	70
FIGURE 10 - Composition d'une équipe Focus dans les projets NPI.....	71
FIGURE 11 - Le circuit logistique de tubes métalliques des lignes hydrauliques des tracteurs à chenilles.....	76
FIGURE 12 - Caractéristiques de tubes montés sur la ligne hydraulique LINE GP- ANGLE & TILT et leur support de manutention respectif.....	77
FIGURE 13 - Deux options de solution de conception pour un tube hydraulique.....	78
FIGURE 14 - La conséquence sur la chaîne logistique de la suppression d'une nouvelle référence – "filtre hydraulique" - de la configuration d'engins.....	79
FIGURE 15 - Le premier tracteur à chenilles, le 'No. 122' de Holt Manufacturing Co. (Source : "All in a day's work". Hong Kong : Forbes Custom Publishing, 2000).	86
FIGURE 16 - Evolution de tracteurs à chenilles de la famille "T5" chez S.P.E.....	87
FIGURE 17 - Composants principaux d'un tracteur à chenilles et leur représentation selon la nomenclature.....	88
FIGURE 18 - Le changement de l'architecture : de la décomposition par système à la décomposition par modules multifonctionnels.....	94

<i>FIGURE 19 - La nouvelle organisation pour l'industrialisation selon l'assemblage modulaire.....</i>	<i>95</i>
<i>FIGURE 20 - La dynamique d'une réunion d'équipe module / Composants hydrauliques</i>	<i>98</i>
<i>FIGURE 21 - L'échange réciproque de prescriptions permet aux acteurs de construire une solution intermédiaire pour le problème de conception.....</i>	<i>99</i>
<i>FIGURE 22 - Exemple de la matrice QFD "Voix de l'entreprise (Voice Of Business)"</i>	<i>106</i>
<i>FIGURE 23 - La construction de la nomenclature à travers l'outil CAO</i>	<i>111</i>
<i>FIGURE 24 - Les trois nomenclatures produit qui font partie du flux informationnel dans un projet chez S.P.E.....</i>	<i>112</i>
<i>FIGURE 25 - La traduction de nomenclatures est un processus négocié.....</i>	<i>113</i>
<i>FIGURE 26 - Cycle de vie des équipes de l'organisation de projet et la participation (prévue et effective) de la logistique dans le projet TX.</i>	<i>117</i>
<i>FIGURE 27 - a) le schéma du modèle d'interface; b) un exemple appuyé sur une réunion régulière de l'équipe Focus.....</i>	<i>144</i>
<i>FIGURE 28 - Démarche générale d'analyse des interfaces.....</i>	<i>150</i>
<i>FIGURE 29 - Les éléments d'interface répertoriés dans les trois phases de participation de la logistique dans le projet.....</i>	<i>151</i>
<i>FIGURE 30 - Outil d'aide à la traduction de nomenclatures utilisé chez S.P.E.</i>	<i>153</i>
<i>FIGURE 31 - Graphique produit par Hercule et qui montre l'évolution hebdomadaire du traitement des dossiers de références.....</i>	<i>154</i>
<i>FIGURE 32 - Deux découpages différents pour le même processus : le découpage formel et le découpage implicite par rapport à la logistique.....</i>	<i>164</i>
<i>FIGURE 33 - Deux logiques temporelles différentes dans le processus de développement</i>	<i>165</i>
<i>FIGURE 34 - La maquette numérique : l'objet au cœur du réseau d'interfaces.....</i>	<i>173</i>
<i>FIGURE 35 - Le réseau d'interfaces autour de la nomenclature (ci-dessus, le réseau autour des maquettes. Le passage de l'un à l'autre se fait à travers une succession de traductions).....</i>	<i>176</i>
<i>FIGURE 36 - Objets intermédiaires utilisés dans la réunion.....</i>	<i>178</i>
<i>FIGURE 37 - Avant même de parler d'intégration, il existe des repères communs entre la conception et le process. La logistique se trouve dans un autre niveau d'abstraction.</i>	<i>209</i>
<i>FIGURE 38 - La structuration des interfaces amène à l'intégration logistique-conception à travers le déclenchement d'un processus d'apprentissage.</i>	<i>215</i>
<i>FIGURE 39 - Première clef de découpage logistique du projet.....</i>	<i>217</i>
<i>FIGURE 40 - Deuxième clef de découpage logistique du projet.....</i>	<i>217</i>

<i>FIGURE 41 - Le premier niveau d'intégration.....</i>	<i>218</i>
<i>FIGURE 42 - Le deuxième niveau d'intégration.....</i>	<i>219</i>
<i>FIGURE 43 - Positionnement du modèle d'intégration à deux niveaux par rapport au processus de conception</i>	<i>223</i>
<i>FIGURE 44 - Des canaux logistiques distincts pour deux composants différents.....</i>	<i>230</i>
<i>FIGURE 45 - Exemple de démarche pour la coordination de l'acheminement de composants existants à partir d'un ensemble de classifications selon des paramètres logistiques.....</i>	<i>231</i>
<i>FIGURE 46 - Quels sont les comportements logistiques de chacune de ces alternatives de conception ?.....</i>	<i>236</i>
<i>FIGURE 47 - Le changement de logique attendu à travers l'usage du Profil Logistique.....</i>	<i>244</i>
<i>FIGURE 48 - Modèle du Profil Logistique. Les flèches indiquent la séquence à suivre pour passer de la vision conception à la vision logistique.....</i>	<i>246</i>
<i>FIGURE 49 - Exemple d'un Profile Chart, un nouvel objet intermédiaire issu de l'utilisation du Profil Logistique.....</i>	<i>252</i>
<i>FIGURE 50 - La hiérarchisation des variables pour la définition des Profile Drivers : a) hiérarchisation qualitative; b) hiérarchisation quantitative basée sur la méthode QFD.....</i>	<i>254</i>
<i>FIGURE 51 - Exemples de variables d'interface dans le modèle DFL de Dowlatshahi (1999).....</i>	<i>255</i>
<i>FIGURE 52 - Deux logiques différentes d'intégration : DFL/DFSCM et Profil Logistique.....</i>	<i>256</i>
<i>FIGURE 53 - Positionnement du Profil Logistique par rapport au modèle normatif de la conception chez S.P.E.....</i>	<i>260</i>
<i>FIGURE 54 - Positionnement du Profil Logistique par rapport aux projets de conception: Deux situations d'interface se dégagent.....</i>	<i>262</i>
<i>FIGURE 55 - Le positionnement du Profil Logistique par rapport aux deux niveaux d'intégration.....</i>	<i>263</i>
<i>FIGURE 56 - Dans une démarche de remue-méninges, l'équipe est arrivée à l'ensemble de variables qui composent le Profil Logistique.....</i>	<i>266</i>
<i>FIGURE 57 - La logique des réunions de l'équipe de développement du Profil Logistique.....</i>	<i>269</i>
<i>FIGURE 58 - Les cas de figure présentés par G.H. dans la réunion d'équipe : le premier privilégie le process d'assemblage. Le deuxième privilégie la logistique.....</i>	<i>275</i>
<i>FIGURE 59 - Les niveaux de composition produit couverts par l'analyse via Profil Logistique.....</i>	<i>279</i>
<i>FIGURE 60 - La logique envisagée pour la situation d'interface du Profil Logistique en usage.....</i>	<i>282</i>

Liste de tableaux

<i>TABLERAU 1 : Exemples de travaux sur des approches pour l'intégration (... concernant explicitement la logistique).....</i>	<i>31</i>
<i>TABLERAU 2 : Les principaux acteurs des chaînes logistiques du secteur d'engins de terrassement et travaux publics.</i>	<i>45</i>
<i>TABLERAU 3 : Structures organisationnelles de la logistique industrielle selon Livolsi (2001)</i>	<i>50</i>
<i>TABLERAU 4 : Exemples de besoins du process qui se traduisent en termes de contraintes pour la conception du produit.....</i>	<i>100</i>
<i>TABLERAU 5 : Questions concernant la logistique et soulevées par les acteurs du process.....</i>	<i>110</i>
<i>TABLERAU 6 : Exemples d'objets intermédiaires répertoriés dans le projet du TX.....</i>	<i>158</i>
<i>TABLERAU 7 : Exemples des règles ou démarches de résolution de problèmes traités par le Focus Team (sources : notes de réunion)</i>	<i>161</i>
<i>TABLERAU 8 : Les approches pour l'intégration répertoriées dans le projet du TX.....</i>	<i>199</i>
<i>TABLERAU 9 : Variables identifiés pour définir le Profil Logistique.....</i>	<i>247</i>
<i>TABLERAU 10 : La classification des variables du Profil Logistique.....</i>	<i>250</i>

Introduction

I. Présentation générale

Dans cette thèse nous présentons le développement de nos réflexions et de nos contributions sur le thème de **l'intégration de la logistique dans les projets de conception** de produits manufacturés.

Dans sa définition classique, l'intégration consiste en la prise en considération - notamment lors des étapes amont des projets de conception - des besoins, des exigences, des contraintes et d'autres spécificités des fonctions métiers responsables des étapes aval du cycle de vie du produit (*i.e.*, la production, l'usage et la mise hors service).

En ce qui concerne les métiers de la logistique, l'objectif de cette intégration est double. Par rapport aux projets de conception, il s'agit d'anticiper les besoins stratégiques et les contraintes tactiques et opérationnelles logistiques afin d'aboutir plus aisément aux niveaux de performance industrielle souhaités. Par rapport au régime de production, il s'agit de gérer un produit conçu pour être compatible et adapté aux spécificités de l'organisation logistique, tout en respectant les contraintes de coût, qualité et délai.

Les enjeux industriels sont importants. Dans ces vingt dernières années, **la logistique** comme fonction métier a bâti une place stratégique dans l'entreprise industrielle, particulièrement dans les structures organisationnelles inspirées sur le concept du *Supply Chain Management* - la gestion de la chaîne de valeur - à l'instar des chaînes et des réseaux logistiques ou des entreprises virtuelles.

Ces organisations sont de plus en plus distribuées en termes de marchés de fournisseurs et de clients, ainsi que de compétences, ce qui exige une approche de gestion de l'entreprise par les flux informationnels et physiques. Dans ce scénario, la stratégie même de l'entreprise se rapproche et s'appuie de plus en plus sur des critères logistiques de performance, par exemple la réduction des stocks et des délais de livraison dans la chaîne logistique. La coordination avec la conception de nouveaux produits – la création de l'offre – devient ainsi une condition *sine qua non* pour garantir l'avantage compétitif de l'entreprise.

Cette coordination est d'autant plus importante que même au niveau des normes AFNOR¹ on trouve actuellement des préconisations pour la logistique concernant la conception de produits. Par exemple, une des premières étapes du processus logistique global intégré est la définition des caractéristiques logistiques du produit (ses besoins et ses contraintes par rapport au système logistique)². Dans la démarche du soutien logistique intégré, la préconisation est dans le sens de définir **l'interface de conception**, c'est-à-dire les "*caractéristiques intrinsèques du produit influant directement sur sa disponibilité et les moyens nécessaires pour la maintenir, principalement sa fiabilité et sa maintenabilité*".³

En ce qui concerne l'activité de **conception**, elle aussi est distribuée et requiert des multicompetences. Le succès d'un nouveau produit dans son marché est de plus en plus dépendant de variables exogènes aux notions classiques de fonctionnalité technique innovante et de coût de production du produit. Dans l'environnement des projets, l'interprétation même du triptyque coût, qualité et délai se transforme, à partir du moment où il intègre le point de vue d'autres fonctions métiers qui participent au cycle de vie du produit.

Actuellement, les coûts totaux du produit ne concernent plus seulement la production, mais aussi les coûts de gestion de la chaîne logistique, les coûts de propriété, de maintenance et de mise hors service du produit (son recyclage, sa remanufacture ou bien sa décharge). La qualité concerne aussi la relation avec le client, la livraison du produit, le service après-vente, l'adhésion et le respect des nouvelles réglementations socio-environnementales. Les délais ne concernent plus le seul temps de conception et de lancement sur le marché (*Time-to-Market*). Il s'agit aussi des délais de la chaîne logistique pour gérer, approvisionner, produire et livrer le produit au client, selon la configuration commandée et dans les conditions de vente, de garantie et d'après-vente préalablement accordées. Certes, créer une nouvelle offre en réduisant les coûts et les délais, avec la meilleure qualité possible, demeure toujours un objectif clef de l'entreprise industrielle. La question est de savoir de quels coûts, délais et qualité parle-t-on.

Ainsi, cette thèse met en exergue ces deux compétences primordiales de l'entreprise industrielle moderne : la logistique et la conception.

Nous considérons que la compétence de conception est de la responsabilité de

¹ Association Française de Normalisation.

² FD X 50-604, juillet 2002. In "Réussir votre projet logistique", AFNOR, 2003.

³ FD X 50-420, "Soutien Logistique Intégré", *ibid.*

l'ingénierie¹ et que la compétence logistique est de la responsabilité directe de la fonction homonyme. D'une part, l'ingénierie crée les objets qui transitent entre les étapes du cycle de vie produit. D'autre part, la logistique gère la circulation de tous ces objets dans plusieurs étapes de leur cycle de vie. Plus qu'une contrainte additionnelle, l'intégration de ces deux acteurs² dans le cadre des projets de conception s'avère une approche efficace pour le problème général de coordination des activités dans l'organisation industrielle.

Et pourtant, si l'intégration de la logistique dans les projets de conception se justifie par le besoin stratégique d'un meilleur rapport coût/qualité/délai au niveau de l'entreprise industrielle, le problème de sa mise en œuvre opérationnelle reste encore mal posé.

Il faut savoir d'ores et déjà, quels sont les leviers pour cette intégration : l'organisation de projet ? Les outils d'aide à la conception ? L'approche même de conception ? Les compétences des acteurs ?

Par ailleurs, il faut identifier les attentes d'une fonction métier par rapport à l'autre : qu'attend la logistique de l'ingénierie ? Et réciproquement, quels sont les besoins de l'ingénierie pour lui permettre de concevoir un produit conforme aux attentes de la logistique ?

Ensuite, il faut identifier les intersections, les repères communs entre les visions souvent conflictuelles de la logistique et de l'ingénierie. Par exemple, si faire de la diversité de produits constitue une stratégie majeure de création d'offre d'une part, cela peut imposer une complexification importante des flux dans la chaîne logistique d'autre part. Des compromis sont donc nécessaires.

Or, dans les approches d'intégration, rien n'est dit sur les prestations que les acteurs de la logistique peuvent apporter notamment dans les premières phases d'un projet, à part le rôle implicite et ambigu de source d'information et de connaissance métier. Suffirait-il d'exprimer les besoins au début des projets ? Qui représente les métiers de la logistique dans les projets ? Qui détient les connaissances nécessaires pour formaliser une démarche d'intégration de la logistique ? Finalement, une fois le besoin et la démarche d'intégration explicitée et formalisée, comment savoir s'ils seront effectivement pris en compte dans les choix de conception ? Le produit résultant sera-t-il celui souhaité par la logistique ? Au-delà,

¹ Pour un choix de terminologie, nous employons le terme "ingénierie", en faisant référence aux services d'ingénierie produit ou bureaux d'études.

² Désormais, nous utiliserons ce terme pour désigner les représentants – individus ou groupe d'individus - de chaque fonction métier abordée.

qu'est-ce que la logistique appelle "produit" ?

En synthèse, il nous semble dans un premier aperçu que le point de vue et les spécificités de la logistique doivent être bien caractérisés dans les projets de conception. Dans ce contexte, deux questions principales et complémentaires orienteront notre recherche :

- *Qu'est-ce qui est nécessaire pour intégrer la logistique dans la conception de produits ?*
- *Comment la logistique peut-elle être intégrée dès les phases amont des projets de conception ?*

Ce que nous recherchons sont d'une part les facteurs ou les moyens – des conditions, des compétences, des savoirs, des outils, etc. – pour que la logistique puisse apporter, exprimer, formaliser et piloter ses besoins et ses contraintes dès les phases amont des projets de conception. D'autre part, nous envisageons analyser les mécanismes qui viabilisent l'intégration souhaitée :

Comment les acteurs de la logistique peuvent-ils interagir dans les phases amont des projets pour soutenir, orienter et aider les acteurs de l'ingénierie pendant leurs activités collectives ? Comment les acteurs de l'ingénierie de produits peuvent-ils s'approprier des besoins et des contraintes logistiques ?

Nous approcherons le problème de l'intégration par **les interfaces entre logistique et conception de produits**. Cette approche s'avère doublement intéressante, car la notion d'interface permet de mettre en exergue à la fois dans une même situation les différences entre les acteurs - logistique et ingénierie – ainsi que leurs frontières, leurs rapports et leurs repères communs.

Dans le contexte des interfaces, nous soutiendrons la thèse suivante :

Pour arriver à l'intégration de la logistique dès le début des projets de conception, il est nécessaire de structurer les interfaces logistique-conception adéquates à chaque étape du processus afin de permettre le déclenchement d'un régime soutenu d'apprentissage croisé dans l'interaction entre les acteurs représentant ces deux compétences.

Ce que nous préconisons à travers cette thèse est la formalisation d'une étape préparatoire et soutenue d'apprentissage pour l'intégration de la logistique dans les activités collectives des projets de conception.

Comme support à cette thèse, **la première hypothèse** que nous formulons est que :

L'intégration effective de la logistique est dépendante des interfaces mises en place avec les acteurs des fonctions responsables pour les projets de conception, notamment l'ingénierie.

Ces interfaces doivent prendre en compte l'environnement particulier des projets de conception de produits et le fait que l'activité même de conception ne fait pas partie des compétences clés de la logistique. Corollairement, les acteurs sensés maîtriser la conception méconnaissent les spécificités des métiers logistiques. Il faut ainsi construire des compétences collectives aujourd'hui inexistantes, tantôt du côté logistique, tantôt du côté de la conception. Ici, la logistique est sensée apporter non seulement les informations opérationnelles et stratégiques de son activité, mais principalement les connaissances et le savoir-métier pour transformer la perception de la conception sur la logistique et réciproquement.

Néanmoins, respecter l'hypothèse de dépendance des interfaces pour l'intégration pose d'autres problèmes qui ne sont pas négligeables. Plus spécifiquement - en ce qui concerne les acteurs de la logistique - il s'agit de relever le défi d'apprendre à connaître l'activité de conception, sur des logiques externes à leur environnement connu de gestion du régime de production stabilisée.

Ce problème nous amène à **la deuxième hypothèse** :

L'intervention effective des acteurs de la logistique dans les projets de conception permettra d'une part l'extension de la transversalité des compétences logistiques vers les phases amont du cycle de vie du produit. Et d'autre part, cette intervention induira une évolution des modèles actuels des processus de conception et de leurs logiques, afin de prendre en compte les spécificités de la logistique de l'entreprise.

Ces deux hypothèses laissent implicite la relation entre la mise en place des interfaces pour l'intégration et les changements induits sur les modèles organisationnels de la logistique et de la conception, ainsi que de leurs compétences métiers.

Afin d'apporter des pistes de réponse aux questions posées, nous avons décidé de

développer notre thèse sur le terrain industriel. Dans ce but, nous avons mis en place un contrat de partenariat avec la filiale française - installée à Grenoble - d'un constructeur nord-américain d'engins de chantier, notamment de tracteurs et de chargeuses à chenilles, ainsi que d'excavatrices hydrauliques. Nous appellerons cette entreprise de **S.P.E.**, pour "**S**ociété de **P**roduction d'**E**ngins".

Selon une démarche de recherche-intervention, nous avons accompagné et participé durant vingt-quatre mois aux activités d'un projet innovant de conception d'une famille de tracteurs à chenilles.

Nous soulevons deux spécificités importantes de notre travail. La première, relative aux approches du problème d'intégration, est que nos études focalisent notamment les **interactions entre les acteurs** de la logistique et de l'ingénierie lors des activités d'un projet. A part quelques exceptions, la plupart des travaux dans la bibliographie étudiée s'intéressent particulièrement pour l'organisation de l'activité de conception dans un sens large ou pour les outils d'aide à la l'intégration.

La deuxième spécificité de notre travail est que nous adoptons tout au long de la recherche le **point de vue de la logistique dans les projets**, dans cette incursion dans le domaine de l'intégration. Souvent les travaux dans la littérature se positionnent selon une perspective de conception. Nous mettons ainsi en valeur un "regard à la fois de l'intérieur et de l'extérieur" par rapport à l'activité de conception. De l'intérieur, puisque le cadre est le projet de conception de produits. De l'extérieur, car il s'agit de l'acteur de la logistique.

L'intégration de la logistique dans les projets ou, en raccourci, l'intégration logistique-conception concerne ainsi une problématique actuelle et pluridisciplinaire du Génie Industriel, dans laquelle notre thèse s'inscrit.

Les enjeux pour la recherche s'avèrent conséquents. La logistique et la conception de produits constituent deux domaines de recherche assez récents. Les problématiques dans chaque domaine sont loin d'être épuisées, voire même identifiées. L'opportunité d'étudier la logistique dans un contexte qui lui est étranger – celui des projets et des processus de conception – et, réciproquement, d'étudier l'activité de conception selon d'autres points de vue, peut apporter des pistes intéressantes dans chacun des domaines. Par ailleurs, nous ajoutons qu'il existe un intérêt accru des communautés scientifiques de différents domaines de connaissance - nous citons notamment les Sciences pour l'Ingénieur, les Sciences de Gestion,

la Psychologie Cognitive, l'Economie des Organisations Industrielles, la Sociologie de l'Innovation et d'autres Sciences Humaines et Sociales - pour étudier les questions qui souvent sont aux frontières entre les disciplines, entre les organisations, entre les métiers, entre les rationalités différentes. C'est que nous proposons de faire dans cette thèse.

Dans ce but, nous avons étudié de manière approfondie la participation des acteurs de la logistique dans un projet particulier de conception. A l'issue de notre recherche, les résultats principaux portent sur :

- La proposition d'un modèle d'interface logistique-conception basé sur la notion d'élément fondamental.
- Le développement d'un modèle support à l'intégration centrée sur la structuration des interfaces.
- La proposition d'un nouvel outil d'interface à partir du concept de Profil Logistique.
- Les nouvelles situations d'interface appuyées sur le Profil Logistique.

En ce qui concerne le positionnement de nos travaux de recherche, ils se trouvent au carrefour – donc aux interfaces! - des travaux sur l'intégration des étapes du cycle de vie du produit dans le processus de conception, sur l'Ingénierie Concourante et sur la logistique de l'entreprise. Regardons plus attentivement les deux premiers domaines.

II. Le positionnement de la thèse par rapport aux travaux sur la conception de produits

L'activité de conception

Fort nombreuses sont les définitions de conception dans la littérature¹, selon le champ disciplinaire et le contexte dans lequel chaque définition est proposée. Par exemple, [H.A. Simon \(1996\)](#) affirme que la conception (*design*) concerne l'activité humaine de création d'artefacts afin d'atteindre un but. Chez Simon, l'artefact est le terme général pour désigner tout ce qui est créé par l'homme – donc artificiel -, en opposition à ce qui est naturel.

Dans ce même point de vue, [N. Cross \(1994\)](#) généralise l'activité de conception en affirmant que la création d'artefacts est inhérente à l'être humain, toujours dans le but de satisfaire un besoin particulier. [J.S. Gero \(1990\)](#) se réfère aux concepteurs comme les "agents

¹ Une revue bibliographique récente sur les concepts et les ontologies dans le domaine a été réalisée par [Sim et Duffy \(2003\)](#).

du changement" dans la société. L'auteur affirme que la conception existe pour façonner, pour transformer le monde en fonction de nos besoins à travers la création d'artefacts.

Selon une vision plutôt industrielle, Pahl et Beitz (1996) définissent la conception comme une activité d'ingénierie qui concerne tous les domaines de la vie humaine, dans laquelle l'ingénieur concepteur mobilise ses connaissances scientifiques et son expérience afin d'apporter de solutions au problème préalablement défini pour la réalisation de l'artefact. Cette définition soulève une approche très répandue de la conception : il s'agit d'une activité de résolution de problème (Simon, 1996; Cross, 1994; Pahl et Beitz, 1996; Minemann, 1991). Selon cette approche, l'activité de conception est vue comme la recherche continue de la solution pour un problème donné. Le travail du concepteur serait donc de chercher dans l'espace de solutions de conception possibles quelle est la meilleure, tout en respectant les spécificités du problème (sa complexité, ses objectifs, ses contraintes, etc.). Néanmoins, le problème de conception est – paradoxalement - considéré comme mal défini ou mal structuré (*ill-defined or ill-structured problem*) (Simon, 1996; Cross, 1994; Dorst, 2001, 2004). Cross (*ibid.*, p. 12) caractérise les problèmes de conception à travers les affirmations suivantes :

- *Il n'existe pas de formulation définitive du problème* : même si l'objectif à atteindre est connu en avance, les contraintes et les critères d'évaluation de solutions ne le sont pas. Le contexte et les conditions du problème changent durant la quête de sa solution, ce qui le rend très instable.
- *N'importe quelle formulation du problème est susceptible d'avoir des inconsistances* : aucun problème de conception n'est bien formulé, car les inconsistances se révèlent lors de la recherche des solutions.
- *Les formulations du problème sont dépendantes de sa solution* : cet aspect met en évidence le caractère indissociable de la boucle "**problème-solution de conception**". La formulation du problème de conception est dépendante de la façon dont l'on conçoit sa solution et dans cette logique d'interdépendance, on crée un paradoxe car on ne peut pas formuler adéquatement le problème car on ne connaît pas sa solution et vice versa¹.

¹ Dorst (2001) affirme même que les problèmes de conception sont "indéterminés", car "l'ensemble d'exigences et d'intentions (du problème) ne peut pas être clairement établi de manière que la création de la solution du problème soit un processus déductif".

- *La proposition de solutions est une manière de mieux connaître le problème* : des nombreuses spécificités du problème de conception, à l'instar de ses contraintes et ses critères, émergent comme le résultat de l'évaluation des alternatives de solution proposées.
- *Il n'y a pas de solution définitive du problème* : des différentes alternatives peuvent satisfaire le problème initial. De ce fait, une solution peut être évaluée comme appropriée ou inappropriée, mais il n'existe pas une méthode d'évaluation objective de la solution ("vraie ou fausse").

En synthèse, nous pouvons affirmer que l'activité de conception est par définition incertaine, de part la caractérisation du problème de conception et de sa solution. Dans cette thèse, nous montrerons comment cette spécificité de la conception pèse dans la relation entre la logistique et l'ingénierie en ce qui concerne l'exactitude des informations créées dans les projets de conception. Par ailleurs, l'incertitude et l'exactitude de l'information sont saisies et traitées de manières complètement différentes par les acteurs appartenant à ces fonctions de l'entreprise industrielle.

La rationalisation de la conception de produits

Dans le contexte des entreprises industrielles, la conception joue un rôle déterminant dans la stratégie de différenciation par rapport à la concurrence (Cooper et Kleinschmidt, 1991; Wheelwright et Clark, 1992; Tarondeau et Jouffroy, 1993; Ulrich et Eppinger, 2004). Il s'agit de concevoir une offre innovante qui atteint les besoins des clients, tout en respectant les contraintes du triptyque coût/qualité/délai. Pour atteindre cet objectif stratégique, les entreprises mettent en place des structures pour rationaliser et perfectionner la conception, au moins selon deux dimensions : l'organisation des activités de conception et l'agencement des ressources humaines et matérielles pour réaliser ces activités.

En ce qui concerne la rationalisation des activités de conception, celles-ci sont souvent modélisées sous la forme d'un **processus** composé par des phases avec des entrées et des sorties bien définies dans un but de coordination (Cooper et Kleinschmidt, 1991; Pahl et Beitz, 1996; Wheelwright et Clark, 1992). Nous soulevons trois exemples classiques dans la littérature.

Pahl et Beitz (1996) ont défini un processus de conception basé sur une approche systématique constituée de quatre phases principales : la phase de définition du problème et

de planification des tâches, la phase de conception conceptuelle (*conceptual design*), la phase de spécification minutieuse de l'artefact de conception (*embodiment design*) et la phase de conception détaillée (*detail design*). Ces phases sont à leur tour découpées en activités et tâches avec des livrables précis. Selon les auteurs, plusieurs allers-retours entre les phases peuvent être nécessaires avant d'arriver à la solution du problème de conception qui doit être spécifié au départ.

Wheelwright et Clark (1992) décomposent le processus de développement du produit également en quatre phases majeures, avec la particularité de mettre en évidence la conception du process de production : le développement du concept du produit (*Concept Development*), la planification du produit (*Product Planning*), la conception détaillée du produit et de son process de production (*Product/Process Engineering*) et finalement la préparation et l'introduction progressive sur le marché (*Pilot Production / Ramp-up*). A la fin de chaque phase, les auteurs prévoient des livrables qui signalent le passage d'une étape à l'autre, par exemple, l'approbation du programme de conception à la fin de la phase de planification.

Cooper et Kleinschmidt (1991) proposent le modèle de "Stage-Gate" pour le processus de conception, c'est-à-dire, une succession d'étapes (*stages*) jalonnées par des périodes de synthèse et d'évaluation (*gate reviews*) qui structure le processus de transformation d'une idée initiale dans la mise au marché d'un produit réel. Cinq phases sont prévues : l'étude préliminaire (*Preliminary Investigation*), l'étude détaillée (*Detailed Investigation – Business Case preparation*), le développement (*Development*), la validation (*Tests and Validation*) et finalement la mise sur le marché (*Full Production & Market Launch*).

Indépendamment du modèle processus, c'est dans les phases dites amont (par exemple, dans le modèle Pahl et Beitz (*ibid.*), avant la phase de conception détaillée – *detail design*) que les principales décisions de conception sont prises, dont les conséquences se répercuteront sur toutes les phases suivantes (Oakley et Pawar, 1983; Verganti, 1999). La littérature propose des règles empiriques en affirmant par exemple que, autour de 70% des coûts d'un produit résultent des choix et des engagements faits lors des phases amont des projets de développement (Asiedu et Gu, 1998; Verganti, 1999; Barton *et al.*, 2001). Selon la littérature du domaine, les dynamiques des activités et des prises de décision de conception

font que, plus on avance dans le projet, moins l'on dispose de degrés de liberté pour modifier les décisions en créant ainsi des irréversibilités (Midler, 1993; 1997:2). Par conséquent, il existe un intérêt légitime à anticiper l'impact des choix de conception sur les coûts du produit le plus en amont possible des projets.

En ce qui concerne l'agencement des ressources humaines et matérielles, plusieurs structures sont préconisées dans la littérature. Dans une approche de **structure projet**, Wheelwright et Clark (1992) définissent quatre organisations :

- Fonctionnelle par métier : caractérisée par la spécialisation horizontale, avec peu d'interaction transversale et où chaque métier est rattaché directement à leur hiérarchie.
- En coordination locale (*lightweight project manager*) : caractérisée par l'existence d'un chef local de projet qui fait la liaison de son métier avec la hiérarchie.
- En coordination transversale (*heavyweight project manager*) : caractérisée par l'existence d'un chef de projet transversal à toutes les équipes métier et qui fait la liaison avec la direction de projets.
- Structure autonome de projets (*Autonomous Project Team*) : caractérisée par l'organisation matricielle par projet – donc multimétiers –, avec l'existence d'une coordination transversale.

Appuyé sur l'exemple de Renault, C. Midler (1993) nous présente et explique la **structure en plateaux-projets**, proche de la structure autonome de Wheelwright et Clark (*ibid.*), où toutes les ressources (c'est à dire les compétences pour la conception) sont mises à disposition par l'entreprise selon une logique de projet, dans un même emplacement et avec l'objectif commun de concevoir une nouvelle voiture.

Bien évidemment, ces deux dimensions organisationnelles – des activités de conception et des ressources – ne sont pas indépendantes l'une de l'autre. Par exemple, les approches organisationnelles appuyées sur le concept **d'Ingénierie Concourante ou Simultanée** (*Concurrent Engineering or Simultaneous Engineering*) intègrent ces deux dimensions dans le but de permettre la conception en parallèle de l'artefact et de son processus de production, en opposition à l'approche classique - considérée comme peu performante - de l'exécution séquentielle de tâches (Sohlenius, 1992; Smith, 1998) (figure 1).

Dans l'approche séquentielle, la connaissance sur la conception est créée séquentiellement. Les activités sont réalisées selon un flux informationnel qui passe d'une fonction métier à l'autre. Par exemple, on commence à penser la fabrication après avoir défini le produit à fabriquer. En revanche, dans l'approche concourante le processus de conception est réalisée par des **équipes multifonctionnelles** qui sont organisés de manière à faciliter les échanges le plus tôt possible entre les différents métiers qui participent aux efforts du projet. L'un des buts est de concevoir à la fois le produit et son process productif, ce qui permet de réduire le temps global du projet et le risque de remise en cause des choix.

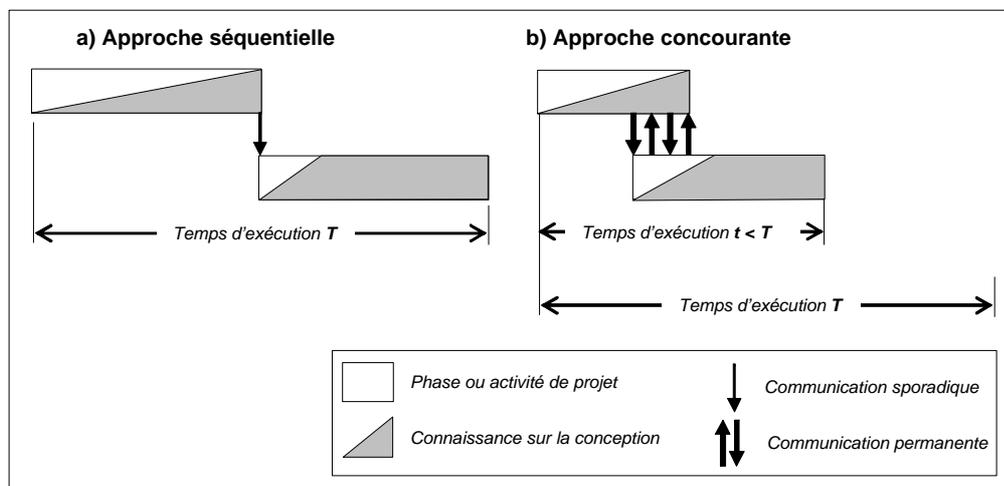


FIGURE 1 - Deux approches différentes d'exécution des activités de conception : séquentielle (a) et concourante (b) (adapté de Wheelwright et Clark (1992)).

Les approches organisationnelles basées sur l'Ingénierie Concourante ont inspiré des nombreux modèles industriels de la conception (Willaert *et al.*, 1998; Balakrishnan et Thomson, 2000; Charue-Duboc et Midler, 2002). A travers l'exemple d'engins de terrassement¹, nous considérons **les projets de conception** d'artefacts manufacturés comme le cadre dans lequel les interactions entre logistique et ingénierie sont sensées se développer. Dans ce cadre, la conception est vue tantôt comme un processus jalonné, tantôt comme l'environnement où différentes compétences de l'entreprise sont mobilisées afin de réaliser un nouveau produit.

Du fait que nous aborderons de manière approfondie les interfaces entre les acteurs

¹ Earthmoving machines.

de la logistique et de l'ingénierie pendant les activités des projets de conception, nous partageons et adoptons le point de vue selon lequel la conception est une activité **interactionnelle, collective et sociotechnique** (Adreit et Mauran, 1995; Grosjean et Brassac, 1997; Bucciarelli, 1994, 2002; Jeantet et Boujut, 1998; Clegg, 2000). Ce choix se justifie du fait que notre intérêt ne porte pas sur l'activité de conception en tant que telle, mais sur **l'action de la logistique dans la conception**. Plus précisément, nous nous intéressons à **l'interaction** entre la logistique et l'ingénierie lors de la conception de produits.

En s'appuyant sur les travaux de Le Moigne (1990, 1994), Adreit et Mauran (1995) modélisent la conception selon une approche systémique où le point d'entrée d'analyse est l'ensemble complexe des interactions qui s'y développent. Dans leur modèle, les auteurs proposent trois acteurs en interaction : le phénomène (par exemple l'activité de conception), le concepteur et l'environnement organisationnel. Leur objet d'étude est donc l'interaction à partir de ses trois composants fondamentaux. Néanmoins, différemment de leur approche, dans notre thèse nous nous intéressons aux interactions qui se produisent dans l'environnement organisationnel **entre** les différents "concepteurs", c'est-à-dire, entre les acteurs de la logistique et de l'ingénierie.

Enfin, nous considérons la conception comme activité collective et sociotechnique. Dans notre thèse, le terrain industriel est le projet dans une entreprise qui adopte des modèles normatifs de rationalisation de la conception basés sur l'ingénierie concurrente. Dans ce cadre, nous croyons qu'il serait trop réducteur de considérer préférentiellement la dimension technique de la boucle "problème-solution" de conception développée par un acteur spécifique de l'ingénierie dans son activité, sachant qu'un projet est multiacteurs et multidimensionnel dans sa complexité.

Nous allons nous pencher particulièrement sur les différentes organisations, les différentes stratégies, les différents outils, ainsi que les différents points de vues qui se confrontent dans un projet de conception. L'objectif est de comprendre ces différences et les ajustements mutuels nécessaires entre les fonctions, entre les acteurs et leurs intérêts.

III. Le positionnement de la thèse par rapport aux approches pour l'intégration de la logistique dans la conception de produits

"[...] il est évident que d'une manière globale, jusqu'à aujourd'hui on a demandé à la supply chain de s'adapter au produit et au process d'assemblage et qu'aujourd'hui, de plus en plus, on se rend compte que

malgré tout, il faut qu'on arrive à être un peu plus proactif sur cette logistique [...] certains diront que c'est elle qui doit être au cœur même de la réflexion [...]".

(B.M., responsable du service logistique d'approvisionnement de S.P.E., 11/octobre/2004).

Ce commentaire, fait durant une réunion d'équipe multimétiers, illustre de manière claire les préoccupations autour des rapports entre la logistique, la conception et le process dans l'environnement industriel actuel. "Être proactif" par rapport à la logistique et être "au cœur même de la réflexion" laisse implicite le besoin de repenser ces rapports. L'intégration¹ - comme approche - répond-t-elle à ces préoccupations ?

Dans notre démarche de recherche, nous croyons qu'il ne faut pas oublier qu'avant de penser l'intégration comme solution, elle constitue une problématique à la fois pour la logistique et la conception de produits. En effet, les enjeux de l'intégration se révèlent en termes de compromis coût/qualité/ délai qui résultent d'une **relation de cause à effet** entre l'activité amont de conception et les activités aval de production.

La problématique n'est pas nouvelle. L'exemple donné par [H. Ford \(1991\)](#) - en décrivant l'impact sur le process de production provoqué par la mise en place, en 1925, de 81 changements dans la conception de son modèle "T" - s'avère très révélateur :

"Après que nous ayons pris la décision de procéder au changement, il nous a fallu mettre au point un calendrier. Nous avons fixé une date. [...] Dans le même temps, des centaines de croquis avaient été exécutés par nos ingénieurs, préalablement à la réalisation des nouvelles presses et des nouveaux outils. [...] nous avons dû concevoir 4 759 outils d'emboutissage et 2 243 gabarits et outils divers. Nous avons dû en fabriquer respectivement 5 622 et 6 990. [...] Au total, ces changements ont représenté une dépense de plus de 8 millions de dollars, sans compter le temps de production perdu." (Ford, 1991, p. 75).

Et pourtant, il s'agissait à l'époque d'intégrer les changements sur la conception d'un produit existant dans un système stabilisé de production. Actuellement, loin de la stabilité de la production en masse du modèle "T" et dans une réalité industrielle changeante marquée par l'innovation de l'offre et par la réduction accrue des délais, l'intégration est devenue un besoin, un phénomène, un paradigme de conception ([Sohlenius, 1992](#); [Kuo et al., 2001](#);

¹ Bien évidemment, nous évitons ici la discussion plus large sur le concept d'intégration dans les organisations et les systèmes industriels. Par exemple, au-delà des domaines de la conception et de la logistique, il est fort probable que la quête pour l'intégration totale a atteint un "maximum" - si on peut ainsi le dire - pendant les années 1980 avec l'exploration du concept de *CIM (Computer Integrated Manufacturing)*, où toute l'organisation industrielle et leurs activités - y compris la conception de produits et la logistique - seraient intégrées à travers les systèmes assistés par ordinateur, d'où l'origine de l'acronyme. Aujourd'hui, nous voyons une partie de l'héritage de cette vision très large de l'intégration notamment dans les propos des progiciels de gestion intégrée du type *ERP (Entreprise Resource Planning)* et de gestion du cycle de vie du produit du type *PLM (Product Lifecycle Management)*.

Laureillard, 2000; Millet *et al.*, 2004).

Du point de vue de la conception, nous trouvons la rationalité d'intégration notamment à travers les approches d'**Ingénierie Concourante** (*Concurrent Engineering*) (Sohlenius, 1992; Smith, 1997), de **Conception Concourante** (*Concurrent Design*) (Finger *et al.*, 1995), de **Conception Intégrée** (Tichkiewitch, 1992, 1998), de **Conception Collaborative** (*Collaborative Design ou Collaborative Engineering*) (Willaert *et al.*, 1998; Boujut et Laureillard, 2002; Boujut et Blanco, 2003; Détienne, 2005:1; 2005:2), de **Conception ou d'Ingénierie du Cycle de Vie du produit** (*Life-Cycle Design – LCD et Life-Cycle Engineering - LCE*) (Alting, 1993; Ishii, 1996; Ernzer et Birkhofer, 2003).

Evidemment, ces approches se complètent et partagent des points communs par rapport à l'intégration, à l'instar de :

- La réalisation concourante et collaborative des activités dans les projets de conception.
- La mise en rapport des différents points de vue des acteurs qui participent à la conception et responsables des différentes étapes du cycle de vie du produit.
- La prise en compte des contraintes associées à ces étapes dans les phases amont des projets.

Ces approches de conception constituent ainsi des repères conceptuels, voire des philosophies à partir desquelles les solutions d'intégration peuvent être mis en œuvre.

Inversement, du point de vue de l'intégration, la conception est considérée comme :

- Le réceptacle où se rencontrent toutes les spécificités qui concourent à la réalisation du produit - compétences, connaissances, besoins, points de vue, etc. - provenant d'abord des clients et ensuite des différents métiers (ceux de la conception et les autres concernés par les projets).
- L'origine et la solution des problèmes "à l'aval" (ou des effets négatifs sur les activités en aval).
- L'opportunité pour remonter et pour anticiper les besoins stratégiques et opérationnels de l'entreprise, ainsi que les contraintes dues aux réglementations environnementales, aux activités productives, aux activités de support à la production

et aux clients.

Dans cette thèse, nous considérons un environnement dans lequel l'intégration de la logistique est un objectif à atteindre lors de la réalisation des projets de produits. Par rapport au positionnement dans la littérature, cette intégration est souvent considérée comme une dérivation du déploiement des approches plus larges **d'intégration produit-process** et **d'intégration du cycle de vie du produit** (tableau 1).

Néanmoins, dans ces approches d'intégration dans la conception, nous trouvons difficilement des considérations spécifiques à la logistique. Le tableau 1 présente quelques exemples de travaux sur la problématique d'intégration de fonctions métiers ou d'étapes du cycle de vie du produit. Nous soulignons les travaux qui concernent directement la logistique ou un aspect couramment attribué aux métiers logistiques (emballage, recyclage, support à la production, approvisionnement, etc.).

Sauf quelques références classiques (Mather, 1992; Dowlatshahi, 1996, 1999), nous n'avons pas trouvé des travaux qui abordent le problème de **la logistique dans les projets** de conception concurrente, intégrée ou collaborative.

La plupart des travaux adoptent le point de vue de la conception et de l'acteur concepteur (ici dans le sens de *product designer or engineer*) pour traiter de la problématique d'intégration. Par ailleurs, la notion de process de production ne permet pas de faire ressortir les spécificités de la logistique.

Si nous faisons l'hypothèse que la logistique est implicite dans la définition générale de "process" (*i.e.*, toutes les activités nécessaires à la production du produit), son intégration dans la conception de produits serait également implicite. Selon cette hypothèse, la logistique est vue comme une fonction de support aux étapes aval du cycle de vie du produit (*i.e.*, la production, l'usage et la mise hors service).

L'intégration de la logistique serait donc une conséquence "naturelle" de l'intégration produit-process et du cycle de vie du produit. La difficulté ici est double. D'abord, d'identifier la logistique dans les interstices de l'intégration produit-process. Ensuite, de savoir dans quel point de vue nous considérons l'intégration. La littérature étudiée nous indique différentes approches d'intégration : notamment par les outils d'aide à la conception et à la gestion, par l'organisation des équipes de conception, par le savoir et les connaissances, par les fonctionnalités du produit, etc.

Référence	Cadre d'intégration	Approche	Moyen préconisé	Fonctions métiers concernées
<i>Starr (1965)</i>	Produit-process	Conception modulaire ou conception pour l'assemblage par modules	<ul style="list-style-type: none"> • Conception d'un "catalogue de composants" modulaires pour couvrir toute la diversité de configuration produit 	<ul style="list-style-type: none"> • ingénierie de produits • planification de la production • production
<i>Oakley et Pawar (1983)</i>	Produit-process	Explicitation et intégration préalable des critères de production	<ul style="list-style-type: none"> • Définition complète du Cahier des Charges fonctionnel (Product Specifications) avec tous les critères de production compris. 	<ul style="list-style-type: none"> • ingénierie de produits • planification de la production • production
<i>Wierda (1988)</i>	Produit-process	Intégration de coûts de production DTO (Design-To-Cost)	<ul style="list-style-type: none"> • Le concepteur doit avoir à sa disposition d'outils d'aide à l'estimation de coûts pour intégrer à ses décisions. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ingénierie de produits
<i>Boothroyd et Alting (1992)</i>	Produit-process / Tout le cycle de vie du produit	Intégration de critères de montage et de démontage DFA (Design For Assembly); DFD (Design For Disassembly)	<ul style="list-style-type: none"> • Techniques de DFA : HITACHI AEM method, Boothroyd-Dewhurst method, LUCAS method • Intégration DFA/CAD 	<ul style="list-style-type: none"> • ingénierie de produits • planification du process • montage
<i>Mather (1992)</i>	Produit-process	Intégration de contraintes logistiques	<ul style="list-style-type: none"> • Ensemble de règles DFL (Design For Logistics) pour la prise en compte de la logistique 	<ul style="list-style-type: none"> • Ingénierie de produits
<i>Nielsen et Holmström (1995)</i>	Produit-process-Supply Chain	Intégrer les critères de production distribuée (Supply Chain) Intégrer les fournisseurs dans les projets de conception	<ul style="list-style-type: none"> • rationaliser la gestion de la diversité produit : Technologies de l'Information (TI) dans la Supply Chain • DFM (Design For Manufacturing) • Diversité à partir d'un nombre invariant de composants faciles à procurer 	<ul style="list-style-type: none"> • ingénierie de produits • production • logistique / achats (Supply Chain)
<i>Kriwet et al. (1995)</i>	Etape spécifique du cycle de vie du produit	Intégration de critères de recyclage	<ul style="list-style-type: none"> • Intégration systématique de la conception, du process et de la logistique de support • Ensemble d'heuristiques pour la prise en compte du recyclage selon le point de vue de chaque métier 	<ul style="list-style-type: none"> • Ingénierie de produits • Ingénierie de process • Logistique de support
<i>Dowlatshahi (1996)</i>	Tout le cycle de vie du produit	Intégration des aspects logistiques	<ul style="list-style-type: none"> • Outil "Design For Logistics" • Collaboration et meilleure interface entre fonctions 	<ul style="list-style-type: none"> • ingénierie de produits • logistique
<i>Chapa (1997)</i>	Produit-process	Conception intégrée Intégration de différentes vues du produit.	<ul style="list-style-type: none"> • Modèle multi-vues : modèle d'information produit à sept vues (technologie process, ossature, géométrie, usinage, forge, matériaux et mécanique) 	<ul style="list-style-type: none"> • ingénierie de produits • ingénierie de process • ingénierie de matériaux
<i>Sardas (1997)</i>	Produit-process / ingénierie intégrée	Intégration organisationnelle Intégration par les outils de conception	<ul style="list-style-type: none"> • Formation d'équipes multimétiers encadrées par un responsable • Maîtrise de la "chaîne numérique intégrée" (CFAO etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Métiers d'ingénierie de systèmes • Métiers de production
<i>Newcomb et al. (1998)</i>	Tout le cycle de vie du produit	Conception de l'architecture produit modulaire Intégration de critères de montage / démontage, maintenance et mise hors service	<ul style="list-style-type: none"> • Mesurer la modularité de la conception de l'architecture à travers deux paramètres : "CR" (correspondance ratio) et "CI" (cluster independance) • Algorithmes de décomposition produit 	<ul style="list-style-type: none"> • ingénierie de produits
<i>Riopel et al. (1998)</i>	Produit-process-logistique	Intégration de critères logistiques	<ul style="list-style-type: none"> • Indentification de corrélations décisionnelles entre la conception produit-process et la logistique 	<ul style="list-style-type: none"> • Ingénierie de produits • Ingénierie de process • Logistique

TABLEAU 1 : Exemples de travaux sur des approches pour l'intégration (... concernant explicitement la logistique)

(Suite)

Référence	Cadre d'intégration	Approche	Moyens préconisés	Fonctions métiers concernées
<i>Wiendahl et Stritzke (1998)</i>	Produit-process	<i>Intégration de la logistique de support à la production</i> <i>Conception orientée logistique</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Outil d'aide à la conception simultanée qui intègre les vues "conception", "technologie", "logistique" 	<ul style="list-style-type: none"> • ingénierie de produits • technicien de production • technicien logisticien
<i>Blondaz (1999)</i>	Produit-process	<i>Intégration de critères de fabrication</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Méthode qui permet d'intégrer les critères de la fabrication lors de la conception de produit mécaniques : CGCF - Conception Globale de produits mécaniques intégrant des Critères opérationnels de Fabricabilité. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ingénierie de produits • Ingénierie de process (i.e. Usinage)
<i>Bramklev et al. (2001)</i>	Étape spécifique du cycle de vie du produit	<i>Intégration de la conception d'emballage du produit</i> <i>Concurrent Design of Product and Package</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Améliorer la communication entre fonctions à travers les TI • formaliser la procédure d'intégration • spécifier l'emballage pour la conception 	<ul style="list-style-type: none"> • ingénierie de produits • logistique d'emballage (Packaging Logistics)
<i>Boujut et Laureillard (2002)</i>	Produit-process	<i>Intégration de savoirs et de connaissances métiers</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Définition de modèle conception à trois dimensions : les objets, les acteurs et l'organisation de conception • Définition des "entités de coopération" intégrées aux maquettes 3-D. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ingénierie de produits • Fabrication (forge et usinage)
<i>Rahimi et Weiner (2002)</i>	Tout le cycle de vie du produit	<i>Intégration de critères environnementaux</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Méthodologie d'intégration de DfE : intégrer une matrice DfE dans une matrice QFD lors de la phase de définition des besoins pour le produit 	<ul style="list-style-type: none"> • Ingénierie de produits • Gestion de Projets
<i>Durairaj et al. (2002)</i>	Tout le cycle de vie du produit	<i>Intégration des coûts du cycle de vie</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Modèle d'analyse de coûts environnementaux (LCECA – Life Cycle Environmental Cost Analysis Model) 	<ul style="list-style-type: none"> • Non spécifié
<i>Lagerstedt (2003)</i>	Tout le cycle de vie du produit	<i>Intégration de critères environnementaux</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Méthodologie d'intégration de DfE basée sur une matrice "profil fonctionnel produit X profil environnemental produit" 	<ul style="list-style-type: none"> • Ingénierie de produits
<i>Silva et van Houten (2003)</i>	Tout le cycle de vie du produit	<i>Intégration de contraintes logistiques</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en place de DFL (Design For Logistics) dans le processus de conception • Conception de produit modulaire • Intégration d'approches de modularité et logistiques comme point de départ 	<ul style="list-style-type: none"> • Ingénierie de produits • Logistique
<i>Bhander et McAloone (2003)</i>	Tout le cycle de vie du produit	<i>Intégration de critères environnementaux</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en place d'outil d'aide à la décision basé sur le LCA – Life Cycle Assessment • Préconisations pour la mise en place de l'outil 	<ul style="list-style-type: none"> • ingénierie de produits
<i>Lopez-Ontiveros (2004)</i>	Étape spécifique du cycle de vie du produit	<i>Conception intégrée</i> <i>Intégration de critères de remanufacture</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Définition préalable de profils de produits remanufacturables : catégorisation de produits selon le point de vue des critères de remanufacture 	<ul style="list-style-type: none"> • Ingénierie de produits

Ce problème de cadrer l'analyse de la diversité des approches d'intégration a été récemment traité par [Millet et al. \(2004\)](#). En étudiant le problème d'intégration des aspects environnementaux dans la conception, ces auteurs proposent une analyse tridimensionnelle du problème et des approches d'intégration : par rapport à l'instrumentation des acteurs (donc par les outils d'aide à l'intégration), par rapport au changement organisationnel et méthodologique (par la mise en place d'une méthodologie intégrée de conception dans l'organisation projet) et par rapport à l'apprentissage (considérer l'intégration comme un processus d'apprentissage organisationnel).

Dans notre thèse, nous croyons que ces trois dimensions sont indissociables : nous ne pouvons pas penser à l'outil sans penser à l'organisation ou à l'apprentissage. Or, dans les travaux répertoriés qui abordent explicitement la problématique d'intégration de la logistique dans la conception (tableau 1), les approches proposées sont plutôt unidimensionnelles en ce qui concerne la vision de l'intégration. Nous mettons en exergue les approches du type DFX (*Design For X*, où "X" est une étape ou une caractéristique du cycle de vie du produit).

[Blondaz \(1999\)](#) résume bien l'idée de base des approches de DFX : "*concevoir pour le métier X, ou plus précisément, concevoir pour répondre à des objectifs du métier X*" (*ibid.*, p. 7). Le DFX est en effet la généralisation des outils de DFA/DFM (*Design For Assembly / Design For Manufacturing*) ([Boothroyd et Alting, 1992](#); [Boothroyd et al., 1994](#); [van Houten, 1992](#); [Smith, 1998](#); [Kuo et al., 2001](#); [Knight, 2004](#)). En ce qui concerne la logistique, le DFX se décline en deux groupes d'outil : le DFL (*Design For Logistics*) et le DFSCM (*Design For Supply Chain Management*). Voyons encore ce que dit la littérature.

Le DFL ou "Design For Logistics"

Le DFL - comme outil d'aide à l'intégration – propose de définir des prescriptions logistiques (des règles métiers, des variables, de la connaissance, des bonnes pratiques, des *check-lists*, entre autres) pour que **les concepteurs** les intègrent dans leurs choix de conception.

Ces prescriptions concernent souvent ([Mather, 1992](#); [Newlands et Steeple, 2000](#); [Silva et van Houten, 2003](#)) :

- La réduction de la diversité de composants et de configurations du produit
- La standardisation de modules de composants et d'interfaces techniques entre modules

- La standardisation de plateformes de process de production
- La préférence pour des composants plus simples et faciles à trouver sur le marché de fournisseurs, etc.

En termes généraux, l'objectif majeur – en facilitant les processus logistiques - est de **réduire les coûts** relatifs à la gestion de la diversité, des stocks, du transport, ainsi qu'au flux informationnel dans la chaîne logistique. Néanmoins, nous ne trouvons pas dans ces travaux le lien de ces prescriptions avec la réalité des projets de conception et avec leur intégration dans la pratique des concepteurs. *Imposent-ils d'autres contraintes sur l'organisation projet ou sur les choix de conception ? Existe-t-il une hiérarchisation des prescriptions ?*

Signalons l'exception d'une approche plus particulière de DFL proposée par Dowlatshahi (1996, 1999) (figure 2). Il s'agit d'un modèle conceptuel sensé faciliter l'interface et la collaboration de l'ingénierie et de la logistique, dans un environnement d'Ingénierie Concourante. Dans ce modèle, le DFL est considéré comme un **outil d'interface** entre ces métiers et décomposé en quatre sous-systèmes selon le "domaine d'interface" (*area of interface*) : ingénierie logistique (*Logistics Engineering*), logistique de soutien (*Manufacturing Logistics*), *Design For Packaging* et *Design For Transportability*.

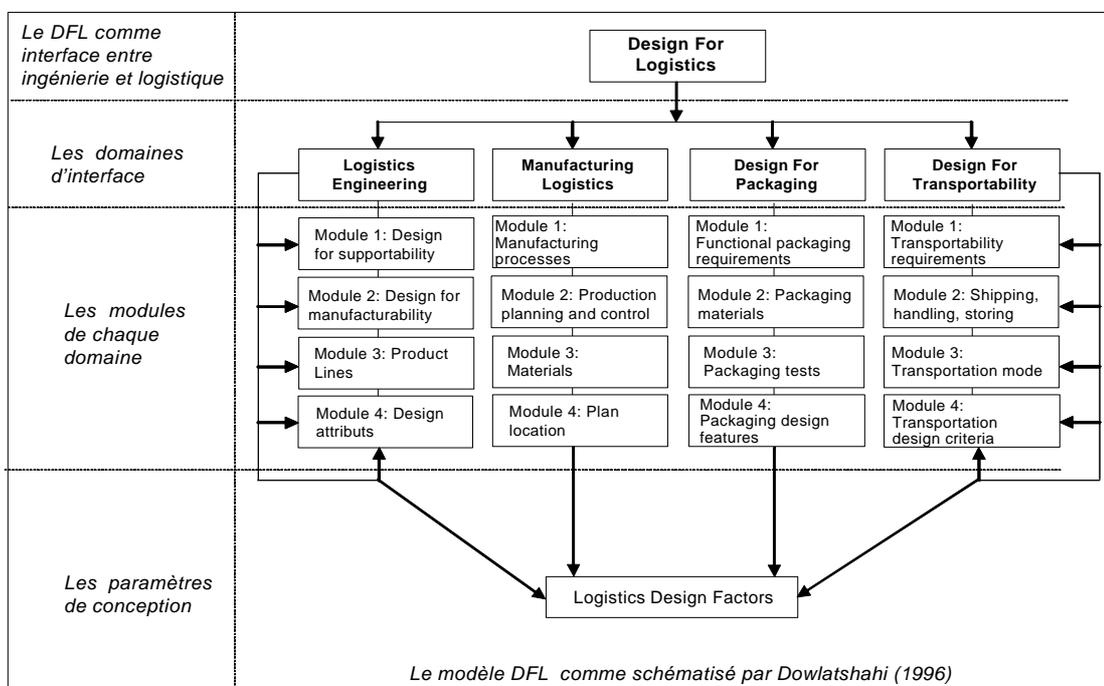


FIGURE 2 - Le modèle DFL de Dowlatshahi (1996, 1999).

Chaque sous-système est divisé en modules qui sont constitués de variables ou paramètres qui doivent être pris en compte dans les choix de conception (*design factors*).

Selon l'auteur, ces facteurs (par exemple : diversité produit, performance produit, poids, spécifications techniques, caractéristiques du marché, type de moyen de manutention, etc.) sont des paramètres qui caractérisent chacun des domaines d'interface.

Ce modèle présente au moins deux aspects qui intéressent particulièrement notre thèse. Premièrement, **il considère le DFL comme une interface pour la collaboration** entre l'ingénierie et la logistique dans le contexte plus global de l'ingénierie concourante.

Deuxièmement, **il est décomposé en domaines d'interface**, ce qui vise à faciliter leur appropriation en fonction des spécificités du projet de conception (les leviers les plus importants, l'intégration avec le process, etc.). Ces deux aspects serviront plus tard dans notre approche d'intégration de la logistique¹.

Néanmoins, Dowlatshahi n'explique pas comment, à partir de ce modèle et ses facteurs, on peut développer les prescriptions ou les règles pour la conception et comment celles-ci peuvent être formalisées et utilisées dans les phases amont des projets.

En termes **d'application industrielle** du concept de DFL, [Cousin \(1995\)](#) a développé chez BULL - fabricant français de matériel et de solutions informatiques - tout un ensemble de principes méthodologiques, d'outils et de prescriptions pour intégrer le DFL dans **toutes les phases** de leur processus de développement de produits. Dans l'approche BULL, le DFL est considéré complémentaire au DFM (*Design For Manufacturing*) et selon l'auteur, *"l'importance du DFL (par rapport au DFM) grandit avec la mise en œuvre de produits standardisés à haut degré de compatibilité donnant de nombreux 'produit-solution'²".*

Un aspect très important dans l'approche DFL de BULL c'est le respect des **spécificités de chaque phase de conception**, ce qui demande la prise en compte de différents aspects logistiques et la spécification différenciée des expertises et des outils de support à la mise en œuvre du DFL.

Dans la description de leur approche, [Cousin \(ibid.\)](#) nous indique clairement le travail conséquent de **structuration du DFL** selon les spécificités du secteur industriel et

¹ Cf. chapitre 3.

² Terme typique au secteur d'informatique et de télécommunications pour désigner les solutions personnalisées développées à partir de plates-formes matériel-logiciel standard.

notamment de l'entreprise dans laquelle le concept est sensé s'intégrer. Cela pose la question sur le problème du niveau de "généralité" des prescriptions DFL : *seraient-elles applicables à toutes les situations ? Seraient-elles, au contraire, une conséquence des contingences locales ?*

Le DFSCM ou "Design For Supply Chain Management"

Le DFSCM peut être considéré comme une variante du DFL, dans la vision plus large de chaîne logistique (*Supply Chain*). Lee et Billington (1992) présentent le concept de DFSCM comme étant une approche importante pour prendre en compte **les coûts** associés au passage du produit (les composants et le produit fini) tout au long de sa chaîne logistique jusqu'au client final. Ces coûts concernent notamment le flux physique, c'est-à-dire le process de production (celui-ci distribué entre les acteurs de la chaîne logistique), de stockage et de distribution. Selon les auteurs, les gains obtenus à travers l'intégration produit-process peuvent être annulés par une augmentation importante des coûts de stockage et de distribution. Ainsi, le DFSCM peut être mis en place au moyen d'une architecture produit dite "générique", ce qui permettrait la différenciation en fonction de la demande à partir d'une plate-forme produit. Ici, l'aspect le plus important est la flexibilité associée à la gestion de la diversité du produit afin de mieux gérer les stocks de produits semi-finis tout au long des canaux logistiques.

Handfield et Nichols (1999) associent la notion de "complexité du produit", en termes de quantité de références différentes qui le composent et du niveau de standardisation de ses composants, avec la performance de la *Supply Chain* du produit. Par exemple, la réduction de la quantité de composants permettrait la réduction des coûts de gestion, de manutention et des stocks dans la chaîne. En ce qui concerne la réduction des délais logistiques, celle-ci serait une conséquence à la fois de la réduction des délais du process, ainsi que des changements sur la conception du produit (*Engineering Change notices*). Les auteurs préconisent aussi dans le cadre du DFSCM, l'intégration des fournisseurs dès les phases amont des projets de conception.

Dans cette même logique de réduction de la complexité du produit, Lin *et al.* (2000) - basés sur une étude de cas de la chaîne logistique d'ordinateurs IBM de moyenne gamme - suggèrent aussi la réduction de la diversité de références à gérer, à travers la substitution de composants ou la simple élimination d'une fonctionnalité. L'hypothèse implicite ici est que

plus les fonctionnalités sont ajoutées à un produit, plus sa structure sera complexe en termes de quantité de références, ce qui est assez discutable à notre avis. Le critère de substitution de composants est le coût : si un composant spécifique a un coût équivalent à un autre composant à même fonctionnalité, il sera substitué pour augmenter le taux d'utilisation d'un même composant dans différents produits¹. Le critère d'élimination de la fonctionnalité c'est la demande : les fonctionnalités du produit qui n'ont pas une demande significative sont candidates à l'élimination.

Dans une approche plutôt managériale, ces travaux sur le DFSCM indiquent quelles sont les variables propres à la conception – la quantité de références, la standardisation, etc. – qui jouent un rôle déterminant sur les coûts logistiques et sur la capacité de répondre aux aléas de demande dans la chaîne logistique. A l'instar du DFL, le DFSCM propose d'intégrer la logistique à travers la définition de prescriptions pour les concepteurs.

Néanmoins, rien n'est dit sur l'action de la logistique comme acteur de la conception sensé intégrer et interagir dans une équipe multimétiers, ou quelles sont les attentes stratégiques de cette fonction par rapport aux nouveaux projets ou aux nouvelles organisations pour la conception. Au-delà des aspects liés aux "bonnes pratiques" de conception, ces questions relèvent du changement organisationnel, des processus d'apprentissage et de l'évolution des métiers de l'entreprise en ayant comme cadre le processus de conception. D'autres travaux fondamentaux se sont intéressés à cette problématique majeure, comme expliqué ci-dessous.

L'intégration des acteurs et des savoirs de la logistique

La littérature sur l'intégration qui met en évidence l'apprentissage collectif dans la conception s'appuie notamment sur l'étude des métiers de la conception, des méthodes et de la fabrication (Moison et Weil, 1992; Hatchuel, 1994; 1996; Bucciarelli, 1994; Sardas 1997; Laureillard, 2000; Boujut et Laureillard, 2002; Détienne, 2005:1, 2005:2). Ces travaux nous apprennent que l'intégration ne peut pas être complètement préconisée ou imposée, puisque il s'agit d'un processus d'apprentissage collectif réalisé dans l'action de conception. Il s'agit en effet d'une construction autour de l'artefact en conception où le problème de l'intégration de règles métiers se transforme dans le problème majeur d'intégration des acteurs, de leurs savoirs et de leurs connaissances.

¹ Nous faisons référence ici au "*part commonality*", terme pour lequel nous n'avons pas trouvé d'équivalent en français (*commonalité?*).

L'artefact, morcelé en plusieurs périmètres, serait l'objet fédérateur des savoirs-faires, des connaissances des acteurs. Ceux-ci, en interagissant collectivement, déclenchent une dynamique d'apprentissages croisés où l'un apprend sur le métier de l'autre, dans une recherche permanente de problèmes qui sont à la frontière entre deux ou plusieurs métiers. Cette dynamique permettrait la construction des nouveaux savoirs et des nouvelles connaissances pour la construction d'un tout intégré, sous la forme d'un produit final et d'une compétence jusqu'alors inexistante. En étudiant cette dynamique d'apprentissage pour l'intégration, il est possible d'observer les logiques d'action et les nouveaux outils qui émergent de l'activité collective.

Dans notre positionnement épistémologique, nous nous appuyerons fortement sur les résultats de ces travaux dans notre thèse pour construire notre approche des interfaces. Nous défendrons ainsi l'idée selon laquelle l'intégration est une construction qui résulte de la formalisation préalable des interfaces.

Néanmoins, les travaux autour du problème d'intégration construite dans l'action reviennent souvent au problème plus fondamental de la conception en tant qu'activité cognitive, collective et distribuée. Ceci est compréhensible, car avant d'intégrer il faut que les choses soient séparées : le travail, les acteurs, l'action, les savoirs, les informations, etc. Dans ce sens, l'intégration acquiert un sens plus général d'articulation, de construction du "nouveau" – inexistant - à partir des morceaux préalablement existants et connus, dans un niveau d'abstraction qui permet de dépasser les limitations intrinsèques aux différences fondamentales entre les acteurs. Au moins, au départ, tous - les acteurs de la conception, indépendamment de leur métier - ont une idée de ce qu'est un dessin technique, une cotation fonctionnelle ou une gamme d'usinage à commande numérique. Le problème est de savoir comment les faire collaborer dans la construction collective de ces objets, étant donné que les points de vue sont différents.

Nous allons montrer tout au long de ce mémoire que la logistique et ses problèmes restent manifestement soit inconnus soit mal connus dans les équipes multimétiers des projets de conception. Les stocks, la stratégie *Supply Chain*, les *lead-times*, les supports de manutention, le juste-à-temps, la taille de lot économique, l'ordonnancement, la planification, le magasinage, la performance de livraison des fournisseurs, la distribution interne, tout cela

semble être très loin de la conception produit-process...du problème de fixation du câblage électrique sur le châssis ou du couple de serrage pour la fixation du réservoir hydraulique...

Toujours à la recherche dans la bibliographie d'une "théorie générale de l'intégration", une de nos questions était au début de savoir s'il serait *possible simplement de transposer, de calquer ou de greffer les approches de l'intégration produit-process dans le cas particulier de la logistique.*

Cependant, l'évolution de la logistique comme fonction industrielle, comme nous la décriverons dans le chapitre 1, pousse d'ores et déjà à une redéfinition des frontières des métiers logistiques même en dehors du cadre des projets et des activités de conception. Cet aspect nous a incité à chercher des spécificités pour l'intégration de la logistique dans la conception : *en quoi l'intégration de la logistique dans le processus de conception serait-elle différente de l'intégration produit-process ? Seront-elles assujetties aux mêmes difficultés ?*

Ces réflexions nous orienteront dans notre approche basée sur les interfaces, ainsi que sur notre modèle d'intégration.

IV. Plan de lecture

Ce document est structuré en sept chapitres. Leur organisation suit une logique similaire à celle utilisée dans la méthodologie de recherche : à partir des situations observées sur le terrain industriel et appuyés sur la littérature, nous prenons du recul afin de développer notre vision de la problématique et d'apporter les résultats de recherche (figure 3).

Le premier chapitre est organisé en trois volets. Dans le premier, nous donnerons un aperçu de la fonction logistique à travers le cas de S.P.E. : son évolution, sa stratégie et sa structure organisationnelle actuelle. Dans le deuxième volet, nous présenterons les modèles de conception de cette entreprise. Finalement, nous discuterons sur le rôle attendu de la logistique dans tous les projets de conception de produits développés chez S.P.E.

Le deuxième chapitre est dédié à la description des prestations logistiques dans le cadre d'un projet particulier : la conception et le développement d'une nouvelle famille de tracteurs à chenilles. Ce chapitre nous amène à la description succincte de la participation des acteurs de la logistique dans les phases amont et aval du projet.

Dans le troisième chapitre, nous prenons du recul pour présenter notre approche d'intégration logistique-conception à travers les interfaces. Le chapitre se divise en deux

parties. Dans la première, nous ferons une revue bibliographique autour du concept d'interface pour ensuite apporter notre propre définition d'interface. Nous dédions la deuxième partie au développement de notre modèle d'interface. Finalement, le chapitre s'achève avec une courte réflexion sur l'intégration basée sur la structuration des interfaces.

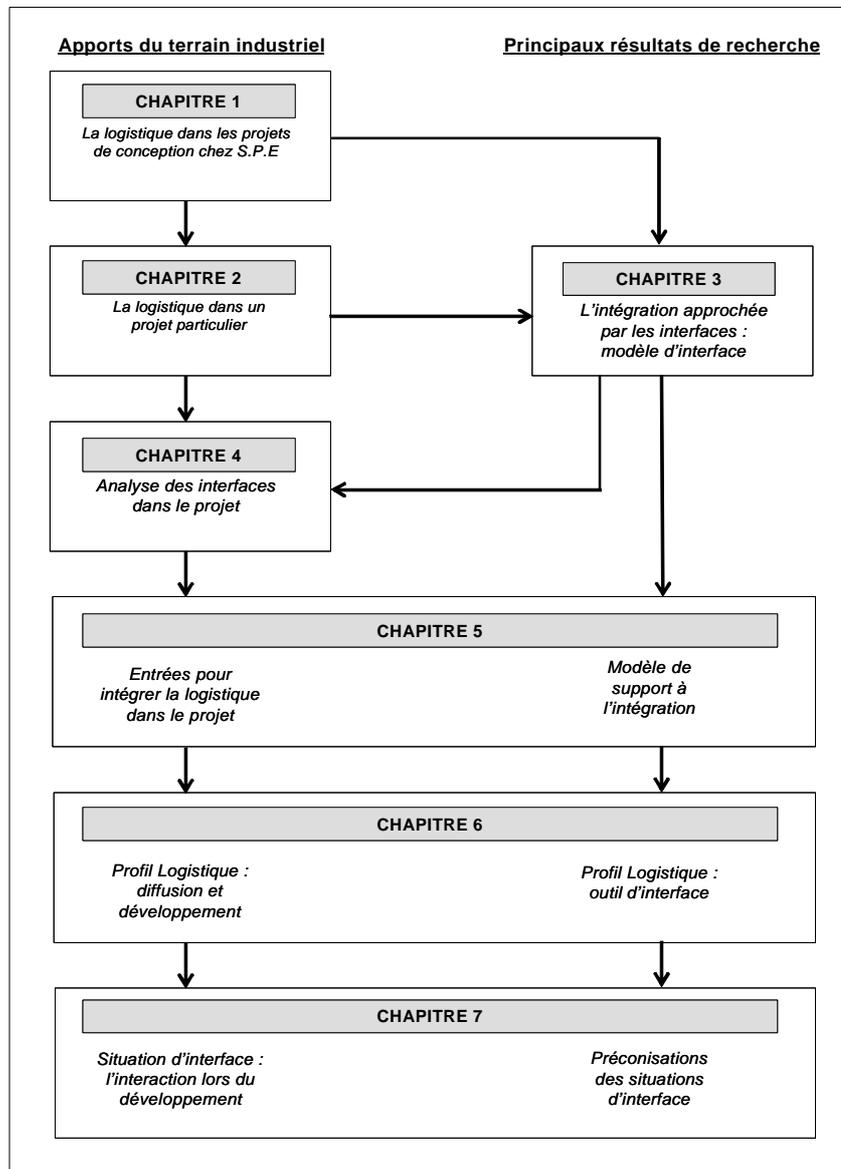


FIGURE 3 - Plan de lecture du mémoire

Le quatrième chapitre concerne une analyse approfondie des interfaces logistique-conception à partir de notre recherche-intervention dans le projet de la famille de tracteurs. Nous proposerons tout d'abord une démarche d'analyse pour ensuite parcourir chacune de ses étapes. A la fin du chapitre nous apporterons des prescriptions qui vont nous orienter dans la suite de notre travail.

Le cinquième chapitre porte sur la proposition d'un modèle de support à l'intégration à deux niveaux. La spécificité de ce modèle est qu'il s'appuie sur une vision différenciée de l'intégration, selon la phase du processus de conception. Nous utilisons ainsi comme exemple le cas des modèles de conception de la société S.P.E., comme définis dans le premier chapitre.

Nous consacrons **le sixième chapitre** à la présentation de l'outil Profil Logistique, un outil d'interface pour supporter les interactions entre les acteurs de la logistique et de l'ingénierie dans les phases amont des projets. De prime abord, nous allons justifier nos hypothèses pour le développement de cet outil. Ensuite, nous le caractériserons et nous développerons ces composants, dans un travail collaboratif réalisé au sein de S.P.E. avec une équipe multifonctionnelle.

Dans **le septième chapitre** nous développerons les situations d'interface appuyées sur le Profil Logistique. Le chapitre s'achève avec les remarques finales pour la mise en place de l'outil.

Finalement, nous ferons en guise de conclusion une synthèse de nos travaux, des contributions principales et des perspectives dans ce champ de recherche.

*"Rien n'est permanent, sauf le changement."
Héraclite d'Ephèse (v. 576 - v. 480 av. J.-C.).*

Chapitre 1

La logistique dans les projets de conception de produits chez S.P.E.

L'*European Logistics Association (ELA)* définit la logistique comme :

*"Planification, exécution et contrôle du transit et de la mise en place de personnes et/ou de biens, ainsi que des activités de support concernant ce transit et cette mise en place, dans le cadre d'un système organisé afin d'aboutir à des objectifs spécifiques."*¹

Néanmoins, cette définition générale ne nous permet pas de saisir les caractéristiques de la logistique de l'entreprise industrielle moderne. Pour palier cette limitation, nous allons consacrer une partie de ce chapitre à expliquer la logistique en tant que fonction industrielle. Ainsi, nous le ferons en deux temps.

Premièrement, nous allons présenter la fonction logistique en prenant en compte notre étude sur les aspects historiques et les spécificités de l'organisation logistique de la société S.P.E. A travers cette étude, nous aborderons et expliquerons comment la logistique a bâti son rôle stratégique dans la structure de l'entreprise. Outre son organisation, nous discuterons aussi de la transversalité et de la dialectique inhérentes à la fonction logistique

¹ *"Planning, execution and control of the movement and placement of people and/or goods and of the supporting activities related to such movement and placement, within a system organized to achieve specific objectives." In **ELA Certification Standards**, 2005, p. 4, (sur <http://www.elalog.org/>).*

actuelle, ainsi que le besoin d'une forte coordination entre les processus *Supply Chain* et le processus de conception de produits.

Deuxièmement, nous allons nous pencher sur les modèles normatifs de la conception de produits de cette entreprise et expliquer comment la logistique est sensée s'y inscrire.

Le chapitre s'achève avec une première réflexion concernant la sollicitation pour que la logistique participe à la vie des projets de conception de produits.

1.1. Un aperçu de la logistique des engins de chantier produits par S.P.E.

Notre aperçu s'appuie sur une vision générale de la chaîne logistique des engins de chantier (ou de terrassement et travaux publics) pilotée par S.P.E.

D'abord nous identifions les acteurs principaux avant de décrire le fonctionnement interne de la chaîne logistique, en mettant en exergue les spécificités de chacun d'entre eux.

1.1.1. Les principaux acteurs du secteur d'engins

Nous pouvons répertorier les acteurs principaux des chaînes logistiques du secteur d'engins de terrassement et travaux publics à partir des fournisseurs de deuxième rang jusqu'aux clients finaux (tableau 2).

Les fournisseurs de deuxième rang, souvent des petites ou moyennes entreprises / industries - PME/PMI –, approvisionnent les fournisseurs de premier rang avec notamment des matières premières et des composants semi-finis ou finis pour la production des systèmes principaux des engins.

Les fournisseurs de premier rang constituent pour la plupart des vrais partenaires, à l'égard des autres sites du même groupe industriel ou des équipementiers du secteur automobile. A ce niveau, ils sont capables non seulement de produire et d'approvisionner des composants à forte valeur ajoutée, mais aussi d'offrir des services d'ingénierie, notamment la conception de composants. Les prestataires logistiques sont aussi considérés comme des fournisseurs de premier rang, du fait qu'ils établissent des contrats directement avec l'usine terminale.

Les usines terminales sont des sites industriels des grands groupes du secteur (tableau 2). Les produits finis sont des tracteurs et chargeuses à chenilles, pelles hydrauliques

à chenille ou à pneus, chargeuses pelleteuses, niveleuses, tombereaux, bétonnières, machines spéciales, ainsi que des gros composants finis (trains de roulement, outils, etc.).

Acteurs	Exemples
Fournisseurs de 2^{ème} rang	<ul style="list-style-type: none"> • PME/PMI • Sidérurgies • Revendeurs de matière première
Fournisseurs de 1^{er} rang	<ul style="list-style-type: none"> • PME/PMI • Prestataires logistiques (transport, stockage, préontage et conditionnement) • Entreprises de conception et production de systèmes mécaniques, hydrauliques et électro-électroniques. • Grands groupes d'équipementiers du secteur automobile • Autres sites du même groupe industriel installés en d'autres pays
Usines terminales ou intégrateurs finaux	<ul style="list-style-type: none"> • Constructeurs d'engins: PMI et les grands groupes du secteur (par exemple : Komatsu, Volvo, John Deer, etc.).
Concessionnaires	<ul style="list-style-type: none"> • Réseau indépendant de revendeurs agréés par les constructeurs
Clients finaux	<ul style="list-style-type: none"> • Les entreprises de BTP en général, les prestataires de services, entrepreneurs, etc. • L'Etat (chantiers publics, forces armées, etc.) • Agriculteurs • Les entreprises d'exploitation de minerai • Les entreprises de sidérurgie • Les loueurs d'engins.

TABLEAU 2 : Les principaux acteurs des chaînes logistiques du secteur d'engins de terrassement et travaux publics.

Les concessionnaires sont les entreprises qui forment le réseau indépendant de revendeurs d'engins, de pièces détachées, de services de location et d'après-vente. La spécificité de ce réseau est qu'il est responsable de la relation client et de la gestion de la logistique de distribution en aval.

Finalement, les clients finaux sont très variés : les entreprises de BTP (Bâtiment et Travaux Publics), l'Etat à travers leurs différentes institutions, la filière agricole, le secteur de la sidérurgie, du pétrole, ainsi que les personnes physiques qui louent des heures-machine aux entreprises de location d'engins, autre que les concessionnaires.

Cette diversité d'acteurs nous interroge sur l'architecture de la chaîne logistique de ce secteur, expliquée à travers l'exemple de S.P.E.

1.1.2. L'architecture générale de la chaîne logistique pilotée par l'entreprise

En prenant le site de S.P.E. comme l'usine terminale et pivot de la chaîne logistique (figure 4), nous pouvons diviser celle-ci en "chaîne amont" (avec les fournisseurs de premier et deuxième rang et les prestataires de services) et "chaîne aval" (constituée par le réseau de concessionnaires et les centres de distribution de pièces détachées). Il s'agit d'une répartition classique des flux concernant les opérations avant l'intégration finale de l'engin et celles concernant la livraison et la commercialisation de produits finis (Tixier, Mathe et Colin, 1996). Sur la figure, nous remarquons que les concessionnaires ("D") ont des stocks d'engins montés et d'autres produits finis, par exemple les outils (godets, pelles, etc.).

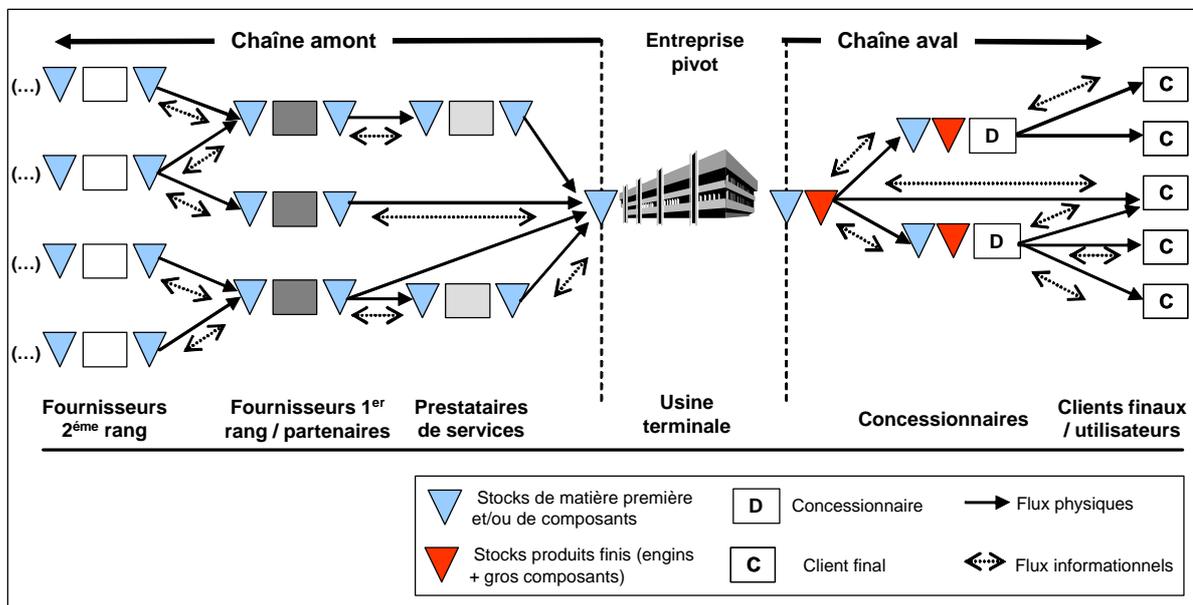


FIGURE 4 - Chaîne logistique du secteur d'engins pilotée par S.P.E.

Du fait du réseau indépendant de concessionnaires à l'aval, le pilotage de la chaîne logistique par S.P.E. est plutôt dirigé sur la chaîne amont qui constitue en effet un réseau imbriqué composé notamment par les fournisseurs de premier rang et partiellement par les fournisseurs de deuxième rang. En effet, S.P.E. comme entreprise Donneur d'Ordres joue un rôle privilégié dans le contrôle des relations entre les fournisseurs de premier et deuxième rangs.

L'un des aspects importants est que la plupart des chaînes sont globalement distribuées (notamment en Europe, aux Etats-Unis, en Amérique Latine et en Asie) et orientées vers le client final par le biais des concessionnaires. Par ailleurs, si cette architecture

générale de chaîne est stabilisée, la distribution d'activités et les membres des chaînes sont en constante mutation. Les intégrateurs se sont repliés ces dernières années sur leurs activités clés (développement produit, intégration finale et gestion de la chaîne) (Gunasekaran et Ngai, 2004), ce qui fait qu'une partie conséquente de la valeur ajoutée des engins est achetée (autour de 60 à 70%).

Ainsi, il existe une diversité importante en termes de configurations des machines finies, plutôt montés à la commande (forte orientation *Build-To-Order* - *BTO*), même si une partie de la production reste encore dédiée au montage pour stock (*Make-To-Stock* - *MTS*). Comme comportement général, plus l'entreprise fait du *BTO*, plus elle sera réactive pour répondre à la commande client et aux fluctuations de demande, selon Gunasekaran et Ngai (2004). Par ailleurs, le secteur d'engins de chantier se caractérise par une activité saisonnière (forte augmentation à la fin et au début de l'année pour que le client ait les machines durant l'été en hémisphère nord, où se localisent les marchés les plus importants).

Outre le montage à la commande, les constructeurs réalisent aussi le développement à la commande (*Engineering-To-Order* - *ETO*) à travers des projets spéciaux. Par exemple une pelle hydraulique sans train de roulement et instrumentée avec des outils spéciaux, pour les plates-formes de pétrole.

Les composants varient énormément en termes d'encombrement et de poids, depuis les boulons jusqu'aux gros ensembles mécano-soudés achetés finis ou semi-finis, ce qui demande une diversification au niveau des flux physiques et informationnels.

Les flux physiques

Les flux de matière (matière première + composants semi-finis et finis) atteignent une portée globale, en fonction de la distribution géographique des fournisseurs. Par exemple, le moteur de l'engin vient des Etats-Unis, la cabine de l'opérateur est fabriquée en Europe, d'autres composants viennent du Japon et ainsi de suite.

Les livraisons de matière sont normalement réalisées par des sous-traitants du secteur du transport (routier, ferroviaire, maritime et moins souvent, aérien). Ces livraisons sont faites directement chez le constructeur ou bien chez un sous-traitant de services de préparation (prémontage, peinture finale composant, etc.), en respectant la planification de l'usine et en prenant en compte les délais nécessaires aux fournisseurs (délai du fournisseur), de livraison et de traitement interne des composants. Chaque composant respecte un canal logistique

développé pour traiter les composants qui ont des caractéristiques similaires de logistique et de demande. Il existe ainsi deux politiques principales de fréquence d'appel de composants, résultat de la double stratégie *MTS* et *BTO* :

a) **Flux poussé.** Basé sur la logique de planification MRP. Les quantités sont automatiquement calculées par le système d'information, en fonction de données de demande et de niveau de reapprovisionnement des stocks. Les composants gérés par cette politique d'approvisionnement sont souvent facilement trouvés sur le marché de fournisseurs et n'ont pas une valeur d'achat trop importante par rapport aux composants approvisionnés en flux tiré.

b) **Flux tiré.** Basé sur la logique de Juste-à-Temps. Dans ce cas, les approvisionnements concernent notamment de gros composants à forte valeur ajoutée et la planification est communiquée par le constructeur aux fournisseurs sur une base hebdomadaire.

Dans les spécificités de S.P.E., les stocks qui appartiennent à l'entreprise sont distribués sous deux formes : d'abord les stocks de production (les composants, les sous-ensembles, les matières premières, les en-cours et les stocks de sécurité), localisés en usine ou chez les sous-traitants, mais gérés par les services logistiques de S.P.E. Ensuite les stocks de produits finis (les machines ou des gros composants en configuration standard et montées selon une prévision de demande et stockées dans les parkings de l'usine (figure 4)).

Un autre aspect important du flux physique est la **différentiation de configuration** du produit ou plus spécifiquement, les points de différenciation. Certes, l'usine terminale est le point principal de différenciation, mais les concessionnaires les plus équipés constituent des points de différenciation retardée, à travers des opérations de montage final de certains sous-systèmes (exemple type : le montage de la lame ou du godet) et de fabrication (petits soudures, une peinture spéciale, etc.). Néanmoins, le temps de réaction (la capacité de réponse à une commande) est défini par rapport à la configuration des machines standard.

Parmi les opérations de différenciation, S.P.E. a développé le concept de **Direct Shipment** ("livraison directe"). Il s'agit en effet d'une innovation de la logistique de l'entreprise en ce qui concerne la chaîne logistique aval. Cette opération a été mise en place pour améliorer le délai de livraison de machines finies qui sont envoyées directement chez le client final, sans passer par le concessionnaire, comme c'est le cas courant (figure 4). Même si la livraison directe est gérée par l'usine terminale, tous les stocks composants et machines

appartiennent au concessionnaire, auprès de qui le client a passé sa commande.

Les flux informationnels

Ces flux sont associés aux échanges d'informations de planification, de gestion et de pilotage de la chaîne logistique. Les flux informationnels sont aussi diversifiés et réalisés à travers l'Intranet, l'EDI ("*Electronic Data Interchange*"), le FAX et aussi souvent par téléphone. Il y a les flux entre le constructeur et le réseau de concessionnaires qui donnent la demande ferme ou prévisionnelle. D'autres flux concernent l'appel de composants chez les fournisseurs, selon la planification de production.

Il y a deux types de demandes gérées dans les flux informationnels : indépendante et dépendante. Le premier type concerne la demande de machines finies ou de gros composants finis (train de roulements, outils, etc.). Cela veut dire qu'elle n'est pas rattachée à une demande de niveau hiérarchique supérieur (par rapport à la gamme de fabrication ou de montage). Le deuxième type concerne la demande des composants répertoriés dans le système MRP et utilisés pour le montage des composants finis et des machines. Cela veut dire que la demande est dépendante des commandes fermes ou prévisionnelles (la demande indépendante). En fonction de chaque type de demande, les systèmes de planification calculent les besoins et définissent un plan d'approvisionnement des matières nécessaires pour la production.

Les flux – physiques et informationnels - sont organisés et pilotés selon une **vision processus**. Il s'agit d'une orientation stratégique de l'entreprise appuyée notamment sur la gestion de ses activités par ces flux. La logistique se trouve au cœur même de cette orientation stratégique. Pour comprendre comment cette fonction a développé son rôle stratégique, il est judicieux de nous pencher brièvement sur l'histoire de l'évolution des services logistiques chez S.P.E.

1.2. L'évolution de la logistique chez S.P.E.

"Avant, on travaillait dans un monde [...] où la mondialisation n'existait pas [...]. T'avais la plupart du temps des fournisseurs locaux, qui étaient complètement dévoués S.P.E. Aujourd'hui, avec le phénomène de la mondialisation et S.P.E. qui s'inscrit là-dedans, t'as des fournisseurs partout dans le monde, Japon, USA, Inde etc. Donc, si derrière tu n'as pas une logistique qui est soutenue, jamais tu arriveras à produire tes produits dans le temps voulu, avec le délai voulu".

(Y. R., l'un des premiers responsables du service logistique de support en 1990).

Cette réflexion montre bien les changements qui se sont opérés dans l'environnement industriel de l'entreprise et qui ont sensibilisés S.P.E. en ce qui concerne le rôle stratégique des compétences logistiques. Regardons comment, au long de l'histoire du site industriel, la logistique est passée d'une organisation éparpillée dans différents services secondaires à une structure intégrée et porteuse de la stratégie globale de l'entreprise.

1.2.1. L'organisation logistique au long de l'histoire du site industriel

Afin de positionner les changements chez S.P.E., nous allons nous servir de la grille de structures organisationnelles de la logistique proposée par Livolsi (2001) (tableau 3).

Type de structure de la logistique d'entreprise	Caractéristiques principales
Fragmentée	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Informelle et subalterne des trois fonctions-métiers principales (marketing, production, finance). ▪ Forte spécialisation et décentralisation décisionnelle au niveau des fonctions ▪ Objectifs contradictoires, avec l'arbitrage de la direction générale.
Fonctionnelle	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Organisation formelle et qui légitime la fonction dans l'entreprise. ▪ La fonction concerne soit la logistique aval (distribution), soit la logistique amont (p. ex., l'approvisionnement et organisation de la production). ▪ Création du rôle de directeur logistique qui centralise les décisions et la coordination avec les autres fonctions.
Intégrée dans une fonction transversale	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Regroupement matriciel des activités associées aux flux physique et informationnel. ▪ Transversalité caractérisée par la mobilisation de différentes compétences et par les interfaces avec les autres fonctions de l'entreprise et les fournisseurs extérieurs. ▪ Statut stratégique en coordination directe avec la direction générale.
Intégration interorganisationnelle	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elargissement de la gestion et de l'action au long de la chaîne logistique, de façon à assurer une bonne performance de tous les processus. ▪ Transversalité entre différentes organisations, où chaque service est chargé de gérer une interface précise en interne et à l'extérieur de l'entreprise. ▪ Centralisation décisionnelle au niveau stratégique et décentralisation au niveau opérationnel.

TABLEAU 3 : Structures organisationnelles de la logistique industrielle selon Livolsi (2001)

La figure 5 montre les changements majeurs de l'organisation logistique de S.P.E. dans les quarante dernières années.

En 1961, S.P.E. s'est installée à Grenoble avec un effectif de 300 personnes, à travers le rachat des actifs de l'ancien constructeur d'engins Simatra qui appartenait au groupe français Richier. Pendant les années 1960, S.P.E. suivait une architecture industrielle verticale, à l'instar d'autres secteurs manufacturiers de l'après guerre, notamment l'automobile.

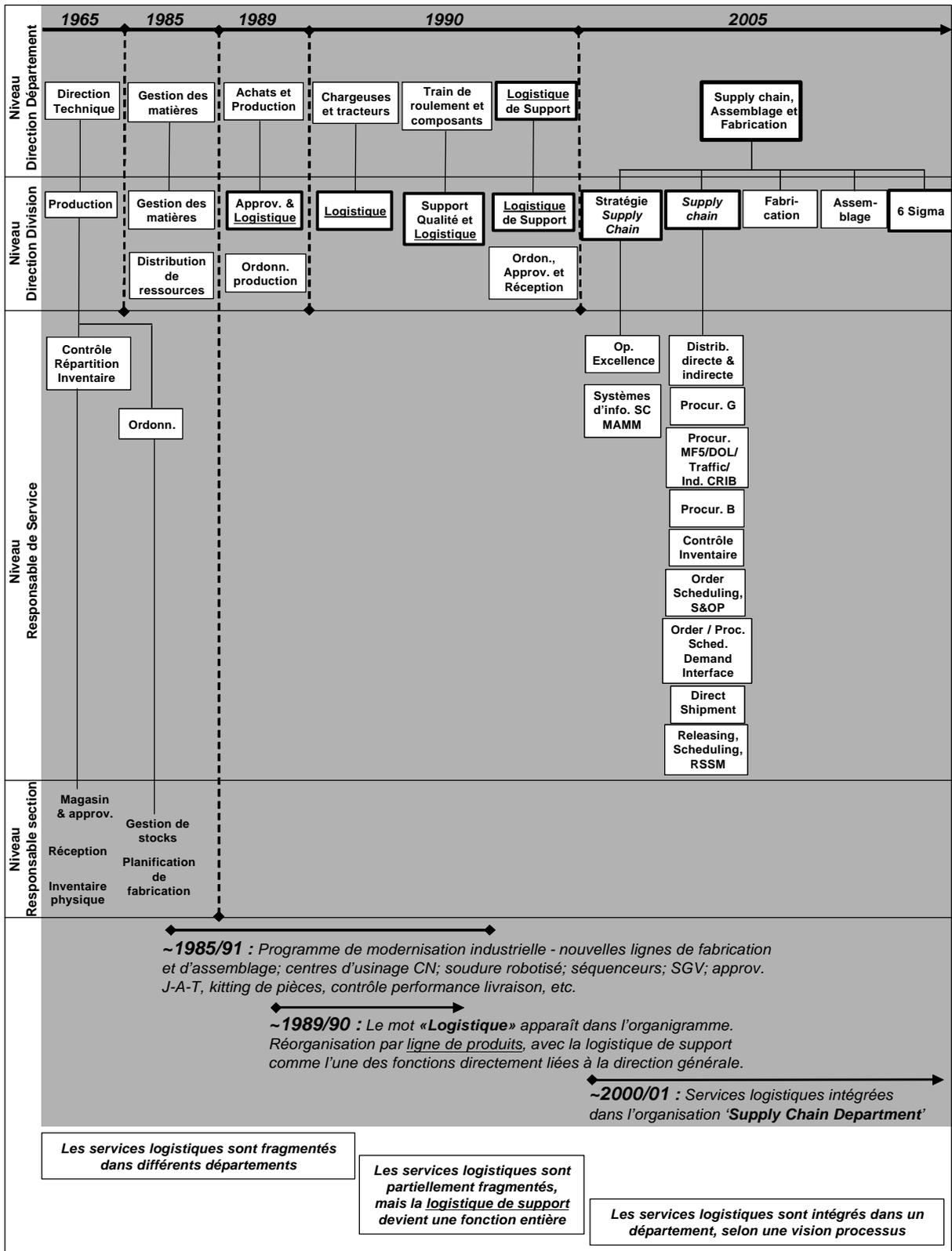


FIGURE 5 - L'évolution de la structure de la logistique chez S.P.E. (sources : le périodique de circulation interne de l'entreprise et

d'autres documents internes).

Vers la moitié des années soixante (figure 5), les services relatifs à la gestion et à l'exécution des flux physiques internes de matières premières et de pièces finies étaient subordonnés aux fonctions classiques de l'entreprise industrielle de l'époque.

Nous citons comme exemple la division de production (avec les services de l'ordonnancement, de gestion de stocks et la distribution interne), le bureau d'études (avec la gestion de nomenclatures d'étude et de production) et les achats (toutes les activités concernant l'approvisionnement et la gestion de fournisseurs). Cette configuration constituait une *structure fragmentée* de la logistique, au sens de Livolsi (2001), car fortement décentralisée et subalterne (voir tableau 3).

A partir de cette période et jusqu'à 2005, nous percevons comment cette première organisation fragmentée a migré vers des structures plus complexes en accord avec l'évolution de l'environnement industriel (figure 5). Pendant approximativement 20 ans (1965-1985), les services logistiques sont restés subordonnés aux directions de département, celles-ci étant rattachées directement à la Direction Générale de S.P.E.

En 1985, la logistique était encore fragmentée par rapport à l'organisation de 1965. En effet, le département de Gestion des Matières (*Materials*) comprenait la fonction achats, gestion et planification de ressources (*Material Requirements*), ainsi que la distribution interne des matières (*Material Distribution*). Par ailleurs, la gestion de nomenclatures du produit (non montrée sur la figure) était sous la hiérarchie du département Ingénierie & Qualité (*Engineering & Quality*).

1.2.2. *De l'émergence de la structure fonctionnelle logistique...*

La fin des années 1980 et le début des années 1990 fut une période charnière. Le mot "logistique" apparut pour la première fois dans l'organigramme de l'entreprise en 1989¹, au niveau Direction de Division, mais la logistique était encore subordonnée au nouveau Département Achats et Production de l'époque.

Ce changement n'a pas été seulement une innovation organisationnelle, mais faisait aussi partie d'un programme majeur de modernisation industrielle, constitué de plusieurs

¹ Au niveau de la corporation, S.P.E. avait déjà créé en 1987 la branche "*S.P.E. Logistics Services, Inc.*" une organisation indépendante composée notamment de plates-formes responsables pour la logistique de distribution de composants de rechange et de produits finis.

actions dans le sens de restructurer le site français pour faire face aux nouvelles conditions de production (figure 5). L'usine comptait un effectif de 2 207 personnes, pour une production annuelle de 2 929 engins, entre tracteurs et chargeuses à chenilles.

Moins d'un an après, en 1990, nous voyons l'émergence de la logistique de support comme une fonction à part entière (figure 5), mais encore en coexistence avec les services logistiques éparpillés dans une structure fragmentée (cette fois-ci en respectant une nouvelle organisation divisée selon le type de produit fabriqué par l'usine).

Durant les années 1990, les services concernant les activités logistiques ont été centralisés au niveau de la Direction de Département sous l'appellation "Services Techniques et Logistiques". Cette nouvelle structure organisationnelle a anticipé un changement important d'orientation stratégique, même si une partie des services concernant le flux physique (par exemple "Contrôle Réception") restait sous la hiérarchie des Achats. Là, nous voyons l'apparition du directeur de département logistique - pour la première fois - au même niveau que les autres directeurs produit et de production et directement rattaché à la direction générale du site.

Outre le fait de faire remonter les hiérarchies, la *visibilité* de la logistique est désormais totale en termes de pouvoir décisionnel dans l'entreprise, car plus centralisée, **tout en assurant les liens permanents entre l'opérationnel et le stratégique**, comme l'a remarqué Livolsi (2001).

Dans cette période, la logistique chez S.P.E. a commencé à construire des compétences transversales sensées apporter un avantage compétitif important pour l'entreprise.

Le discours managérial de l'époque ne laisse aucun doute :

*" [...] La vocation générale de la Logistique, qui est parfois mal comprise, peut se définir comme étant la gestion et la maîtrise de deux flux principaux : les flux physiques (matière, composants, produits semi-finis et finis) et les flux d'informations, notamment au travers des systèmes d'informations. En d'autres termes : la bonne matière, en bonne quantité, au bon endroit, au bon moment, et ce, au plus juste prix. [...] Trop souvent, la Logistique est considérée comme une affaire de spécialistes. Or, au travers des flux d'informations, **tous les secteurs sont concernés [...] des modifications importantes devront prendre place** de manière à continuer d'améliorer notre compétitivité au niveau mondial en termes de coûts, qualité, délais tout en devenant de plus en plus flexible à l'introduction des nouveaux modèles et à la variation de programmes. [...]"*

(D.D., directeur de département. Périodique interne S.P.E., N. 80, mars 1996)

1.2.3. ...jusqu'à la structure intégrée Supply Chain

La structure fonctionnelle intégrée a commencé à prendre place à la fin 2000 sous la forme de l'organisation "*Supply Chain* et services techniques". Cette nouvelle structure, héritière des "Services Techniques et Logistiques", a rassemblé non seulement les divisions responsables de tous les services logistiques précédents (aux niveaux stratégique, tactique et opérationnel), mais aussi la gestion des projets industriels, le laboratoire qualité et la Division des projets *Six Sigma*¹.

Si nous revenons à la grille de Livolsi (2001), la nouvelle organisation se caractérise par l'intégration des fonctions logistiques dans une structure matricielle dans laquelle la transversalité des compétences est un aspect intrinsèque.

Ce changement a marqué un tournant dans le rôle et la place de la logistique chez S.P.E., car il concrétisait son caractère stratégique en rapprochant cette fonction de la stratégie même de l'entreprise. Si historiquement les services logistiques ont supporté de façon séparée les stratégies locales de chacune des fonctions auxquelles ils ont été rattachés, avec la nouvelle organisation le scénario stratégique est façonné aussi par la logistique, tout en suivant une vision globale *Supply Chain* définie au niveau de l'entreprise.

Ce changement majeur d'orientation de la logistique dans l'entreprise industrielle a été signalé par Y. Pimor (1998) : "*la logistique, fonction de l'entreprise, trouve sa finalité au sein de la stratégie de l'entreprise*" (*ibid.*, p. 311).

1.2.4. La logistique au cœur de la stratégie Supply Chain de l'entreprise

Au terme de notre étude sur l'évolution de la structure de la logistique chez S.P.E., ce qui est frappant en regardant les organigrammes successifs c'est que l'évolution de l'organisation logistique est un reflet aussi d'un changement fondamental dans la stratégie de l'entreprise. Il s'agit du passage de la quête de productivité, un paramètre interne² du site industriel, vers une stratégie centrée sur la rapidité pour répondre aux besoins des clients et aux fluctuations de demande dans la chaîne logistique.

Affranchie des hiérarchies intermédiaires et plus que jamais liée directement à la

¹ Il s'agit de projets transversaux qui suivent la méthode de même appellation, dans laquelle les acteurs occupent une position hiérarchique selon leur niveau de compétence dans la méthode : ceintures jaunes, vertes ou noires respectivement.

² En effet, Il y a avait toute une équipe chargée de chronométrer les activités des opérateurs de machine-outil, afin de standardiser et d'améliorer la performance des temps opératoires, ce qui a été assouplie et finalement éliminée par l'arrivée de la commande numérique.

Direction Générale de l'entreprise, le département *Supply Chain* a pu développer et mettre en place des processus de gestion et de pilotage logistiques dont la visibilité et la portée dépassent largement les frontières du site industriel, pour s'inscrire définitivement dans la démarche de gestion de la chaîne logistique.

En effet, le concept de *Supply Chain* comme processus intégré s'insère dans les nouvelles directives stratégiques définies au niveau de la corporation S.P.E. Ce concept est fondées sur les principes managériaux du *Supply Chain Management (SCM)* (Houlihan, 1988; Christopher, 1998; Govil et Proth, 2002).

Chez S.P.E., cette nouvelle vision stratégique se déploie notamment à travers la quête de la réduction de la totalité des délais qui composent le processus global de la chaîne logistique amont et aval. Ainsi, outre les objectifs permanents de réduction des coûts, la compétitivité s'appuie notamment sur la réduction du délai total de la chaîne logistique. Ce délai total (*Lead-Time*) est découpé selon chaque étape principale du processus *Supply Chain* : dès le traitement des commandes jusqu'à la livraison finale de l'engin aux concessionnaires, en passant par les temps de production des fournisseurs, d'approvisionnement, de production en usine terminale et de livraison finale.

Cet objectif stratégique est synthétisé sur la forme d'un indicateur transversal de performance, car il concerne tous les processus de la chaîne logistique. Il s'agit du concept de "*Product Availability*" (pour mise à disposition du produit) et cela avec une réduction des coûts totaux logistiques, notamment des stocks. Pour atteindre ce but, les moyens envisagés sont : l'approche de montage final de modules de l'engin, où leur approvisionnement est en Juste-à-Temps; la réduction de la quantité totale de références différentes à gérer par les services logistiques, ainsi que la formation d'employés multi qualifiés et flexibles pour répondre aux contraintes de saisonnalité du secteur.

En outre la convergence de la stratégie de S.P.E. vers une approche éminemment appuyée sur la *Supply Chain*, le rôle stratégique de la logistique dans l'entreprise a été accentué ces dernières années par la mise en place du Département "*Supply Chain, assemblage et fabrication*".

1.3. Le Département "*Supply Chain, assemblage et fabrication*" : l'intégration de la logistique et de la production

La structure organisationnelle *Supply Chain* a été changée dernièrement afin d'y

intégrer aussi la fabrication et l'assemblage. Le nouveau département "*Supply Chain*, assemblage et fabrication" a gardé évidemment toutes les compétences logistiques et a intégré les fonctions traditionnellement connues et rassemblées sous la production¹. Une telle organisation vient ainsi consolider un processus de changement fondamental en termes d'orientation, du pilotage stratégique et de structure même de l'entreprise².

Il s'agit d'une inversion de positions hiérarchiques. Les services logistiques, au départ subordonnés à la production ou à la direction technique selon une structure typique des années 1960, s'intègrent désormais dans une organisation où on trouve aussi la production sous la responsabilité de la direction *Supply Chain*. Cette nouvelle structure s'avère plus en rapport avec la notion de *Supply Chain* intégrée, la vision stratégique dominante au début des années 2000 où la production devient l'une des phases du processus.

Ainsi, le management logistique de S.P.E. – avec l'approbation et le support de la Direction Générale - joue le double rôle de pivot central entre l'amont et l'aval (par rapport aux flux physiques et informationnels dans la chaîne logistique) et entre le stratégique et l'opérationnel (par rapport au niveau décisionnel). L'une des implications de ce double rôle a été la réorientation de la stratégie même de l'entreprise qui s'est tournée vers une vision logistique. Cette nouvelle orientation s'exprime et se répand de différentes manières : à travers le programme interne d'excellence opérationnelle qui formalise toutes les activités selon un modèle processus transversal à toutes les fonctions; à travers les nouveaux indicateurs de performance appuyés notamment sur le respect strict des délais de livraison (en amont et en aval) – en particulier la notion de *Product Availability* - et de l'exactitude des flux informationnels en consonance avec les flux physiques.

Dans un regard générique, le double rôle - stratégique et opérationnel – attribue à la logistique une **transversalité** dans différentes dimensions : organisationnelle, décisionnelle, opérationnelle et en termes de compétences métiers. Aurifeille *et al.* (1997) parlent même de "transversalité interne et externe", afin d'exprimer la portée des interactions menées par la logistique dans l'entreprise industrielle moderne et vis-à-vis des acteurs de la chaîne logistique. Stock *et al.* (2000) reconnaissant que la logistique ne peut plus être reléguée à un rôle restreint de "fonction industrielle", mais qu'elle devrait être définitivement intégrée à la

¹ Dans la spécificité de l'organisation S.P.E., il s'agit ici notamment de la production d'engins finis et de ses composants principaux, à l'exception des trains de roulement qui restent dans une autre division.

² Nous remarquons qu'à la fin 2004, l'effectif du département Supply Chain, Assemblage et Fabrication correspondait approximativement à 50,5% de la totalité du personnel de S.P.E., toutes catégories confondues.

stratégie des entreprises, en interne et à l'extérieur (a niveau de la *Supply Chain*). J. Colin (2005) met l'accent sur l'une des conséquences majeures de cet alignement de la stratégie de l'entreprise industrielle aux préceptes de la logistique : l'entreprise industrielle passe à un modèle de gestion *par les flux*, ce qui demande selon l'auteur une redéfinition des modes d'intervention de chaque fonction dans cette nouvelle réalité.

En revanche, comme le signalent Tixier, Mathe et Colin (1996), il existe une ambiguïté intrinsèque associée au concept même et au statut de la logistique dans l'entreprise industrielle. Selon ces auteurs, malgré son importance reconnue et sa dominance sur la stratégie de l'entreprise, la fonction logistique ne peut pas être confondue avec la Direction Générale (*ibid.*, p. 55). Et cette ambiguïté associée aux attributs de transversalité confèrent à la logistique un caractère *dialectique*.

1.3.1. *Le caractère dialectique de la fonction logistique*

La structure organisationnelle, les orientations stratégiques et la transversalité de la logistique actuelle de S.P.E. nous permettent d'identifier ce que N. Fabbe-Costes (1997; 2005) appelle de "dialectique permanente".

A force de gérer des questions qui traversent les axes opérationnel / stratégique et organisationnel (vertical / horizontal), tout en mobilisant des compétences diverses et complémentaires, la logistique se place constamment dans des situations ambiguës. Il s'agit de situations souvent conflictuelles, puisque contradictoires entre les extrêmes de ces axes.

Chez S.P.E., les exemples de ce caractère dialectique sont fort nombreux : il faut réduire la totalité des stocks sans compromettre l'approvisionnement de lignes de montage; il faut diminuer les délais dans la chaîne logistique sachant que les fournisseurs sont de plus en plus éloignés géographiquement; il faut standardiser les flux physiques sachant que la diversité de références et de configurations produit augmente constamment; il faut être en phase avec la stratégie des usines sœurs sachant que de nombreuses procédures internes sont différentes et spécifiques à chaque site. Le défi ici est sans aucun doute la maîtrise de cette dialectique permanente.

Si d'une part ce caractère dialectique est apparemment intrinsèque à la logistique en tant que fonction industrielle, il est certain que cela implique au moins deux aspects majeurs déjà soulignés dans la littérature : premièrement la répartition des connaissances-métiers

nécessaires pour comprendre et pour maîtriser les logiques de gestion et de pilotage des processus logistiques. Deuxièmement, le besoin d'une forte coordination.

1.3.2. *La répartition des connaissances-métiers logistiques*

Sur la base du cas de l'organisation logistique de S.P.E., nous pouvons affirmer que chaque service logistique a des responsabilités et des démarches spécifiques, même si les orientations générales sont communes et partagées.

Cela exige de la part de leurs acteurs la maîtrise de connaissances et de savoir-faire qui leur sont propres. Certes, si la logistique est transversale et dialectique, les compétences nécessaires pour gérer les processus sont distribuées. Comme l'a signalé N. Fabbe-Costes (1997), "*la transversalité induit une répartition des connaissances directe ou indirectement associées au pilotage logistique parmi les différents acteurs qui forment la chaîne logistique*" (*ibid.*, p. 143).

La répartition des connaissances est d'autant plus importante lorsque, comme chez S.P.E. dans un but de rationalisation, chaque service logistique formalise ses propres démarches, logiques et règles internes. Un acteur de l'approvisionnement ne maîtrise pas le fonctionnement de la réception physique; le responsable pour la gestion des magasins n'est pas au courant des dernières modifications sur la démarche de livraison finale.

Pour palier ce cloisonnement des connaissances et, dans le but de rendre les acteurs plus flexibles opérationnellement, la société utilise notamment deux expédients. Le premier et le plus connu c'est l'affectation périodique à long terme dans des différents services, en jouant sur la mobilité des acteurs dans les processus. Le deuxième, relativement plus récent en fonction des programmes corporatifs d'excellence opérationnelle, c'est la réalisation de projets transversaux où des équipes multimétiers (ou multiservices) sont formées pour atteindre un objectif partagé¹. Ainsi, le défi c'est d'être efficace dans la transversalité, malgré la répartition de connaissances-métiers nécessaires.

Bien entendu, si d'une part cette répartition de connaissances est compensée par une centralisation du pouvoir décisionnel (compte tenu de la structure organisationnelle), d'autre part elle engendre ou a pour conséquence le besoin **d'intégration des informations** générées et gérées par les services logistiques. Cette intégration de l'information s'appuie notamment

¹ Dans ce cadre, le rôle joué par la division Six Sigma du département *Supply Chain* s'avère fondamental pour la coordination et le pilotage de ces équipes et par conséquent la mise en œuvre de la transversalité.

sur l'adoption de solutions "intégratrices" au niveau des systèmes d'information et des procédures interdépartementales.

Néanmoins, nous avons pu constater chez S.P.E. que la seule intégration de l'information et l'accès aux systèmes intégrés s'avèrent insuffisantes pour permettre à un acteur extérieur à la logistique (par exemple, du contrôle de gestion, du marketing, de l'ingénierie ou du bureau méthodes) d'avoir un instantané de la trace du **processus logistique** concernant une référence de composant spécifique. Au contraire, il faut souvent contacter les acteurs responsables et qui gèrent et contrôlent chaque étape du processus respectif, car ce sont eux qui détiennent l'information à jour et la connaissance empirique du fonctionnement sur le terrain de l'état des lieux de la référence.

Ce constat nous amène à mettre en exergue un besoin majeur dégagé encore du caractère transversal et dialectique de la logistique : le besoin d'une forte coordination.

1.3.3. *Le besoin d'une forte coordination informationnelle et opérationnelle*

Etre transversal implique aussi la maîtrise de l'articulation des activités réalisées en interne et à l'extérieur de l'entreprise, ce qui relève de la coordination organisationnelle.

Dans un sens large, la coordination organisationnelle, comme évoquée par Kim (2000), est "*la gestion des dépendances entre les activités*", où les dépendances sont représentées par les flux de ressources physiques et informationnels entre les activités des processus qui forment l'organisation industrielle. Nous identifions ainsi le besoin fort de la logistique pour une coordination à la fois informationnelle et opérationnelle (*ibid.*).

Du cas de S.P.E., nous pouvons suggérer que la coordination informationnelle cherche à articuler l'information issue de l'ingénierie (notamment les nomenclatures des produits qui transiteront dans la chaîne logistique) avec l'information sur la consommation de chaque composant sur les lignes de fabrication et de montage, en interne ou chez les fournisseurs, à une date planifiée. Cette coordination exige donc une précision, une justesse de l'information concernant les composants du produit et les processus de production (fabrication et montage).

La coordination opérationnelle cherche principalement à cadencer et à mieux distribuer les charges de travail au long des processus dans la chaîne logistique, ainsi qu'à synchroniser les changements dans les flux physiques de composants. Un exemple de

l'importance d'une telle coordination est la transition entre une référence en fin de vie et l'introduction de la nouvelle référence dans la chaîne logistique¹. Ce passage exige l'épuisement du stock ancien et le remplissage du nouveau, avec une phase de chevauchement, ainsi que la diffusion du changement dans tous les postes de travail concernés, afin d'éviter de fabriquer ou de monter la "mauvaise version".

Il reste pourtant l'articulation entre les deux types de coordination, informationnelle et opérationnelle. En effet, la logistique utilise le *synchronisme* entre les flux informationnel et physique comme une mesure de performance de la chaîne logistique. En confrontant l'information directement obtenue de l'usine et du réseau de fournisseurs avec l'information correspondante explicitée dans les systèmes informatiques, il s'agit de contrôler la justesse des nomenclatures, l'exactitude des stocks (physique et virtuel), ainsi que l'exactitude des gammes de fabrication et de montage. Ce synchronisme d'informations fait partie des indicateurs fondamentaux pour l'efficacité logistique, encore un autre exemple de la gestion par les flux, comme expliqué plus haut.

Ce que nous soulevons à travers cette analyse de la fonction logistique chez S.P.E. peut être résumé dans les points suivants :

- La logistique est plus que jamais fondamentale dans l'orientation stratégique de l'entreprise industrielle.
- En interne de l'entreprise, la logistique est intégrée dans sa structure organisationnelle et transversale dans ses processus *Supply Chain*, mais distribuée en termes de connaissances-métiers et de compétences.
- Face à l'étendue actuelle des responsabilités et de la portée des activités de la logistique, elle est dans une dialectique permanente.
- En conséquence des points soulignés, la logistique a besoin d'une forte coordination à la fois informationnelle et opérationnelle.
- Cette coordination dépend en grande partie de l'exactitude et de la justesse des informations gérées dans les flux.

En ce qui concerne ces deux derniers points, S.P.E. coordonne sa stratégie

¹ Chez S.P.E., la date d'introduction d'une nouvelle référence est connue comme la "date d'effectivité" de la référence, c'est-à-dire, la date où le changement devient effectif dans l'usine.

industrielle - selon sa vision processus *Supply Chain* - avec tous les autres processus qui coexistent en particulier dans l'entreprise et plus globalement dans la chaîne logistique. Par rapport à notre sujet de thèse, le processus qui nous intéresse particulièrement est celui de la conception de produits.

1.3.4. *L'articulation nécessaire avec le processus de conception de produit*

La coordination entre les processus fondamentaux (*supply chain* et conception de produits) est d'autant plus importante chez S.P.E., du fait que l'organisation de développement de produits (*Product Development*) est tout à fait indépendante hiérarchiquement de l'organisation de production (*Operations*) à laquelle appartient tous les sites industriels de la Corporation, à l'exemple du site grenoblois. Les Achats Globaux (*Global Purchasing*) sont un autre exemple d'organisation indépendante. Ces grandes organisations se rencontrent dans les niveaux hiérarchiques les plus élevés dans la Corporation.

Néanmoins, avant de parler d'articulation entre les processus de *Supply Chain* et de conception de produits ou entre leurs fonctions respectives chez S.P.E., il faut d'ores et déjà comprendre les modèles de conception de cette entreprise. Ici, nous rejoindrons le deuxième axe fondamental de nos travaux de recherche.

1.4. **Les modèles S.P.E. pour la conception de produits**

Au début des années 90, le Département de Développement Produits de S.P.E. a acquis la responsabilité pour la modification de dessins d'une des familles de tracteurs. Ce fait était inédit, puisque jusqu'à cette époque le Bureau d'Etudes à Grenoble gérait l'évolution des produits fabriqués localement, mais sans pour autant pouvoir réaliser leur conception, encore centralisée aux Etats-Unis. Et pourtant, ces modifications concernaient un engin déjà en production et restait au Bureau d'Etudes français la conception *a posteriori* de solutions soit d'adaptation aux normes européennes (régionalisation) soit de problèmes identifiés en phase de production. Finalement, en 1996 le site français a pris en charge le contrôle¹ au niveau mondial pour la conception de la nouvelle génération de tracteurs à chenilles de l'époque. C'était une période charnière pour S.P.E., car l'entreprise élargissait ces compétences de site production à site de conception et de production. Des nouveaux modèles de processus de

¹ Le *Design Control*, selon le jargon de l'entreprise.

conception de produits¹ venaient d'être développés par la Corporation et le besoin de diminuer des délais de conception élargissait déjà l'agenda stratégique :

*"Notre environnement change. L'économie se mondialise, la pression compétitive se fait de plus en plus forte, l'évolution est de plus en plus rapide. En 1930, S.P.E. avait 5 produits dans sa gamme. En 1982, on en comptait 150. Aujourd'hui, on en dénombre plus de 300. En fait, depuis 1992, le groupe a introduit 244 nouveaux produits ou versions améliorées de produits ! Car les besoins de nos clients évoluent en permanence. A l'approche du 21^e siècle, nous devons accélérer nos efforts pour répondre mieux, plus vite et exactement aux besoins du client. Nous avons besoin pour cela de méthodes pour développer et introduire sur le marché des produits 'bons du premier coup', en qualité, en coûts, en délais. C'est d'autant plus important que nous avons à Grenoble une responsabilité mondiale de conception sur certains de nos produits. Les progrès réalisés dans le **procédé d'introduction de nouveaux produits**², avec un délai divisé par 2 au moins, et nos premières expériences de **travail simultané** montrent que nous sommes sur une bonne voie. Nous devons maintenant généraliser **la technique du CPPD**³ à toutes nos activités avec une implication à tous les niveaux, car c'est la bonne réponse aux challenges qui nous attendent".*

[J.D., PDG de S.P.E. : *le périodique interne*, N. 92, avril 1997].

Cet extrait est assez révélateur de la vision de l'entreprise par rapport au rôle stratégique de la conception de produits et particulièrement par rapport aux modèles internes de processus de développement de produits.

Plus spécifiquement il s'agit de deux modèles normatifs que nous décrirons par la suite : le processus de **NPI – New Product Introduction** (pour "Introduction de Nouveaux Produits") et de la méthode **CPPD – Concurrent Product & Process Development** (pour "Développement concourant du produit et du process").

1.4.1. *Le NPI : processus de conception de produits*

La définition formelle de NPI c'est "*une approche méthodique et bien gérée pour développer et réaliser des nouveaux produits et services*"⁴. Il s'agit d'un processus qui structure l'ensemble des activités de conception en trois grandes phases délimitées en termes d'objectifs et de livrables et jalonnées par des revues projet (figure 6) : le Concept, le Développement et la Production & Support.

¹ Il est intéressant noter que l'approche processus de conception existait chez S.P.E. depuis les années 1960. Dans cet ancien processus, une maquette à l'échelle était réalisée comme étape de préparation à la présentation du projet à la Direction Générale. On était loin de la conception assistée par l'ordinateur.

² Il s'agit du modèle de processus de développement de nouveaux produits "NPI" (pour *New Product Introduction*).

³ Il s'agit du modèle organisationnel des équipes de projet associé à leur démarche de travail concourant.

⁴ Selon le "*Guide de l'utilisateur NPI*", S.P.E., Inc.

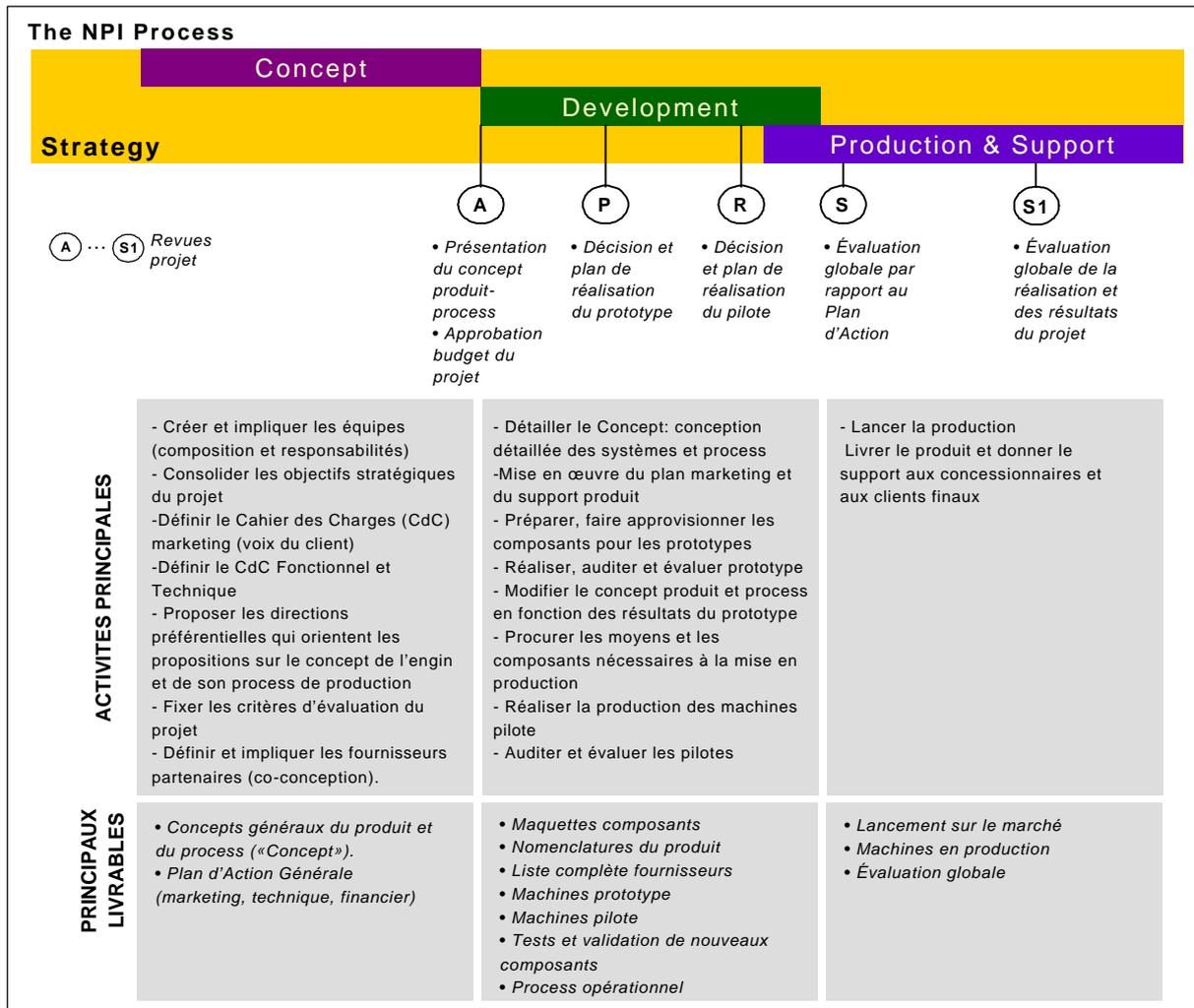


FIGURE 6 - Le processus de NPI avec ses activités principales et leurs livrables (Adapté du "Guide de l'utilisateur NPI", S.P.E., Inc)

Parmi les trois phases, celle appelée "Concept" est considérée comme la plus importante, car les objectifs stratégiques pour le projet et la composition des équipes multifonctionnelles y sont définis.

L'un des principaux livrables étant le "Concept" pour l'architecture du nouvel engin et de son process de production. Ce concept traduit techniquement les directions que l'équipe de projet doit respecter pour aboutir aux objectifs stratégiques définis au départ¹ pour le nouvel engin.

Cette première phase s'achève avec la revue "A", dans laquelle le concept doit être

¹ Dans le jargon S.P.E., le 'concept' enferme les Prime Paths (les directions préférentielles) à suivre, par exemple : les tranches de puissance moteur à respecter, de poids, d'enveloppe dimensionnel et technique, de configuration de chaque système principal, etc., ce qui ne veut pas dire la solution même de conception, mais juste le domaine de solutions 'admissibles'.

présenté, afin d'obtenir l'approbation et le budget nécessaires pour réaliser effectivement le projet. De cette manière, cette revue est considérée comme cruciale pour la poursuite du projet de NPI.

La deuxième phase du NPI est dédiée au développement, cela veut dire, la conception détaillée de chacun des composants du nouvel engin. C'est aussi dans cette phase que les machines prototype et pilote sont réalisées et testées. Nous reviendrons sur ce point plus tard.

Finalement, la phase finale "Production & Support" concerne tout d'abord la mise en production des premiers engins et leur mise sur le marché, mais aussi l'évaluation globale du déroulement du projet et de la performance de la machine, après quelques mois de commercialisation et d'utilisation.

Au fur et à mesure que les activités de chaque phase sont réalisées, des évaluations périodiques du projet sont faites pour indiquer dans quelle mesure les résultats partiels obtenus s'écartent des objectifs de départ. Les évaluations, ainsi que des décisions stratégiques, sont organisées autour des principales revues de projet ("A", "P", "R", etc.) indiquées sur la figure 6. Par ailleurs, des revues intermédiaires à celles-ci sont aussi réalisées tout au long d'un projet.

Ces revues, selon leurs spécificités, ont des fonctions différentes. Elles peuvent constituer des contrats de résultats pré-établis, comme définis par [C. Midler \(1997:2\)](#), qui ont pour but majeur de coordonner et d'inciter les acteurs à présenter les résultats partiels de leurs études afin de les confronter aux objectifs définis initialement. Il s'agit bien sûr de moments forts d'interrogation vis-à-vis des activités jusqu'alors développées et des choix faits par les acteurs du projet.

Sinon, les revues formalisent le passage d'un ensemble d'activités d'une étape à l'autre, dans ce que [F. Darses et P. Falzon \(1996\)](#) appellent la *synchronisation opératoire* des activités de projet. Cette synchronisation marque "*le rythme des actions à réaliser entre les partenaires de l'activité collective*" ([Darses, 1997](#)).

Néanmoins, la revue dite "A" a un statut particulier dans lequel ce concept de synchronisation opératoire ne s'applique pas. C'est dans la préparation et la présentation formelle de cette revue que les acteurs du projet vont savoir si leur approche, leurs objectifs stratégiques, leur enveloppe budgétaire et technique sont bien perçus par les dirigeants de

l'entreprise. Ce sont eux qui décideront de la poursuite (la réussite de la revue, sans ou avec modifications sur le projet) ou bien de l'arrêt immédiat du projet (l'échec de la revue). La revue "A" franchie, le projet change de phase. On passe de la phase d'exploration des possibilités de conception et de réalisation à la phase de verrouillage des choix stratégiques, notamment concernant le concept du produit et de son process de production. Ici nous reconnaissons l'effet des irréversibilités soulevé par Midler (1993, 1997:2), par rapport à la prise de décisions en phases amont.

Voici ce qui a été dit par l'un des acteurs des projets NPI par rapport à l'irréversibilité inhérente à la revue "A" :

"[...] Une fois qu'on a fait la 'A review', on n'y reviendra pas (...) on ne la remettra pas en cause. [...] Attention, à la 'A review', quand ils (référence aux gestionnaires du projet) font la 'A review', le concept, ils ont déjà travaillé sur le design [...]"

[S.T., leader d'équipe *Modular Assembly*. Extrait de la réunion du 08/12/2004].

Ce qui veut dire : à partir de la revue "A", il n'y a pas de remise en cause du concept qui devient la référence de contrôle pour les activités qui suivent. Au contraire, tous les résultats intermédiaires seront confrontés à celui-ci dans un but de contrôler les éventuels écarts.

Cette description succincte du processus de développement S.P.E. nous montre d'emblée qu'il s'agit d'un modèle classique de rationalisation de la conception fondé sur la logique *Stage-Gate*¹. Les revues principales, notamment la revue "A", ont un facteur intrinsèque de "réussite/échec" pour la continuité du projet, une autre caractéristique du modèle *Stage-gate*², ce qui permet d'identifier le processus de NPI comme un modèle prescriptif de conduite des activités de conception (Cross, 1994).

Nonobstant, si d'une part le processus de NPI décrit le phasage des activités de projet, d'autre part il nous faut comprendre comment les acteurs s'organisent et travaillent tout au long de ces phases. En effet, dans ce modèle, nous ne trouvons ni des prescriptions pour l'organisation du travail collectif ni des indications pour aboutir aux objectifs souhaités. Dans cet objectif, un autre modèle normatif a été développé et son importance n'est pas moindre en ce qui concerne la rationalisation des activités de conception.

¹ Cf. Introduction : *"la rationalisation de la conception de produits"*.

² Il s'agit de la notion de décision *"Go/Kill"*, c'est-à-dire de faire ou de ne pas faire (Cooper, et Kleinschmidt, 1991).

1.4.2. Le CPPD : l'organisation des équipes de projet et de leur méthode de travail

La méthode CPPD préconise simultanément la structure organisationnelle des équipes multifonctionnelles et l'ensemble de directives fondamentales de mise en place, de formation des acteurs dans la méthode, de leurs rôles et leurs responsabilités, de règles de fonctionnement et de coordination, etc. Outre l'organisation et la méthode, le CPPD prévoit aussi les moyens matériels pour instrumenter le fonctionnement des équipes.

Les projets de conception et par conséquent leurs organisations respectives sont structurées autour des types de produits, par exemple de tracteurs ou de chargeuses. Si nous considérons l'exemple des projets des tracteurs, en ce qui concerne l'organisation des équipes de projet, trois niveaux hiérarchiques multifonctionnels sont définis (figure 7) : l'équipe NPI, l'équipe Focus, l'équipe d'ingénierie Tracteurs et les équipes Composants.

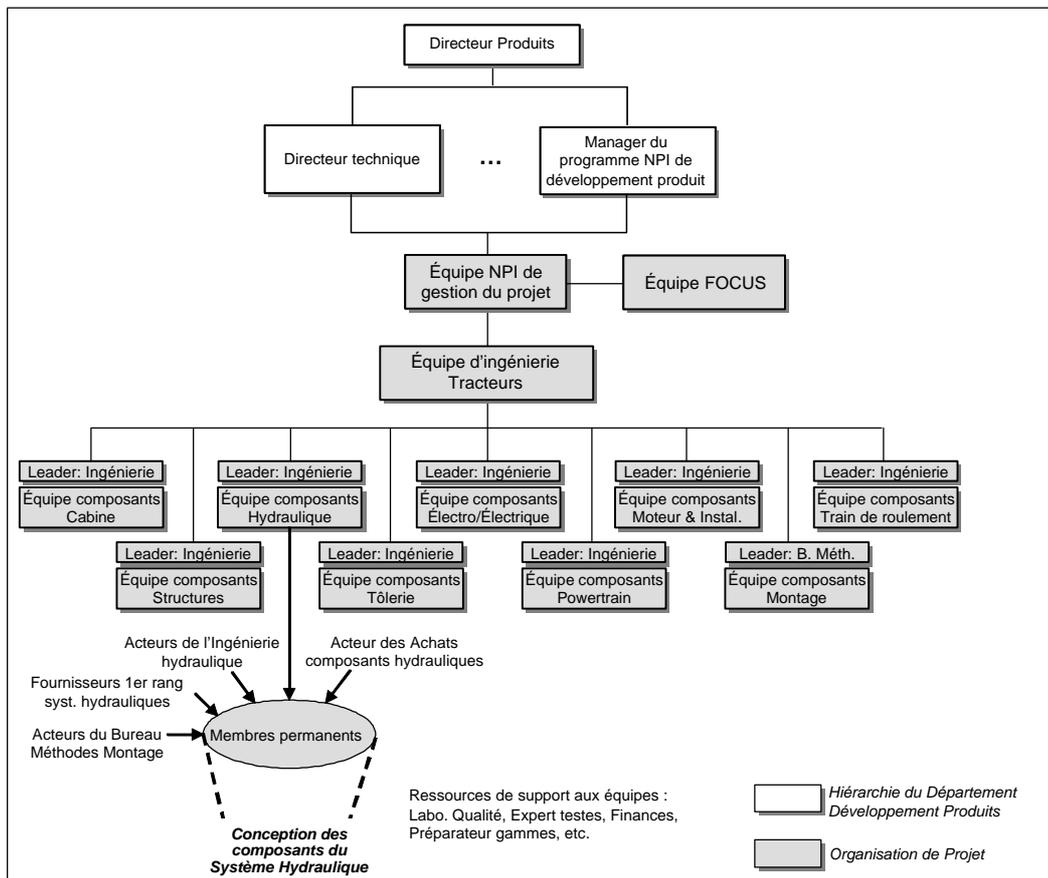


FIGURE 7 - L'organisation des équipes de projet

- **L'équipe NPI de gestion du projet** : composée au niveau stratégique local et international (les membres locaux du NPI plus leurs homologues d'autres sites S.P.E.),

cette équipe assure la gestion et le pilotage total du programme de développement.

- Au même niveau hiérarchique de l'équipe NPI se trouve l'équipe appelée "**Focus**", constituée au niveau local et responsable de la consolidation des nomenclatures produit pour la production, de la planification et de la réalisation des prototypes et pilotes de tous les engins qui font l'objet de tous les projets NPI, ainsi que de la mise en production des nouveaux produits.
- **L'équipe d'ingénierie Tracteurs** : cette équipe locale est responsable de tout ce qui concerne les projets et la gestion de l'évolution des configurations de tracteurs à chenilles. Elle est composée dans sa majorité d'ingénieurs du département de développement produits qui coordonnent les équipes Composants, ainsi que l'intégration des systèmes du produit en conception.
- **Les équipes Composant** : ces équipes, au niveau local, sont responsables de la conception et de l'industrialisation de chaque composant principal de l'engin - selon le périmètre du système sous la responsabilité du leader d'équipe. Chaque périmètre est à son tour divisé parmi les ingénieurs concepteurs de l'équipe, chacun chargé ainsi d'un ensemble de composants spécifiques. Comme exemple, nous montrons sur la figure 7 les membres de l'équipe Composants hydrauliques (les membres permanents et les ressources de support). Les équipes Composant intègrent éventuellement quelques fournisseurs de premier rang¹ et partenaires de co-conception et de co-développement d'autres sites de l'entreprise.

Toutes ces équipes, dans chaque niveau hiérarchique, sont multifonctionnelles et multi organisationnelles. Multifonctionnelles parce que leurs membres appartiennent à des différentes fonctions de l'entreprise, exception faite à l'équipe d'ingénierie Tracteurs. Multi organisationnelles parce que, au-delà des acteurs de S.P.E., des membres d'autres sites de la Corporation, ainsi que des fournisseurs partenaires de co-développement y partagent leurs compétences. Dans un projet, on peut compter en moyenne avec une organisation de 130 membres, entre permanentes et provisoires.

En ce qui concerne la méthode de travail, le modèle CPPD formalise de manière très précise ses directives exprimées par des principes de base devant être suivis par les acteurs.

¹ Cf. section 1.1.2.

Ces principes basiques mobilisent les concepts de partage d'informations et de ressources pendant les projets, de collaboration entre les acteurs et - notamment en ce qui concerne notre problématique de recherche - la prise en compte de la totalité de la chaîne logistique S.P.E. dans les projets. Néanmoins, si ces principes expriment les objectifs, ils n'orientent pas sur la manière d'y aboutir.

Trois éléments considérés comme fondamentaux synthétisent la mise en place du CPPD : la culture, la technologie et les processus. La culture concerne l'environnement et la culture propre de l'entreprise. La technologie englobe toutes les solutions techniques et les outils mis à disposition des équipes pour bien supporter et développer les projets. Par rapport aux outils, nous citons notamment : les outils de gestion de projet, l'AMDEC ("Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leurs Criticités"), les outils de gestion du risque, les outils d'aide à la conception et à la visualisation des représentations du produit. Le *processus* représente un ensemble partagé de démarches internes d'utilisation des outils et de gestion des activités de projet.

En synthèse, le binôme NPI / CPPD forme donc une structure détaillée de prescriptions pour la rationalisation de chaque phase d'un projet de conception développée par l'entreprise. La place et le rôle de chaque acteur sensé participer aux projets y sont définis. Face au volume d'informations et à la démarche même pour la mise en place notamment des principes basiques de CPPD, l'entreprise prévoit et réalise des formations permanentes des acteurs de projets¹.

En étudiant ces modèles, la première question que nous nous sommes posée a été celle de savoir quelle était la place et quel était le rôle de la logistique dans les projets de conception chez S.P.E.

1.4.3. *La place prévue pour la logistique dans les modèles*

La méthode CPPD prévoit la place des acteurs de la logistique dans l'organisation de projet (figure 8). Par "acteur de la logistique", nous voulons dire un individu ou un groupe d'individus qui représentent les services logistiques. Nous allons revenir plus tard à cette définition et ses implications.

¹ Ces formations sont coordonnées au niveau international et local. Localement, elles sont réalisées par un acteur responsable de la diffusion des modèles normatifs et tout le matériel est disponible dans l'intranet de l'entreprise à ceux qui ont l'autorisation d'accès aux informations.

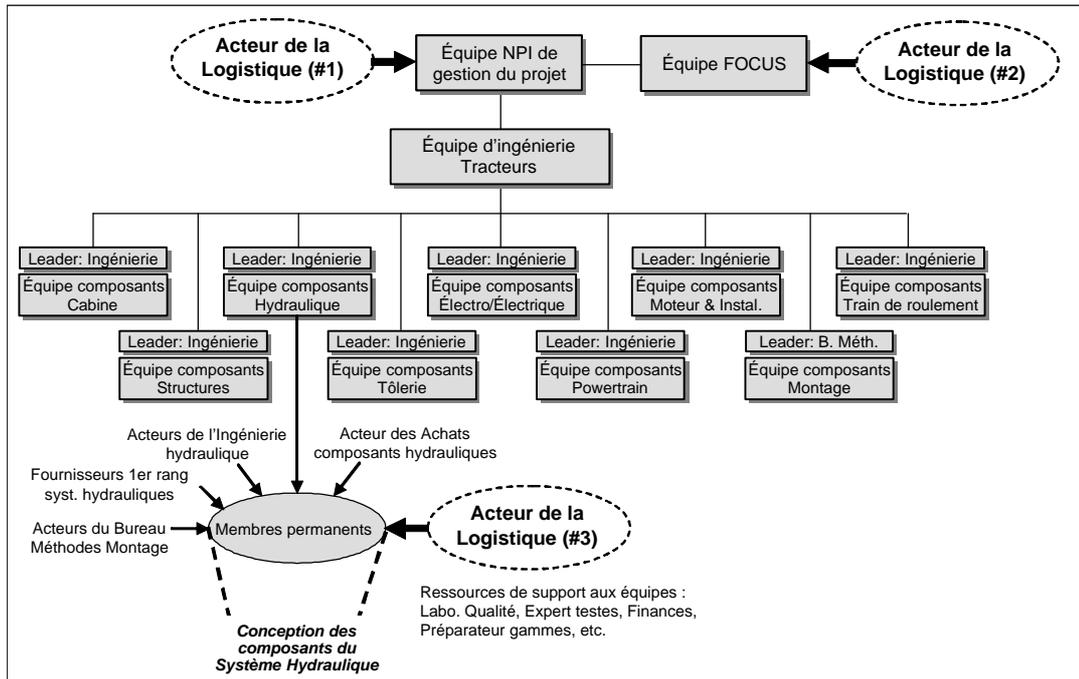


FIGURE 8 - La place des acteurs de la logistique dans les équipes de projet.

La figure 8 met en exergue les acteurs logistiques ("#1", "#2" et "#3") dans la composition des équipes NPI, Focus et Composants, tout en respectant les attributions et le rôle de chacune de ces équipes.

Par rapport au niveau de prise de décisions, nous pouvons encore diviser ces places en stratégique (par rapport à l'acteur #1 dans l'équipe NPI), tactique / opérationnelle (par rapport à l'acteur #2 dans l'équipe Focus) et opérationnelle (par rapport à l'acteur #3 dans les équipes composants).

En ce qui concerne le modèle NPI, nous identifions la place de la logistique à travers le positionnement de ces équipes dans les différentes phases du processus (figure 9). Ici, nous percevons que la logistique, à travers les acteurs #1, #2 et #3, **est sensée participer virtuellement tout au long des projets de conception.**

Compte tenu de la superposition de la durée de vie des équipes (représentée par les lignes bornées) NPI, Focus et Composants cela couvre la totalité des phases du NPI. Voyons désormais le rôle prévu pour la logistique dans chacune de ces équipes.

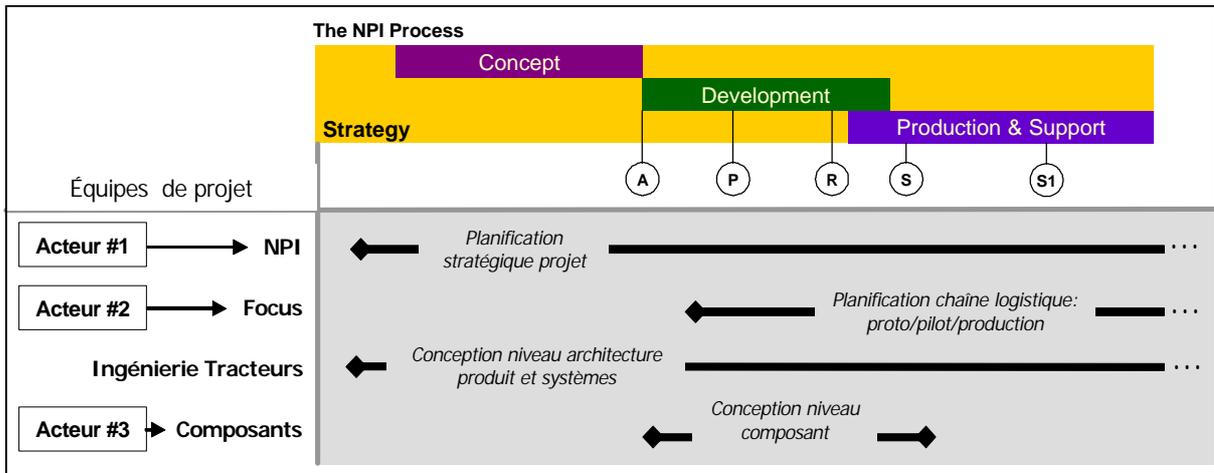


FIGURE 9 - Le positionnement des acteurs de la logistique (#1, #2, #3) dans les phases du processus de conception S.P.E. Les lignes bornées indiquent la durée de l'équipe dans le processus.

1.5. Le rôle prédéfini de la logistique dans les équipes de projet

Dans chaque équipe – NPI, Focus et Composants – le rôle attribué aux acteurs de la logistique est assez distinct. Mais c'est à travers l'équipe Focus que ce rôle devient particulièrement critique et où la contribution logistique s'avère la plus évidente.

1.5.1. La logistique dans l'équipe NPI

Dans cette équipe, les attributions de la logistique sont plutôt d'exprimer les besoins stratégiques de cette fonction vis-à-vis des projets. Ainsi, les acteurs de la logistique sensés intégrer cette équipe vont partager les espaces de discussion avec les gestionnaires des projets du Département de Développement de Produits de l'entreprise. Parmi les responsabilités de l'équipe, nous citons : assurer les objectifs stratégiques de l'entreprise par rapport aux projets de conception, définir et communiquer leurs spécifications fonctionnelles et leurs objectifs, assurer la participation effective des membres des équipes, assurer la prise de décisions (techniques, financières et de planification) lorsque les écarts par rapport aux spécifications fonctionnelles sont vérifiées, gérer les problèmes issus des activités des équipes. A part les réunions régulières de cette équipe, l'une des formes d'intervention des acteurs de la logistique est la définition, l'expression et le suivi des objectifs stratégiques logistiques par rapport aux projets de conception. Nous voyons que ce type d'activité exige effectivement un profil d'acteur plutôt de cadre gestionnaire logistique ou son équivalent qui trouve écho auprès de la

direction du Département *Supply Chain*¹.

1.5.2. La logistique dans l'équipe Focus

La mise en place de l'équipe Focus dans le processus NPI (figure 9) marque une étape charnière dans le projet de conception. D'après le modèle de NPI, elle symbolise la fin de la conception et le début de la consolidation des nomenclatures du produit pour son industrialisation. Il s'agit notamment de planifier la réalisation de machines prototype, pilote et de production.

Compte tenu de cette attribution majeure, l'équipe Focus est gérée et orientée par les acteurs de la logistique du service de gestion de nomenclatures de production². Nonobstant, d'autres services logistiques, notamment ceux chargés de l'approvisionnement, ainsi que les acteurs d'autres fonctions de l'entreprise y sont représentés (figure 10).

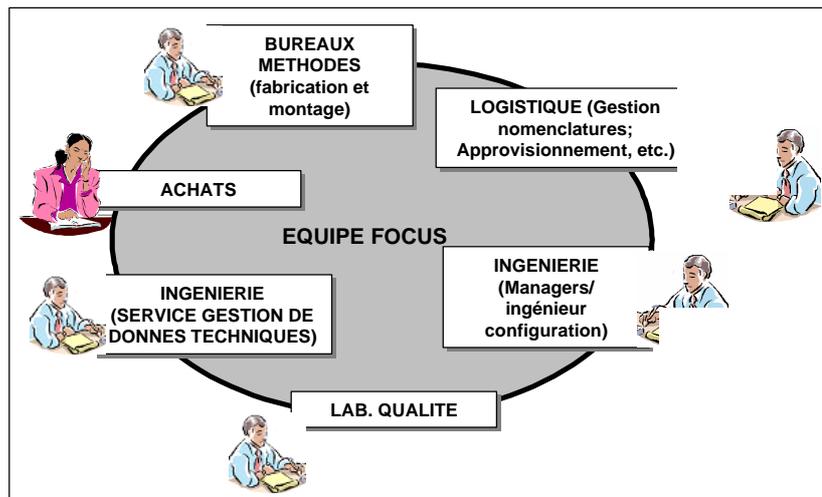


FIGURE 10 - Composition d'une équipe Focus dans les projets NPI

Les travaux dans l'équipe Focus portent sur la préparation pour l'introduction de nouveaux produits et de ses composants dans la chaîne logistique. Pour cela, cette équipe est sensée interroger les acteurs de l'ingénierie qui représentent les équipes NPI, Ingénierie Tracteurs et Composants. Dans leurs réunions régulières, l'équipe Focus prend des décisions à partir desquelles les acteurs de la logistique mobilisent tous les services concernés à travers leurs propres procédures internes.

¹ Cf. section 1.2.3.

² Connue en interne comme "*Releasing, Scheduling, RSSM*" : cf. figure 5.

Le défi est de procéder de manière à ce que les nouveaux composants et leurs flux soient introduits dans la chaîne logistique selon les spécifications du projet, tout en respectant les contraintes de planification et de production normales de l'usine terminale. Il s'agit d'une préparation assez laborieuse.

De manière succincte et à part les activités de gestion associées, cette préparation passe fondamentalement par les étapes suivantes :

a) **Définition et diffusion des nomenclatures du produit.** La logistique est responsable de la gestion des nomenclatures de toutes les références de composants qui sont diffusées dans la chaîne logistique pour l'exécution des opérations de production. Il s'agit d'organiser et de saisir sur les systèmes d'information toutes les références qui seront consommées dans la production des machines (prototype, pilote et de production), de façon à ce que les autres fonctions de l'entreprise aient la vision complète des paramètres de contrôle qui caractérisent chaque référence.

b) **Planification et approvisionnement des matières premières et des composants achetés.** Une fois les références connues, la logistique se charge de planifier l'approvisionnement des lots ou des unités nécessaires, selon le besoin de production (si prototype ou si lancement en production par exemple). Les approvisionnements sont fonction des délais de réalisation et de livraison, par rapport à leur date de consommation. En moyenne, un engin comprend environ 1 500 composants au total, dont 70% constituent des composants achetés semi-finis et finis dans le réseau de fournisseurs.

c) **Remplissage des stocks.** Cette opération dépend de la planification pour les premières périodes d'introduction des composants en régime de production.

d) **Planification des dates d'effectivité des composants dans l'usine.** Il s'agit de planifier la mise en usage de chaque référence composant, tout en supprimant des stocks et des systèmes d'information les références en fin de vie à substituer.

e) **Manutention et distribution interne des composants.** Il s'agit de la logistique de support ou de soutien à la production (l'usinage, la soudure, les préparations de montage et le montage en ligne de production). Par rapport à la préparation de la chaîne logistique, l'étape de réalisation de machines pilote est cruciale pour valider les process et les flux logistiques. Ces machines sont les premières construites selon les procédures normales de production, alors que les machines prototype suivent des flux spécifiques et transitoires. En

principe, la mise en production est réalisée si le nouveau produit et tous les processus de sa chaîne logistique sont validés. Il faut mentionner que le facteur critique de cette introduction concerne les composants nouveaux (sachant que, au passage d'une génération de machine à l'autre, autour de 20 à 30% des composants sont nouveaux par rapport aux références existantes).

C'est aux services logistiques de gérer et de mettre en œuvre chacune de ces étapes. L'intervention de ces acteurs devient dès lors **incontournable** à ce moment du processus NPI (figure 9).

1.5.3. *La logistique dans les équipes Composants*

Dans les équipes Composants, le rôle attendu de la logistique est encore différent. Ces équipes sont mises en place avant l'équipe Focus, selon la logique du processus de NPI (figure 9).

Ici, les acteurs sont à un niveau plutôt opérationnel, mais les activités développées au sein de ces équipes relèvent de décisions tactiques, voire stratégiques :

- Concevoir, développer, valider et implémenter les composants du produit, ses process d'industrialisation et définir les ressources nécessaires pendant tout le projet;
- Poursuivre les objectifs du projet en termes de coûts, qualité, fiabilité, capacité et planification;
- Evaluer les possibilités de faire (*make*) ou de faire faire (*buy*) le produit et les process (en interne / à l'extérieur);
- Développer les spécifications du produit tout en respectant les contraintes techniques et financières du projet.

Ici, l'activité de conception prend toute son extension. Chaque équipe étant responsable d'un périmètre particulier de l'engin doit spécifier et concevoir dans chaque détail les composants qui sont intégrés dans ce périmètre. Elle doit définir où ils seront produits et comment ils seront montés sur l'engin en ligne de production.

Les apports attendus des acteurs de la logistique ont pour but d'indiquer si les alternatives de solutions proposées par chaque équipe Composant respectent les contraintes opérationnelles et les exigences des processus logistiques. Dans cette forme d'intervention, les

acteurs de la logistique sont sensés **anticiper** et **exprimer** formellement leurs préoccupations sur la mise en chaîne des composants et du produit, soit dans leurs versions intermédiaires (prototype et pilote), soit dans la phase de production définitive.

En étudiant chacun des rôles préconisés par les modèles normatifs (NPI/PPD) pour les acteurs de l'organisation logistique, nous observons d'emblée que la seule intervention effectivement incontournable est celle définie dans le cadre de l'équipe Focus. Certes, les autres rôles prévus dans les équipes NPI et Composants sont importants, mais le fait de ne pas participer activement à ces équipes n'implique pas de blocages réels au déroulement du projet. En revanche, sans l'intervention directe de la logistique pour la planification de la production des nouveaux engins, le projet ne peut plus avancer pour des raisons évidentes. Et pourtant, selon les modèles normatifs, il est prévu que la logistique participe depuis le début des projets!

1.6. La logistique sollicitée pour participer dès les phases initiales du processus de conception

Trois raisons majeures nous aident à comprendre la sollicitation avouée et formalisée par les gestionnaires de projets de conception chez S.P.E. pour que les acteurs de la logistique participent à tout le processus de développement des produits.

La première raison nous la trouvons dans les modèles normatifs de conception. Les fonctions industrielles considérées clés pour le succès des projets et des produits pendant tout leur cycle de vie sont théoriquement sensées participer activement dès le début des projets. L'adoption de ces modèles étant une décision stratégique au niveau de la Corporation.

La littérature sur la conception de produits prêche l'inclusion de fonctions de l'entreprise comme les achats, la logistique, la production, la maintenance, la qualité, etc. dans le cadre des processus de conception afin de répondre au besoin d'améliorer l'efficacité de la création de l'offre à travers la mise en place de structures organisationnelles multifonctionnelles (Sohlenius, 1992 ; Moisdon et Weil, 1992 ; Balakrishnan et Thomson, 2000).

Ces préconisations se déploient chez S.P.E., à travers les principes d'Ingénierie Concourante qui ont été pris en compte notamment dans la définition même de PPD et dans ses paradigmes. Dans ce cadre, la logistique et toutes les fonctions industrielles directement rattachées à la Direction Générale sont appelées à intégrer les équipes de conception et à

participer à leurs activités respectives, soient-elles stratégiques ou opérationnelles.

La deuxième raison s'exprime, nous l'avons déjà dit¹, par la notoriété acquise dernièrement par la logistique dans la stratégie de l'entreprise. Comme garante du bon fonctionnement des processus dans la chaîne logistique, l'articulation² entre ceux-ci et le processus de création de l'offre (NPI) s'avère non seulement légitime, mais fondamentale pour assurer la capacité compétitive de l'entreprise.

Outre cette articulation, le défi auquel est confrontée la logistique dans les projets de conception est aussi celui d'utiliser sa transversalité et sa capacité de coordination dans un environnement très particulier, où le but initial n'est pas de gérer de façon optimale la production d'un nouvel engin, mais de faire émerger une nouvelle offre dans toute sa complétude.

Et la troisième raison, mais pas la moins importante, c'est un besoin préalablement explicité et commun à tous les projets de conception qui pousse les gestionnaires à demander la participation des acteurs représentant la logistique : le besoin d'estimer et d'intégrer les coûts logistiques dans les projets.

1.6.1. *Le besoin d'intégration des coûts logistiques dans le pilotage économique des projets*

*"Les concepteurs font des choix techniques, mais ils n'ont pas forcément la connaissance de l'impact en termes de coûts engendrés par leurs choix. Le compromis doit toujours être trouvé, mais cela sera possible si les coûts associés à toutes les activités sont connus **lors de la phase Concept**".*

(D.M., gestionnaire dirigeant de programmes NPI. Extrait de réunion du 20 juin 2003).

Cette observation est doublement révélatrice du point de vue des gestionnaires de la conception par rapport au besoin concret d'estimer les coûts attribués aux activités logistiques (directs / indirects, fixes / variables). Premièrement, il faut anticiper les impacts des choix techniques de conception sur les activités aval de la logistique et les acteurs concepteurs n'ont pas la compétence de concevoir tout en estimant la cascade de coûts qui en découle. Les **risques** dans le projet peuvent devenir importants si les choix de conception s'appuient sur des hypothèses douteuses, même si la logistique formalise ses besoins sous la forme d'un cahier des charges (Martin *et al.*, 2004).

¹ Cf. section 1.2.4

² Cf. section 1.3.4

Deuxièmement, il faut estimer et intégrer les coûts, mais pas à la fin de la conception. Au contraire, il faut le faire lors des premières étapes et si possible avant le verrouillage du concept produit.

Cette problématique n'est pas nouvelle. La vaste littérature sur ce sujet cherche à montrer les impacts des décisions stratégiques en phases amont des projets de conception sur les étapes d'introduction, de croissance, de maturité et de déclin d'un produit dans son marché (Wierda, 1988; Iansiti, 1993; Gautier, 1998; Asiedu et Gu, 1998; Verganti, 1999; Barton *et al.*, 2001). Ainsi, il est parfaitement compréhensible que ce besoin d'estimation de coûts s'exprime tout au début du processus de conception, car les enjeux sont importants.

Regardons les liens entre les choix de conception et les conséquences sur la logistique tactique et opérationnelle à travers deux exemples issus de situations réelles vécues par la logistique de S.P.E. Le premier concernant la manutention de tubes hydrauliques et le deuxième concernant la mise hors d'usage d'un composant "filtre hydraulique".

Exemple 1 : La manutention de tubes hydrauliques

Cet exemple concerne les coûts de livraison de tubes d'une ligne hydraulique particulière montée sur les tracteurs à chenilles et approvisionnée par un seul fournisseur. Nous avons considéré une période de trois mois de livraison (figure 11).

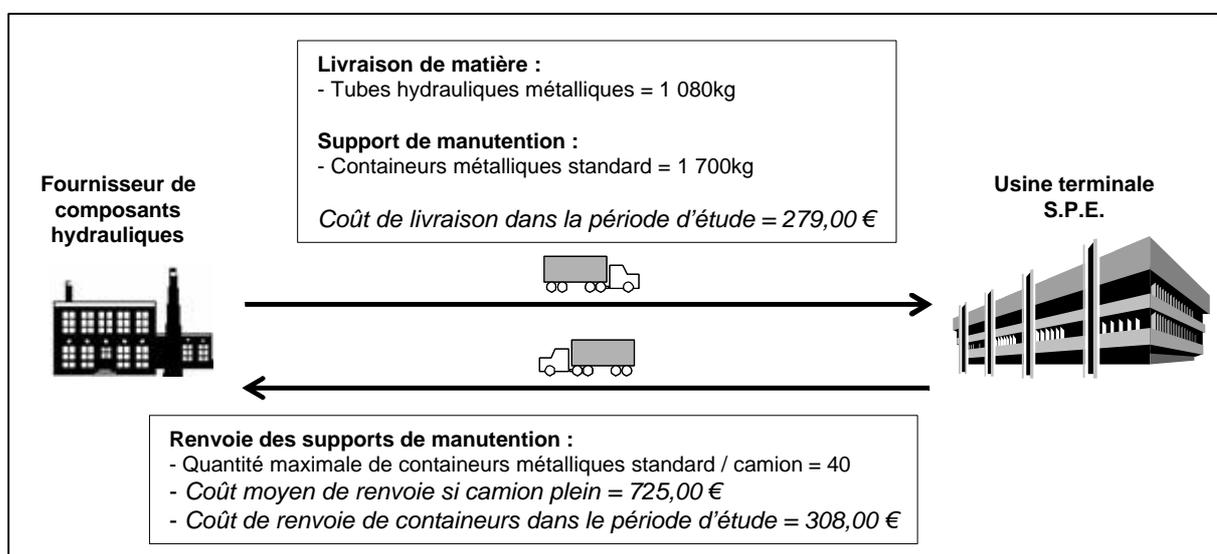


FIGURE 11 - Le circuit logistique de tubes métalliques des lignes hydrauliques des tracteurs à chenilles.

Le total de matière transportée dans la période a été d'une tonne approximativement (1080kg). Le support de manutention est le conteneur métallique standard S.P.E. Le poids

total de matière transporté est inférieur au poids total des conteneurs utilisés (1700kg). Le coût total de transport doit comptabiliser aussi le renvoi des conteneurs chez le fournisseur, pour les prochaines livraisons. Le renvoi d'un camion plein de conteneurs vides coûte environ 725,00€ Dans la période de trois mois, le coût de renvoi – tous conteneurs confondus - (308,00€) a été supérieur au coût de livraison de matière nette (279,00€).

Le problème est donc de payer plus pour transporter des conteneurs métalliques que de la matière. Dans un premier niveau d'analyse, nous sommes amenés à penser que l'origine du problème se trouve dans le choix du type de support de manutention. Effectivement, il existe une diversité importante de types de support, à l'exemple des palettes en bois, plus légères. En interrogeant les acteurs de la logistique chez S.P.E., ceux-ci nous ont révélé que les palettes en bois étaient utilisées au départ. Et pourtant, après quelques mois d'utilisation, entre le fournisseur et la ligne de montage de tracteurs, une quantité conséquente de tubes arrivait abîmée. La cause était que les palettes n'offrent pas une protection adéquate des tubes, étant donné leur géométrie en courbure. Ainsi, les palettes ont été substituées par les conteneurs métalliques, ce qui a assuré la protection des pièces.

Nous nous sommes ainsi tournés sur les caractéristiques techniques de la conception de la ligne hydraulique et des tubes séparément (figure 12).

Référence	Composant	Long. Maxi (mm)	Diam. (mm)	# composants assemblés	# références différentes	poids total (kg)	Support de manutention
T1	TUBE AS.	898,20	15,88	5	3	0,73	Conteneur std
T2	TUBE AS.	766,00	19,05	5	3	0,55	Conteneur std
T3	TUBE AS.	785,30	15,88	4	4	0,48	Conteneur std
T4	TUBE AS.	795,90	19,05	5	3	0,52	Conteneur std
T5	TUBE AS.	860,00	15,88	3	3	1,61	Conteneur std
T6	TUBE AS.	904,50	15,88	4	4	1,27	Conteneur std
T7	TUBE AS.	904,50	15,88	3	3	1,22	Conteneur std
T8	TUBE AS.	267,90	15,88	4	4	0,39	palette bois

FIGURE 12 - Caractéristiques de tubes montés sur la ligne hydraulique LINE GP- ANGLE & TILT et leur support de manutention respectif.

La ligne "ANGLE&TILT" est composée par huit références de tubes. Chaque tube à son tour est un ensemble de références (de tubes avec les raccords, connexions, etc.) approvisionnés déjà montés par le fournisseur. Chaque tube monté ("TUBE AS." sur la figure) a des dimensions propres, un nombre de références différentes et un poids spécifique.

En fonction de l'encombrement, un support de manutention a été choisi par la logistique pour faire la manutention. Seul le tube "T8" est manutentionné en palette bois, car sa longueur n'est pas très encombrante.

Les choix concernant toutes les caractéristiques de cette ligne hydraulique sont le résultat de leur conception : la façon dont la ligne a été décomposée en tubes, leur géométrie, la quantité de références différentes utilisées, la matière première, le diamètre, entre autres. Si nous reprenons le problème du point de vue du concepteur, nous pouvons schématiser la situation de choix de la façon suivante (figure 13).

Considérons la fonction "pressurisation" exécutée par la ligne de tubes hydrauliques. Le concepteur avait deux options pour le montage de ces tubes :

- a) La première solution serait d'acheter trois tubes séparés et leur connexion et puis les faire monter en interne chez S.P.E.
- b) La deuxième solution serait d'acheter un seul composant approvisionné prémonté et constitué des trois tubes avec la connexion soudée.

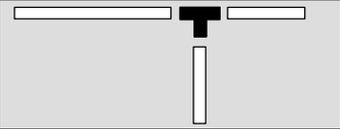
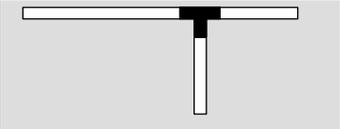
Solution #1: trois tubes + connecteur simple à visser	# références à gérer	# opér. Montage	Risque de contamination des pièces	Manutention logistique	Support / transport
	4	2 (sous-montage + montage final)	Important	Facile	Standard
Solution #2: trois tubes montés + connecteur soudé					
	1	1 (montage final)	Faible	Difficile	Spécial

FIGURE 13 - Deux options de solution de conception pour un tube hydraulique

Ces deux options de conception ont pour critères principaux de choix le coût d'achat du composant et le process en ligne de montage. En ce qui concerne la logistique, trois critères de choix sont montrés sur la figure : la quantité de références différentes à gérer, la manutention logistique (facile ou difficile) et le type de support (standard ou spécial). Si d'une part, on réduit les coûts de montage et de gestion de références avec la solution #2, d'autre

part on pénalise la manutention logistique et on oblige le développement de support spécial pour faire livrer le composant monté. Quel est le compromis dans ce type de situation ?

Si nous généralisons ce cas très particulier de choix de la conception de tubes hydrauliques de tracteurs au niveau du site S.P.E., nous voyons que le problème n'est pas anodin : tous les engins utilisent des tubes dans leur système hydraulique. Dans le cas des excavatrices hydrauliques, les tubes atteignent jusqu'à 7m de longueur, ce qui exige des supports de manutention tout à fait spéciaux.

L'exemple de la manutention de tubes montre ainsi l'importance d'anticiper les éventuels problèmes logistiques issus de choix de conception réalisés en amont des phases d'approvisionnement et de production.

Exemple 2 : La mise hors usage d'une nouvelle référence de filtre hydraulique

Lors de la conception du système hydraulique des nouvelles versions des tracteurs à chenilles, l'ingénierie de S.P.E. a spécifié un nouveau filtre hydraulique (figure 14, **temps #1**).

La logistique a commandé cette nouvelle référence de filtre au fournisseur de premier rang qui à son tour a commandé des composants semi-finis au fournisseur de deuxième rang (**temps #2**).

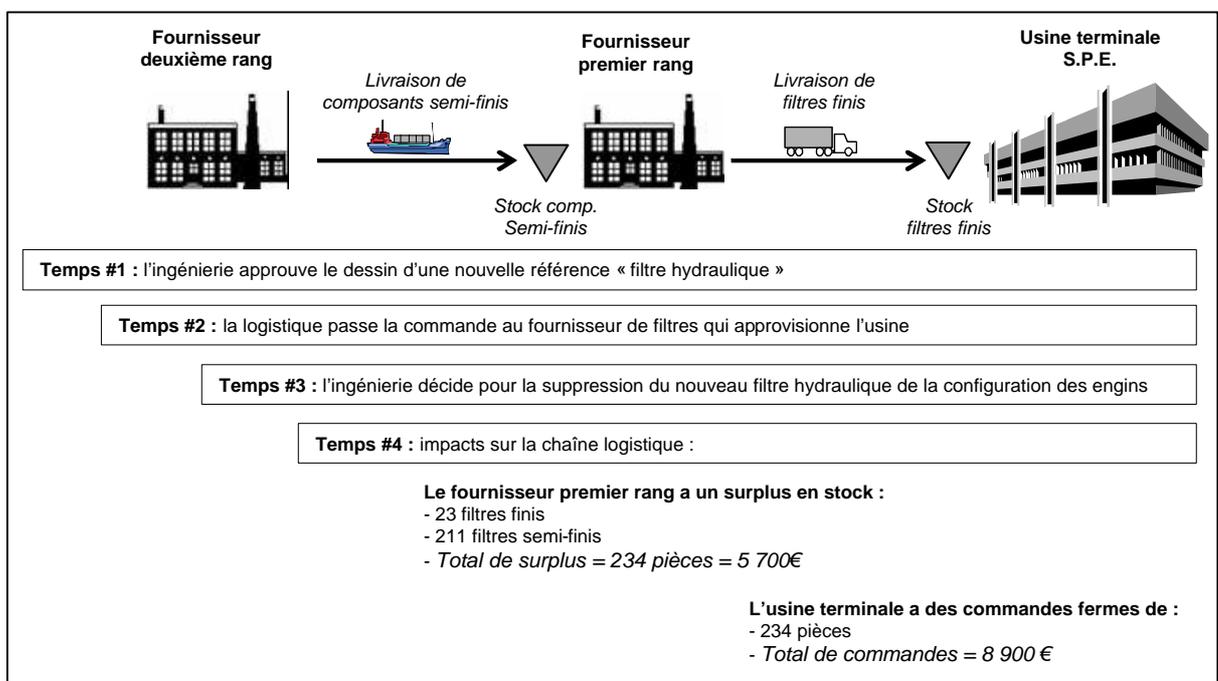


FIGURE 14 - La conséquence sur la chaîne logistique de la suppression d'une nouvelle référence - "filtre hydraulique" - de la configuration d'engins.

La planification indiquait au fournisseur une plage de sept mois de production d'engins montés avec ces filtres.

Plus tard, l'ingénierie a décidé la suppression complète de ce filtre du système hydraulique, dans le cadre d'un programme de réduction de coûts (**temps #3**). La conséquence immédiate de cette décision de conception a été la mise hors usage de tous les composants et filtres en stock dans la chaîne logistique (semi-finis et finis) (**temps #4**).

En termes de coûts logistiques, S.P.E. a dû payer presque 9 000 € en commandes fermes à son fournisseur, compte tenu des stocks existants dans la chaîne.

Ce deuxième exemple est doublement intéressant. D'abord, compte tenu de la quantité de références de composants à gérer pour produire un engin – environ 1 500 références pour un tracteur –, l'exemple indique que le problème de changement tardif sur la conception peut engendrer un impact financier conséquent sur les stocks distribués dans la chaîne logistique. Ensuite, l'exemple laisse transparaître le besoin stratégique de coordination entre les décisions (de conception et logistique), car si d'une part la modification sur le dessin d'un système peut être réalisée très rapidement, d'autre part l'inertie de la chaîne logistique pour s'adapter à un nouveau dessin doit être prise en compte lors des choix de conception.

Outre l'impact des choix de conception, d'autres facteurs viennent accroître l'ensemble des justifications pour intégrer la logistique dans les projets. D'une part, il y a le scénario économique global qui pousse à l'innovation permanente et à la diversification de l'offre tout en réduisant les coûts. D'autre part, il faut prendre en compte les spécificités du secteur d'engins en accord avec la stratégie *Supply Chain* de l'entreprise :

a) De plus en plus, les composants des engins sont achetés finis dans le marché de fournisseurs. Il faut développer ces fournisseurs, les intégrer dans le processus de conception et piloter leur performance logistique. Tout ce mouvement d'externalisation et de transfert de compétences doit absolument être pris en compte à travers les différences des coûts engendrés par rapport à la situation existante : *si on décide de faire faire, combien ça va coûter ?*

b) Sachant que les fournisseurs sont distribués globalement, il faut réduire leur nombre, quitte à avoir une augmentation des distances géographiques et ainsi des délais, des coûts de transport et de stockage : *quel est le différentiel de coût de cette nouvelle structure logistique par rapport à l'actuelle ?*

c) Il faut diminuer les coûts d'utilisation et de maintenance des machines, sans oublier la réduction du coût même d'acquisition de l'engin. Ces coûts jouent à la fois sur la performance technique de l'engin en chantier et sur le réseau de support et de services après vente : *quels sont les coûts de propriété (ownership) de l'engin ?*

d) Les conséquences d'une conception innovatrice (du produit et de son process productif) sont imprévisibles en ce qui concerne les processus logistiques : *peut-on se servir des mêmes démarches et des mêmes compétences logistiques indépendamment du dessin du composant ?*

e) Aux risques associés à la conception technique du produit viennent s'ajouter les risques concernant l'adhésion aux objectifs stratégiques de l'entreprise. Il faut anticiper et gérer les risques de manière intégrée.

Or, il ne s'agit pas seulement d'estimer les coûts engendrés *a posteriori*. Selon la démarche du pilotage économique des projets de conception chez S.P.E., la Division de Développement de Produits est la garante du succès ou de l'échec des projets. Le fait de ne pas avoir une vision exacte de l'intégration des coûts globaux liés à la *Supply Chain* représente un risque important pour la performance du projet d'une part et pour l'approbation de sa continuité d'autre part. Connaître ces coûts permet d'anticiper les gains réels du projet et la courbe de retour sur les ventes (*Return Of Sales - ROS*), l'un des indicateurs majeurs d'évaluation de la performance d'un projet. Il faut justifier dans la revue "A" le retour sur les ventes et sur l'investissement dans un horizon important : *le concept produit est-il compétitif ?*

Enfin, l'intégration des coûts logistiques dans le pilotage économique des projets s'impose d'une part comme un facteur de succès ou d'échec et d'autre part comme révélateur du scénario futur de la logistique de l'entreprise. En revanche, dans les phases initiales des projets de conception, les informations sur le produit et leurs composants ne sont pas structurées. Alors, comment peut-on estimer les coûts logistiques d'un composant qui est en train d'être défini ?

Sans rentrer davantage dans cette problématique, si le rôle prévu pour les acteurs de la logistique dans les équipes projet comprend d'emblée l'estimation des coûts de la chaîne logistique d'un produit inconnu, ces acteurs se trouvent en face d'un dilemme : soit participer dès les phases amont sans pouvoir apporter les réponses demandées – en ce qui concerne les coûts -, soit attendre que l'information sur le produit soit disponible. Ceci nous amène à poser

la question suivante :

1.6.2. La logistique est-elle prête à participer aux phases initiales de la conception de produits ?

Selon les prescriptions du processus NPI, le rôle de la logistique devient incontournable avec la mise en place de l'équipe Focus. Par contre, les besoins stratégiques du projet concernant la logistique se présentent tôt dans le processus par le biais de l'équipe NPI. Encore une situation dialectique à la charge de la logistique.

Côté opérationnel, toute la structure logistique – encore prescrite dans les modèles normatifs (NPI / CPPD) -, en termes d'organisation, de procédures et d'outils, de démarches et de connaissances est théoriquement orientée et prête à gérer l'introduction de nouveaux engins dans les circuits logistiques. Sans oublier que cette responsabilité fait partie de leur compétence clé.

Côté stratégique, les mêmes procédures, outils, démarches et connaissances logistiques sont-ils suffisamment robustes, transversaux et adéquats pour s'attaquer efficacement aux besoins inhérents au niveau stratégique ?

Les liens entre ces deux facettes du problème – opérationnelle / stratégique - sont d'abord le fait qu'elles se passent dans l'environnement très particulier des projets de conception et ensuite que, entre les deux, **il y a toute la période de travail des équipes Composants**. C'est là où les précieuses informations sur le produit - nécessaires d'une part à l'estimation des coûts et d'autre part aux travaux de l'équipe Focus - se définissent et se stabilisent.

D'après nous, il serait trop simpliste de réduire le rôle stratégique de la logistique à l'intégration des coûts dans des projets et le rôle opérationnel à la préparation pour l'introduction de nouveaux produits. D'autant plus que la logistique elle aussi a ses propres objectifs vis-à-vis les projets. Il est donc raisonnable et juste qu'elle puisse exprimer ces besoins, alerter sur ses contraintes, enfin interagir de manière anticipative et non seulement en réagissant aux besoins préalablement définis dans la démarche de projet. D'ailleurs, on connaît la stratégie *Supply Chain* puisqu'elle traduit la stratégie même de l'entreprise pour tous les produits!

Nous voyons ainsi que le besoin légitime de participation de la logistique dans les phases amont des projets dévoile d'autres dimensions d'une problématique qui **dépasse largement la simple insertion normative de leurs acteurs dans les équipes et le problème d'intégration de coûts**. Et là encore l'imbrication des caractères stratégique et opérationnel des questions renforce la dialectique permanente :

Comment piloter les objectifs stratégiques supply chain tout au long des nombreux projets qui se développent simultanément dans l'entreprise ?

Quels sont les changements et les contraintes imposés par la conception de nouveaux engins sur les processus logistiques ? Comment les acteurs de la logistique se saisissent-ils des activités dans les projets de conception ? Ont-ils identifié les spécificités de cet environnement par rapport à leur activité journalière de gestion logistique ?

Enfin, les acteurs sont-ils prêts, avec leur connaissance et le support de la structure logistique opérationnelle dont ils disposent, à participer effectivement dès le début des projets de conception ?

Sans passer par une analyse approfondie de ces questions fondamentales, il nous semble difficile d'attendre une participation effective des acteurs de la logistique dès le début des projets appuyée seulement sur une base purement normative.

1.7. Conclusion

Nous avons débuté ce premier chapitre par un aperçu de la logistique d'engins de chantier suivi de l'évolution de la fonction logistique chez S.P.E. Cette présentation initiale de la logistique nous a permis de reconnaître l'importance de son rôle dans le changement de la stratégie de l'entreprise vers une approche basée sur la gestion des flux dans la *Supply Chain*, avec l'aval de la Direction Générale. Les attributions et le rayonnement transversal de la fonction logistique lui confèrent une visibilité importante dans l'entreprise, mais soumise à une dialectique permanente.

Cette visibilité de la logistique invoque l'articulation stratégique et opérationnelle entre les processus *Supply Chain* et le processus de développement de nouveaux produits. Ainsi, les modèles normatifs (NPI / CPPD) de la conception chez S.P.E. prévoyaient l'intervention de la logistique dans les dimensions stratégique et opérationnelle à travers notamment les équipes NPI, Focus et Composants.

En ce qui concerne la dimension opérationnelle des phases aval des projets - domaine de l'équipe Focus - le besoin de préparation pour l'introduction des nouveaux produits conçus rend la participation logistique évidente et incontournable. Néanmoins, rien n'est clair en ce qui concerne la dimension stratégique (domaine de l'équipe NPI) et, entre les deux, l'intervention au niveau des équipes Composants, même s'il existe le besoin stratégique explicite d'intégrer les coûts globaux de la logistique induits par les choix de conception.

Ces réflexions nous permettent ainsi de soulever au moins deux questions sur le même problème de participation des acteurs de la logistique dès les phases amont des projets :

Comment les acteurs de la logistique peuvent-ils interagir effectivement dans les phases amont d'un projet de conception ?

Comment peuvent-ils anticiper et piloter leurs propres besoins et contraintes dans les phases amont, de manière à structurer une dimension logistique à la fois stratégique et opérationnelle pour les choix de conception ?

"Au début, pas de différence entre les projets et les objets. Les deux circulent de bureau en bureau sous forme de papier, de plans, de notes de service, de discours, parfois de maquette ou de synopsis. Nous voilà dans les signes, dans le langage, dans les textes. A la fin, ce sont les gens, au sortir de leurs bureaux, qui circulent dans l'objet. Révolution copernicienne."
B. Latour. *"Aramis ou l'amour des techniques"*, Paris, La Découverte, 1992, p. 28.

Chapitre 2

Sur la participation de la logistique dans le projet d'une famille de tracteurs à chenilles

Dans ce chapitre, nous allons nous intégrer dans un projet de conception d'un tracteur à chenilles pour étudier la participation des acteurs de la logistique.

En nous appuyant sur une démarche d'observation participante des activités de projet, nous allons suivre les pas de la logistique dans les étapes principales des phases amont du projet.

Le chapitre est divisé en quatre parties : dans la première, nous décrivons l'engin tracteur et les enjeux du projet; dans la deuxième partie, nous parlerons de la quête permanente pour l'intégration dans le projet; ensuite, nous montrerons le cas particulier de l'intégration des acteurs du process d'assemblage dès les phases amont et de leur démarche d'intervention. A partir de là, nous revenons sur les acteurs de la logistique pour décrire leur participation dans les mêmes périodes. Finalement, avant de conclure, nous proposerons une réflexion sur l'intégration de la logistique dans les phases amont des projets de conception.

2.1. Le cadre : un projet de conception de 'A' à 'Z'

2.1.1. L'artefact de conception : l'engin "tracteur à chenilles"

L'engin tracteur, connu sous le terme de "bouteur", est "une machine automotrice sur roues ou chenilles servant à pousser ou à tirer à l'aide d'un outil de travail porté" (Directive 2000/14/CE)¹. Ce qui distingue le tracteur par rapport à d'autres engins de terrassement à chenilles (chargeuses, pelleuses, etc.), c'est notamment le montage d'une lame frontale pour déplacer les matériaux (terrains de tout genre, déchets, métaux, matière organique, etc.).

Néanmoins, le premier tracteur à chenilles n'était équipé d'aucune lame. Il s'agissait d'un tracteur à vapeur appelé "the No. 122" produit à l'échelle industrielle à partir de 1906 en Californie aux Etats-Unis par l'entreprise *Holt Manufacturing Co.* (figure 15).

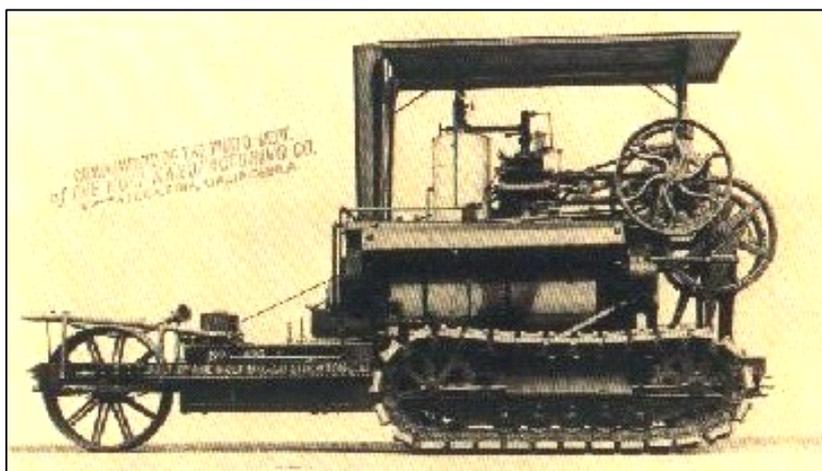


FIGURE 15 - Le premier tracteur à chenilles, le 'No. 122' de Holt Manufacturing Co. (Source : "All in a day's work". Hong Kong : Forbes Custom Publishing, 2000).

Cet engin a été le résultat d'un premier prototype réalisé en 1904, conçu, testé et amélioré par ce constructeur pionnier. L'utilisation de traction à chenilles sur un véhicule automoteur de ce genre était à l'époque une innovation par rapport aux modèles précédents sur roues tirés par des chevaux pour le transport de bois débité et pour l'exécution de travaux agricoles. L'atout majeur était de se déplacer efficacement sur des terrains tourbeux ou marécageux, malgré le poids de la machine.

¹ Directive du Parlement Européen du 8 mai 2000, disponible sur <http://www.lne.fr/publications/directives/00-14.pdf>

Actuellement, les familles d'engins sont couramment réparties selon la puissance de motorisation (en chevaux) et le poids de la machine (kg). Ainsi, par rapport à la seule motorisation, S.P.E. a réparti ses familles de tracteurs en petits (70 ~ 90ch), moyens (100 ~ 250ch) et gros tracteurs (= 300ch). Traditionnellement, le site français de la société S.P.E. réalisait la fabrication de tracteurs conçus par le département d'ingénierie de l'entreprise aux Etats-Unis, particulièrement la famille T4 produite à partir des années soixante (figure 16). Aujourd'hui, le site produit trois familles de tracteurs de moyenne taille : T5N (à 121ch), T6N (à 145ch) et T6R (entre 185ch et 189ch).

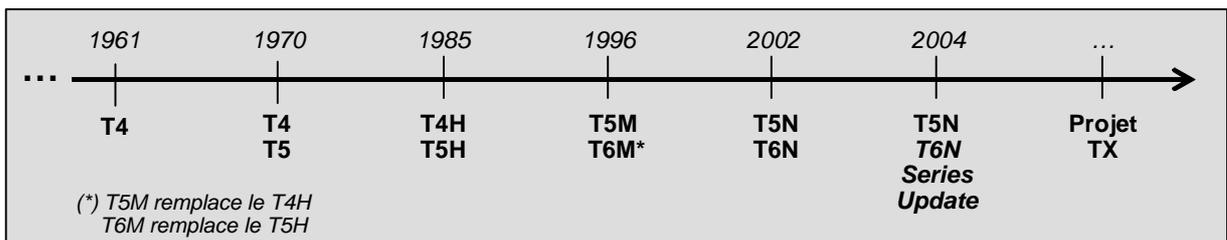


FIGURE 16 - Evolution de tracteurs à chenilles de la famille "T5" chez S.P.E.

Fonctionnalités principales du tracteur à chenilles

Un tracteur à chenilles est un engin à forte flexibilité d'utilisation : terrassement, nivellement, remblayage, essartage, etc. Cette multiplicité d'usage fait partie des paramètres de performance technique et commerciale de l'engin. Un tracteur est conçu pour travailler autour de 1 000H/an et chaque composant principal a une vie opérationnelle différenciée, selon ses caractéristiques de durabilité et de maintenance. Actuellement, la conception, la fabrication et l'utilisation de ces engins sont fortement soumises à des réglementations spécifiques qui doivent être prises en compte tout au long de son cycle de vie¹.

La structure du produit et sa représentation

Le tracteur à chenilles, en tant qu'artefact de conception, est considéré comme un ensemble de systèmes complexes constitués de sous-systèmes, de prémontages et de pièces que nous appellerons désormais des "composants".

L'une des représentations les plus classiques du produit est une structure en arbre (*product breakdown*, pour décomposition du produit), plus souvent connue comme la

¹ La réglementation constructive d'engins de terrassement date de 1968 (ISO/TC 127) et dans sa première version a spécifié 115 normes divisées en quatre chapitres : terminologie, performance, emploi et entretien, sécurité (source : UNM - Bureau de normalisation sectoriel au service de la mécanique et du caoutchouc : <http://www.unm.fr/>).

nomenclature produit ou "Bill-Of-Materials" (BOM) (Stonebraker, 1996) (figure 17).

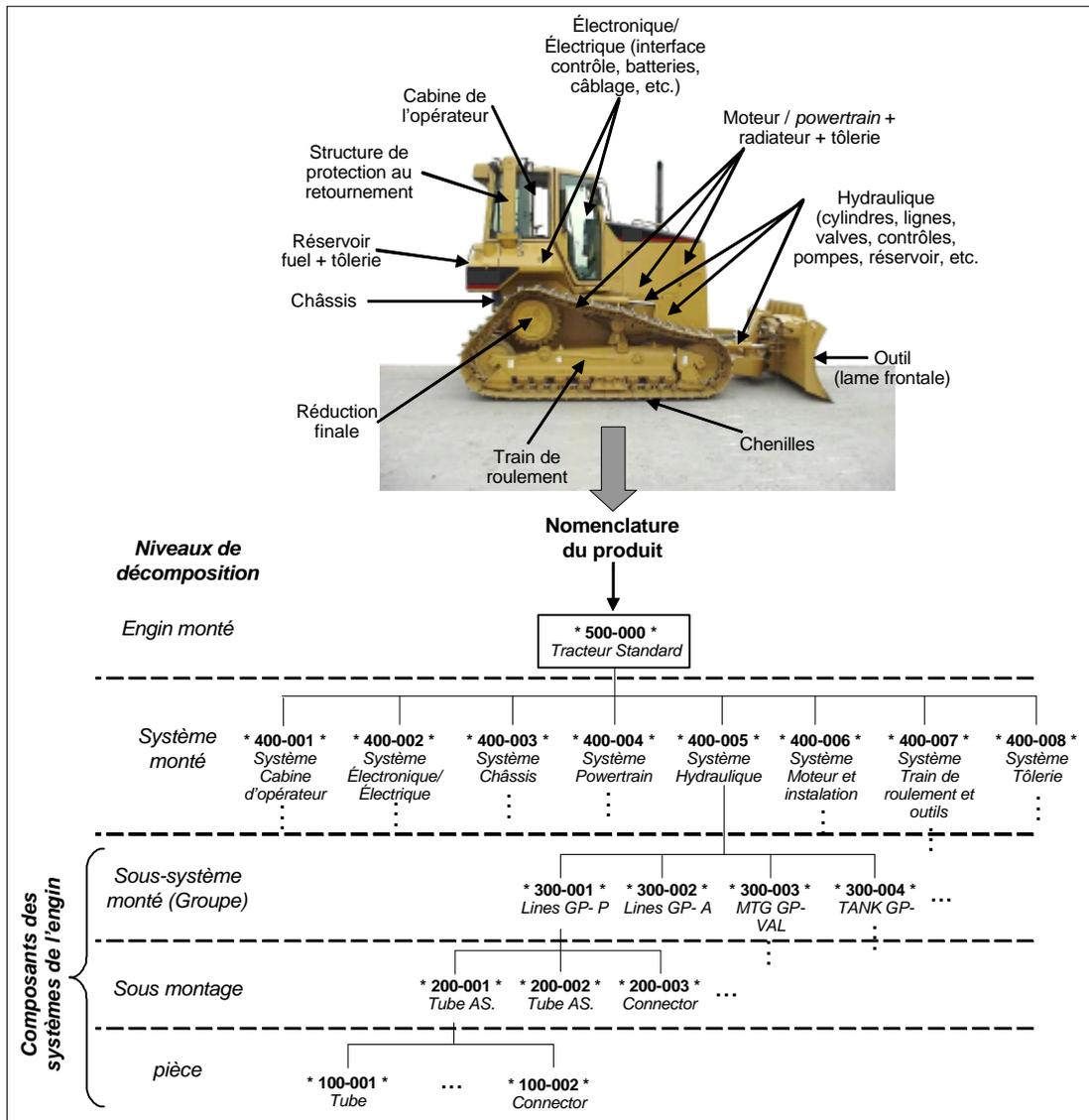


FIGURE 17 - Composants principaux d'un tracteur à chenilles et leur représentation selon la nomenclature.

Il s'agit d'une modélisation sous la forme d'une arborescence hiérarchique qui respecte une logique de construction, où tous les matériels nécessaires à la production du produit (matières premières, composants, spécifications techniques) y sont représentés à travers leur numéro de référence.

Dans le cas des engins S.P.E., la nomenclature du produit est normative et son arborescence a cinq niveaux hiérarchiques qui suivent une logique à la fois structurelle et

fonctionnelle, définie par les interrelations entre les constituants (figure 17).

Un aspect intrinsèque au concept même de *Bill-Of-Materials* c'est que chaque configuration d'engin a sa propre nomenclature, en fonction des composants qui sont montés, donc, gérer la BOM veut dire gérer chaque nomenclature de chaque configuration d'engin.

Outre la représentation du produit, la nomenclature joue un rôle fondamental dans la division du travail de conception et l'organisation de l'activité logistique. C'est à partir de la *Bill-Of-Materials* développée par les concepteurs que les services logistiques vont planifier et organiser les flux physiques et informationnels de la chaîne logistique du produit.

En effet, ce modèle de représentation du produit constitue un artefact incontournable à l'interface logistique/ingénierie, comme nous allons le montrer au long de ce mémoire.

2.1.2. Les enjeux du projet

Chaque projet de conception chez S.P.E. est partie intégrante d'un programme global de développement produit de la corporation. Ainsi, le projet "TX" concerne la troisième génération de tracteurs "T". Parallèlement, ce projet présente des spécificités qui recouvrent différents enjeux :

a) Les enjeux économiques

L'enjeu majeur du projet est de récupérer une partie du marché d'engins moyenne taille perdue à cause d'une concurrence plus agressive et d'une augmentation des coûts associés à la maintenance d'engins S.P.E. Une première évaluation du projet a montré que la seule conception technique ne serait pas capable d'aboutir à la performance économique souhaitée. Le Département de Développement de Produits a donc formellement fait appel aux autres fonctions industrielles – notamment les méthodes et la logistique - pour participer à un effort collectif de réduction des coûts dans le projet. Le projet était à fort risque. Ainsi, non seulement les coûts globaux de production devraient être réduits, mais aussi les coûts de propriété (*ownership*). Par ailleurs, l'engin devrait être conçu pour respecter les nouvelles réglementations environnementales nord-américaines et européennes concernant notamment la réduction de l'émission de gaz¹ (EPA Tier III et EURO IV, respectivement) et de bruit² (Phase II, Directive 2000/14/CE).

¹ Disponible sur <http://www.epa.gov/nonroad-diesel/firm1998/nr-ria.pdf> et http://europa.eu.int/comm/environment/air/pdf/200181_progr_fr.pdf

² Disponible sur <http://www.ecologie.gouv.fr/>

Tout engin produit à partir de la date d'entrée en vigueur de ces nouvelles réglementations doit respecter les nouveaux niveaux d'émissions¹, sous peine de payer des amendes importantes prévues dans les directives. Dans le projet, une conséquence directe porte sur le délai de conception qui doit être réduit afin de respecter les échéances de la transition des réglementations environnementales.

b) Les enjeux techniques

Comme conséquence de ces nouvelles réglementations, le système moteur du tracteur doit être complètement re-conçu, ce qui représente un projet à part entière pour le fournisseur de ce système. Outre la nouvelle motorisation, le projet du TX inclut de nombreuses innovations, autant du point de vue du produit que du process de production.

Tout d'abord, il s'agit du premier tracteur S.P.E. dans cette catégorie où une transmission hydraulique remplace la transmission mécanique jusqu'ici utilisée. Cette caractéristique exige la conception d'un nouveau châssis, d'un nouveau système hydraulique et par conséquent, une redéfinition de toutes les interfaces entre les principaux composants de l'engin.

L'ergonomie et le confort pour l'opérateur doivent être profondément améliorés, ce qui implique des modifications sur le système cabine. La flexibilité de l'engin doit être augmentée, ainsi que son efficacité technique sur le terrain, ce qui implique dans une redéfinition de tous les sous-systèmes liés aux outils de travail et à la capacité de manœuvre. Finalement, le projet prévoit l'assemblage de l'engin **en modules**, inspiré d'autres engins déjà produits sur les sites S.P.E. au Japon. Ici, nous identifions un lien avec la stratégie logistique pour le projet.

2.1.3. La nouvelle stratégie Supply Chain pour le projet

Au moment du démarrage du projet TX, S.P.E. venait de spécifier sa stratégie *Supply Chain*, dans le cadre de la restructuration de l'organisation logistique, décrite dans le chapitre 1 (cf. 1.2.4). Dans une vision de production stabilisée, les attentes de la logistique pour cette nouvelle famille d'engins sont résumées dans les trois volets suivants :

- 1. Réduction des coûts** : réduire les coûts des stocks globaux dans la chaîne logistique (composants + produits semi-finis/finis).

¹ En effet, ces échéances varient selon la motorisation des engins.

2. **Flexibilité** : augmenter la flexibilité de la chaîne logistique à travers une politique basée sur le montage à la commande, la réduction de la quantité de fournisseurs premier rang et la mise en place des démarches de *Lean manufacturing*.

3. **Rapidité** : réduire le délai total entre le traitement d'une commande client, la réalisation de l'engin et la livraison finale. Il s'agit du concept de "*Product Availability*"¹ et cela avec une réduction des coûts logistiques. Pour atteindre ce but, les moyens proposés étaient : le montage modulaire couplé à **l'approvisionnement des modules en Juste-à-Temps**, le *Direct Shipment* (livraison chez le client final), la réduction de la quantité totale de références à gérer par l'entreprise, ainsi que la formation d'employés multiqualiifiés et flexibles pour répondre aux contraintes de saisonnalité du secteur.

A partir de ce premier projet, cette stratégie *Supply Chain* devrait donc être transversale à tous les projets suivants menés par le Département d'Ingénierie.

En ce qui concerne le montage de l'engin en modules, cela était l'un des besoins stratégiques qui devrait être intégré depuis le début du projet. Deux raisons principales ont été données pour adopter l'approche modulaire :

- *Optimiser les flux logistiques amont et réduire les coûts.*
- *Optimiser le process de montage, tout en réduisant ses coûts.*

Ces deux objectifs d'optimisation (des flux et du process de montage) touchent directement la gestion logistique et la structuration de la chaîne logistique pour le nouveau tracteur. Plus spécifiquement, l'idée centrale était de passer d'une logistique basée sur le foisonnement de références gérées en interne (selon leur propre flux informationnel / physique et approvisionnées par un nombre important de fournisseurs), vers une logistique appuyée sur la gestion de modules approvisionnés par un groupe très restreint de fournisseurs de premier rang et de prestataires logistiques.

Il s'agit ici de réduire la complexité du traitement (par toutes les fonctions concernées) de l'ensemble des configurations de la nouvelle famille de tracteurs. Cette complexité peut être traduite au travers de la quantité de pièces à gérer, des stocks, des

¹ Cf. section 1.2.4.

fournisseurs, des canaux logistiques, des différentes gammes de fabrication (usinage et mécano-soudure) et d'assemblage.

Au départ, la modularité était entendue dans le projet comme une "*fonction qui permet de développer, de tester et de valider le montage du produit selon certaines caractéristiques*". En revanche, le concept de "module" n'était pas clair pour les acteurs¹. Pourtant, il fallait développer ce concept et faire effectivement intégrer cette approche dans la conception de l'engin.

Outre le défi du montage modulaire, cette stratégie *Supply Chain* a amené une **nouvelle dimension** aux attentes du projet. Du côté stratégique, il s'agit d'ajouter de la valeur à l'offre par la **rapidité** de la chaîne logistique pour atteindre une commande, un enjeu très fort pour l'entreprise. Du côté opérationnel, il s'agit de prendre en compte dans les choix du projet le besoin de réduire le *lead-time* logistique pour satisfaire une commande client dans un état de production stabilisée.

2.2. Dans les activités du projet : la quête permanente pour l'intégration

En anticipant la description et l'analyse qui suivent, nous affirmons que la quête pour le montage de l'engin selon l'approche modulaire a été un déclencheur conséquent de mécanismes d'intégration du process (d'assemblage) dans les solutions de conception pour le tracteur. Trois principaux volets d'intégration – de vrais chantiers – ont été développés par l'organisation de projet :

- Le volet du pilotage économique (l'intégration des coûts des modules)
- Le volet produit (l'intégration des modules en tant que périmètres techniques)
- Le volet d'apprentissage des acteurs (l'intégration des savoirs produit-process).

En ce qui concerne l'intégration des coûts des modules, celle-ci a suivi la même logique que nous avons décrite sur les coûts logistiques (cf. section 1.6.1).

En ce qui concerne l'intégration technique des modules, cela a imposé *ipso facto* le processus d'apprentissage qui fait l'objet du troisième volet. C'était en effet la première fois

¹ Une première expérience concernant l'approvisionnement en flux tiré du composant "cabine de l'opérateur" déjà monté était souvent utilisée par les acteurs du projet comme repère sur l'image de ce qui serait un module. Outre la cabine, les expériences d'autres sites S.P.E. avec le montage modulaire, notamment au Japon, accélérèrent le processus d'apprentissage interne des acteurs à travers des techniques de *benchmarking*.

que le Département d'Ingénierie de S.P.E. était confronté avec une conception qui modifiait **l'architecture du produit**.

2.2.1. L'intégration produit-process : nouvelle architecture produit, nouvelle organisation et nouvelle logique d'interaction

Nous avons participé de près aux activités collaboratives dans l'équipe Composants Hydrauliques, ce qui nous a permis de dévoiler comment les mécanismes **d'intégration produit-process** ont été bâtis par les acteurs de l'ingénierie et de l'industrialisation (notamment ceux du bureau méthodes d'assemblage) au fur et à mesure que les activités se déroulaient.

L'intégration produit-process que nous avons suivie dans le projet de l'engin concerne la prise en compte des objectifs et des contraintes d'assemblage dans la conception.

Cette intégration a été en effet un double processus de changement et d'apprentissage, où le deuxième processus s'inscrit dans le premier. En ce qui concerne les changements réalisés nous soulevons les trois dimensions suivantes :

1. Par rapport au produit : il s'agit du changement de l'architecture par système vers l'architecture en modules.
2. Par rapport à l'organisation : il s'agit de la mise en place d'une nouvelle organisation chargée de l'industrialisation du montage modulaire de l'engin.
3. Par rapport aux acteurs : ils s'agit de la construction d'une autre logique de travail collective et collaborative.

Regardons chacune de ces dimensions à travers leur objet principal.

La nouvelle architecture

Le premier changement imposé par le besoin d'assemblage modulaire concerne l'architecture du produit : la structure qui définit comment les composants sont décomposés et comment ils s'interfacent les uns par rapport aux autres. Et pour mettre en œuvre cette approche, il fallait une redéfinition de la logique classique de décomposition du produit par système (figure 18).

Les acteurs de l'ingénierie (au niveau de l'équipe NPI) et ceux du bureau méthodes d'assemblage se sont basés sur des solutions conçues par d'autres équipes d'ingénierie S.P.E. au Japon. Dans ces solutions, chaque module est constitué par un certain nombre de

composants appartenant à différents systèmes de l'engin. L'un des gestionnaires du projet du TX m'a expliqué que les machines conçues au Japon sont modulaires pour l'assemblage selon une logique de "modularité de proximité" par rapport à la gamme de montage.

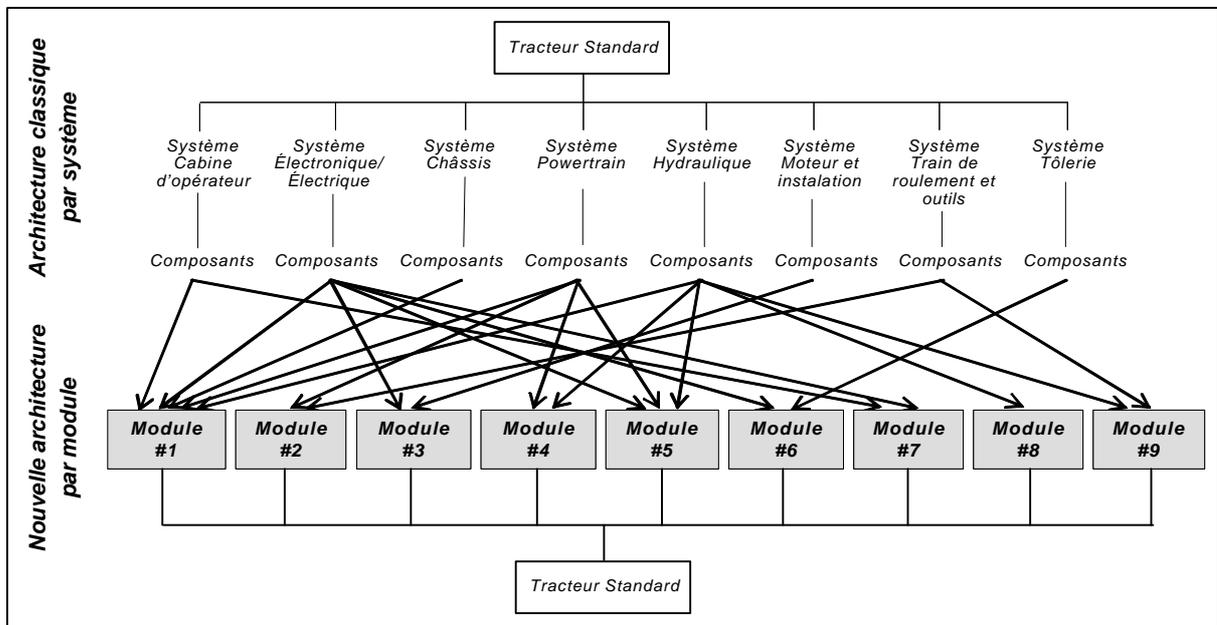


FIGURE 18 - Le changement de l'architecture : de la décomposition par système à la décomposition par modules multifonctionnels.

Cela veut dire que les modules ont été définis selon la *proximité physique* (structurelle) entre les composants, afin de faciliter la tâche du monteur en termes de séquence, d'accès et de temps de réalisation des tâches.

Ainsi, en suivant au départ une logique similaire et appuyée sur la nomenclature des tracteurs existants, les acteurs du projet TX ont développé différentes alternatives de décomposition pour leur appréciation dans les réunions régulières d'équipe. Les principaux critères de découpage en étaient la fonctionnalité, le positionnement du composant dans l'engin et l'expertise de conception nécessaire. Le résultat a été un découpage en neuf modules multifonctionnels qui caractérise la nouvelle architecture (figure 18).

Chaque module est à l'interface de différents systèmes du produit et il est considéré comme un **composant physique unique et approvisionné par un fournisseur en tant que tel**. L'industrialisation des modules exige plus que jamais l'intervention de différents métiers de l'ingénierie et de l'assemblage. Une nouvelle organisation a donc été mise en place. Elle est

responsable de la coordination et de la gestion de l'industrialisation des modules et de l'engin.

La nouvelle organisation pour l'industrialisation

Les neuf modules ont été organisés dans quatre groupes, selon un critère structurel/fonctionnel. Ces quatre groupes ont fait l'objet de la répartition du travail d'industrialisation de la nouvelle organisation pour l'assemblage modulaire, transversal aux équipes Composants déjà en place (figure 19).

En fonction du découpage en modules, les acteurs des équipes composants responsables pour le périmètre concerné par chacun des modules ont été appelés pour former les nouvelles équipes Module. Chaque équipe Module étant responsable pour un groupe de modules. Pour gérer et coordonner cette nouvelle relation entre les acteurs, la nouvelle organisation a mis en place trois nouveaux rôles d'acteurs (figure 19) :

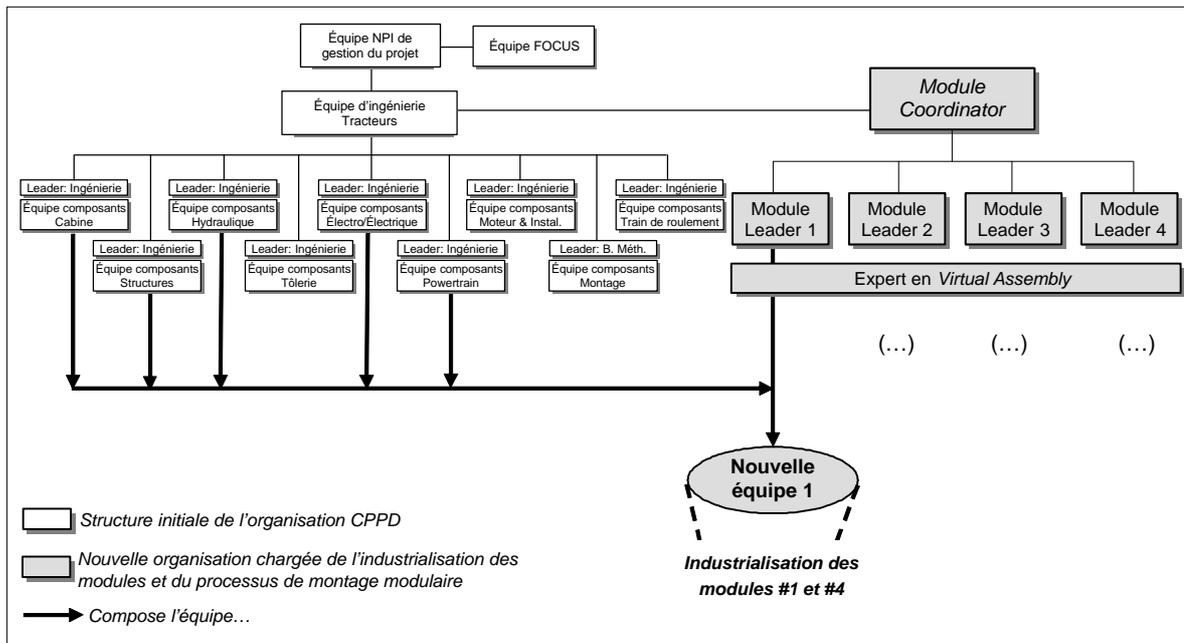


FIGURE 19 - La nouvelle organisation pour l'industrialisation selon l'assemblage modulaire

a) **Module coordinator** : cet acteur issu de la division Opérations¹ (*Operations*) a un pouvoir fort de négociation et d'arbitrage vis-à-vis de l'ingénierie et son rôle est surtout de coordonner et de piloter les actions de chaque équipe module, ainsi que de servir comme interlocuteur aux équipes Ingénierie Tracteurs et NPI.

¹ Cette division a été au départ responsable pour les bureaux méthodes fabrication et montage, ainsi que leurs processus productifs. Plus tard dans le projet, cet acteur est passé à la hiérarchie du département Supply Chain.

b) *Module leaders* : ces acteurs sont issus de la division Opérations et *Supply Chain* et sont les responsables pour le développement intégral des modules. Ils font la coordination entre le process et la conception à travers leur participation simultanée dans les équipes Tracteur, Composants et dans leur propre équipe module.

c) *Virtual Assembly Expert* : acteur transversal à toutes les équipes module et responsable de la vérification des solutions de conception concrétisées dans les maquettes 3-D en appliquant les ressources du *Virtual Assembly*¹. Cet acteur maîtrise l'outil CAO utilisé par les concepteurs et donne le support aux équipes modules dans l'identification et l'anticipation de problèmes de montage implicites dans les solutions de conception.

Nous avons suivi et participé pendant plusieurs mois aux activités de cette nouvelle organisation, notamment dans l'équipe Module responsable de tous les composants hydrauliques du tracteur. Un changement au niveau des interactions entre les acteurs de l'ingénierie et ceux de bureau méthodes d'assemblage a été observé à travers la nouvelle organisation.

Les nouvelles interactions entre les acteurs de l'ingénierie et de l'industrialisation

Dans un premier temps, les acteurs *module leaders* animés par le *Module Coordinator* ont dû définir de leur côté quelles étaient leurs priorités en termes d'objectifs et de variables de contrôle (ou métriques) pour piloter l'interface avec les acteurs de l'ingénierie. Ceux-ci étaient déjà en train de concevoir et de poser des questions sur le process modulaire. Par exemple, comment se mettre d'accord, par rapport aux contraintes de conception, sur le besoin de réaliser une machine **facile à monter** ? Quels sont les paramètres à piloter du côté process ? Ces objectifs et les variables respectives devraient être donc traduits en termes de contraintes et de spécifications à l'usage des équipes de l'ingénierie.

Dans un deuxième temps, les *module leaders* ont organisé tout un calendrier de réunions des nouvelles équipes afin de confronter leurs objectifs et variables aux **solutions préliminaires** de conception proposées par les ingénieurs concepteurs des équipes composants. Cette confrontation leur a permis de découvrir graduellement les contraintes imposées par le montage de modules et par leurs interfaces.

Regardons plus attentivement au niveau des acteurs, comment se passait le processus

¹ Il s'agit de techniques de maquettage numérique issues de la CAO et qui ont pour but de simuler le montage virtuel d'un produit, à travers le maquettage d'outils, des supports de fixation et d'autres moyens du process, ainsi que de l'environnement de l'opérateur, afin d'anticiper des problèmes éventuels de montage (Jayaram et al., 1997).

d'apprentissage pendant les réunions d'équipe (composant et module). Pour cela, nous revenons à l'une des caractéristiques fondamentales inhérentes à l'activité de conception (Simon, 1996; Cross, 1994; Pahl et Beitz, 1996)¹ : l'indissociabilité de la boucle "problème / solution de conception" que nous avons constatée tout au long des interactions entre les acteurs de l'ingénierie et de l'industrialisation.

2.2.2. *L'apprentissage vers la construction de solutions de compromis*

Considérons le cas de la conception d'une ligne hydraulique dont la fonction est de contrôler le mouvement de la lame du tracteur. Lors d'une réunion d'équipe, en regardant une présentation d'une des nombreuses versions de solution de conception de ce composant, les acteurs du process interagissent avec le concepteur de la solution à travers le support préparé par ce dernier. Le *module leader* commence par poser une question concernant l'orientation de la ligne hydraulique : " - *Comment tu vas faire pour monter cela ?*". Cette question exigeait du concepteur la prise du point de vue du monteur sur la ligne d'assemblage. Face aux interrogations faites, les réponses du concepteur exigeaient de leur part **la récupération du raisonnement qui l'a conduit à la solution** de conception proposée. Cette démarche permettait à l'acteur process de savoir si l'ingénieur concepteur avait effectivement compris le problème qu'il avait créé avec la solution proposée de conception.

L'expert en *Virtual Assembly* continue la discussion en expliquant que le montage d'un tube métallique rigide exige l'assurance totale de son positionnement par rapport aux points d'accrochage où le composant est boulonné. La position de montage du tube est importante aussi, car la souplesse de l'opération est dépendante de la tolérance d'ajustage entre le tube et les points d'accrochage. De sa part, l'acteur de l'ingénierie expliquait son raisonnement, pour justifier son choix de conception (le circuit de passage de la ligne par rapport à l'environnement machine). A partir des explications données par le concepteur, les acteurs process proposent des modifications pour améliorer la solution initialement montrée.

De leur côté, les ingénieurs concepteurs profitent pour poser des questions qui demandent un accord explicite, comme par exemple : " - *Est-ce que je peux faire [...]*", afin **d'anticiper** les impacts potentiels d'un changement du circuit hydraulique sur la conception de la ligne, face à la nouvelle alternative proposée par les acteurs d'industrialisation. Dans cette logique et au fil de l'eau, c'était au concepteur de proposer aux acteurs du process, à

¹ Cf. Introduction : *le positionnement de la thèse par rapport aux travaux sur la conception de produits.*

travers les questions posées, d'autres alternatives de solution pour faire passer la solution de conception :

"- Vous ne pouvez pas faire monter les hoses¹ sur le moteur avant de monter sur la machine ?"

Le concepteur essayait d'apporter **lui aussi, sa propre solution concernant le montage** de la ligne hydraulique en discussion. Par ailleurs, dans ces échanges, les acteurs de l'ingénierie écoutent les discussions **entre** les acteurs du process autour d'un problème type de montage, afin d'en tirer leurs propres conclusions pour améliorer leur solution. Toutes les observations apportées sont notées par les concepteurs sur leur cahier et récupérées plus tard, dans leur bureau, aussi bien que dans le compte rendu de réunion.

Les interactions synchrones entre les acteurs ingénieurs et process nous permettent d'identifier **une dynamique** dans les réunions (figure 20).

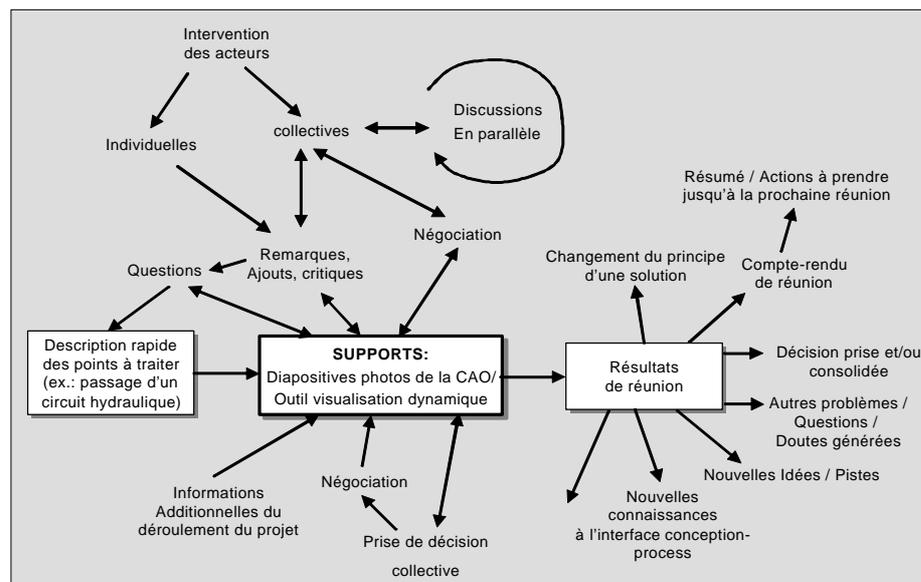


FIGURE 20 - La dynamique d'une réunion d'équipe module / Composants hydrauliques

Dans cette dynamique, il y a le déroulement linéaire de la réunion – une description rapide au départ, les discussions supportés par les outils de visualisation et finalement les résultats – et toutes les interactions entre les acteurs lors de leurs discussions. C'est justement par l'observation de ces interactions – complexes dans leur diversité - que nous pouvons

¹ Tubes hydrauliques flexibles.

identifier comment les acteurs interviennent face à un nouveau problème ou à une alternative de solution, comment les négociations sont menées, la prise de décisions, l'émergence d'autres alternatives de conception, etc.

Les résultats à la fin de la réunion sont multiples : le changement des alternatives préliminaires de conception présentées, la création de nouvelles connaissances sur le process et le produit, la prise de décisions, ainsi que la mise en évidence de nouveaux problèmes identifiés.

En ce qui concerne particulièrement le changement des alternatives de conception, nous avons constaté la construction **d'un mouvement de prescriptions réciproques**, dans le sens défini par Hatchuel (1994) : "*chacun d'entre eux (les concepteurs) va indiquer à l'autre les prescriptions qu'il doit respecter pour que leurs deux interventions soient compatibles et aboutissent à telle ou telle performance d'ensemble*".

Ainsi, par moyen du retour des concepteurs sur les remarques faites, les acteurs (de l'ingénierie et d'industrialisation) arrivaient à construire une solution **plus adaptée à leurs besoins**, une **solution intermédiaire résultante** du compromis de la prise en compte des prescriptions réciproques (de conception et de Process) (figure 21).

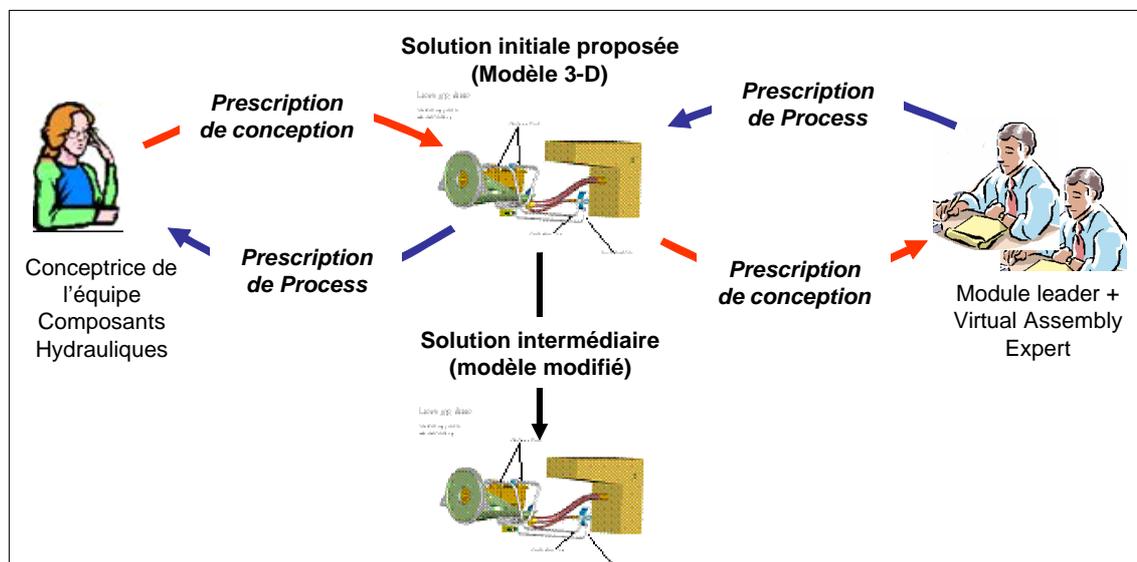


FIGURE 21 - L'échange réciproque de prescriptions permet aux acteurs de construire une solution intermédiaire pour le problème de conception.

Il faut constater que l'acceptation des suggestions proposées n'était pas sans négociation, car **d'autres contraintes de conception jouaient sur la solution**. Au niveau de

la machine dans sa globalité, les contraintes d'espace constituent l'une des plus importantes pour les concepteurs. Tout d'abord parce que la notion **d'enveloppe** (les dimensions maximales de longueur, de hauteur, et de largeur) définie par Concept produit doit être contrôlée depuis le début du projet¹.

Par exemple, toutes les équipes doivent positionner ces systèmes par rapport au châssis de la machine. Il s'agit de l'élément structurel le plus important, car tous les systèmes s'y appuient directement ou indirectement. Par conséquent, son importance technique se traduit par une importance équivalente en termes de négociation, dialogue et interaction entre les acteurs chargés de sa conception et les autres équipes.

Par ailleurs, côté process d'assemblage, les contraintes **n'ont pas été explicitées préalablement** au début des activités des équipes module (par exemple, sur la forme de règles ou de prescriptions formelles et stabilisées). En partant des besoins de l'assemblage modulaire, c'était au cours des réunions d'équipe que les acteurs ont **traduit ces besoins** dans des règles applicables à la conception (Tableau 4).

Et pourtant, arriver aux règles n'implique pas encore qu'elles seront effectivement intégrées dans les solutions de conception. En effet, nous avons constaté aussi que cette intégration ne se faisait pas de soi ou de façon naturelle.

<i>Un besoin du côté Process...</i>	<i>...est traduit en termes de variables à contrôler...</i>	<i>...et qui deviennent des règles implicites à travers les interactions entre les acteurs</i>
Machine rapide à assembler	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (Réduire le) temps d'assemblage ▪ (Réduire la) quantité de pièces montées en usine 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Il faut faire des compromis judicieux entre la performance de la machine et la quantité de composants (différents et montés sur chaque machine).</i>
Machine facile à assembler	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (Réduire la) quantité d'opérations d'assemblage ▪ (Réduire la) quantité de pièces montées en usine ▪ (Réduire la) quantité globale de composants 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Il faut réduire les alternatives de choix de composants (à partir d'une base de données, catalogue fournisseur, etc.)</i> ▪ <i>Il faut prendre en compte d'autres acteurs (non-concepteurs) dans la négociation des contraintes de "space claim".</i>
Standardisation de couples de serrage	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (Réduire la) quantité d'outils et de moyens de levage ▪ (Réduire la) quantité d'outils et de couples de serrage spécifiques 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Il faut ajouter d'autres variables d'interférence : Au-delà des organes de la machine, il y a aussi le monteur (ergonomie), les outillages de montage et les moyens de levage.</i> ▪ <i>Il faut une meilleure maîtrise du process d'assemblage = besoin de chercher plus d'information</i>

TABLEAU 4 : Exemples de besoins du process qui se traduisent en termes de contraintes pour la conception du produit.

¹ L'une des irréversibilités du processus de conception.

De façon progressive pendant les négociations dans les réunions d'équipe et dans les contacts hors réunion, souvent au Département d'Ingénierie, les concepteurs ont été amenés à s'approprier des règles d'assemblage. Et l'une des difficultés majeures tout au long de ce processus d'apprentissage a été le respect simultanément des contraintes de conception et celles identifiées *a posteriori* pour l'assemblage¹.

Dans un entretien avec un concepteur de l'équipe Composants Hydrauliques par rapport à la conception des lignes hydrauliques, il a listé les principales règles à prendre en compte dans l'ordre suivant :

a) **L'accessibilité au montage** : les lignes doivent faciliter au maximum le montage, dans ce cas, avec un minimum de problème de centrage et d'accessibilité d'outillage. Pour cela, il faut les concevoir de façon à ce qu'elles soient pré-orientées et pré-disposées par rapport aux points d'accroche et, si possible, avec les extrémités soudées (*weld connectors*).

b) **L'environnement machine** : les lignes doivent suivre un circuit qui respecte les espaces des autres composants, tout en évitant les frottements, les interférences, les courbures exagérées et en laissant de l'espace pour l'accès et la maintenance.

c) **La compatibilité avec d'autres produits** : les lignes doivent permettre leur utilisation dans d'autres familles de produits².

d) **Le respect des contraintes du fabricant** : Dans le cas particulier des lignes, à travers le renseignement des prescriptions du fabricant dans l'outil CAO, le concepteur ne peut pas dépasser, par exemple, 2 500mm de longueur maximale ou un rayon de courbure minimale R_x , car il s'agit de facteurs qui ont un fort impact sur le coût de fabrication³.

Dans un deuxième temps du processus d'apprentissage entre les acteurs, le *Virtual Assembly Expert* a décidé de formaliser de manière anticipative les problèmes et les contraintes identifiés dans les solutions de conception. L'acteur a appelé l'ensemble de problèmes de "points critiques" détectés directement à travers l'outil de *Virtual Assembly* sur les maquettes 3-D récupérés sur la base de données techniques (SGDT). Ces points critiques concernaient notamment les problèmes d'interférence entre l'outillage et les composants, le

¹ Pour vérifier comment les acteurs d'ingénierie hydraulique s'approprient ces règles et ces contraintes, nous avons suivi pendant quelques semaines leurs travaux dans leur bureau, le jour même après les réunions hebdomadaires de l'équipe Composant et Module.

² Il s'agit de la *commonality*.

³ Un exemple classique de règle de *Design For Manufacturing* (DFM).

manque d'espace pour passer l'outillage, les interférences entre les composants, une mauvaise accessibilité ou l'accès impossible pour le montage du composant. L'acteur identifiait un souci de montage sur une maquette et **ajoutait ses observations** pour signaler un besoin de changement de la solution vers une alternative plus adaptée aux contraintes d'ergonomie process et de montage. Ces points critiques étaient donc mis à la disposition sur un répertoire partagé par toute l'équipe responsable pour le module concerné et ils étaient discutés lors des réunions d'équipe.

Pour finir avec cet exemple, tout au long de notre observation participante dans les équipes Composants hydrauliques et Module hydraulique, nous nous sommes rendu compte de l'évolution constante et relativement rapide du niveau de collaboration et d'interaction entre les acteurs. La mise en œuvre de la nouvelle organisation associée à l'engagement permanent des acteurs a été un facteur déterminant pour casser la logique séquentielle de conception – industrialisation jusqu'alors prédominante.

L'aboutissement de ces efforts a été notamment la réalisation de toutes les machines prototype dans le délai prévu, avec un niveau de retravail (*rework*) considéré comme très faible par rapport au programme précédent de développement. Compte tenu du niveau d'innovation du tracteur TX, très peu d'interférences entre modules ont été répertoriées lors des activités de montage des prototypes. En d'autres termes, l'intégration des périmètres répartis entre les équipes de conception a été perçue et évaluée de manière très positive par les gestionnaires du projet.

2.2.3. *Synthèse : la construction de l'intégration produit-process dans l'interaction*

Cet exemple des équipes composants hydraulique et module hydraulique, nous permet de constater que le changement d'architecture du produit a fonctionné comme un déclencheur d'un mécanisme d'intégration produit-process construit par les acteurs dans leur apprentissage sur l'approche modulaire.

Et dans ce processus, les modules eux mêmes ont évolué : en termes de périmètre (les frontières des modules), d'interfaces et aussi de la compréhension que l'organisation de projet avait au départ sur le concept même de module. Si d'une part la décision stratégique de "faire des modules" représentait une irréversibilité dans le processus de conception, d'autre part il n'y avait pas la compétence interne préalable de réaliser effectivement une conception pour l'assemblage modulaire. Tout a été construit.

Cette construction, nous l'avons remarqué, s'appuyait fortement sur des boucles d'apprentissages croisées entre les ingénieurs concepteurs et les acteurs d'industrialisation. Cela nous amène à une discussion complémentaire concernant le concept de prescription réciproque proposé par A. Hatchuel (1994, 1996).

Il est courant de vouloir analyser la problématique de l'intégration produit-process dans un seul sens, en prenant l'activité de conception comme le réceptacle de connaissances où les contraintes d'autres métiers (différents de ceux de la conception) viennent s'ajouter sous la forme de règles, de normes, de prescriptions.

Contrairement à cette vision, l'exemple des équipes Module hydraulique et Composants hydrauliques montre qu'il existe plutôt une intégration mutuelle : d'abord de la conception du produit dans le process et puis du process dans la conception. Les nouvelles formes d'interaction créées et la communication intense entre les acteurs des deux métiers (conception et process d'assemblage) tout au long des activités a permis de dégager des prescriptions réciproques entre eux, dans le sens où **chaque acteur exprime ses propres contraintes, et à travers le dialogue et la négociation, des alternatives de solutions intermédiaires sont construites, dans un processus d'apprentissage collectif**. Et comme l'a bien remarqué A. Hatchuel (*ibid.*), le processus d'apprentissage collectif est aussi un processus de formation des acteurs. Ainsi, nous rejoignons P. Laureillard (2000), lorsque celui-ci affirme que "*l'intégration (produit-process) apparaît sur le terrain, dans l'action effective de conception à travers la combinaison de plusieurs éléments, dont l'outil mais également l'organisation ou les connaissances.*" (p. 228, *ibid.*). Sans oublier évidemment que la conception concerne à la fois le produit et son process de montage.

Il y a dans ce cas d'étude certains facteurs qui peuvent nous orienter par rapport à la problématique d'intégration de la logistique dans la conception :

a) **La participation constante des acteurs de l'industrialisation** (*module coordinator, module leader, virtual assembly expert*) a été déterminante dans chaque discussion autour d'une solution de conception pour la construction de la convergence entre produit et process. Leur intervention à différents niveaux de la hiérarchie (stratégique / opérationnel) est un facteur clé à prendre en compte.

b) **La mise en place d'un nouvel outil**, le *Virtual Assembly*, comme instrument effectif pour apporter une vision du process à travers l'usage des maquettes numériques

produites par les équipes d'ingénierie. Jusqu'alors, la seule façon utilisée pour exprimer un avis sur la difficulté de montage était lors de la réalisation des gammes, donc trop tard dans le processus de conception.

c) **Le processus d'apprentissage dégage** au long des réunions, dans un premier temps, de façon synchrone. Cet apprentissage concerne les métiers de chaque acteur, ainsi que les problèmes générés par le changement d'architecture du produit. Les retours apportés par les concepteurs aux acteurs d'industrialisation, sous la forme de leurs propres contraintes de conception, a créé un mécanisme interactif. Dans ce mécanisme, les négociations engagées par les deux parties allaient dans le sens de trouver la solution intermédiaire, en respectant des besoins et des contraintes de chaque partie concernée.

Ainsi ce projet a été mené avec une forte intégration produit-process d'assemblage. Revenons maintenant aux acteurs de la logistique pour expliquer leur participation.

2.3. Sur la participation de la logistique

La mise en œuvre d'une nouvelle architecture du produit qui touche la production des engins a évidemment ses effets sur les processus logistiques :

- L'approvisionnement de gros ensembles (les modules).
- Le besoin de rapidement spécifier le processus d'approvisionnement en juste-à-temps de ces modules.
- La redistribution d'activités et le changement des flux dans la chaîne logistique.
- Le besoin d'évaluer les ressources et les procédures de manutention (support, transport, stockage, distribution) de composants des modules et des modules eux – mêmes.

Ainsi, comment la logistique a-t-elle participée du projet ? En suivant les prescriptions des modèles NPI et CPPD, nous allons décrire l'intervention des acteurs de la logistique selon les étapes du processus de conception et selon les trois équipes (NPI, Focus et Composants).

2.3.1. *Au début du projet et pendant la phase Concept : les activités dans l'équipe NPI*

Un acteur du Département *Supply Chain* a été désigné pour participer au niveau stratégique à l'équipe NPI¹. Nous avons expliqué que dans la démarche NPI, il faut définir dans la première phase du projet un "concept" qui synthétise les repères fondamentaux du projet à partir desquels les solutions de conception proposées devront être confrontées pour mesurer et évaluer les écarts.

La définition de ces repères fondamentaux par les gestionnaires du projet de l'équipe NPI a demandé de la part de l'acteur de la logistique (ainsi que de tous les autres membres de cette équipe) l'expression de leurs besoins stratégiques (en l'occurrence, les besoins *Supply Chain*).

Pour cela, deux activités ont été prévues : d'abord la participation aux séances de *QFD (Quality Function Deployment)* et ensuite l'élaboration d'une section spécifique *Supply Chain* pour le cahier des charges du TX.

La participation dans les séances de QFD

Cette activité est centrée sur la construction de la matrice Voix de l'entreprise (*Voice Of Business*) en ce qui concerne les attentes de l'entreprise par rapport au projet (figure 22). Ainsi comme la matrice Voix du Client traduit les besoins des clients, cette matrice traduit les besoins stratégiques des fonctions de l'entreprise par rapport au projet ainsi que les métriques d'évaluation respectives.

Dans les lignes de la matrice (*i*), les acteurs définissent les besoins (*Direction of Improvement*) en ce qui concerne chaque fonction de l'entreprise. Dans les colonnes (*j*), les acteurs définissent les critères de mesure qui sont associés à chaque besoin comme un indicateur quantitatif de leur valorisation. Pour chaque paire (besoin x critère de mesure), les acteurs associent une corrélation C_{ij} (faible, modérée ou forte). Par ailleurs, chaque besoin est pondéré selon le niveau d'importance identifié par les acteurs (W_i). La somme totale du produit ($C_{ij} \times W_i$) donne la priorité relative du critère de mesure.

L'importance stratégique de cette matrice est que l'identification des besoins de chaque fonction et de leurs métriques compose un ensemble majeur **d'orientations pour l'élaboration du cahier des charges de l'engin**. Avec tous les autres membres de l'équipe

¹ Il s'agissait d'un acteur de la division "Six Sigma" (figure 5, chapitre 1).

NPI, l'acteur représentant la logistique a défini les directions d'amélioration et les métriques concernant les besoins stratégiques supply chain.

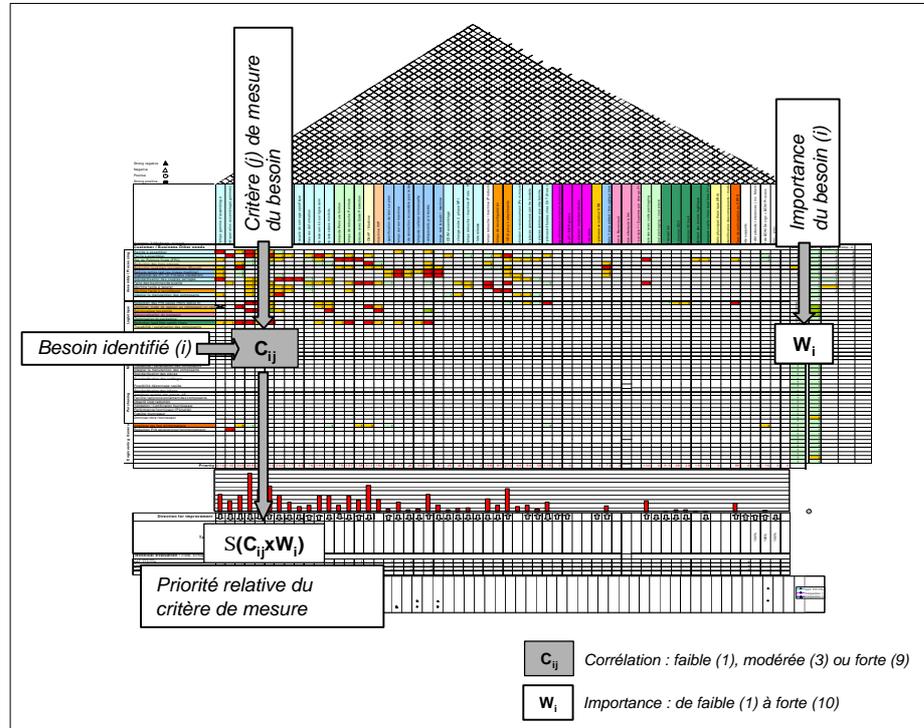


FIGURE 22 - Exemple de la matrice QFD "Voix de l'entreprise (Voice Of Business)"

L'élaboration des prescriptions Supply Chain dans le cahier des charges fonctionnel

L'élaboration d'une section *Supply Chain* du cahier des charges fonctionnel correspond à une innovation dans la démarche de conception, car c'était la première fois que la logistique a été formellement appelée à exprimer leurs besoins stratégiques et opérationnels pour le projet¹.

En collaboration avec les gestionnaires du projet et toujours basé sur les études de QFD, l'acteur de la logistique a défini non seulement les besoins, mais aussi des **prescriptions** pour la conception, en s'appuyant sur des constructions comme par exemple² :

Exemple 1 : " [...] afin d'améliorer la performance des processus supply chain, (MESURE #1) devrait être [...]".

¹ D'ailleurs, dans le cahier des charges, la partie concernant la supply chain est marquée "New".

² Selon une traduction libre de l'original en anglais, en respectant les consignes strictes de confidentialité.

Exemple 2 : "Tous les composants montés sur l'engin devront être (RÈGLE). Cela signifie (MESURE #2) [...]".

Où (MESURE #1) et (MESURE #2) sont issues de la matrice Voix de l'entreprise. D'après l'acteur de la logistique, les prescriptions ainsi définies sont sensées être prises en compte tout au long de la conception **par les concepteurs de l'ingénierie**. Il faut rappeler que ces besoins stratégiques donnent la vision de la chaîne logistique dans un horizon futur, où le produit est sensé bien s'intégrer aux processus logistiques, ceux-ci étant stabilisés selon les paramètres de mesure de performance de l'entreprise.

Cette étape initiale de définition des besoins et de l'élaboration du cahier des charges a été suivie par l'esquisse des alternatives de concept du produit. Les équipes de projet (NPI et Ingénierie Tracteurs) ont réalisée deux revues intermédiaires en préparation pour la revue "A"¹. Les réunions quotidiennes de projet réunissaient notamment des acteurs de l'ingénierie, des achats, de l'industrialisation (y compris ceux de la récente organisation pour l'assemblage modulaire), ainsi que les services de contrôle et gestion.

Dans les nombreuses réunions et revues de projet que nous avons suivies, les objectifs et les prescriptions stratégiques *Supply Chain* ont été très rarement repris et discutés. La participation du représentant logistique a été très sporadique, lorsque les équipes de projet tissaient le réticulé complexe d'idées et de propositions vers la spécification d'un concept pour le produit. Le besoin des gestionnaires de projet par rapport à l'intégration des coûts réduisait les discussions sur la *Supply Chain* au problème du manque de contribution logistique pour cette intégration aussi fondamentale.

Bref, durant la période du projet entre l'élaboration du cahier des charges et la préparation de la revue "A", nous avons observé que la participation de la logistique au niveau stratégique a été intermittente par rapport aux sollicitations explicites des gestionnaires de projet. Et pourtant, les besoins et les prescriptions exprimés tôt dans le projet à travers notamment le cahier des charges fonctionnel touchent directement la logistique aux niveaux tactique et opérationnel.

¹ Cf. section 1.4.1.

2.3.2. *Au début de la phase Développement : les activités dans les équipes Composants*

Par définition, toutes les équipes Composants requièrent la participation transversale d'un ou de plusieurs acteurs de la logistique, pour atteindre leurs besoins d'information et de connaissance des métiers logistiques. Pour celle-ci, il s'agit de la phase du projet où on peut piloter l'intégration des besoins stratégiques dans les solutions de conception proposées par les équipes.

Dans le cas du projet TX, le même acteur qui a participé à l'équipe NPI a été désigné pour participer de façon transversale **aux neuf équipes Composant** (cabine, hydraulique, tôlerie, électro/électrique, moteur et installations, *powertrain*, train de roulement et montage). Ces équipes n'ont pas eu le support de la logistique dans la phase Développement, avant la mise en place de l'équipe Focus.

Or, c'est dans cette période pendant les réunions hebdomadaires inter équipes que les équipes conçoivent dans le détail le périmètre du produit sous leur responsabilité, ainsi que leur intégration progressive. Un réseau important d'interactions se forme dans le projet entre les membres de chaque équipe et entre ceux-ci et les autres équipes composants :

- Des réunions plus spécifiques entre acteurs, des discussions de couloir entre deux réunions
- Des discussions autour d'une version de maquette ou d'un échantillon de pièce
- Des visites chez les fournisseurs potentiels de modules
- Des interventions des experts métiers d'autres sites S.P.E.
- La chaîne de diffusion de courrier électronique sur les problèmes qui émergent et les mises à jour de l'information du projet
- Des tableaux, des photos, des comptes rendus et d'autres fichiers qui circulent entre les participants des réunions, des check-lists pour synchroniser les tâches de la semaine, etc.

Les résultats intermédiaires formellement produits par les équipes sont représentés sous la forme de maquettes 3-D de chaque périmètre, de leurs spécifications techniques, de l'étude sur les fournisseurs potentiels ou d'études financières concernant les coûts de matière et de service de fabrication.

Bien évidemment, tous ces résultats sont dans un processus de changement constant – Des modifications, des ajustements, abandon, reprise, remise en cause se suivent. Nous avons suivi par exemple les 27 premières versions du châssis de l'engin pendant les premiers mois de travail des équipes composants. Les changements sur le dessin concernaient notamment les problèmes d'interface avec d'autres modules en conception.

Pour nous qui suivions cette dynamique complexe par le biais de l'équipe de composants hydrauliques et du module correspondant, il était déjà difficile de comprendre l'évolution du produit. Que dire des acteurs à l'extérieur de ce réseau d'interactions!

Néanmoins, nous avons constaté que la discussion autour des questions logistiques faisait partie des préoccupations des *module leaders* de l'organisation d'industrialisation.

2.3.3. *Les acteurs d'industrialisation comme les porteurs de questions logistiques*

Les discussions autour de la préparation pour le montage des modules concernait aussi les aspects opérationnels de logistique externe et interne qui pivotent autour de l'approvisionnement de la ligne de montage.

Ainsi, en l'absence de la logistique dans les équipes Composants et Module, c'était aux acteurs des achats et de l'industrialisation de poser les questions concernant la logistique pendant les réunions d'équipe Composant et Module (tableau 5).

Ces questions concernaient principalement :

- La configuration dans laquelle chaque module serait réceptionné en usine.
- La définition du fournisseur et quelles étapes de prémontage devraient être réalisées chez le fournisseur.
- La manutention des modules.
- La gestion des approvisionnements, y compris la passation de commandes.
- L'identification de l'interlocuteur logistique selon le problème à traiter.

En d'autres termes, les acteurs d'industrialisation jouaient le rôle de **porteurs des questions liées aux processus logistiques**, auprès des acteurs de l'ingénierie et des achats qui participent aux équipes Composant et Module.

Les discussions entre les acteurs des équipes Composant et module autour de questions logistiques leur ont permis d'esquisser graduellement une connaissance autour des

problèmes potentiels liés au changement de l'approvisionnement de composants détachés vers l'approvisionnement de modules.

Exemples d'aspects logistiques soulevés par les acteurs d'industrialisation	Impact sur
Dans les réunions de l'équipe Module Hydraulique	
" - Comment (le module plate-forme) va arriver du fournisseur ?" " - Peinture de finition ?" <i>(Extrait de notes de réunion du 07.01.04)</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Transport ▪ Packaging & protection ▪ Réception
" - Le fournisseur est capable de faire quoi ?" <i>(Extrait de notes de réunion du 07.01.04)</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Décision faire ou faire faire ▪ Configuration de la chaîne logistique
" - Comment on le (réservoir hydraulique) reçoit du fournisseur ?" <i>(Extrait de notes de réunion du 11.02.04)</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Transport ▪ Packaging & protection ▪ Réception
" - Comment approvisionner le module ?" <i>(Extrait de notes de réunion du 25.02.04)</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Scenarii logistiques ▪ Transport ▪ Packaging & protection ▪ Réception
" - Le 'sub' (engine+pumps) est transportable par SGV ?" <i>(Extrait de notes de réunion du 17.03.04)</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Routing ▪ Distribution
Réunions de l'équipe Composants Hydrauliques	
" - Comment faire la manipulation de ces pompes ?" <i>(Extrait de notes de réunion du 08.03.04)</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Point d'accrochage pour la Distribution ▪ Handling
" - Qui s'occupe des commandes des pièces ?" <i>(Extrait de notes de réunion du 15.03.04)</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gestion d'approvisionnement
" - Qui fait les commandes manuelles ?" <i>(Extrait de notes de réunion du 15.03.04)</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gestion d'approvisionnement

TABLEAU 5 : Questions concernant la logistique et soulevées par les acteurs du process

Cette connaissance à ce moment du projet était loin des préoccupations des acteurs de la logistique. Evidemment, il ne s'agissait pas d'une connaissance structurée ou appuyée sur les compétences courantes des métiers de la logistique. C'était plutôt un processus de tâtonnement supporté par les interactions autour des diapositives de maquettes CAO et des simulations 3-D de l'outil de *Virtual Assembly*.

Plus tard dans le projet, nous avons compris le manque apparent d'intérêt de la part des services logistiques sur les activités des équipes (Composant et Module) : la nomenclature du produit était loin d'être finalisée. Il s'agit en effet d'un des livrables les plus importants de la conception en ce qui concerne la structuration des activités logistiques.

La construction de la "Engineering Bill-Of-Materials"

Sachant que chaque équipe composant est responsable pour un périmètre particulier de l'engin, leur conception exige aussi la construction en parallèle de la nomenclature correspondante. Il s'agit de la **nomenclature de conception** ou *Engineering Bill-Of-Materials (BOM)*, la première nomenclature réalisée par les acteurs dans un projet selon le processus de conception. Au départ, il existe un squelette de nomenclature qui est comblé au fur et à mesure que la conception se développe. Ainsi, sur l'écran de leur outil de CAO, les ingénieurs des équipes composants ont deux représentations du produit : la maquette numérique 3-D et la nomenclature en arbre correspondante (figure 23).

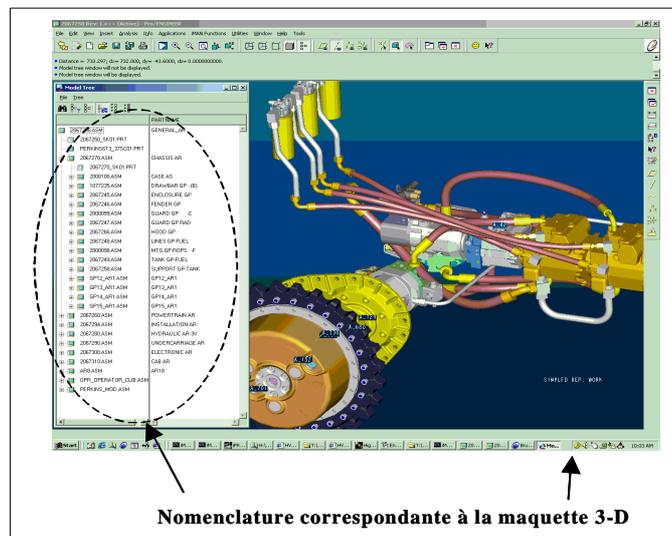


FIGURE 23 - La construction de la nomenclature à travers l'outil CAO

C'est à l'**ingénieur de configuration** (*Configuration Engineer*) qu'échoit la responsabilité de la gestion de l'intégration de toutes les nomenclures partielles en développement.

Dans le flux informationnel du projet, la nomenclature de conception est à l'origine d'une deuxième nomenclature appelée **nomenclature configurée de production** ou "*Manufacturing Configured BOM*".

Celle-ci est enrichie par l'inclusion de paramètres de gestion de la chaîne logistique qui servent de base à toutes les activités industrielles dans l'entreprise et dans sa chaîne logistique. La *Manufacturing Configured BOM* est d'abord saisie dans les systèmes de gestion de nomenclature sous la responsabilité du service logistique concerné et ensuite diffusée dans toute l'entreprise. C'est à partir de cette diffusion qu'une référence devient "connue" dans

l'organisation.

Par exemple, les bureaux méthodes l'utilisent pour réaliser les gammes de fabrication et de montage, ce qui va impliquer la construction d'une troisième nomenclature : **la nomenclature de production** ou "*Manufacturing BOM*". Cette troisième nomenclature est utilisée dans la planification, les approvisionnements et la gestion des stocks, ainsi que pour la distribution physique de composants dans la chaîne de production.

En synthèse, la *Engineering BOM* - comme un résultat important de la conception - **intègre l'information sur le produit** sous la forme d'une nomenclature et son changement est le résultat des activités réalisées *a priori*. Par contre, la *Manufacturing Configured BOM* **distribue l'information sur le produit** de façon que tous les différents services aval puissent l'utiliser et son changement induit des conséquences sur les activités réalisées *a posteriori* (figure 24).

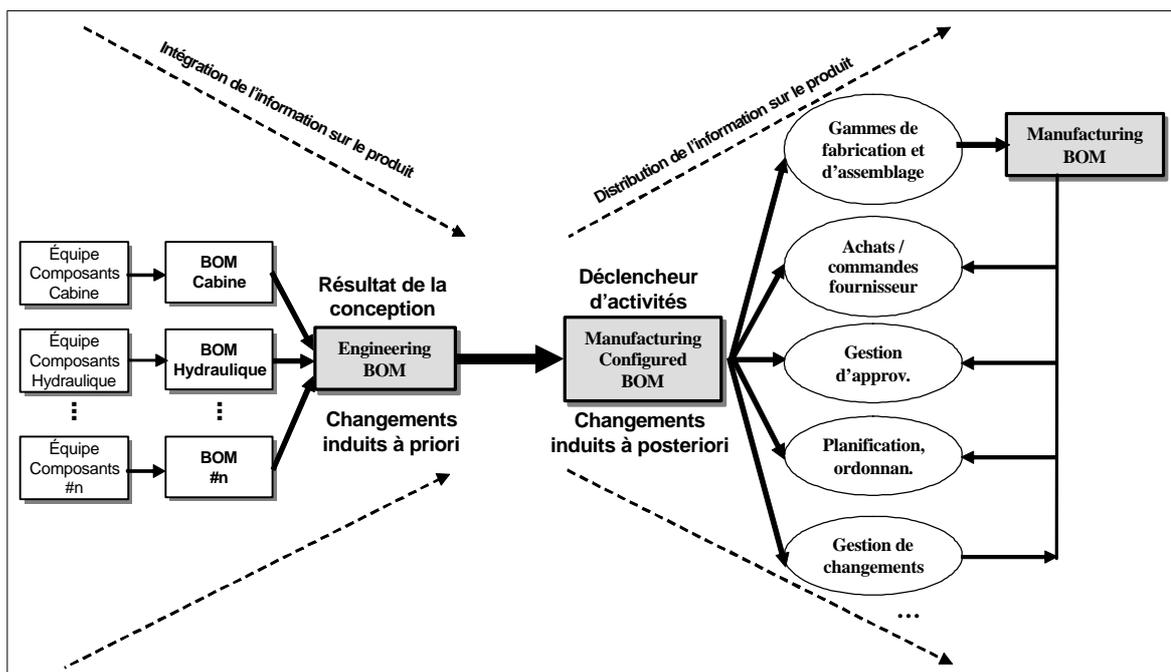


FIGURE 24 - Les trois nomenclatures produit qui font partie du flux informationnel dans un projet chez S.P.E.

Cette distribution de l'information produit rationalise aussi la distribution du travail dans la chaîne logistique, du fait que chaque fonction industrielle utilise la partie de l'information nécessaire à la réalisation de ses activités respectives.

Chez S.P.E., la gestion des deux nomenclatures de production est sous la responsabilité de la logistique. Dans la logique du processus de conception, c'est à l'équipe Focus, pilotée par le service logistique de gestion et de diffusion de nomenclatures, de coordonner la consolidation de l'*Engineering BOM* et, à partir de là, de structurer la *Manufacturing Configured BOM*.

2.3.4. Toujours dans la phase Développement : les activités de l'équipe Focus

La participation de la logistique opérationnelle a été consolidée dans le projet à travers les actions de l'équipe Focus, où l'objet majeur n'est plus la conception, mais la planification pour la réalisation des engins. La première activité sur laquelle se penche l'équipe Focus est la **traduction** de la nomenclature de conception en nomenclature de production. Regardons plus en détail de quoi il s'agit.

L'activité charnière de traduction de nomenclatures

Le passage de la nomenclature de conception à la nomenclature de production n'est pas automatique. Il s'agit d'un **processus de traduction** évolutif et plein d'allers-retours : le résultat de plusieurs négociations, de la coordination entre les services concernés, de la gestion du retard de dossiers concernant chaque référence (le *Part Number*), de la consolidation de chaque nomenclature partielle et de la saisie dans le système de gestion de nomenclatures (figure 25).

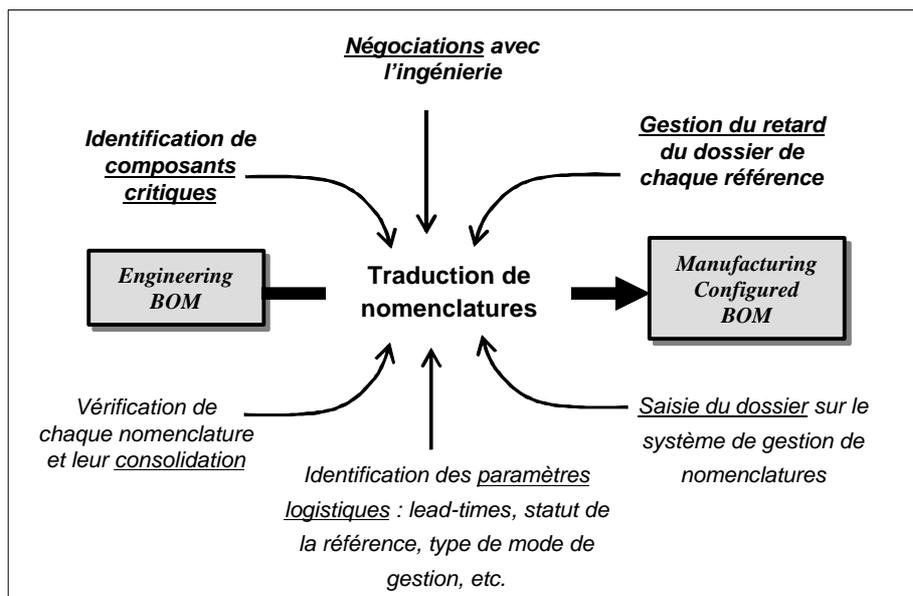


FIGURE 25 - La traduction de nomenclatures est un processus négocié

D'ailleurs, la tâche de saisie des dossiers dans le système de gestion de nomenclatures est appelée dans le jargon S.P.E. "*releaser la pièce*". A travers cette saisie, chaque référence de composant est dès lors connue par toutes les fonctions et les services de l'entreprise.

En ce qui concerne le concept même de traduction, [S. Mer \(1998\)](#), en étudiant les interdépendances entre les **différentes représentations du produit** dans l'activité de conception, a développé les concepts de "traduction-complémentation" et de "traduction de communication". Selon l'auteur, cette distinction s'appuie sur le concept original de traduction de [M. Callon et B. Latour \(Vinck, 1995\)](#). D'après ces derniers, une traduction provoque un **déplacement de sens** d'une représentation (par exemple un besoin logistique...) dans l'autre (...dans une variable de conception), pour permettre l'appropriation de l'acteur sensé utiliser le résultat de la traduction.

Dans la traduction-complémentation, le concepteur transforme une représentation du produit (par exemple un cahier des charges) dans une autre (un dessin technique), **enrichie par la "complémentation"**, c'est-à-dire par l'ajout de ses connaissances métiers et de son interprétation sur les informations contenues dans la première représentation. Dans le deuxième cas de figure, il existe aussi un déplacement de sens, mais sans un ajout significatif d'une représentation à l'autre (en l'occurrence d'une nomenclature de conception à une nomenclature configurée de production). Ici, la traduction se fait pour permettre la coexistence des deux représentations.

La traduction des nomenclatures constitue ainsi une étape charnière dans le processus de conception parce que la saisie symbolise **la transition** entre la conception et la production (des engins prototype, pilote ou de production).

A la frontière entre conception et production

D'abord, la consolidation de la nomenclature *Engineering BOM* se fait au fur et à mesure, car lors du début de la saisie de la *Manufacturing Configured BOM*, la conception n'est pas encore complètement achevée dans les équipes Composant. Il est normal que la *Engineering BOM* change avec une certaine fréquence, ce qui vient perturber le travail de traduction de *Engineering* à *Manufacturing*. L'allure avec laquelle cette traduction est réalisée est au cœur même des négociations situées à la frontière logistique/ingénierie et qui trouve écho au sein de l'équipe Focus.

D'après un acteur de l'ingénierie, la *Engineering BOM* est un "*document mouvant*", ce qui se reflète dans les réunions d'équipe :

(Acteur Achats/Focus) : "*Il est important de 'geler' le design de la pièce, sinon on ouvre les portes de l'excès.*"

En revenant aux premières réunions du Focus, la *Engineering BOM* était loin d'être finalisée. En fonction des possibilités réelles de changement, les ingénieurs concepteurs préféraient **retarder** la mise à jour de leur morceau respectif de la *Engineering BOM*, en attendant la **stabilisation de la conception**. Or, la logistique a ses propres échéances en ce qui concerne ce projet. Le résultat au niveau de l'équipe Focus : un pic de surcharge de travail pour la logistique, lors de la sortie simultanée d'un nombre significatif de dossiers en retard.

Et pourtant, ce type de problème est parfaitement absorbé par les services logistiques, mais pas sans des efforts considérables de coordination, de négociation et, principalement, de redistribution de la surcharge de travail, ce qui engendre des **surcoûts**¹ qui ne sont pas prévus et qui restent **transparentes dans le budget d'un projet**. D'autant plus que toutes les activités courantes de production doivent suivre en parallèle celles concernant tous les projets de conception.

Ainsi, la gestion des retards des dossiers et l'inertie de l'ingénierie à figer la conception engendrent tout de suite plusieurs discussions autour de l'engagement de ces acteurs vis-à-vis **du niveau de confiance** que la logistique pourrait avoir sur chaque information transmise dans les réunions d'équipe.

En effet, le chevauchement entre les derniers changements de conception avec l'activité de consolidation de nomenclatures amène les acteurs de la logistique / Focus à exiger cet engagement des acteurs de l'ingénierie. Ce qui constitue une condition *sine qua non* pour assurer les échéances de la saisie de dossiers. Il s'agit d'un comptage à rebours.

Le besoin d'exactitude de l'information et d'engagement des acteurs

(Acteur Logistique/Focus) : "*Il faut une BOM complète et précise!*"

" - Il faut constituer la BOM, pour qu'on sache qu'est-ce qu'il y a dedans."

(Extrait de notes de réunion Focus du 05/déc./2003)

Et encore :

¹ Ces surcoûts concernent notamment la réaffectation de ressources de la logistique ou bien de nouvelles embauches à durée déterminée.

(Acteur Logistique/Focus) : " - *Quelle est la confiance sur la BOM actuelle ? 90% ?*"

(Extrait de notes de réunion Focus du 08/jan./2004)

(Acteur Logistique/Focus) : " - *Il faut les Part Numbers exacts et pas seulement au niveau Group. Si on n'a pas les références, on n'avance pas !*"

(Extrait de notes de réunion Focus du 30/jan./2004)

Cette précision voulue par la logistique dans le Focus a une double justification. Du côté logistique, il s'agit d'assurer l'organisation aval de la chaîne logistique, où la performance globale est mesurée, entre autres, à travers **l'exactitude des informations transmises aux autres services de l'entreprise**¹. Par exemple, une fois l'information sur une référence diffusée, le processus d'approvisionnement peut être déclenché, ce qui signifie que si jamais un changement tardif de conception arrive, la logistique peut finir avec un lot livré de composants qui n'ont plus leur place dans l'engin². Pour la logistique, ce risque de retravail (de re-saisie et de re-diffusion) est permanent tant que l'information sur le produit n'est pas stabilisée.

Du côté du projet de conception, il s'agit de respecter les échéances de chaque étape processus, en l'occurrence, la réalisation des machines prototype. La logistique essaie donc de respecter les délais qui n'ont pas été définis par elle, mais par les gestionnaires du projet.

Ainsi, les enjeux sont importants et les actions collectives vont dans le sens de raccourcir la durée totale nécessaire au passage de chaque dossier dans le flux informationnel entre l'ingénierie et les fonctions avales, afin de déclencher dans le délai nécessaire des actions d'approvisionnement et de distribution des composants de l'engin prototype.

2.3.5. *Bilan de la participation de la logistique*

En ce qui concerne nos observations durant vingt-quatre mois sur la participation de la logistique dans le projet du TX, trois périodes se sont particulièrement caractérisées (figure 26).

Dans la première période ("I"), tout au début de la phase Concept, nous avons constaté que la logistique n'a eu qu'une participation très modeste, à travers l'expression de ses besoins stratégiques et de quelques prescriptions dans le cahier des charges pour la conception du tracteur, comme c'était prévu dans les modèles normatifs.

¹ Cf. section 1.3.3

² Cf. le deuxième exemple dans la section 1.6.1.

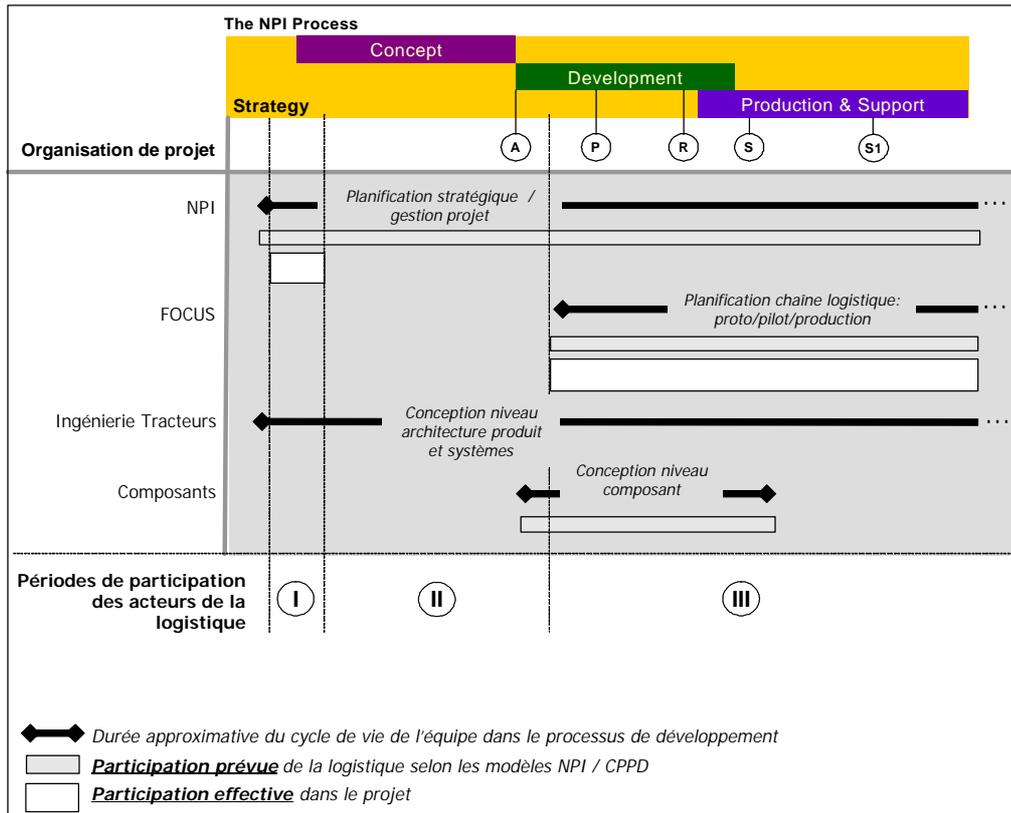


FIGURE 26 - Cycle de vie des équipes de l'organisation de projet et la participation (prévue et effective) de la logistique dans le projet TX.

Dans la deuxième période ("II"), entre la consolidation des besoins et la conception détaillée des composants du produit, la participation des acteurs de la logistique a été inexistante par rapport à l'activité de conception des composants. Cette absence représente une rupture brusque du suivi du projet, car elle n'a pas permis aux acteurs de la logistique de vérifier si les équipes Composants ont effectivement intégré les besoins et les préconisations logistiques dans leurs solutions de conception. Ainsi, sur le terrain, l'intervention de la logistique dans cette période cruciale est loin de ce qui est prévu dans les modèles normatifs (figure 26).

Finalement, la troisième période ("III") est celle qui commence avec la mise en place de l'équipe Focus. Ici, la logistique s'approprie effectivement le produit. Néanmoins, le périmètre des activités de cette équipe ne permet à la logistique ni de reprendre la discussion déjà lointaine sur les besoins stratégiques exprimés au départ ni d'anticiper les problèmes typiques de la phase stabilisée de production. Nous citons particulièrement l'impact de la conception sur les niveaux de stocks dans la chaîne, sur les coûts de transport et de

manutention de modules, sur la performance des fournisseurs de premier rang et sur la gestion d'approvisionnement étant donné une nouvelle architecture produit.

2.3.6. *L'intégration : encore un problème mal défini ?*

En comparant les participations des acteurs de la logistique avec celle des acteurs d'industrialisation dans le projet¹, nous voyons qu'au départ, tant la logistique que le process avaient des objectifs partagés d'intégration de leurs besoins dans la conception de l'engin : l'assemblage modulaire, l'approvisionnement de modules, la réduction du *lead-time* du process et de la logistique, avec la respective réduction des coûts. Et pourtant, chaque fonction a adopté une stratégie différente pour intégrer ses besoins.

Du côté des acteurs d'industrialisation, la stratégie a été d'attaquer le projet depuis le début de la conception des modules, avec une nouvelle organisation, des nouveaux rôles et des nouveaux outils. Du côté de la logistique, la stratégie a été de laisser aux acteurs de l'ingénierie la charge de prendre en compte leurs besoins, du fait qu'ils ont été identifiés et explicités.

Or, les acteurs du process ont montré que l'intégration (des besoins et des contraintes) n'est pas naturelle et automatique, mais elle exige un travail soutenu d'apprentissage dans l'interaction avec l'ingénierie : par rapport à la stratégie d'assemblage de modules, par rapport au problème de conception, par rapport aux solutions proposées, enfin par rapport aux métiers même de conception du produit et du process.

En revanche, il n'y a pas eu de la part de la logistique une démarche de construction de l'apprentissage vers l'intégration de ses propres besoins stratégiques sur ce qui était en train d'être conçu. Au contraire, il y a eu une **désintégration du processus d'apprentissage** initié avec le travail préliminaire d'expression de besoins et d'élaboration du cahier des charges. Après, nous avons retrouvé la logistique dans la traduction des nomenclatures. Entre ces deux activités se situe toute la période de conception. Certes, le même processus d'apprentissage ne pourrait plus recommencer dans l'équipe Focus, donc aucun moyen de tracer l'intégration de la stratégie ou des prescriptions *Supply Chain* dans la conception. Les innovations dans la conception du TX sont finalement passés inaperçus pour la logistique : la réduction du

¹ Cf. section 2.2.

problème du projet à la question de traduction des nomenclatures et de planification des prototypes a complètement lissé les spécificités de la conception de l'engin.

Néanmoins, l'intégration n'est pas un concept nouveau ou étranger à la logistique : cette fonction l'a vécu dans son évolution organisationnelle et dans ses procédures de travail, dans le but – atteint - de coordination transversale et verticale. Peut-être enfin que l'intégration dans le cadre des projets de conception aurait-elle été mal définie au départ du projet ?

Il faut savoir d'ores et déjà identifier où se trouvent les contraintes ou les blocages à la mise en œuvre d'un processus d'apprentissage vers l'intégration de la logistique : chez les acteurs ? Dans leurs outils ? Dans les règles métier ? Dans les procédures figées ? Dans le manque d'espace de dialogue ?

Il nous semble que l'intégration de la logistique dans les projets de conception n'est pas seulement mal définie, mais qu'elle est mal comprise. Du côté des gestionnaires du projet, il s'agit d'identifier les coûts logistiques pour les intégrer au pilotage financier du projet. Du côté de la logistique il s'agit de formaliser ses besoins. Néanmoins, nous croyons qu'il manque aussi la formalisation du problème logistique en ce qui concerne les choix de conception : sans montrer clairement comment les décisions de conception jouent sur les activités logistiques, le problème d'intégration reste mal borné et réparti selon les besoins spécifiques de chaque fonction métier par rapport au projet du produit. Une première question serait donc de savoir qu'est ce qu'une "bonne conception produit" selon le point de vue de la logistique. Nous voyons en effet qu'il ne s'agit pas seulement du "quoi" intégrer, mais aussi "comment" le faire : *qu'est ce que finalement l'intégration de la logistique dans les phases amont d'un projet de conception ? Y a-t-il des formes différentes d'intégration ? Dans la recherche d'un repère, serait-il possible de s'appuyer sur l'apprentissage des acteurs de l'industrialisation tout en respectant les spécificités de la logistique ?*

Ce que nous remarquons est que pour supporter leur apprentissage, plus que la mise en œuvre de leur nouvelle organisation, les acteurs d'industrialisation **ont dû bâtir des interfaces avec l'ingénierie** pour mieux se positionner dans le projet et pour avoir des moyens pour influencer dans leur activité : **des réunions** pour traiter des modules, **des nouveaux rôles** d'acteur, **des procédures et des outils** comme le *Virtual Assembly*. Voici notre point de départ.

2.4. Conclusion

Au long de ce chapitre, nous nous sommes plongés dans le projet de conception du tracteur TX, en expliquant tout d'abord l'objet du projet, ses enjeux et la nouvelle stratégie logistique sensée être intégrée au projet.

Dans un deuxième temps nous avons montré le besoin permanent d'intégration, avec l'exemple particulier des acteurs de la nouvelle organisation pour l'industrialisation de l'assemblage modulaire. Ensuite, nous avons décrit brièvement la participation des acteurs de la logistique. Nous avons pu constater que la participation de la logistique reste dans les phases aval, où la connaissance sur le produit est bien structurée. La logistique a besoin de l'exactitude de l'information pour pouvoir traduire les nomenclatures issues de la conception et ainsi planifier la réalisation de leurs activités.

En revanche, l'expérience vécue par les acteurs du process dans leurs interactions avec les acteurs ingénieurs des équipes Composants nous ont dévoilé que l'intégration n'est pas immédiate ou automatique, mais qu'elle relève d'un processus d'apprentissage dans l'action de conception. Ce que nous avons remarqué est que cet apprentissage a été supporté par les nouvelles interfaces bâties par les acteurs de l'industrialisation avec ceux de l'ingénierie.

Pouvons-nous utiliser cette entrée pour analyser l'intégration de la logistique dans les phases amont des projets et ainsi développer les mécanismes d'apprentissage nécessaires ?

"[...] engineering is practicing the art of the organized forcing of technological change [...] Engineers operate at the interface between science and society [...]."
Prof. Gordon Brown (1907-1996), *Massachusetts Institute of Technology*, 1962.

Chapitre 3

L'intégration logistique – conception à travers les interfaces

Ce chapitre marque un tournant dans le mémoire. Nous sortons du terrain industriel, avec ses spécificités, pour prendre du recul et plonger dans un discours conceptuel autour des interfaces, de leur structuration et finalement de leur rapport avec l'intégration logistique-conception.

Tout d'abord, nous présentons notre approche basée sur les interfaces. Ainsi, nous faisons une synthèse de la littérature concernant les interfaces pour ensuite proposer notre propre modèle générique d'interface, comme outil d'analyse des activités dans un projet de conception. A la lumière de l'approche par les interfaces, les activités de conception (et, dans un sens plus large, le projet de conception) deviennent une activité créative d'échanges et de partage d'informations, d'objets, de savoirs, de connaissances, de règles métiers. Par la suite, le modèle nous permettra de faire une première réflexion sur l'intégration à travers les interfaces.

3.1. L'interface : de quoi s'agit-il ?

3.1.1. Origine et définitions

D'une manière intuitive, compte tenu de la prépondérance de l'informatique dans la vie moderne, un des premiers exemples d'interface qui nous vient à l'esprit est celui de la *communication* avec l'ordinateur ou, plus spécifiquement, de l'interface dite "homme-machine (IHM)". Du point de vue étymologique, le mot *interface* est un anglicisme apparu au XX^{ème} siècle dont le terme d'origine latine "*facies*" constitue véritablement une **polysémie** : apparence, forme et qualité, face, figure, façon, aspect, visage, physionomie, ce qui apparaît, juste pour citer quelques exemples¹. Le dictionnaire de l'Académie Française donne deux sens au vocable *interface*, associé aux domaines de la chimie/physique et de l'informatique respectivement : "*une surface de séparation entre deux états physiquement distincts de la matière*" et "*un ensemble de règles, de conventions permettant un échange d'informations entre deux systèmes, deux éléments d'un système, ou entre l'utilisateur et la machine*"². Le Petit Robert³ ajoute encore "*limite commune à deux ensembles ou appareils*".

Face aux spécificités des domaines auxquels le vocable est associé, il ressort de ces définitions une multiplicité de représentations d'une interface (*surface, ensemble de règles, conventions, limite commune*) et de fonctionnalités (*séparation, échange*), en caractérisant ainsi son **polymorphisme**. Les attributs polysémique et polymorphique du concept d'interface nourrissent la variété d'usage et la rend très puissante en termes d'application, mais demande au vu des définitions données, sa mise en contexte.

En ce qui concerne les définitions trouvées, l'interface peut être interprétée dans un premier temps comme **un élément ou entité qui sépare deux choses, mais qui les met en rapport**.

3.1.2. Les interfaces interfonctionnelles

La littérature en Sciences de Gestion se sert du terme "interface" en référence aux liaisons et aux interactions entre deux (ou plusieurs) fonctions industrielles différentes – donc interfonctionnelles - dans un but de communication et de coordination qu'elles soient au niveau stratégique, tactique ou opérationnelle. L'interface devient ainsi synonyme

¹ Sources : a) <http://www.perseus.tufts.edu/>; b) *Dictionarium latinogallicum* : <http://www.lexicool.com/>

² Dans : <http://atilf.atilf.fr/academie9.htm>

³ Le Nouveau Petit Robert. Paris : Dictionnaires Le Robert, 1993.

d'interdépendance, de connexion, de relation et de partage.

Mintzberg (1982), en expliquant le rôle des cadres intermédiaires dans la hiérarchie des organisations, soulève l'importance de gérer **les frontières** entre les différents services, ainsi qu'entre ceux-ci et l'environnement dans lequel s'insère l'organisation (*ibid.*, p. 45). Parmi les mécanismes pour gérer et contrôler les frontières, Mintzberg décrit **le poste de "liaison"**, comme un moyen de court-circuiter la hiérarchie et assurer rapidement la coordination transversale entre deux services (*ibid.*, p. 156).

Konijnendijk (1993) soulève le besoin de coordination entre Production et Ventes, du fait des fortes interdépendances entre ces fonctions. **Un point de conflit** important identifié par l'auteur, c'est la différence de "langage" - d'objectifs contradictoires - entre ces fonctions, par rapport à la planification de la capacité de production. Calantone *et al.* (2002) se sont mis à analyser les relations entre marketing et fabrication dans le cadre de projets de développement de produits. Basés sur une vaste enquête, les auteurs préconisent que la connaissance, par les acteurs du marketing, des métiers et des problèmes liés à la fabrication, ainsi qu'une meilleure communication tout au long du projet, sont **des facteurs déterminants pour l'intégration** de ces deux fonctions. Shaw *et al.* (2003), appuyés sur une enquête auprès des entreprises allemandes, signalent l'importance d'une interface adéquate entre le marketing et l'ingénierie lors de la conception de nouveaux produits. Selon leur étude, **les conflits** entre ces fonctions durant un projet sont provoqués principalement par **des différences** d'éducation et d'entraînement (de savoir-faire et de connaissance par rapport au métier de l'autre), d'attentes et d'objectifs locaux. Pour améliorer leur relation, les auteurs préconisent une meilleure communication et le travail d'équipe. F. Charue-Duboc et C. Midler (2002) ont soulevé la problématique du manque d'interfaçage entre les experts appartenant à différents métiers d'ingénierie. D'après les auteurs, le modèle classique de bureaucratie professionnelle adoptée dans certains services d'ingénierie fait que les experts ne sont pas incités à **franchir les frontières** de leur propre domaine, ce qui implique un manque **d'interactions transversales** entre les champs d'expertise qui contribuent à la réalisation d'un projet concourant.

La logistique et ses interfaces

Compte tenu du caractère transversal intrinsèque à la fonction logistique, la structuration des interfaces interfonctionnelles est au cœur des liens et des interactions que

cette fonction entretient avec les autres fonctions de l'entreprise. Par exemple, [J.-M. Aurifeille \(1997\)](#) affirme que la logistique est la fonction qui **fait l'interface** entre le marketing et la production, ce qui nous amène à réfléchir sur la structure des interfaces "marketing/logistique" et "logistique/production", ainsi que sur les mécanismes d'interaction nécessaires : *qu'est-ce qui caractérise l'interface entre ces fonctions ? Quelles activités sont à l'interface ? Quels outils sont nécessaires à la réalisation de ces activités ? Qui sont les acteurs (individus) responsables de la gestion de ces interfaces ?*

[J. Colin \(1997\)](#) va plus loin en décrivant les interfaces de la logistique dans la chaîne logistique amont. L'auteur résume ces interfaces sous la forme de décisions stratégiques et tactiques prises dans deux phases du cycle de vie du produit : la phase de conception et la phase de production stabilisée (*ibid.*, p. 75) : *quelle conception pour quelle offre ? Quels fournisseurs pour quels composants ? Quelles contraintes de production ? Quels appels et quelles fréquences de livraison ? Etc.* Or, même si ces questions constituent des objets de discussion et de négociation intra et interfonctionnelles, à ce niveau stratégique d'analyse, rien n'est dit sur l'interface en tant que structure interfonctionnelles ou sur les supports aux interactions afin de gérer la prise de ces décisions souvent conflictuelles.

Par ailleurs, dans le cadre des relations que la logistique entraîne dans la chaîne logistique, le terme interface interfonctionnelle est substitué par celui **d'interface interorganisationnelle** : les interactions ont dépassé largement les frontières des fonctions de l'entreprise industrielle pour s'inscrire dans le contexte des *Supply Chains* et des organisations interfirmes en réseau dites virtuelles ([Camarinha-Matos et Afsarmanesh 1999](#); [COPILOTES, 2004](#); [Fabbes-Costes, 2005](#); [Colin, 2005](#)). Dans ces organisations, les interfaces structurent la communication et la coordination des activités entre les entreprises et leurs fonctions vers la mobilisation de **compétences partagées**. En ce qui concerne la communication et les échanges interorganisationnelles, [Fabbes-Costes \(2005\)](#) affirme l'importance aussi des **interfaces interpersonnelles**, en faisant référence aux acteurs qui, à travers les systèmes d'information, contribuent à tisser et stabiliser les ajustements mutuels dans les organisations virtuelles.

En résumé, dans l'optique managériale, nous constatons que l'évocation des interfaces sert comme support à l'explication et à la solution des problèmes liés au besoin de meilleures communication et coordination entre les acteurs d'une fonction particulière ou

entre différentes fonctions métiers, aussi bien qu'entre entreprises dans une organisation interfirmes. Ici, l'interface ne concerne pas le seul flux informationnel entre les fonctions. Les problèmes répertoriés concernent aussi les intérêts locaux et les connaissances des métiers qui font l'objet des activités collectives.

Néanmoins, les travaux étudiés ne rentrent pas dans la discussion plus fine des interactions aux interfaces entre les acteurs, en restant plutôt au niveau de leurs fonctions, même si les causes des problèmes de communication et de coordination sont recherchées dans les différences entre les métiers ou entre les intérêts personnels. Cela nous amène à un autre niveau de discussion.

3.1.3. *Les interfaces sociales*

La notion d'interface sociale est issue des travaux de Norman Long, sociologue du développement rural (Long, 1989, 2001, 2003, 2004; Long et Long, 1992). En s'appuyant sur ses travaux ethnographiques de situations dites d'intervention¹, N. Long propose une double représentation d'interface en s'appuyant sur une approche orientée sur les acteurs : **entité organisée** d'une part et **lieu de conflit** d'autre part.

Dans la première représentation, il s'agit de la construction à travers l'interaction continue, d'une organisation de relations et d'intentionnalités des acteurs (en l'occurrence, les agents de l'Etat, les populations sensées être les bénéficiaires des politiques sociales, les chercheurs qui les étudient et tous ceux qui sont partie prenante dans la situation d'intervention). Dans la deuxième représentation, l'interface se traduit par les espaces/temps où se passent les conflits, où les incompatibilités et les différences d'intérêt font l'objet de négociations et de relations de pouvoir entre les acteurs. Long parle notamment de "*rencontres à l'interface*" (*interface encounters*) et de "*arènes sociales*" (*social arenas*) où ces différences s'expriment. Ainsi, l'auteur propose l'**analyse des interfaces** comme dispositif heuristique (*heuristic device*) pour étudier les situations engendrées par de telles rencontres.

La spécificité de cette analyse, au moins en ce qui concerne l'étude des situations d'intervention, est que le chercheur/ethnographe doit identifier les interfaces sociales dans leur contexte, au-delà des modèles prédéfinis d'intervention. Il s'agit de rompre avec la vision

¹ Notamment la mise en œuvre de projets et les programmes de développement social conçus et mis en œuvre par les agents de l'Etat ou par les institutions publiques et privés, en l'occurrence pour les populations des zones rurales des pays de l'Amérique Latine.

préconçue des politiques et des programmes de développement qui sont confinés dans un espace/temps bien défini, avec des démarches précises et normatives et où les acteurs sont classifiés selon des catégories spécifiques.

Conceptuellement, N. Long définit l'interface sociale comme "*le point critique d'intersection entre différents systèmes, champs, domaines ou niveaux d'ordre social où les discontinuités sociales basées sur les différences de valeur, d'intérêt, de connaissance et de pouvoir sont sensés exister*" (Long, 2003)¹.

Outre les différences, ces discontinuités caractérisent la confrontation de rationalités souvent conflictuelles mises en rapport durant le processus d'intervention, ce qui induit des problèmes d'ambiguïté, de communication – dans le sens de compréhension et d'appropriation - entre les acteurs. L'analyse des interfaces permettrait ainsi au chercheur/ethnologue d'identifier dans un premier temps ces discontinuités et dans un deuxième temps de comprendre les processus de négociation, **d'adaptation et de transfert de sens** qui se passent entre les acteurs. Le but est de caractériser les mécanismes de construction et de transformation continue des **différences de points de vue des acteurs** et de leurs paradigmes culturels.

Si nous ramenons l'approche d'interface de Long dans notre problématique des interactions entre logistique et ingénierie, nous pouvons tracer quelques analogies. Par exemple, il existe effectivement des discontinuités entre ces deux fonctions industrielles, en ce qui concerne les différences de vision de l'activité de conception et du projet par rapport à la vision du fonctionnement de l'usine. La question étant de savoir où se placent ces discontinuités et dans quelle mesure elles jouent un rôle sur l'intégration de la logistique dans les phases amont du projet.

Néanmoins, différemment de l'approche constructiviste de N. Long en ce qui concerne le processus d'intervention, nous proposons une démarche bien définie pour analyser les interfaces entre les acteurs de la logistique et ceux de l'ingénierie, adaptée à un cadre particulier : celui d'un projet de conception de produits, borné en termes de temps, d'espace et de ressources par leur modèle organisationnel et par la structure mise en œuvre pour son exécution. L'apport de l'analyse d'interface sociale basée sur l'approche de Long va

¹ Traduction proposée pour : "*A social interface is a critical point of intersection between different social systems, fields, domains or levels of social order where social discontinuities, based upon discrepancies in values, interests, knowledge and power, are most likely to be located*".

nous aider à mieux comprendre les frontières, les intersections dans lesquelles les relations se passent et où les discontinuités entre deux communautés (logistique et ingénierie) s'expriment.

3.1.4. *L'interface comme intermédiaire*

L'approche d'interface comme intermédiaire a été présentée par G. Chazal dans son ouvrage *"Interfaces : enquêtes sur les mondes intermédiaires"* (Chazal, 2002). En partant de la notion informatique de communication et de transfert d'information et dans un propos majeur visant à généraliser le concept d'interface, l'auteur interroge différents intermédiaires dans leur fonction de médiateurs entre les individus et entre ceux-ci et le milieu qui les entoure. Ces intermédiaires sont de nature très diverse : le corps, les symboles et les signes, les langages, ainsi que tous les artefacts - ce qui est artificiel, en opposition au naturel – du plus ancien outil à l'ordinateur¹. Selon l'auteur :

"L'interface est ce qui se glisse entre deux éléments pour les relier, les mettre en rapport, les faire interagir et les modifier profondément en les intégrant dans un tout auxquels ils se soumettent" (*ibid.*, p. 14).

Nous voulons mettre en exergue la notion de modification présent dans la définition de l'interface proposée par Chazal. Manifestement, l'interface s'insère dans un mouvement de changement des parties qui la constituent.

A part le rappel des aspects polysémique et polymorphique du concept, l'interface chez G. Chazal a une caractéristique dialectique qui lui est intrinsèque : l'interface sépare et relie à la fois. Elle est le lien et l'instrument d'interaction et d'échange (l'intermédiaire) entre deux éléments séparés, une frontière qui les identifie et qui permet leur médiation. **L'interface est ainsi structurante** dans la mesure où elle modifie le rapport entre les éléments en créant entre eux un flux de circulation et d'échanges : d'informations, de formes, de connaissances, de savoirs et de sens. Les inversions fréquentes dans le flux entre un élément et l'autre constituent leur noyau d'interactions, car elles s'expriment de façon réciproque. Mais pour relier et interagir il faut l'existence préalable d'une séparation, d'une distinction entre éléments. Nous trouvons ici un autre aspect essentiel de caractérisation de l'interface : elle ne confond ni efface les attributs ou les rôles des éléments reliés ou mis en rapport. Au contraire, en les séparant et les reliant, l'interface crée un milieu de/et pour la transformation les éléments dont le résultat n'est pas un simple assemblage de ceux-ci, mais un tout intégré et nouveau. D'après G. Chazal : *"l'interface crée un espace constitutif du*

¹ Par rapport aux outils, G. Chazal leur attribue le terme "interface technique".

même et de l'autre" (*ibid.*, p. 196) et "[...] il (l'intermédiaire) est l'espace où la nouveauté surgit" (*ibid.*, p. 268). Ainsi, l'interface ne concerne pas seulement (ni de manière abstraite) les liens ou les interactions en tant que tels, mais **ce qu'elle relie et l'espace dans lequel les interactions s'inscrivent et prennent forme(s)**.

Si nous revenons sur le cas du projet du TX nous y reconnaissons assez aisément la multiplicité d'interfaces (d'acteurs, de savoirs, de connaissances, d'outils et d'objets mobilisés, d'espaces, etc.) qui sont effectivement des intermédiaires, comme définis par G. Chazal. Par exemple, les nombreuses nomenclatures de produit constituent une interface qui s'entremet entre la logistique et l'ingénierie tout en supportant leurs activités au sein de l'équipe Focus. Dans un autre exemple, l'outil CAO sert d'interface plutôt entre les acteurs de l'ingénierie ou entre ceux qui partagent sa maîtrise.

En revanche, G. Chazal ne fait pas allusion à l'analyse de ces intermédiaires comme un moyen de repérer les différences ou les décalages entre les acteurs, leurs métiers, leurs fonctions ou leurs intentions. Or, dans le cadre des projets de conception concurrente, les différences et les décalages font partie des idiosyncrasies des acteurs et de leurs groupes d'appartenance.

3.1.5. *Les interfaces dans la conception et l'ingénierie de produits*

Dans la littérature sur l'ingénierie de produits et les activités de conception, nous trouvons souvent le terme "interface" associé à d'autres éléments à travers lesquels le concept est référencé : le problème (d'interface), la question (d'interface), la situation (d'interface), l'acteur (d'interface), le savoir (d'interface), la connaissance et la compétence (d'interface), entre autres. La question étant ici de savoir de quelle interface parle-t-on ?

Ce que nous avons constaté est que dans une première approche, les travaux considèrent l'interface au niveau du produit en tant qu'artefact de la conception : d'abord l'artefact lui-même comme interface et ensuite les connexions techniques et fonctionnelles entre deux ou plusieurs composants de l'artefact. Dans le premier cas de figure, [Simon \(1996\)](#) considère l'artefact comme "interface" (les guillemets ajoutés par l'auteur), le point de rencontre qui sépare son propre environnement interne (*inner environment*) de l'environnement externe – ce qui l'entoure (*outer environment*). Selon l'auteur, le but majeur de l'activité de conception serait de définir cette interface entre les deux environnements à travers la spécification des fonctionnalités et de l'organisation interne de l'artefact (*ibid.*, p. 9).

Dans le deuxième cas de figure, les interfaces sont les connexions (géométriques, mécaniques, électriques, électromagnétiques, optiques, etc.) qui permettent l'intégration – dans un sens d'assemblage - des composants de l'artefact et qui servent d'une part à la sujétion et d'autre part aux échanges d'énergie, d'information, voire de matière. Ulrich (1995), en décrivant l'architecture du produit, mentionne l'importance de spécifier les interfaces entre les composants qui interagissent physiquement les uns par rapport aux autres.

Une deuxième approche des interfaces dans la conception met en relief les liens entre métiers et entre fonctions, donc nous y retrouvons les interfaces interfonctionnelles¹. Du fait de la division du travail de conception et du découpage du produit en périmètres à peu près définis, la question est donc de savoir comment coordonner et faire collaborer les différents acteurs (d'un même métier ou de métiers différents) dans deux périodes d'un projet : pendant la conception de chaque périmètre de produit à la charge de chaque groupe d'acteurs (souvent des équipes multimétiers) et ensuite lors de l'intégration de tous les périmètres afin d'obtenir la structure complète du produit (en tant qu'artefact). C'est à partir de cette problématique initiale d'accommodation entre le technique et l'organisationnel que les travaux sur la conception de produits industriels déploient d'autres niveaux d'abstraction en ce qui concerne la notion d'interface.

Levy (2000) soulève d'abord les **problèmes d'interface**, des problèmes techniques à l'interface entre deux périmètres produit conçus par deux équipes différentes. Par contre, l'interface est à la fois technique et organisationnelle, ainsi que la solution pour le problème concerné. L'auteur s'est consacré à la formalisation des problèmes d'interface, dans le but de modéliser un système d'information d'aide à leur gestion durant les projets d'ingénierie concourante.

Dans une approche à la fois technique et sociale de la conception, Finger *et al.* (1995) affirment que la conception concourante (*concurrent design*) est le résultat des liens et des interactions tissées entre les acteurs et leur fonction métier respective. Selon les auteurs, la difficulté majeure (organisationnelle ou technique) associée à la conception concourante est son caractère contextuel et dépendant des interfaces entre les acteurs et, forcément, de l'artefact même de conception. Ici, **l'interface est synonyme de lien et d'interaction entre les acteurs de la conception**, elle n'a pas une représentation physique ou matérielle. Or le

¹ Cf. section 3.1.2.

problème c'est que les interfaces, c'est-à-dire les liens et les interactions, sont imprévisibles et construits dans l'action de conception. Comment les saisir et faire leur traçabilité ?

Moison et Weil (1992) et Weil (1999) partent aussi des problèmes d'interface entre composants techniques du produit pour arriver à la notion fondamentale **d'acteur d'interface**. Moison et Weil (*ibid.*) font référence aux savoirs de "l'entre-deux" qui sont nécessaires pour résoudre les problèmes d'interface. Cela veut dire, la mobilisation d'un nouveau savoir qui, n'appartenant pas complètement à un métier spécifique ni à l'autre, doit être créé pour pouvoir ensuite être mobilisé dans la quête de compromis pour la résolution des problèmes d'interface. L'acteur d'interface serait ainsi un idéal type d'acteur médiateur chargé de **questions d'interface** et sensé inciter l'émergence de savoirs entre métiers nécessaires pour régler, voire gérer ce type de problèmes¹.

J.-F. Boujut (2001) adopte aussi une représentation plutôt abstraite des interfaces : le lien, l'interaction, ce qui est au milieu et relie les acteurs et leurs métiers respectifs. Si les problèmes se montrent à l'interface entre les métiers, il est question de faire émerger des nouveaux savoirs et de nouvelles connaissances *"à la fois reliés aux métiers de base et tournés vers les autres acteurs...celui qui les mobilise dans le jeu collectif"* (*ibid.*, p. 21). Les liens seraient ainsi la conception ou bien la conception vue à partir des liens, des interfaces. A l'instar de Moison et Weil (1992), l'émergence du rôle d'acteur d'interface est également déterminante, soit pour traiter des problèmes d'interface (au niveau de l'intégration des périmètres), soit pour interagir avec les acteurs qui rentrent à des moments différents du projet.

Boujut nous explique qu'il existe en effet une dynamique d'interface caractérisée par des moments dits **situations d'interface**, des situations qui sont à la frontière entre un métier et l'autre (*ibid.*; Moison et Weil, 1992). Ainsi, un acteur de la conception peut se trouver à un certain moment comme médiateur dans une situation d'interface, mais pas tout au long d'un projet. Boujut va plus loin en parlant de "compétences d'interface" et "d'interface-métier". L'activité de conception est donc vue comme une **action d'intégrer aux interfaces**. Le terme acquiert différents sens : intégrer les acteurs, les périmètres, les savoirs, les connaissances métier. Dans cette optique, l'une des problématiques majeures est celle de

¹ Dans (Dubois et Montagne-Villette, 1992) nous trouvons la notion de "**l'homme interface**", un acteur qui ferait le lien entre les concepteurs et les utilisateurs de systèmes informatisés de gestion de la production : un logisticien de l'entreprise, un consultant extérieur, etc.

l'instrumentation pour "*la construction d'argumentation des métiers*" entre les acteurs qui interagissent durant les activités de conception (Boujut (2001)).

P. Laureillard (2000) identifie l'acteur d'interface comme le "*catalyseur de compromis entre les métiers*" (*ibid.*, p. 175) et "*à l'origine des ajustements locaux*" (*ibid.*, p. 199). Dans son approche méthodologique de recherche intervention, il s'identifie comme un acteur d'interface, par le fait de construire une situation d'interface et d'agir comme médiateur entre trois métiers différents (conception de pièces forgées, usinage et forge) dans le cadre de leur activité collaborative. Ici, l'interface est associée à l'aspect lacunaire entre les métiers et, par conséquent, entre les savoirs et les compétences respectifs.

S. Mer (1998) n'utilise pas la notion d'interface, mais de "frontière entre mondes", avec un sens similaire. L'auteur propose le concept de "monde de la conception" comme un "*ensemble hétérogène regroupant des entités (qui peuvent être des outils, des objets, des personnes) qui développent la même logique d'action, relèvent de la même échelle de grandeur et partagent des connaissances collectives*" (*ibid.*, p.60). Ainsi, dans un projet de conception, plusieurs mondes seraient identifiables : le monde scientifique, le monde industriel, le monde du client, le monde du compromis, etc. L'auteur affirme que la définition de frontières entre ces mondes est un problème en soi, car elles sont floues et perméables, du fait des objets qui circulent entre un monde et l'autre (*ibid.*, p. 80).

L'intérêt majeur que nous portons sur cette définition de monde est qu'elle permet de repérer les différences : les spécificités des acteurs, de leurs logiques, des connaissances collectives qui caractérisent chaque monde de la conception. La notion de "monde" nous permettrait ainsi de prendre en compte les différences cognitives dans l'activité de conception, du fait que les acteurs n'ont pas le même point de vue sur le produit (*ibid.*). C'est une approche cohérente avec l'analyse des interfaces de Long (2001, 2003), en ce qui concerne l'identification des discontinuités sociales.

D. Urso et B. Vacher (2004), (Urso, 2004) se sont intéressés par le processus de création de connaissances à l'interface entre la conception produit et le process. Basés sur des exemples industriels, les auteurs ont étudié les interfaces utilisant ce qu'ils appellent un dispositif cognitif composé par **l'ensemble de ressources matérielles** (par exemple les outils CAO), **humaines** (en l'occurrence les acteurs de la conception et de l'industrialisation) **et symboliques** (par exemple les procédures et les règles métiers). Les auteurs affirment que ces

deux derniers ressources ont un rôle déterminant, car il sont **les objets d'interface**, "*ils représentent des espoirs de partage de connaissances entre les acteurs relativement isolés*" (Urso, Vacher, 2004).

En guise de synthèse, la diversité des approches des interfaces que nous avons décrites ouvre des possibilités et des entrées très intéressantes pour étudier les acteurs et leurs activités collectives durant un projet de conception.

Tout d'abord, du fait des caractères de polysémie et de polymorphisme, **la notion d'interface ne peut pas être réduite à une seule dimension** : interfonctionnelle, sociale, instrumentale ou autre. Par ailleurs, la notion de **situation d'interface** discutée par Moisdon et Weil (1992) et par Boujut (2001) nous semble beaucoup plus englobante pour traduire la multiplicité dimensionnelle des interfaces, car elle laisse l'interprétation ouverte selon le niveau d'analyse de la situation.

Si l'on suit l'approche d'analyse des interfaces proposée par N. Long (1989, 2001, 2003), la première chose dont on peut se rendre compte en allant creuser aux interfaces est la possibilité immédiate d'identifier et de répertorier les discontinuités existantes entre deux acteurs, deux fonctions, deux situations, deux périodes, deux mondes, selon le niveau d'analyse qu'on envisage d'utiliser. Néanmoins, d'après nous l'existence des discontinuités représente seulement une première étape d'un processus judicieux d'identification et de formalisation des spécificités de l'intégration de la logistique dans les projets de conception.

Nous croyons qu'analyser les interfaces dans un projet de conception ou regarder aux interfaces, dans le sens de Boujut (2001), s'avère ainsi une **approche empirique** alternative très intéressante pour étudier les activités collectives qui mettent la logistique et l'ingénierie en rapport.

En principe, il serait possible dans un premier temps de faire une cartographie de la situation actuelle (un diagnostic statique) selon un niveau d'abstraction à la fois large (les fonctions ou les métiers) et spécifique (les acteurs, les outils, les règles intermétiers, etc.). Néanmoins, des aspects dynamiques devront aussi être mis en exergue, ce qui mérite une explicitation :

a) *Le suivi des changements qui peuvent s'opérer dans et par les interfaces.* Ces changements sont multiples et peuvent aller de la modification d'une procédure interdépartementale à la mise en place d'une nouvelle organisation, en passant par la création d'un nouvel outil, d'un nouveau rôle d'acteur ou d'un nouveau savoir pour aider à régler une situation de conflit ou de confrontation de différents points de vue. Ces événements transforment et modifient, au sens de [Chazal \(2002\)](#), les interfaces et ses constituants. Outre le changement, la possibilité de suivre l'évolution aux interfaces nous pousse à reconnaître le caractère dynamique de leur cycle de vie (création, structuration, stabilisation, disparition ou substitution de l'interface). Parfois, il est question de mettre en place une interface temporaire pour résoudre une situation de crise, où la cause peut être exogène au projet. Or, comme nous apprend [Chazal \(ibid.\)](#), l'interface comme intermédiaire n'est jamais complètement "donnée", mais "acquise".

b) *L'identification de nouveaux intermédiaires comme objet d'étude.* La littérature nous indique que l'artefact et ses composants constituent les intermédiaires les plus importants dans la relation entre les métiers et les acteurs de la conception, notamment en ce qui concerne la résolution des problèmes techniques d'interface. A travers l'analyse des interfaces nous pouvons nous pencher sur l'identification d'**intermédiaires inattendus** entre la logistique et l'ingénierie. Nous pensons plus particulièrement ici au cas du *flux physique de composants* comme interface. Le flux physique comme objet d'étude structure autour de lui plusieurs situations d'interface : les réunions d'équipe, les discussions, les négociations de compromis, etc.

c) *L'accélération du processus d'apprentissage intermétiers dans la situation de projet.* Cet aspect est déterminant non seulement pour l'intégration de nouveaux acteurs de la conception (ingénieurs, fournisseurs, experts, etc.), mais aussi pour les acteurs de la logistique qui, en principe, ne sont pas sensés avoir la conception de produits comme partie de leurs compétences clés. Ainsi, dans un premier temps, l'entrée par l'analyse des interfaces permettrait d'identifier et d'évaluer **la prestation des services logistiques pendant le projet**. Dans un deuxième temps, l'identification de nouveaux savoirs et de nouvelles connaissances d'interface peut se traduire par la proposition de vraies règles intermétiers, ce qui peut accélérer l'apprentissage d'un métier sur l'autre et de ceux-ci par rapport à l'artefact en conception, dans un sens inverse de l'approche de DFX et DFL. Par exemple, ceux-ci essaient de prédéfinir des règles à l'usage des concepteurs, tant que l'analyse d'interface permettrait

d'aller chercher comment ces règles émergent dans une réunion de projet. Dans un troisième temps, formaliser le phénomène de prescription réciproque, défini par [A. Hatchuel \(1994\)](#), pour le rendre si possible répétable dans un cadre contrôlé. Un effet potentiel est l'augmentation de la rapidité de convergence vers les buts partagés du projet.

d) ***La mise en place de dispositifs d'aide à la structuration des interfaces.*** Ici nous rejoindrons [Guffond et Leconte \(1995\)](#) dans leur définition de dispositif : "*un ensemble d'éléments hétérogènes (des objets, des textes, des personnes, des lieux, des conventions tacites, des procédures) formant une configuration particulière*"¹. Cette notion renforce davantage le concept d'interface et de l'importance de la **structurer dans une configuration initiale appropriée**. Par ailleurs, l'utilité d'une structuration est étayée par [J.-F. Boujut \(2001\)](#), avec qui nous partageons le propos fondamental d'intégrer aux interfaces. Dans un but ultime, c'est en effet pour permettre l'activation, c'est pour faciliter les échanges entre les acteurs représentant la logistique et ceux de l'ingénierie, afin d'inciter la construction ou bien **l'émergence** de savoirs et de compétences d'interface ([Blanco, 1998](#)).

En nous appuyant sur cette courte revue bibliographique, nous proposons désormais notre approche d'interface. Nonobstant, nous sommes conscients qu'il faut sortir du cadre trop large, sinon ambigu, de la seule notion générique d'interface et de définir une grille d'analyse qui **rationalise l'étude de projets de conception**, en ayant comme entrée **les éléments structurants de l'interface**.

C'est le point de départ de notre approche d'intégration logistique-conception.

3.2. Vers un modèle d'interface pour l'analyse de projets de conception

3.2.1. Définition

Notre approche identifie l'interface comme une **structure d'éléments fondamentaux**. Nous la définissons de la manière suivante :

Une interface est un ensemble d'éléments fondamentaux qui supportent et rationalisent les interactions entre les acteurs d'une équipe multimétiers durant l'activité de conception concourante.

Cette définition laisse implicite les hypothèses suivantes:

¹ Cité par S. Mer (1998), p. 87.

a) L'interface dans la conception doit prendre en compte à la fois les aspects de séparation (respect des spécificités des acteurs) et de collectivité (mise en commun, partage) de cette activité, d'où la notion "d'ensemble d'éléments". Cette hypothèse vise à respecter la polysémie et le polymorphisme qui confèrent le caractère ambigu à l'interface.

b) Un élément fondamental est un constituant de l'interface : ce qui compose sa structure et lui donne forme. Cette hypothèse vise donner une "apparence" à l'interface, ce qui la rend perceptible et saisissable.

c) L'agencement particulier des éléments fondamentaux permet d'orienter les interactions entre les acteurs qui participent aux activités collectives d'une équipe multimétiers.

Cette dernière hypothèse est très forte, car il s'agit de prescrire, au moins partiellement, **la logique d'interaction** entre les individus par la **structuration préalable** des éléments d'interface.

L'avantage de décliner l'interface selon ses éléments fondamentaux nous permet de définir un **instrument d'aide à l'analyse des interfaces dans un projet de conception**. A partir d'un grille quelconque – par exemple, selon la dimension organisationnelle, instrumentale, temporelle, etc. – nous pouvons nous appuyer sur ces éléments d'interface pour chercher les discontinuités ou les spécificités d'une situation d'interface par rapport à l'autre. Nous allons montrer un exemple d'analyse dans le chapitre suivant.

Pour l'instant, nous proposons un modèle d'interface à cinq éléments fondamentaux, toujours dans le point de vue de la logistique :

- a) Les acteurs
- b) Les objets intermédiaires
- c) Les outils
- d) Les procédures et les règles
- e) Les espaces et les temps d'interface.

Deux critères nous ont orienté dans la sélection de ces cinq éléments. Le premier est la **facilité d'identification de l'élément** dans une situation de projet (une réunion par exemple

ou l'interaction entre deux acteurs par le courrier électronique). Il faut une interface facile à caractériser afin de permettre une analyse minutieuse des problèmes, des apprentissages, enfin des interactions. Le deuxième critère est **l'interdépendance** entre les éléments. L'interface n'est complètement caractérisée si tous ses éléments ne sont pas identifiés et mis en rapport, dans une logique d'interaction. Par exemple, un acteur sans outil ou sans un espace d'action ne peut pas être considéré interface. Un objet intermédiaire sans les acteurs pour les transformer n'a plus de sens et ainsi de suite. Tous ces éléments ensemble, dans un cadre particulier (donc un contexte) et compte tenu leur interdépendance, caractérisent une situation d'interface.

Par rapport à la littérature étudiée, notre définition d'interface a des similarités avec le modèle du dispositif cognitif proposé par [Urso et B. Vacher \(2004\)](#) pour étudier le processus de création de connaissances. La similarité majeure concerne la nature des éléments (les ressources matérielles, humaines et symboliques). Néanmoins, nous avançons davantage en ajoutant une dimension temporelle (les espaces/temps d'interface).

La description qui suit concerne le cas idéal pour chacun des éléments pris comme référence conceptuelle de notre modèle.

3.2.2. *Premier élément : les acteurs d'interface*

L'acteur d'interface (au niveau de l'individu) est sensé être l'interlocuteur privilégié de la logistique avec l'ingénierie dans les équipes de projet. Il n'est pas forcément rattaché à l'organisation logistique, mais il doit avoir en principe un profil bâti par des expertises en logistique¹. C'est dans les situations d'interface – entre la logistique et l'ingénierie pendant les projets de conception - que l'acteur peut se rendre compte du niveau d'adhésion de la stratégie logistique à la stratégie de développement de produits, avec l'étape fondamentale de traduction de l'une à l'autre.

De ce fait, cet acteur est sensé être en **situation permanente d'interface**, tant que dure le projet : il crée les situations d'interface, il les transforme, il les gère, il les diffuse et il les articule.

En effet, l'acteur d'interface a un statut à la fois d'articulateur (car il met les deux fonctions en rapport) et de médiateur (car il arbitre, il décide, il intervient pour concilier), en rapprochant la définition proposée par [B. Weil \(1999\)](#).

¹ En reprenant le cas de S.P.E., les cadres assument des différentes responsabilités tout au long de leur carrière ce qui les rendent multifonctionnels par rapport aux expertises acquises.

Ainsi, cet acteur est sensé devenir l'interlocuteur privilégié, une source de référence des connaissances des métiers logistiques et l'intermédiaire entre le projet et les services logistiques concernés. Nous trouvons ici l'aspect dialectique propre à l'interface et, de manière analogue, à la logistique : l'acteur d'interface doit interagir avec les concepteurs au niveau stratégique, tactique et opérationnel de façon transversale. Cela afin d'identifier au plus tôt les éventuels **problèmes d'interface** et de développer avec l'ingénierie et les équipes projet des alternatives de solutions pour les traiter. Bien entendu, les problèmes d'interface concernent ici les problèmes à la frontière technique de la conception de l'artefact et de la conception des flux physiques et informationnels de la logistique du produit.

3.2.3. *Deuxième élément : les objets intermédiaires*

Nous avons vu que la participation de la logistique dans le projet du TX (2.2.3) s'est exprimée aussi par leurs interventions autour de matrices de QFD et par la traduction des nomenclatures du produit. Les matrices et les nomenclatures sont des exemples **d'objets intermédiaires**. L'importance capitale de concept comme élément dans notre modèle d'interface est qu'il constitue une entrée puissante et privilégiée pour le suivi et l'analyse des activités de projet, comme déjà prouvé dans des nombreux travaux (Mer *et al.*, 1995 ; Vinck et Jeantet, 1995 ; Mer, 1998 ; Blanco, 1998, Jeantet, 1998 ; Vinck, 1999; Boujut et Laureillard, 2002 ; Boujut et Blanco, 2003; Lecaille, 2003). Ainsi, une synthèse bibliographique est rendue nécessaire ici afin d'éclaircir le concept particulier d'objet intermédiaire et les concepts corrélés **d'objet frontière** et **d'artefact**.

L'objet intermédiaire

A. Jeantet (1998) nous apprend que les objets intermédiaires dans la conception sont "*des objets produits ou utilisés au cours du processus de conception, traces et supports de l'action de concevoir, en relation avec les outils, procédures et acteurs*" (*ibid.*, p. 293). Quelques exemples d'objets intermédiaires pourront être : les *e-mails*, les brouillons de dessin, les comptes rendus de réunions, les feuilles de calcul, les tableaux de bord, les cahiers des charges, les maquettes numériques 3-D, les nomenclatures du produit, les prototypes, entre autres.

D. Vinck (1999) s'est appuyé sur les résultats d'une vaste étude sur les réseaux de recherche scientifique pour mettre en exergue l'aspect collectif de la nature des objets intermédiaires. L'auteur affirme qu'ils tissent et révèlent un **ensemble structuré de relations**,

de liens entre les acteurs. L'auteur ajoute d'ailleurs que les objets intermédiaires font aussi l'objet d'investissements importants en termes de temps et d'effort pour leur conception, leur maintenance et leur utilisation, de même que dans les négociations dont ils sont le sujet (Vinck, 2005).

A. Jeantet et J-F. Boujut (1998) expliquent que les objets intermédiaires sont les *observables* qui jalonnent l'activité de conception. Dans cette même visée, J-F. Boujut et E. Blanco (2003) affirment que **les interactions aux interfaces** entre les acteurs peuvent être étudiées à travers ces objets tout au long du processus de conception, car leur création comprend l'application de différentes connaissances et compétences mobilisées par les acteurs appartenant à différentes fonctions métier (en l'occurrence, l'Ingénierie et le Bureau Méthodes de la forge, *ibid.*).

S. Mer *et al.* (1995) remarquent la nature hybride de ces objets, car ils sont à la fois la représentation du produit et les médiateurs entre les acteurs qui participent aux activités de conception. Jeantet (1998) et Vinck (2005) définissent ainsi les trois attributs de ces objets : la représentation, la traduction et la médiation. En ce qui concerne **la représentation**, l'objet intermédiaire exprime une partie de la connaissance de ses créateurs, ainsi que leur intention dans le contexte de leur action. Pour être plus évident, l'objet intermédiaire représente notamment les multiples étapes du produit en conception, **les résultats intermédiaires** de l'évolution de l'activité créative, l'expression du produit en devenir qui est propre à chaque étape d'avancement du processus de développement (par exemple, le prototype physique d'une pièce par rapport à sa maquette 3-D).

La traduction renvoie au changement d'une représentation dans une autre, comme expliqué par Mer (1998). C'est changer la forme et la nature de la représentation. Nous avons montré comment l'équipe Focus traduit la *Engineering BOM* dans la *Manufacturing Configured BOM*. Dans le temps du projet, il s'agit de passer d'une étape à l'autre. Et en le traduisant, on change le sens de l'interprétation, on mobilise d'autres outils et on ajoute d'autres connaissances, d'autres règles, d'autres démarches et parfois d'autres intentions qui expriment les accords/désaccords par rapport à la représentation précédente.

La notion de **médiation** dont l'objet intermédiaire est porteur a aussi différents sens : il est médiateur car il relie, il met en rapport les acteurs et leurs positions par rapport à un fait ou un objectif. L'objet participe de façon décisive à la structuration de ces rapports d'une part

(au moins entre celui ou celle qui l'a produit et transmis et celui ou celle qui le reçoit et l'utilise). D'autre part, l'objet est au centre et sert à la fois de repère commun aux interactions qui se passent dans une réunion de projet et de support à la confrontation d'idées¹. De ce fait, l'objet supporte la négociation des compromis, il "parle" et fait parler, il interroge et étonne les acteurs dans l'action. Lorsqu'un acteur s'approprie et utilise un objet intermédiaire, l'acteur entretient un rapport direct avec l'objet et avec celui ou celle qui l'a créé, car la médiation assure la communication de l'un avec l'autre. L'objet s'interpose au milieu des acteurs, tout en constituant un repère commun et partagé. Dans ce sens, l'objet permet l'émergence de nouvelles connaissances et de savoirs partagés (Blanco, 1998), (Vinck, 2005).

De leur dépendance du contexte de l'action dont ils sont les médiateurs, les objets intermédiaires se présentent parfois **ouverts**, parfois **fermés**. Cette distinction met en valeur le degré de liberté apporté par l'objet d'être transformé d'une part et de transformer l'action d'autre part.

L'objet ouvert octroie une liberté plus importante au récepteur pour le changer : par exemple, un dessin semi-fini d'une pièce. Ici, celui qui l'analyse peut rapidement proposer des changements. L'objet fermé, au contraire, transmet une prescription ne laissant presque aucune ou très peu de marge de manœuvre au récepteur (Mer *et al.*, 1995) : par exemple le dessin final d'une pièce déjà en production. Passer d'ouvert à fermé et parfois, redevenir ouvert fait partie de la dynamique du cycle de vie de l'objet durant le processus de conception.

Dans la littérature de conception, nous trouvons d'autres concepts associés aux objets qui sont produits et qui circulent lors de la réalisation d'un projet. Deux concepts méritent d'être présentés : d'abord celui *d'objet frontière* et ensuite celui *d'artefact*.

L'objet frontière

L'objet frontière (*boundary object*) a été défini par S. Star et J. Griesemer (1989), (Star, 1989 ; Bowker et Star, 2002). Ces objets sont des entités abstraites ou concrètes qui habitent plusieurs **communautés d'acteurs** (*communities of practice*) et qui satisfont les besoins d'information de chacune d'entre elles. A l'instar des objets intermédiaires, les objets frontières ont un sens seulement dans le contexte de l'action, dont ils sont les médiateurs. Par ailleurs, l'attribut de traduction inhérente à ces objets leur permet de passer d'une

¹ Nous retrouvons ici l'approche de Chazal (2002) de l'interface comme intermédiaire.

communauté à l'autre, aussi bien qu'être partagés entre elles. Ils sont suffisamment versatiles pour s'adapter aux besoins locaux et aux contraintes des différents acteurs qui les utilisent, ainsi que suffisamment robustes pour maintenir une identité commune à toutes les communautés (Bowker et Star, 2002). Ces auteurs avancent dans le concept, à partir de l'exemple d'un système d'information d'hôpital, en lui associant une **structure de frontière**, dans laquelle il existerait des réseaux et des régimes d'objets frontières nécessaires aux besoins et à la coordination des différentes communautés qui les utilisent (les médecins, les infirmières, les patients, etc.).

Les artefacts

Le troisième concept auquel nous faisons référence est celui d'artefact. Dans l'introduction de ce mémoire, nous avons mentionné que Simon (1996) présente l'artefact comme le résultat de ce qui a été créé par l'homme, donc artificiel. Norman (1992) présente le concept **d'artefact cognitif** comme étant un dispositif conçu pour maintenir, montrer ou agir sur l'information de l'environnement afin d'atteindre une fonction de représentation. Selon Norman, ces artefacts permettent à l'individu – en l'occurrence un concepteur - d'évaluer les informations obtenues de l'environnement dans un premier temps et d'agir, de transformer l'environnement dans un deuxième temps. Ces deux temps faisant parti **d'un cycle d'action** sur l'environnement.

Perry et Sanderson (1998) présentent les artefacts (les maquettes 3-D, les feuilles de données, les brouillons, les prescriptions, etc.) comme des **objets d'interaction** produits pour et par le travail collectif de conception. Leur rôle est multiple : ressource communicative, terrain fertile de collaboration et de conflits, **médiateurs** d'individus et de groupes. Ils supportent l'externalisation et la **représentation** des objectifs, des contraintes, des formes, des fonctions lors de la conception. Les auteurs définissent deux classes d'artefacts : les artefacts de conception (*design artefacts*) et artefacts procéduraux (*procedural artefacts*). Les premiers représentent la pensée, l'intention, le raisonnement des acteurs sur l'objet en conception : les maquettes numériques ou physiques, les modèles, les dessins. Les derniers supportent le processus de conception préalablement défini, dans le propos d'y orienter les acteurs : les plannings, les diagrammes de Gantt, les agendas, les mémos, les formulaires. Dans une approche plus modeste, Xiao (2005), en étudiant les activités collaboratives dans le domaine de la santé, décrit l'utilisation d'un tableau blanc, un **artefact physique**, comme le médiateur et l'articulateur du travail collectif des infirmières.

Jaime Arias (2005) associe la notion de connaissance au concept d'artefact. Celui-ci, soit matériel ou virtuel, serait un élément qui détient une partie des connaissances de l'acteur qui l'a produit. Il supporte les échanges avec un récepteur, dès que ce dernier a la connaissance nécessaire pour interpréter l'artefact. La connaissance qu'ils enferment pourrait donc être stockée et mise à disposition d'autres utilisateurs dans un but de capitalisation.

Nous voyons que les concepts d'objet intermédiaire, d'objet frontière et d'artefact ont des caractéristiques similaires, comme par exemple la représentation et la médiation à travers leur partage par les acteurs. Sans vouloir rentrer dans la discussion autour des différences entre ces concepts, dans notre approche d'intégration nous adopterons désormais le concept d'objet intermédiaire, compte tenu de l'association directe à la notion d'interface comme intermédiaire, selon Chazal (2002) et aussi du fait que nous considérons les objets intermédiaires comme l'un des produits des outils de support à l'intégration. Le terme "artefact" nous l'utiliserons en référence à ce qui est au stade de conception : un composant particulier, un module ou bien le produit "engin" dans un sens général.

3.2.4. *Troisième élément : les outils d'interface*

Les outils d'interface sont ceux partagés par différentes communautés d'acteurs, en les mettant en rapport et à la fois en les identifiant comme telles.

Cette définition rejoint la notion d'outil transversal de S. Mer (1998) : un support de relations entre les mondes. Dans notre cas, entre le monde de la logistique et de la conception de produits. Nous citons comme exemples d'outils d'interface la méthode QFD et la CAO.

L'importance de l'outil d'interface est celle de **servir de support pour la création de nouveaux objets intermédiaires** et, par conséquent, de nouveaux savoirs et de connaissances d'interface, dans le contexte de leur usage et des situations du projet (Mer, 1998; Blondaz, 1999; Boujut, 2001). Par ailleurs, nous préconisons que les outils d'interface sont aussi **un instrument de traduction** (de communication et complémentation, au sens de Mer (1998)), car pour transiter du monde de la conception au monde de la logistique, il faut ajouter le savoir propre aux activités logistiques et parfois déplacer le sens de la représentation du produit. Nous reviendrons sur cette question plus tard dans ce mémoire.

3.2.5. *Quatrième élément : les procédures et les règles d'interface*

Nous considérons une procédure d'interface comme un **ensemble structuré** de règles formelles d'aide à la coordination de tâches des acteurs qui les utilisent. Les règles qui composent une procédure sont issues des pratiques des acteurs et du besoin de rationaliser leurs flux informationnels.

Comme exemple, chez S.P.E. nous trouvons particulièrement les procédures interdépartementales qui concernent **simultanément différentes fonctions** : l'ingénierie, la logistique et les achats. Dans une de ces procédures, toutes les règles de définition de *lead-time* d'un composant y sont spécifiées. Ces règles concernent, entre autres, la classification de composants selon leur statut et la quantité de jours (le *lead-time* à proprement parler) pour une tâche particulière, ainsi qu'entre une tâche et l'autre selon le type de composant.

La limitation des procédures d'interface est qu'elles sont préalablement définies, écrites et homologuées par les hiérarchies de chaque fonction concernée, donc figées. Elles sont en effet un **modèle prescriptif de gestion des activités**. Or, nous avons vu comment dans les activités d'équipes de projet, plusieurs contingences imposent la conception de règles jusqu'alors inexistantes, malgré les procédures. Ces règles étant le résultat de la formalisation – par exemple sous la forme d'un compte rendu de réunion - des nouvelles connaissances et des nouveaux savoirs qui émergent durant les situations d'interface. Ainsi, nous préférons différencier les procédures d'interface des règles d'interface, sachant que ce qui les unit est la possibilité de consolider les nouvelles règles créées dans une future procédure d'interface. Identifier et suivre l'évolution des procédures et des règles permet de faire ressortir les implications et les résultats des activités aux interfaces¹.

3.2.6. *Cinquième élément : les espaces et les temps d'interface*

Il s'agit des espaces et temps alloués en phases amont, où l'objet de la rencontre est centré sur les aspects concernant simultanément deux ou plusieurs fonctions ou métiers, à l'instar des réunions régulières dans un projet de conception. Il faut absolument identifier quels sont les moments d'interface formels/informels et synchrones/asynchrones prévus dans

¹ En proposant l'inclusion des procédures et des règles dans notre modèle d'interface, nous sommes conscients de leurs limites comme moyen de prescription. De Terressac et Reynaud (1992) nous apprennent que "*la force contraignante de la règle de contrôle ne tient ni dans son énoncé, ni dans ses potentialités d'application en l'état, mais dans le fait que ceux qui doivent la mettre en œuvre se l'approprient, l'adaptent ou la redéfinissent*". Ce qui nous intéresse plutôt est l'interaction à travers les règles.

le processus de développement.

Ces espaces et temps forcent ou au moins incitent un agenda pré-établi de situations d'interface. Dans ce sens, nous rejoindrons le concept de période de travail coopératif proposé par P. Laureillard (2000) pour faire interagir les acteurs de l'ingénierie, de l'usinage et de la forge autour de questions à la frontière entre leurs métiers.

3.2.7. Représentation schématique du modèle

Dans le but de représenter **l'image** que nous faisons d'une interface structurée avec ses éléments fondamentaux, nous proposons le schéma dans la figure 27.

La partie "a" de la figure montre le schéma de l'interface structurée par les cinq éléments fondamentaux, telle que nous la concevons. L'interface se place, bien entendu, dans l'environnement du projet, préférentiellement dans ses phases amont.

Les acteurs d'interface participent évidemment à deux (ou plusieurs) espaces / temps d'interface : celui qui concerne l'interface logistique-conception et celui qui concerne les équipes ou les services métiers qui composent chacune des fonctions. Un autre espace d'interface est celui défini au niveau managérial dans l'équipe de gestion de projets ou dans la hiérarchie même d'un département de l'entreprise¹.

Les flèches noires pleines dans le schéma représentent l'interaction entre les acteurs à partir des outils, des objets intermédiaires, des procédures et des règles d'interface. Les flèches en pointillé représentent la relation entre l'outil et l'objet et entre l'objet et les règles ou procédures.

Dans la partie "b", nous présentons l'exemple appuyé sur une réunion de l'équipe Focus. Les acteurs sont, par exemple, le responsable du service logistique de gestion de nomenclature et l'ingénieur de configuration produit.

Ces acteurs sont représentés avec les expertises en logistique et en ingénierie de produits respectivement et ils se distinguent des experts métiers ou d'acteurs des services métier. Ils ont le rôle explicite d'articuler la construction des interactions entre les métiers qu'ils représentent pendant le projet.

¹ Dans nos exemples, nous faisons de références implicites à l'organisation de S.P.E., pour des raisons évidentes.

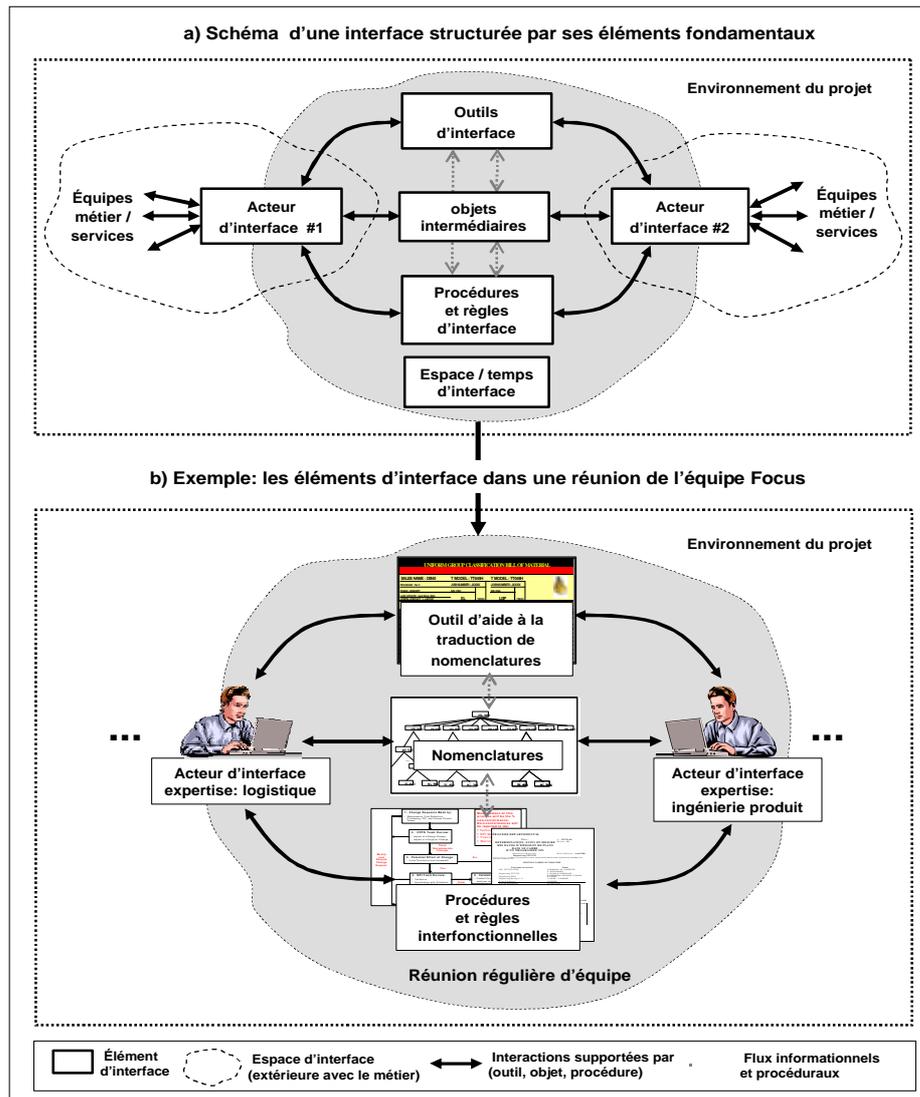


FIGURE 27 - a) le schéma du modèle d'interface; b) un exemple appuyé sur une réunion régulière de l'équipe Focus.

Il est important d'attribuer un pouvoir d'arbitrage et de décision à ces acteurs, comme préalablement défini, car c'est en fonction de leurs décisions que les autres interfaces avec leur fonctions respectives ou départements vont se structurer.

Le schéma met en valeur ce que nous considérons comme étant une **interface structurée**, avec tous les éléments bien identifiés ou facilement identifiables. Chaque acteur a son propre espace individuel et les échanges se passent à travers non seulement le flux d'information, mais principalement des échanges et du partage de connaissances entre les acteurs. Ces échanges et le partage étant supportés par les autres éléments (outils, objets, procédures et règles) dans le cadre de l'espace et du temps d'interface. D'autres types de flux

informationnels s'établissent entre les éléments outils/ objets/ procédures/ règles, ceux-ci assujettis aux logiques internes de fonctionnement des outils et des procédures de travail.

En revanche, dans ce schéma ni les connaissances ou les savoirs d'interface, ni les objets d'interaction entre les acteurs, ni les problèmes / solutions, les négociations ou la quête de compromis typiques des situations d'interface ne sont représentés. Nous n'explicitons pas non plus une représentation des changements, des traductions, des transformations qui se passent dans ces situations. Par exemple :

- Les étapes nécessaires pour passer de la *Engineering BOM* à la *Manufacturing Configured BOM* à travers leurs outils respectifs.
- La construction d'une solution au problème de l'interférence du circuit hydraulique de la ligne "L" avec le réservoir hydraulique "T" identifié par le "*Interference Check Tool*".
- La formalisation de la règle [traitement de pièce critique] pour traiter les composants classifiés comme [*"I" parts/SCM*] à *lead-time* trop long, sachant que la contrainte est le délai nécessaire à l'homologation du composant auprès du centre de tests, etc.

Nous considérons que ces autres éléments émergent de la mise en rapport des acteurs dans cet environnement structuré, étant donné les contingences de chaque situation. Ce positionnement nous permet de tisser une première réflexion sur l'intégration.

3.3. L'intégration à travers les interfaces

A ce stade de notre réflexion sur la problématique de l'intégration, nous croyons judicieux de poser les deux questions suivantes :

Pourquoi interposer le concept d'interface entre la problématique et les approches d'intégration ?

En quoi la structuration des interfaces logistique/ ingénierie ajoute-t-elle aux solutions déjà connues d'intégration ?

En considérant les questions sous l'angle de la logistique, l'hypothèse la plus importante que nous faisons dans notre thèse est que la structuration des interfaces logistique/ingénierie permettra de créer et de formaliser **un environnement d'interaction**

propice à la construction de l'intégration des acteurs de la logistique dans les activités des phases amont des projets de conception.

Bien entendu, il ne s'agit pas simplement d'inclure les acteurs de la logistique dans des situations d'interface. Il s'agit de les préparer pour réagir et interagir face à ce type de situation en mobilisant les outils adéquats et en construisant des nouvelles connaissances.

Plus explicitement, nous préconisons la formalisation d'un *processus de structuration d'interfaces* dans l'action du projet de conception. Un tel processus peut constituer un défi majeur de la logistique, une nouvelle compétence à développer, à travers laquelle l'intégration (elle-même un processus, selon [P. Laureillard, 2000](#)) deviendra possible.

Si nous interposons notre approche d'interface entre le terrain où se passe l'activité de conception et le mythe de l'intégration préconisé à travers les approches proposées dans la littérature, nous voyons d'emblée qu'il existe **une étape préparatoire d'apprentissage** avant d'arriver à un stade d'intégration logistique-conception. D'après nous, la discussion sur l'interface entre la conception du produit et la logistique pour ce produit doit se faire **avant même de parler intégration**. Se rendre compte de cette question en avance peut rendre la quête pour l'intégration moins abstraite qu'elle ne paraît.

Ici, il est question d'identifier le *caractère interfaciel* - suivant l'expression de [G. Chazal \(2005\)](#) - du chemin vers l'intégration dans les relations logistique/ingénierie pendant un projet de conception.

Nous proposons donc de revenir au terrain industriel, cette fois-ci instrumentés avec le concept d'interface. Nous allons analyser les éléments fondamentaux, les périodes d'interfaçage entre logistique et ingénierie, c'est-à-dire, les moments du projet où nous avons identifié les échanges, les interactions, les rapports entre ces deux fonctions pour comprendre leurs logiques et, à partir de là, faire un diagnostic avant de modéliser un processus d'intégration logistique-conception.

3.4. Conclusion

A partir d'une revue bibliographique concernant les interfaces, nous avons pu caractériser les attributs polysémique et polymorphique de ce concept. Les travaux sur la conception exploitent ces attributs à travers une multitude de sens différents, de l'interface technique entre composants aux compétences d'interface, en passant par la définition cruciale

d'acteur d'interface.

A partir de là, nous avons proposé un modèle d'interface avec des éléments structurants bien définis, ce qui nous permet de réaliser des analyses des interfaces au long d'un projet de conception, à l'instar de l'approche proposée par [N. Long \(1989, 2001\)](#).

Notre hypothèse majeure est de dire qu'il faut une étape préparatoire d'apprentissage sur la structuration des interfaces avant même de parler d'intégration. Celle-ci étant le résultat des interactions aux interfaces. En revanche, avant tout, il faut maintenant revenir sur le terrain industriel pour "regarder les interfaces".

*"Les plus grandes difficultés sont là où on ne les attend pas."
Johann Wolfgang Goethe (1749 – 1832).*

Chapitre 4

L'analyse des interfaces dans le projet de la famille du tracteur à chenilles

Ce chapitre est dédié à l'analyse des interfaces dans les activités du projet du tracteur. Nous proposons pour cette analyse une démarche appuyée sur trois étapes principales. Ces trois étapes correspondent ainsi à l'organisation même du chapitre : l'identification des éléments d'interface, le diagnostic et les prescriptions.

Comme synthèse de cette analyse, nous montrerons que la problématique de faire interagir les acteurs de la logistique dans les phases amont des projets dépasse la seule question de l'existence des éléments d'interface.

4.1. Démarche générale proposée

Pour réaliser notre analyse des interfaces, nous proposons la démarche suivante (figure 28).

La figure montre les trois principales étapes de la démarche : l'identification des éléments d'interface, le diagnostic des interfaces et les prescriptions.

A l'issue de cette analyse, nous proposons une étape de développement qui sera l'objet des trois chapitres suivants. Regardons plus attentivement chacune des étapes.

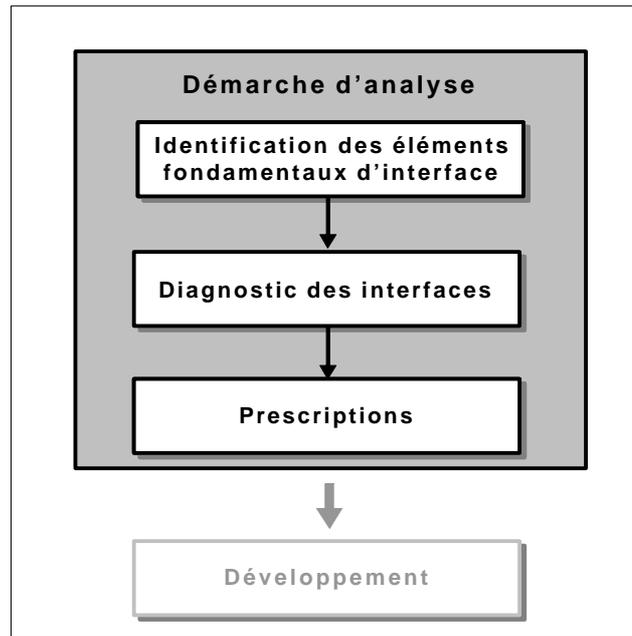


FIGURE 28 - Démarche générale d'analyse des interfaces

4.1.1. Première étape : l'identification des éléments fondamentaux d'interface

Dans cette première étape, l'objectif est de répertorier et caractériser chacun des éléments fondamentaux : les acteurs d'interface, les outils d'interface, les objets intermédiaires, les procédures / règles d'interface et les espaces / temps d'interface.

4.1.2. Deuxième étape : le diagnostic des interfaces

Une fois les éléments identifiés, nous pouvons procéder à l'analyse à proprement parler. Cependant, le diagnostic est aussi une étape de synthèse. Ainsi, nous allons tisser notre compréhension des points les plus importants à la lumière des interfaces. Dans cette étape, il est important de considérer tous les éléments d'interface dans leur contexte. C'est une spécificité de l'analyse.

4.1.3. Troisième étape : les prescriptions

Cette dernière étape est dédiée à l'expression de propositions pour l'amélioration des interfaces : combler les discontinuités identifiées, proposer des nouveaux modèles, des nouveaux outils ou de nouvelles règles, ainsi que des prescriptions sur le rôle des acteurs, etc. et cela dans le contexte du projet analysé. **Nous n'oublions pas que l'analyse d'interfaces est fortement ancrée sur les contingences de la situation étudiée.**

4.2. Première étape : l'identification des éléments d'interface logistique/ingénierie dans le projet du TX

La figure 29 est un schéma synthétique des éléments d'interface dans la période de notre analyse :

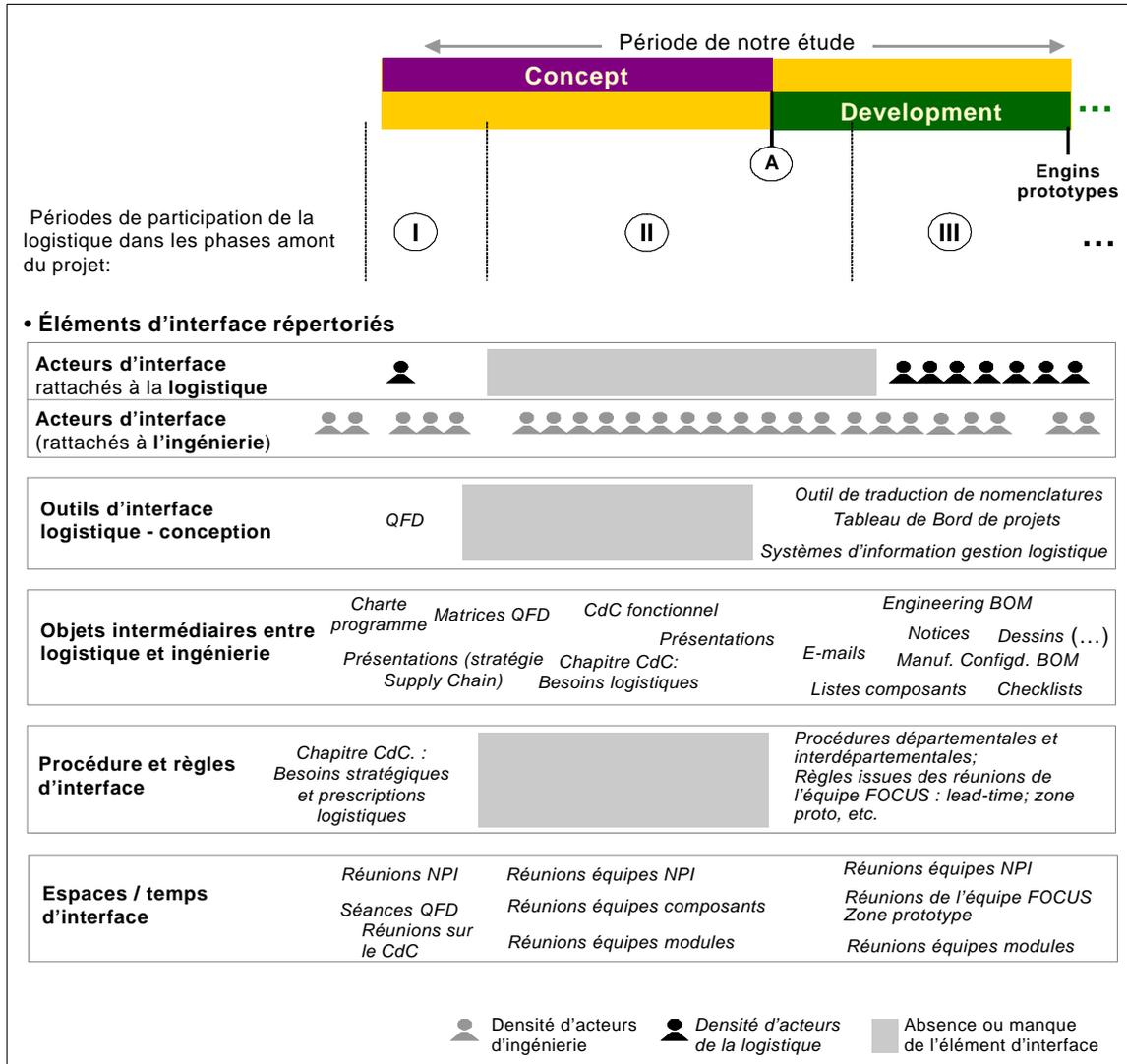


FIGURE 29 - Les éléments d'interface répertoriés dans les trois phases de participation de la logistique dans le projet

4.2.1. Le premier élément : les acteurs d'interface

Les acteurs qui ont joué le rôle d'interface entre logistique et ingénierie sont fort nombreux dans cette deuxième fonction : les gestionnaires du projet, les leaders d'équipe, les ingénieurs de configuration et quelques ingénieurs concepteurs.

Parmi les acteurs d'interface rattachés au département *Supply Chain*, nous avons identifié bien évidemment l'acteur désigné pour participer aux séances de QFD et à l'élaboration du chapitre *Supply Chain* du cahier des charges (CdC) fonctionnel de l'engin. Dans la troisième période, les acteurs d'interface – toujours suivant le point de vue logistique – ont été les représentants de cette fonction dans l'équipe Focus.

4.2.2. *Le deuxième élément : les outils d'interface*

Les principaux outils d'interface ont été la méthode QFD, dans la première période. Dans la deuxième période, nous n'avons pas identifié d'outil. Et finalement, dans la troisième période, nous avons identifié notamment les outils d'aide à la traduction de nomenclatures (figure 30), les outils d'aide à la gestion des activités de l'équipe Focus (figure 31) et le tableau de bord de suivi des projets de conception, ainsi que les systèmes informationnels de gestion logistique, accessibles à tous les acteurs. Compte tenu de leur importance pour les activités collectives de l'équipe Focus, regardons plus attentivement les deux premiers outils identifiés dans la troisième période : l'outil d'aide à la traduction de nomenclatures et l'outil d'aide à la gestion des activités de l'équipe Focus.

L'outil d'aide à la traduction de nomenclatures

Cet outil, sous la forme d'un tableau Excel[®], a été initialement conçu pour permettre la consolidation de toutes les *BOM* sous la responsabilité de chaque équipe Composant. L'ingénieur de configuration - et membre de l'équipe Focus - est responsable de l'outil (figure 30).

Plus tard, pour aider dans la traduction de la nomenclature de conception (*Engineering BOM*) vers la nomenclature logistique (*Manufacturing Configured BOM*), l'outil a intégré les paramètres propres à la logistique, notamment tout ce qui concerne les délais (*lead-time*). L'information à l'interface entre les paramètres de conception et logistique est le numéro de référence du composant.

Lors des réunions d'équipe, les acteurs vérifiaient collectivement les informations concernant chacune des références de composants. Cette vérification est une première étape dans la démarche de consolidation des valeurs des paramètres logistiques à saisir sur les systèmes d'information de gestion de nomenclatures de l'entreprise. Nous avons déjà expliqué que la traduction n'est pas un processus automatique (2.3.4), mais qu'il s'agit d'un processus

négocié. L'aide apporté par l'outil est donc une consolidation des résultats de ces négociations qui déterminent les valeurs des paramètres logistiques à saisir.

Passage de nomenclature de conception à nomenclature logistique →

Paramètres propres à la conception		Paramètres propres à la logistique										
QTY	PART NAME	PIN	V	ERC	Current Ref P/N	Status MCS - WPI A-6	CFPD ? X-Yes	Procurement Method (Transport)	A	B	ED/VP	ESTIMATED RELEASE DATE
	COMMON AS											
	MOTOR GP	1	MOTOR GP	XXX-XXX	H	0	236-2123	A				02/02/04
	HYDRAULIC AS-2V	1	HYDRAULIC AS-2V	XXX-XXX				A	x			02/02/04
	LINES GP PILOT	1	LINES GP PILOT	XXX-XXX	H	1	230-0750	A				02/02/04
	ADAPTER	1	ADAPTER	XXX-XXX				P				02/02/04
	SEAL-O-RING	1	SEAL-O-RING	XXX-XXX				P				02/02/04
	ACCUMULATOR	1	ACCUMULATOR	XXX-XXX		0		D	x			02/02/04
	MUT-BULKHEAD	1	MUT-BULKHEAD	XXX-XXX				P				02/02/04
	SEAL-O-RING	1	SEAL-O-RING	XXX-XXX				P				02/02/04
	CONNECTOR AS	1	CONNECTOR AS	XXX-XXX				P				02/02/04
	HOSE AS	1	HOSE AS	XXX-XXX		0	0	I	x			02/02/04
	ELBOW AS	1	ELBOW AS	XXX-XXX				P				02/02/04
	CONNECTOR AS	1	CONNECTOR AS	XXX-XXX				P				02/02/04
	ELBOW AS	1	ELBOW AS	XXX-XXX				P				02/02/04
	HOSE AS	1	HOSE AS	XXX-XXX				P				02/02/04

FIGURE 30 - Outil d'aide à la traduction de nomenclatures utilisé chez S.P.E.

Si d'une part, cet outil facilite le processus de traduction, d'autre part il n'a pas de fonctionnalités associées à la gestion des activités de l'équipe Focus. Un autre outil a été développé par les acteurs.

L'outil d'aide à la gestion des activités de l'équipe Focus

Avant le démarrage des activités du Focus, le service *Projet Management* de l'ingénierie S.P.E. avait développé avec l'aide de la logistique une première version d'un outil informatique pour aider à gérer la charge de travail imposée par le flux informationnel de l'activité de traduction de la *Engineering BOM* vers la *Manufacturing Configured BOM*.

Selon un acteur de l'ingénierie, cet outil d'aide à la gestion - appelé "*Hercule*" - est un outil pour le suivi des activités de traduction et de saisie des nomenclatures. Cet outil avait un lien direct avec les *BOM* de chaque équipe Composant, par le moyen de macros Excel®. A travers des graphiques d'*Hercule*, les acteurs du Focus pouvaient suivre à chaque semaine l'état d'avancement du traitement des dossiers (figure 31).

Par ailleurs, l'outil mettait à disposition des acteurs toute la traçabilité des dossiers des références composants, selon l'étape du flux informationnel et selon les dates

prévisionnelles du traitement du dossier. Ces dates concernent la même information : le jour auquel le dossier devrait arriver dans chaque service qui intègre le flux informationnel. La différence entre la date prévue et la date effective de réalisation de la tâche donnait la situation des dossiers (avance ou retard).

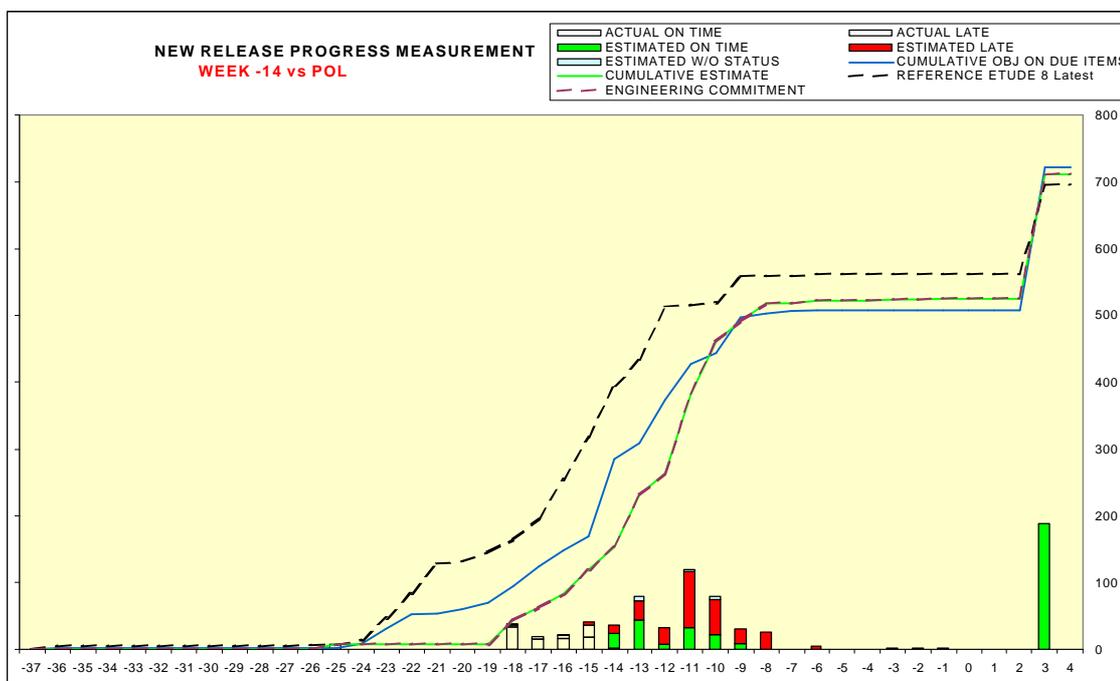


FIGURE 31 - Graphique produit par Hercule et qui montre l'évolution hebdomadaire du traitement des dossiers de références.

Il était intéressant d'observer qu'une telle démarche de mise à jour hebdomadaire de l'information exigeait la coordination, selon une même allure, des activités réalisées par chaque service impliqué. Chaque service devrait mettre à jour l'information le concernant et toutes les informations saisies étaient consolidées par la logistique au travers d'Hercule. Il faut dire que la saisie des informations à partir de la *Engineering BOM* sur Hercule a été faite pratiquement en manuel, car les macros prévues pour automatiser la tâche étaient en développement lors de la mise en œuvre de l'outil.

Néanmoins, au cours de l'utilisation d'Hercule par les acteurs de l'équipe Focus, l'outil s'est transformé. En effet, au départ, le but principal était de permettre un suivi hebdomadaire du traitement des dossiers et de mieux distribuer la charge de travail dans le service logistique concerné. Or, comme la logique de travail de l'équipe Focus a été créée au fur et à mesure que les réunions se succédaient, rapidement Hercule est devenu **l'outil de gestion de l'interface** entre toutes les fonctions représentées dans le Focus. La gestion de

l'interface était relative à **la synchronisation des informations** sur les dossiers traités et saisies par les différents services par rapport à l'exécution de leurs tâches. Evidemment, l'ingénierie et la logistique étant les deux fonctions les plus concernées, compte tenu de leurs responsabilités pour la construction des nomenclatures. Dans l'interaction, Hercule est devenu le repère et une sorte de thermomètre pour tous les services qui participaient aux activités de l'équipe Focus.

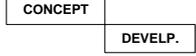
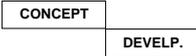
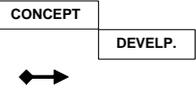
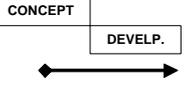
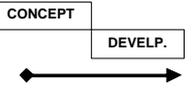
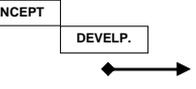
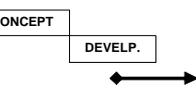
La raison de cette transformation a été que l'asynchronisme de l'information entre les services demandait un effort non négligeable de vérification de l'information et de coordination entre les acteurs. D'après nous, l'importance majeure de l'expérience avec Hercule a été la mise en évidence du besoin de définition des interfaces **entre systèmes d'information** appartenant à des services différents, **avant même de traiter le problème des interfaces entre les services qui pilotent et utilisent ces systèmes.**

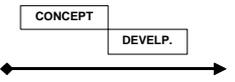
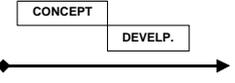
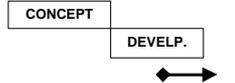
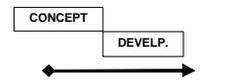
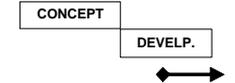
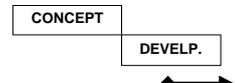
4.2.3. *Le troisième élément : les objets intermédiaires*

Fort nombreux sont les objets intermédiaires créés et manipulés par les acteurs et qui nous permettent de tracer les activités dans le projet du TX. Lors du début de la tâche d'identification des objets intermédiaires, notre principal critère était de savoir quels étaient les objets pour lesquels la logistique avait participé à la création et ceux au travers desquels elle avait interagit.

Néanmoins, nous nous sommes rendu compte que d'autres objets intermédiaires très importants dans le projet n'ont pas été créés ou manipulés par les acteurs de la logistique. Nous avons ainsi **élargi** notre critère d'identification pour arriver à une liste plus importante, sans pour autant prétendre d'être exhaustif¹ (tableau 6).

¹ D'autres exemples : les rapports, les contrats fournisseur, les avis fournisseurs, les brouillons à main levée sur le tableau blanc des salles de réunion ou sur papier, les photos d'engins et composants, les films de visites d'usine, de procédés et de tests d'engin, l'appareil de téléconférence, les impressions papier dans les bureaux des concepteurs, les catalogues techniques, les normes S.P.E., les maquettes physiques, les post-it, les stylos, les brevets d'invention, etc.

Objet intermédiaire répertorié	Moment de création dans le processus (approx.)	Rôle et trace de l'objet dans le projet
La Charte du programme de développement		<p>Cette charte est définie avant de démarrer le projet. Elle spécifie la stratégie, ainsi que les responsables de sa gestion. L'objet reste fermé (prescriptif) au niveau des équipes de projet. Il sert ainsi comme repère pour les évaluations au niveau des revues.</p>
Les matrices de QFD		<p>Ce sont les matrices générées à travers la méthode QFD (Quality Function Deployment). Le développement de ces objets exige un effort de coopération très important, car il concerne toutes les fonctions de l'entreprise. Il est très ouvert dans la période de travail collectif (remplissage des matrices) et puis fermé pour servir de source de prescriptions pour les cahiers des charges du produit (marketing, fonctionnel et technique). Leur durée d'utilisation se restreint au début de la phase Concept et ils ne sont pas remobilisés dans les phases aval.</p>
Le Cahier des Charges Fonctionnel		<p>Le cahier des charges est la description des caractéristiques fonctionnelles que la conception doit considérer pour concevoir et développer l'engin. Cet objet commence à être élaboré au milieu de la phase Concept. Il est à la fois fermé et ouvert, car il y a des chapitres très fermés et d'autres très ouverts, ce qui implique leur mise à jour tout au long de la phase Concept. L'objet sert de repère commun pour établir les compromis et de source de prescription tout au long du projet.</p>
Le Cahier des Charges Technique		<p>Cet objet est construit à partir des matrices QFD et du CdC fonctionnel. Le CdC technique est un objet éclaté entre les différentes équipes, correspondant à leur système respectif. C'est un objet très ouvert, car il évolue avec la conception du système. De ce fait, il ne garde pas une trace exacte de cette évolution, car il est très lourd à gérer au quotidien.</p>
Les maquettes 3-D		<p>Les maquettes numériques sont pour la plupart générées à travers l'outil CAO Pro/E®. Ces objets – à forte capacité de représentation, de traduction et de médiation – sont créés à partir du milieu de la phase Concept et évoluent tout au long du projet. D'autres maquettes en découlent : virtual assembly (maquettes d'outillages de montage, des monteuses), maillage éléments finis, simulations de transfert d'énergie thermique, etc.</p>
Les feuilles de calcul de coûts		<p>Ces feuilles – créées à partir des premières estimations dans la phase concept, sous différentes configurations, sont un objet à fort pouvoir de médiation, car il se sert d'un langage commun à tous les acteurs : le financier, les chiffres. Sa capacité de persuasion est aussi très importante et il transmet de façon presque immédiate les messages de ceux qui les ont créés. Par ailleurs, il garde la trace des formules de calcul, ce qui facilite la compréhension des autres acteurs.</p>
Le Plan d'Action		<p>Cet objet, à l'exemple de la charte du programme, fonctionne comme prescription après son approbation lors de la revue "A". Une autre spécificité de cet objet est son rayon de circulation, relativement restreint du fait de son caractère très confidentiel.</p>
Les dessins 2-D et les Notices Techniques		<p>Ces objets sont le résultat de la conception détaillée des composants de l'engin. La notice accompagne le plan dans le flux informationnel entre l'ingénierie, la logistique et le bureau méthodes fabrication et montage. Ce sont des objets peu ouverts, voire fermés, car issus des maquettes 3-D déjà consolidées. Leur création dans le processus se fait dans la phase développement.</p>
Les nomenclatures du produit		<p>Les trois nomenclatures (Engineering BOM, Manufacturing Configured BOM, Manufacturing BOM). C'est à partir de ces objets que la Logistique fait diffuser les références à tous les services à l'aval. Ils sont plutôt ouverts à leur niveau de conceptions respectives (car ils suivent l'évolution du produit dans son cycle de vie), mais très fermés au niveau de leur usage. Il s'agit pour chaque objet d'un tournant au niveau de la traduction de la représentation du produit et notamment du jalonnement du processus de conception.</p>

<p>Les exposés à diapositives</p>		<p>Ces objets sont présents dans presque toutes les réunions d'équipe avant même le début du projet. Au travers de ces exposés, les acteurs interagissent, se coordonnent, négocient des compromis. Ils ont une forte flexibilité de représentation et de médiation (pas de traduction), car ils utilisent le texte, l'image, les liens internet/intranet.</p>
<p>Les e-mails (textes)</p>		<p>(Messages internes, de l'extérieur, invitations, rapports, fichiers attachés, etc.) Ces objets ont une forte tendance d'être fermés et circulent sous deux formes : électronique et, une fois imprimés, en papier. Ils sont générés tout au long des activités en dedans et en dehors du cadre du projet. Ils sont échangés pendant la semaine et, parfois, présentés pendant les réunions. Ils sont à la fois un objet de diffusion (format électronique) et de documentation. En effet, les e-mails sont utilisés comme une partie de la documentation des acteurs (une copie papier) et constituent des évidences et des preuves par rapport à leurs engagements. Totalement intégrés aux habitudes de travail, ils sont l'une des traces les plus importantes pour les acteurs, par rapport à la fois aux informations formelles et informelles sur le projet. Leur capacité de médiation est conséquente et ils permettent de faire une chronologie d'un événement à travers la chaîne de messages.</p>
<p>Les listes personnelles de références de composants</p>		<p>Il s'agit d'objets produits par chaque acteur de l'équipe Focus, pour qu'ils puissent organiser en privé leur propre travail et comparer avec les documents générés par le Focus. Ces listes ne sont pas couramment distribuées, car leur usage reste plutôt dans l'espace individuel de chaque acteur. Ces objets surgissent dans les moments de crise, comme outil de négociation au niveau Focus. La synchronisation de ces objets et des acteurs qui les détiennent se fait lors des réunions.</p>
<p>Les listes officielles de références saisies et à saisir par les services logistiques</p>		<p>("job list" et "Short List") : Ce sont des objets très importants pour la coordination de la logistique/Focus, car ils consolident l'état d'avancement du travail : ce qui a été effectivement transmis, saisi et consolidé, l'état des lieux de chaque référence etc. Pendant les réunions, les acteurs font des comparaisons appuyées entre leur propre liste et ces listes officielles et la passent en revue, ce qui leur permet de suivre la situation du composant et se coordonner sur les actions de résolution des problèmes plus immédiats et critiques, déléguer des tâches et des responsabilités et hiérarchiser les priorités.</p>
<p>Les cahiers des notes</p>		<p>Ces objets constituent juste un aide mémoire individuel. Ils sont souvent la source pour réaliser les comptes rendus de réunion ou pour la prise en compte d'une remarque ou d'une observation faite par les autres acteurs. Leur durée de vie est celle de la participation de son producteur dans le projet.</p>
<p>Comptes-rendus</p>		<p>Ces objets sont plutôt fermés, car ils sont diffusés et passent par l'évaluation de toutes les personnes présentes dans la réunion. Ils sont des médiateurs lors de conflits, dans le rôle d'épreuve.</p>
<p>Les fichiers de suivi de l'activité Focus</p>		<p>(Hercule file). Cet objet est issu de l'outil Hercule et montre dans un mode graphique l'état d'avancement du travail de Releasing de composants, ainsi que la charge de travail côté logistique. La durée de cet objet a été celle des travaux de l'équipe Focus.</p>
<p>Le fichier du tableau de bord de projets</p>		<p>Cet objet sert au passage des objectifs opérationnels du projet vers le rapport managérial. C'est le livrable de l'équipe Focus pour la hiérarchie et, dans ce sens, une traduction succincte (son format est d'un diagramme en couleurs) d'autres objets qui circulent au niveau des équipes NPI, Tracteur, Composants et Focus.</p>
<p>Les échantillons de composants achetés</p>		<p>Exemples : boulons, valves, ressorts, clips, tubes, matière, fluides, poudres, tous les artefacts nécessaires à la production du produit. Ces objets sont à la fois fermés (un composant de marché) ou ouverts (un prototype développé dans le cadre du projet). Ils constituent un objet médiateur si accompagné de l'explication de son responsable qui connaît le contexte de sa présence et les arguments de négociation.</p>

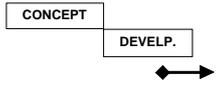
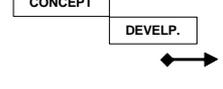
Les dossiers de références composants		<i>Ces objets sont en fait un ensemble d'autres objets intermédiaires. Mais du fait que les acteurs s'y réfèrent comme "le dossier", donc il a un rôle et un statut indépendant. Ces objets peuvent concerner un concept, un composant, un module, un système, un fournisseur, etc. Une fois consolidé, ils sont fermés aux acteurs et transmettent aux services aval les informations sur le composant auquel ils font référence.</i>
Les gammes de fabrication ou montage		<i>Ces objets sont ouverts au niveau de leur conception, car ils changent avec les nomenclatures, mais fermés lors de la mise en régime de production. Commencent à être construits lors des premiers dossiers approuvés. Ils ont une durée très importante, rattachée à la durée de la procédure en ligne.</i>
Les prototypes, les pilotes, les engins de production		<i>Il s'agit d'objets intermédiaires très importants dans les trois aspects : représentation, traduction, médiation. Ce sont les aboutissants de toutes les étapes précédentes. Du proto à l'engin de production, ils se ferment de plus en plus, car dans la séquence du processus de conception.</i>

TABLEAU 6 : Exemples d'objets intermédiaires répertoriés dans le projet du TX.

Sur le tableau 6, nous identifions l'objet, le moment (approximativement) de sa création dans le processus de conception, ainsi que leur rôle et leur trace dans les activités des acteurs. Leur apparition dans le processus à des moments spécifiques suggère, par exemple le point d'entrée d'un métier ou fonction dans le processus. Par ailleurs, ils indiquent aussi la convergence des acteurs dans leurs négociations, les conflits d'objectifs entre métiers et les évolutions de conception qui amènent aux irréversibilités de projet.

L'identification de ces objets intermédiaires, ainsi que du moment de leur création et de leur période de mobilisation par les acteurs, nous permet de découper le processus de développement autrement, selon une chaîne d'objets intermédiaires. Un exemple de chaîne est la transition – dans le projet- du cahier des charges aux dessins consolidés du composant, en passant par toutes les maquettes numériques 3-D. Suivre cette chaîne d'objets c'est suivre les activités des acteurs, donc l'évolution et la transformation de leur interface.

Ainsi, la création, l'évolution, le stockage, la transformation ou l'abandon des objets intermédiaires indique de manière approximative les moments de transition d'une activité (ou phase) à l'autre. D'autant plus que leur apparition dans le processus à des moments spécifiques suggère le point d'entrée d'un métier ou fonction dans le processus (tableau 6). Sachant que ces objets sont la source et le résultat d'un processus de traduction, nous pouvons donc voir à quel moment se fait le passage entre les métiers ou les mondes (Mer, 1998). C'est dans cette logique de transformation, de transition, que les objets intermédiaires nous indiquent la transformation aussi des interfaces auquel ils participent.

Parmi la multitude d'objets intermédiaires identifiés, nous nous intéressons particulièrement à ceux qui ont été créés dans les phases amont du processus de conception et qui ont été mobilisés pendant les réunions d'équipe. Lors de notre diagnostic des interfaces, nous mettrons en exergue deux de ces objets : les maquettes numériques 3-D et les nomenclatures produit, dans toutes ses formes.

4.2.4. *Quatrième élément : les procédures/règles d'interface*

Dans la première et la deuxième période de participation de la logistique dans le projet (figure 26), nous avons identifié comme règles celles exprimées dans le chapitre du cahier des charges de l'engin TX. Cependant, du fait qu'elles n'ont pas été mobilisées pendant les activités qui se sont succédées, nous ne pouvons pas dire qu'il s'agit de règles d'interface, comme nous les avons définies, mais de règles métier logistique. C'est seulement avec l'équipe Focus que les procédures et les règles d'interface ont été mobilisées.

En ce qui concerne les procédures, celles-ci sont classifiées dans un premier temps selon la fonction responsable : dans le cas de figure où une seule fonction est à la charge de la rédaction et du suivi de l'homologation, donc la procédure est dite départementale. Dans le cas de figure où plusieurs fonctions sont concernées, la procédure est dite interdépartementale. Néanmoins, tant dans un cas que dans l'autre, nous avons remarqué que toutes les procédures sont à l'interface entre les services, car leur but principal est la coordination de tâches aux frontières du flux informationnel.

Une procédure d'interface a particulièrement attiré notre attention, car elle a été élaborée pour le cas spécifique des projets de conception. Cette procédure¹ est sensée servir de prescription pour la spécification de la durée totale du passage d'un dossier de composant et du composant lui-même dans le flux informationnel et physique entre ingénierie et production. Le flux informationnel concerne la réalisation du dessin technique (plan) jusqu'à la date théorique de consommation du composant sur la ligne d'assemblage ("*Put On Line*"), en passant évidemment par les services logistiques. En d'autres termes, il s'agit des étapes et des délais (au plus tard) en semaines qu'il faut prendre en compte avant la date de mise à disposition du composant sur la ligne de production (la date d'effectivité).

¹ Il s'agit de la procédure "ETUD-08" et ses annexes, intitulée "*Détermination, suivi et mesure des dates d'émission de plans dans le cadre d'un programme NPI*".

Nous nous attarderons sur un aspect de cette procédure en particulier : la **classification de situations prévues** concernant les composants à traiter. Cette classification a pour objectif de caractériser les cas de figure les plus communs pour l'équipe Focus. Quatre informations principales – qui sont en effet le résultat de décisions de projet - servent de critères pour cette classification, à savoir :

- Le statut MBI (MAKE, BUY, IMPORT, etc.) du composant.
- S'il s'agit d'un nouveau composant développé en collaboration avec le fournisseur (OUI/NON).
- Si l'outillage de production est anticipé pour la phase NPI considérée (OUI/NON), ce qui conditionnera l'émission d'un dessin du composant.
- Le délai total estimé (au plus tard) d'approvisionnement du composant et de l'outillage, si c'est le cas.

Sur la base de ces critères, la procédure prévoit les trois cas de figure suivants :

a) Dans le premier cas de figure, tous les composants classés "*import*" et les composants classés "*buy*" qui n'exigent pas l'anticipation de l'outillage de production sont concernés. Si d'ailleurs le composant est développé en collaboration avec le fournisseur (une nouvelle référence par exemple), le temps "*X semaines*" de traitement de la référence (du dossier à la consommation sur la ligne d'assemblage) est inférieur au cas d'un composant non développé en collaboration avec le fournisseur, pour lequel le temps sera de "*X+y semaines*".

b) Dans le deuxième cas de figure, tous les composants classés "*buy*" pour lesquels l'outillage de production doit être anticipé sont concernés. Le composant et son outillage de production devront être gérés conjointement par rapport à l'approvisionnement et le temps total de traitement sera de "*X semaines*".

c) Dans le troisième cas de figure, tous les composants classés "*make*" sont concernés. Le temps total de traitement sera de "*X semaines + (temps prévu pour la gamme de fabrication)*".

Où "*X*", "*X+y*" sont les délais définis aussi dans la même procédure, selon la distance de la source d'approvisionnement. Comme règle générale, tous les composants d'un engin doivent respecter la même date de consommation.

En résumé, nous voyons que cette procédure est à l'interface non seulement entre logistique et ingénierie, mais aussi avec les achats et la production.

Et pourtant, au détriment de toutes les règles et les procédures d'interface, en considérant tous les problèmes identifiés dans le cas du prototype de l'engin TX¹ – traduction de nomenclatures, gestion du transitoire, délai des dossiers, entre autres -, les acteurs ont développé d'une façon informelle et dans l'action même de l'activité de l'équipe Focus, des démarches spécifiques jusqu'alors inexistantes ou oubliées depuis le dernier projet (tableau 7).

Réunion du	Problème traité	Règle ou démarche créée par l'équipe Focus	Observations
16.01.04	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Criticité accrue à cause du retard de la livraison des dossiers par l'ingénierie 	<i>"Du plus critique au moins critique selon le retard par rapport au procurement lead-time les plus longs (fournisseur aux Etats-Unis, Japon, etc.) Chercher à bien renseigner la BOM d'abord concernant ces pièces critiques."</i>	Les acteurs regardaient la BOM, colonne de Lead-Time et Estimate Release Date
30.01.04	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Temps nécessaire pour certifier un fournisseur 	<i>"Pour les fournisseur pré certifiés, on peut supprimer trois semaines sur le comptage du LT total des pièces CPPD". Un objet créé: une liste avec les pièces qui se cadrent dans ce cas."</i>	Les achats ont proposé, car l'ingénierie essayait de négocier la réduction des Lead-Time de chaque pièce critique.
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Traitement de toutes les pièces en retard concernant un même JOB 	<i>"Créer un nouveau Job différent du JOB6000 prévu pour toutes les pièces de la machine prototype. Par exemple, JOB7000."</i>	Proposé par l'ingénierie, mais non accepté par la Logistique L'ingénierie : « -Existe-t-il une solution pour gagner du temps ? »
06.02.04	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dossier trop en retard 	<i>"Passer des WO (Work Orders) sans l'approbation de la Logistique."</i>	Le Bureau Méthodes fabrication a fait cela pour « doubler » le flux informationnel et accélérer les actions
06.02.04	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Uniformiser la référence de définition du lead-time 	<i>"Négocier les lead-time des pièces critiques selon les gammes d'assemblage, avec la POL comme référence de base."</i>	Levier extrême de flexibilité. Ni toutes les pièces sont effectivement consommées dans la date POL (Put-On-Line). En effet, cette date marque le début de montage des sous-ensembles préparés en zone proto
06.02.04	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Changement de dessin ▪ Diviser le travail de releasing dans le temps 	<i>"Changer le statut de la pièce (passer de 1 à 6)."</i>	Change la criticité de releasing. Les statuts 6 peuvent être <i>releasés</i> plus tard.

TABLEAU 7 : Exemples des règles ou démarches de résolution de problèmes traités par le Focus Team (sources : notes de réunion)

Ces règles et démarches ont été élaborées d'abord pour gérer les situations de crise, ensuite pour pouvoir à la fois utiliser les moyens dédiés aux flux logistiques normaux et approvisionner la zone prototype². Il est clair que, pour les acteurs à l'extérieur de l'équipe Focus, ces règles et démarches semblent incompréhensibles. D'autant plus qu'elles n'émergent

¹ Dans les entretiens avec les acteurs logistique du Focus, nous nous sommes rendu compte que ces problèmes sont apparemment récurrents dans chaque projet de développement (d'autres projets étaient traités en parallèle par les mêmes acteurs Focus), mais du fait que l'équipe arrive à les absorber et les résoudre dans le délai, jamais une *capitalisation* des compétences créées dans ces actions n'est faite. Par contre, au niveau normatif, la logistique développe des procédures interdépartementales pour les tâches qui relèvent d'une coordination préalable. Ex : définition des délais selon le type de composant, si acheté, si fabriqué, etc.

² Cf. section 2.3.4

pas du seul dialogue entre les acteurs pendant les réunions, au contraire, il faut toute une structure de support pour leur permettre d'être clairement construites et explicitées.

Leur comportement commun est qu'elles ont été développées dans l'interaction des acteurs de l'équipe Focus, pour résoudre des problèmes qui touchent à la fois chacune des fonctions représentées, notamment l'ingénierie, la logistique et les achats. Cela renforce notre hypothèse que ces règles sont importantes pour la structuration des interfaces. Nous reviendrons plus tard sur cette question.

4.2.5. *Cinquième élément : les espaces/temps d'interface*

Manifestement, les réunions régulières des équipes (NPI, Focus, Composants, Modules), ainsi que les revues de projet constituent les principaux espaces et temps d'interface dans les projets. Moins formels que ceux-ci, nous pouvons ajouter notamment les réunions spécifiques entre deux acteurs, dans leur bureau, pour traiter de questions plus pointues. Lorsqu'un acteur propose une réunion et l'organise, il formalise un espace et un temps d'interface.

Mais cela n'est pas le plus important : en organisant la réunion, l'acteur déplace, mobilise, explicite, met en rapport, révèle, oriente, enfin il structure les autres éléments d'interface (les acteurs invités, les outils, les objets intermédiaires, les procédures et les règles) pour profiter au maximum des interactions potentielles qui vont se dégager dans l'espace d'interface.

Par rapport aux périodes de participation de la logistique, la figure 9 montre au début (période "I"), les réunions d'équipe, celles concernant particulièrement l'élaboration du cahier des charges et les séances de QFD. Dans la deuxième période, les acteurs de la logistique n'ont pas utilisé les espaces prévus. Et la reprise a été dans la troisième période, avec l'équipe Focus.

Tous les éléments d'interface étant identifiés, passons désormais au diagnostic des interfaces.

4.3. **Deuxième étape : le diagnostic des interfaces**

Le diagnostic qui suit a pour objectif de mettre en relief les principales difficultés ou les problèmes d'interface qui créent des barrières systématiques à l'intervention des acteurs de

la logistique dans les phases amont du processus de conception.

Notre hypothèse de départ est de dire que les modèles normatifs de conception ne sont pas adaptés pour permettre à la logistique de participer, d'interagir et de structurer ses interfaces dans les phases amont.

Nous allons donc mobiliser les éléments d'interface identifiés pour l'analyse de chacune des difficultés identifiées.

4.3.1. *L'asymétrie des interfaces dans les modèles normatifs de conception*

Dans les modèles normatifs étudiés (NPI/CPD), les interfaces logistique-conception sont structurées plutôt en phases aval, ce qui induit un déséquilibre, une asymétrie par rapport à l'intervention amont des acteurs de la logistique.

Si nous regardons le modèle du processus de NPI, le découpage est centré autour des étapes de transformation du produit (opportunité, concept, prototype, pilote, engin de production). Le modèle laisse ainsi implicite les moments de participation de chaque fonction sensée intervenir dans les efforts de conception et développement. En d'autres termes, le découpage en processus ne joue pas seulement un rôle d'outil de rationalisation des activités de conception (dans le sens de systématiser la démarche), mais aussi d'indicateur du point d'entrée des fonctions tout au long du processus. Cette logique d'évolution des phases du produit impose à la logistique une autre vision du processus (figure 32).

Sur le schéma "a", nous voyons le découpage formel du processus de conception tel qu'il est défini et utilisé. Sur le schéma "b", c'est le découpage implicite selon le niveau d'intervention des acteurs de la logistique : stratégique en phases amont, tactique/opérationnel en phases avales.

Dans la phase stratégique de ce découpage implicite, l'information sur le produit est très vague et, du fait qu'il n'y a pas de nomenclatures, la logistique n'a pas d'incitation pour intervenir plus tôt. Nous avons expliqué que l'entrée de l'équipe Focus va engager formellement les acteurs de la logistique dans le processus de développement.

En revanche, pour apporter tout le support nécessaire dans la phase tactique/opérationnelle du projet, le modèle prévoit des éléments d'interface appropriés à la gestion et à la réalisation des tâches : une organisation, des rôles d'acteurs, des espaces

d'interface, des procédures, des objets intermédiaires dédiés aux travaux autour des nomenclatures de production.

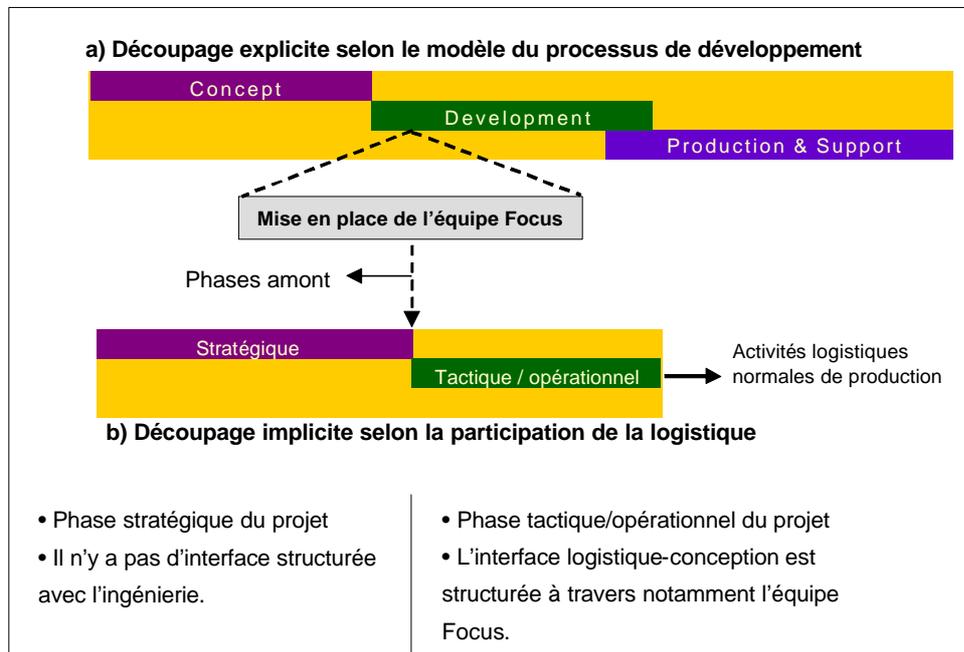


FIGURE 32 - Deux découpages différents pour le même processus : le découpage formel et le découpage implicite par rapport à la logistique

Il est évident ici que la difficulté majeure imposée par le découpage explicite du processus est de séparer implicitement les interfaces potentielles de la logistique avec des activités amont de conception. Si d'une part le modèle intègre les étapes successives du produit, d'autre part il ignore le besoin **le relier l'interface amont avec l'interface aval**. La concentration des structures d'interfaces s'appuyant sur la traduction des nomenclatures, on reste "en aval" de la conception. Et pourtant, les modèles ne sont pas les seules causes de cette asymétrie d'interfaces.

La question que nous posons ici est de savoir si le redécoupage du processus de conception constitue un mécanisme pour équilibrer les interfaces amont et aval. Ou, au moins du point de vue logistique, structurer les éléments d'interface selon le découpage implicite "stratégique/tactique/opérationnel", déjà courant dans le domaine logistique.

4.3.2. Le décalage temporel à l'interface logistique-conception

Les structures d'interface logistique-conception sont décalées à deux niveaux : dans le temps d'un projet particulier (amont / aval) et dans le temps d'un programme de projets

(précédent / courant / suivant).

Si l'asymétrie est bien explicite dans le cas d'un projet particulier, que dire de tout un programme continu de développement, où plusieurs projets se chevauchent les uns par rapport aux autres ?

En effet, nous avons constaté un décalage temporel entre la chronologie des activités logistiques et les activités de conception dans le processus de développement (figure 33).

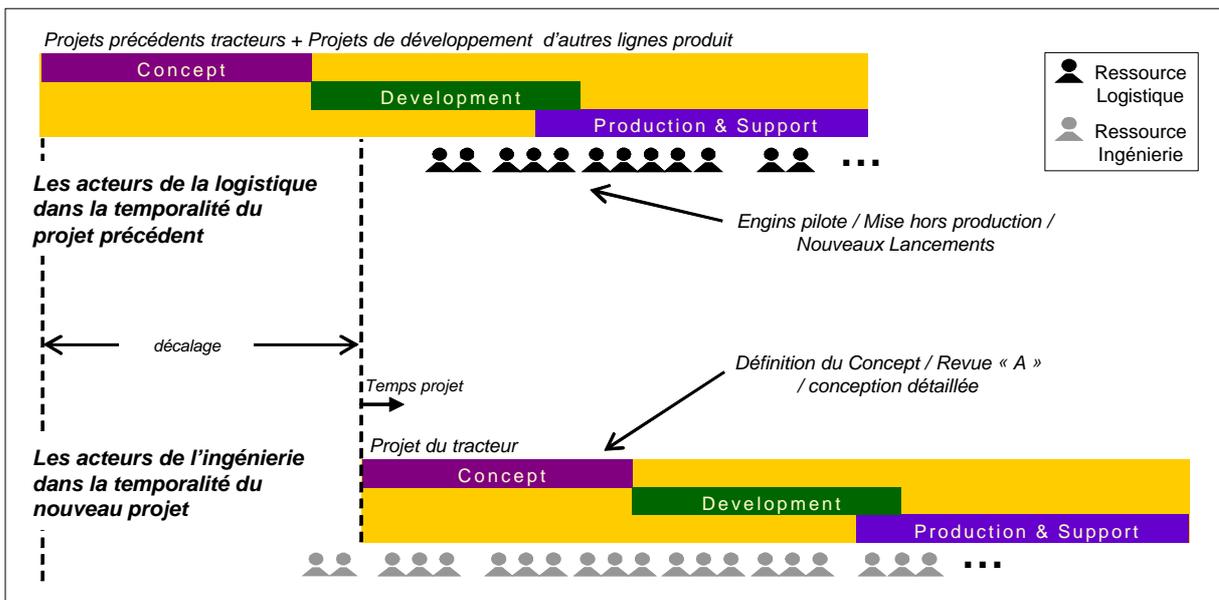


FIGURE 33 - Deux logiques temporelles différentes dans le processus de développement

On retrouve ici le problème de synchronisation opératoire, tel qu'il est défini par F. Darses et P. Falzon (1996). Il s'agit de la temporalité des projets, où la logistique met davantage ses ressources dans les projets qui se trouvent à un temps chronologique plus immédiat par rapport à l'industrialisation du produit. Pendant ce temps, l'ingénierie est déjà engagée dans la phase concept d'un nouveau projet. Le résultat de ce décalage est une temporalité différente des priorités et ainsi qu'une accentuation de l'asymétrie des situations d'interface entre logistique et ingénierie.

Le résultat de ce décalage est que les acteurs de la logistique n'ont pas les moyens de se consacrer à un projet encore dans sa genèse, où l'incertitude est totale et où la demande concerne principalement – et encore - les bonnes pistes vers un concept machine performant. On est très loin des aspects opérationnels qui font partie du monde des acteurs de la

logistique. Cette simultanéité de deux temporalités est le reflet du partage des ressources logistiques parmi tous les projets à un certain moment t . Avoir à la fois la vision opérationnelle et la vision stratégique à long terme impose une maîtrise des impacts des choix de projet sur les activités de la chaîne logistique.

Cette maîtrise ne peut pas être développée de façon naturelle, car les acteurs de la logistique vont toujours essayer de trouver le compromis en fonction de la hiérarchisation des priorités : d'abord l'urgence de l'opérationnel (matérialisée à travers les phases avancées des projets précédents) et après les aspects stratégiques (le besoin typique des phases amont du nouveau projet qui commence).

A titre indicatif, après la revue "A" du projet TX, ainsi qu'au début de sa phase de développement (conception de composants), il y avait environ une dizaine de projets (toutes lignes de produits confondues) à différentes phases de réalisation pour lesquels la logistique gérait la planification et la mise en ligne.

Cela correspond à la réalité opérationnelle de la chaîne logistique, ce qui ne permet pas aux acteurs d'avoir une vision stratégique à long terme concernant un produit qui se trouve peu défini dans les activités de la phase Concept, au début du processus NPI. Par ailleurs, les acteurs de l'ingénierie ont une vision de la durée totale des projets, car les machines actuellement en production ou en voie d'être lancées sur le marché sont des projets achevés en termes de conception¹.

Par contre, les acteurs de la logistique sont sensés faire de leur mieux pour que ces machines soient produites et envoyées aux clients selon le planning préalablement établi. Ces activités se passent dans la phase Production/Support, à la fin du processus NPI. Mais cela ne veut pas dire que les acteurs de la logistique n'ont pas une vision stratégique du projet, au contraire, tous les projets de développement doivent prendre en compte la même stratégie pour la chaîne logistique.

Le problème qui se pose, comme nous l'avons vu, est celui **d'articuler** ce besoin stratégique aux activités "opérationnelles" de conception dans chaque équipe multimétiers et de traduire cette stratégie et de la suivre dès la phase Concept, de façon à influencer la conception du produit.

¹ En regardant la totalité du cycle de vie de la machine, elle va passer par plusieurs modifications, des changements de conception. A la limite, on peut dire que le processus de conception ne s'achève pas avec le NPI.

Il transparaît que la question à poser est celle de savoir qui peut représenter la logistique dans les phases amont d'un projet de conception. Nous revenons ici à l'aspect dialectique (stratégique/opérationnel, vertical/transversal) qui caractérise la logistique¹. Cette question nous amène au troisième point.

4.3.3. *Le problème de l'identification de l'interlocuteur logistique*

Pour l'acteur de la logistique, le positionnement à l'interface se pose dans deux dimensions : l'interface interfonctionnelle (logistique-conception) par rapport au projet et l'interface intrafonctionnelle (logistique-logistique) dans sa propre organisation.

La transversalité et la dialectique permanente de la fonction rendent problématique la question de l'identification de l'interlocuteur d'interface avec l'ingénierie.

Nous avons décrit dans le chapitre 1 que la distribution de l'information, de la connaissance et des compétences logistiques est un reflet de la transversalité qui caractérise la fonction logistique. De ce fait, le choix même de l'acteur qui représente la logistique dans les projets s'avère une question fondamentale pour structurer une interface efficace avec les acteurs de l'ingénierie.

Par ailleurs, il ne faut pas reléguer au second plan le fait que si l'information logistique est distribuée, l'information du produit (et du projet) est aussi fragmentée dans les différentes équipes Composant et parmi les différents niveaux hiérarchiques de l'organisation :

(Acteur d'interface NPI/ logistique) : *"Les informations [sur le projet] sont réparties dans l'entreprise et entre plusieurs personnes".*

(Extrait de notes de réunion NPI du 25 avril 2004).

L'enjeu pour l'interface logistique-conception est de savoir qu'il ne suffit pas d'inclure un acteur de la logistique dans les *core members* des équipes de projet, sans que cet acteur ait les moyens et les compétences vis-à-vis de la conception pour interagir dans les activités de projet, tantôt au niveau stratégique, tantôt au niveau opérationnel. D'après nous, considérer l'acteur de l'ingénierie comme celui ou celle qui joue le rôle de demandeur de l'information, alors que l'interlocuteur logistique jouerait le rôle de "fournisseur et de source" d'information est effacer complètement la notion d'interaction et, par conséquent, d'interface en tant que telle.

¹ Cf. section 1.3.1

Au moins, deux cas de figure se présentent : soit l'acteur de la logistique sert d'intermédiaire entre l'organisation projet et sa fonction, en mobilisant un réseau de support logistique dédié au besoin d'information des phases amont du projet, soit cet acteur maîtrise les connaissances transversales de la fonction pour atteindre les sollicitations pendant les réunions d'équipe et dans les activités développées.

Or, comment un seul acteur pourrait-il avoir la vision globale de la *Supply Chain* ? Une vision transversale implique la connaissance de la dynamique des processus de la chaîne logistique, des acteurs qui constituent cette chaîne, des modes opératoires, des paramètres de mesure de performance, ainsi que des aspects opérationnels liés à chaque étape du flux informationnel et physique.

Ainsi, au-delà de la maîtrise d'une vision large des processus logistiques, les acteurs sensés participer à la conception doivent eux aussi développer la connaissance nécessaire pour bâtir depuis le début du projet **la vision logistique du produit en conception**.

A l'instar des acteurs du bureau méthodes de montage dans l'organisation pour la modularité, le rôle de l'acteur d'interface logistique-conception serait ainsi celui d'intégrateur et de fédérateur en ce qui concerne le processus logistique pour le produit en conception.

La difficulté majeure ici est de savoir non seulement qui serait l'interlocuteur, mais quel est le profil d'un tel acteur ou équipe d'acteurs : s'agit-il de nouvelles compétences pour la logistique ? Les spécificités de l'activité de conception et logistique nous indiquent une réponse affirmative. Mais de quelle compétence parle-t-on ? Un "concepteur logisticien" ? Ou bien un logisticien concepteur de produits ?

Bref, définir les acteurs de la logistique pour être les **interfaces permanentes** des équipes tout au long d'un projet constitue une manière alternative d'interroger sur les compétences logistiques nécessaires à l'intervention dans les phases amont de la conception. Reconnaître cette problématique serait donc un premier pas pour minimiser la difficulté d'intégration dans les phases amont.

4.3.4. *Il ne suffit pas de mettre en place une interface : l'étape manquante de traduction des besoins logistiques*

L'interface ne se structure pas par le seul agencement de ses éléments.

Les activités d'identification des besoins dans les phases amont du projet (réalisation des matrices QFD et élaboration du cahier des charges) ont été réalisées en partie grâce à la mise en place des éléments d'interface : des acteurs (l'équipe NPI), des outils (QFD), des objets intermédiaires (documents, matrices, rapports, etc.), des espaces/temps (les réunions d'équipe, les séances QFD) et des procédures/règles (les règles du QFD, les règles de structuration du cahier des charges). Nous nous sommes posé la question sur la suite de ces activités.

Or, nous avons vu qu'il n'y a pas eu de suite en ce qui concerne la participation de la logistique dans les phases amont. Et ceci a pour cause le manque de traduction des besoins stratégiques de logistique en termes de variables ou de règles de conception, pour rendre possible la prise en compte de ces besoins par les équipes de concepteurs. Il ne s'agit pas évidemment du seul aspect technique d'intégration de règles et de connaissances logistiques dans les solutions de projet. Il s'agit aussi **d'intégrer des variables logistiques dans les négociations** successives pour trouver des compromis avec les différentes contraintes métier qui vont émerger, évoluer, changer tout au long du processus de développement. Le problème qui se pose ici est celui de savoir comment piloter les besoins de la logistique traduits dans une vision conception. Cette traduction exige des compétences et des connaissances transversales qui nous ramènent encore au problème de définition de l'acteur et de son rôle dans les équipes de projet.

En effet, il serait difficile pour les acteurs de l'ingénierie de - à partir d'un cahier des charges logistique - de développer une méthode systématique de traduction du besoin pour avoir un composant facile à approvisionner ou d'imaginer comment améliorer le *Product Availability*!¹

La traduction des besoins et des paramètres typiquement logistiques ne fait pas partie des compétences intrinsèques aux métiers de concepteur et doit être **construite** avec les acteurs de la logistique, dans un processus d'apprentissage à l'interface. La difficulté réside ainsi dans ce **manque d'étape intermédiaire d'apprentissage** qui demande une construction partagée et évolutive de la compréhension du besoin (car il se transforme aussi) et de sa traduction (et qui n'est pas automatique non plus) dans les paramètres mesurables de

¹ Cf. section 1.2.4

conception¹. Ceci nous permet de conclure que la maîtrise de cette traduction constitue manifestement une nouvelle compétence (souhaitée) d'interface.

4.3.5. *A l'interface logistique-conception, il faut que le produit soit connu*

Du point de vue des acteurs de la logistique à l'interface avec l'ingénierie, la coordination commence par la stabilisation de l'information sur le produit.

Le problème lié à la gestion de l'engin prototype nous a indiqué une contrainte majeure à l'interface logistique-conception : le décalage intrinsèque par rapport à la maturité de l'information sur le produit.

D'une part, un des soucis majeurs de l'ingénierie est de régler les problèmes d'interface entre les différentes équipes responsables des périmètres du produit et pour cela, les ajustements finaux sont réalisés, si possible, à la dernière minute pour éviter les irréversibilités et les blocages qui demandent du retravail.

Par contre, pour les acteurs de la logistique, le souci majeur est de comprendre ce qui a été conçu pour mener à bien la transition entre la fin de la conception et la préparation de l'industrialisation du produit. Cette transition est directement liée à la **stabilisation de l'information** sur la conception du produit. Cette exigence veut dire que la nomenclature de conception doit représenter une **certitude absolue** par rapport à la connaissance sur le produit. Ceci n'est pas évident pour les acteurs des équipes Composants qui travaillent dans une logique d'incertitude et d'instabilité caractéristique de l'activité de conception. Par conséquent, nous sommes face à un problème typique d'interface entre logistique et ingénierie.

Nous identifions ici une différence importante entre les deux mondes – de conception et logistique -, dans le sens de [S. Mer \(1998\)](#) : l'un travaille dans un contexte d'incertitude constante par rapport au produit, mais où les changements s'ils sont réalisés tôt, n'ont pas de conséquences majeures plus tard. L'autre travaille contraint par la rigueur des systèmes de gestion, de planification et d'ordonnancement, de contrôle et d'évaluation de la performance.

Un changement sur le dessin d'un composant peut amener à une surcharge de travail imprévue et, à la limite, impliquer la mise hors usage de tout un stock de composants².

¹ Cette rationalisation vient du modèle de processus "Stage-Gate" déjà expliqué dans le chapitre 1.

² Cf. section 1.6.1

L'incertitude à laquelle la logistique est habituée se situe sur un autre niveau de complexité. Elle concerne l'incertitude sur la demande d'un produit qui lui est connu et bien renseigné dans les systèmes.

Néanmoins, ce constat n'est pas étonnant, puisque la logistique est structurée pour travailler à "conception donnée", terme heureux emprunté à J-C. Sardas (1997). Le problème ici devient plus complexe : il s'agit d'un changement de paradigme. Il faut apprendre à travailler dans la conception même pour anticiper un nombre de problèmes identifiés et traités au niveau de l'équipe Focus. Cela veut dire : **reconnaître l'impossibilité d'avoir des informations stabilisées au début du projet**. Mais comment y parvenir sachant que les compétences et la structure logistique ont été développées avec l'hypothèse forte que le produit est connu ?

Si nous faisons l'hypothèse que la piste de solution serait de rentrer dans la même logique observée entre les acteurs de l'industrialisation et de l'ingénierie, nous sommes amenés à dire qu'il faut interagir à travers **les maquettes numériques 3-D** dans les réunions d'équipe, afin de construire les solutions de compromis¹. C'est le point suivant analysé et le résultat n'a pas été très incitatif.

4.3.6. *La difficulté d'interagir dans le réseau créé autour des maquettes numériques 3-D*

La logistique n'interagit pas dans le réseau des objets-maquettes, mais dans le réseau des objets-nomenclatures. Entre les deux, l'interface c'est la traduction.

Les maquettes numériques - en tant qu'objets intermédiaires - structurent autour d'elles un véritable réseau d'acteurs, d'outils, d'espaces, de règles d'interface, ainsi que d'autres objets intermédiaires (e-mails, dessins, plans, dossiers, etc.), ce que nous appelons dans notre approche un **réseau d'interfaces**.

Les modèles normatifs, notamment la méthode de CPPD, prescrivent l'usage du maquettage numérique comme l'interface principale vers l'intégration produit-process :

"8^{ème} principe CPPD : Institutionnaliser l'utilisation de maquettes numériques solides (3D), pour que tous puissent s'en servir. Comment ? A travers la valorisation des modèles solides et des outils de visualisation afin de supporter un processus effectif de développement produit-process. Utiliser les modèles solides pour augmenter la capacité de partage d'informations de conception entre tous les participants."

(Source: S.P.E. Inc.)

¹ Cf. section 2.2.2

Dans ce but, le flux informationnel entre les différentes équipes de conception s'appuie manifestement sur les maquettes numériques elles-mêmes ou bien sur d'autres objets intermédiaires créés à partir d'une maquette ou d'un ensemble de maquettes : une présentation, un e-mail avec des photos de maquette, un film de simulation dynamique, un modèle FAO, un dossier, etc.

Du fait que plusieurs outils s'appuient sur le maquettage numérique, ils structurent aussi un réseau, où les échanges ont lieu à partir des fonctions d'importation/exportation de maquettes au moyen des interfaces entre les systèmes d'aide à la conception. Outre les outils, les nombreux échanges basés sur les objets-maquettes génèrent et modifient d'autres objets intermédiaires, à travers les opérations comme agrégation/décomposition, suppression, inclusion dans d'autres fichiers et ces autres objets eux-mêmes supportent leur propre branche dans le réseau d'interfaces – temporaires ou permanents - dans un *continuum*. Dans l'organisation de conception, l'objet-maquette est au cœur du réseau d'interfaces (figure 34).

Cette figure représente les acteurs, les outils et les objets intermédiaires qui composent le réseau d'interfaces autour d'une maquette 3-D. Dans son utilisation, les acteurs mobilisent et créent des règles, des procédures, des espaces et des temps d'interface (non indiqués). Cela nous amène à dire que les situations d'interface dans ce réseau s'explicitent par le moyen des maquettes ou des autres objets créés à partir d'une maquette.

Par ailleurs, la divulgation et la diffusion d'une nouvelle version de maquette crée une chaîne d'événements qui permet d'une part la mise à jour en cascade d'autres systèmes d'information et d'autre part l'émergence et la maintenance de relations formelles et informelles dans le réseau d'interfaces, à travers des traductions et des médiations. Du fait d'interfacer, chaque acteur du réseau et, dans un sens plus large, chaque fonction de l'entreprise, perçoit et utilise différemment ces **objets-maquettes**.

A part les ingénieurs concepteurs, les acteurs notamment du marketing, des bureaux méthodes de fabrication et de montage, des achats, ainsi que les fournisseurs extérieurs s'appuient sur les versions des maquettes disponibles dans le SGDT¹ pour pouvoir interagir et se coordonner les uns par rapport aux autres tout au long du projet.

¹ Système de Gestion de Données Techniques : le système de stockage de données concernant le produit, notamment les maquettes numériques (3-D et 2-D), les résultats de simulation dynamique, etc. C'est aux ingénieurs concepteurs d'envoyer leurs maquettes au SGDT. Cette opération rend visible de résultat de leur travail à toute l'organisation de projet, en formalisant l'information sur le produit. Les solutions actuelles plus intégrées sont les systèmes PLM (*Product Lifecycle Management*).

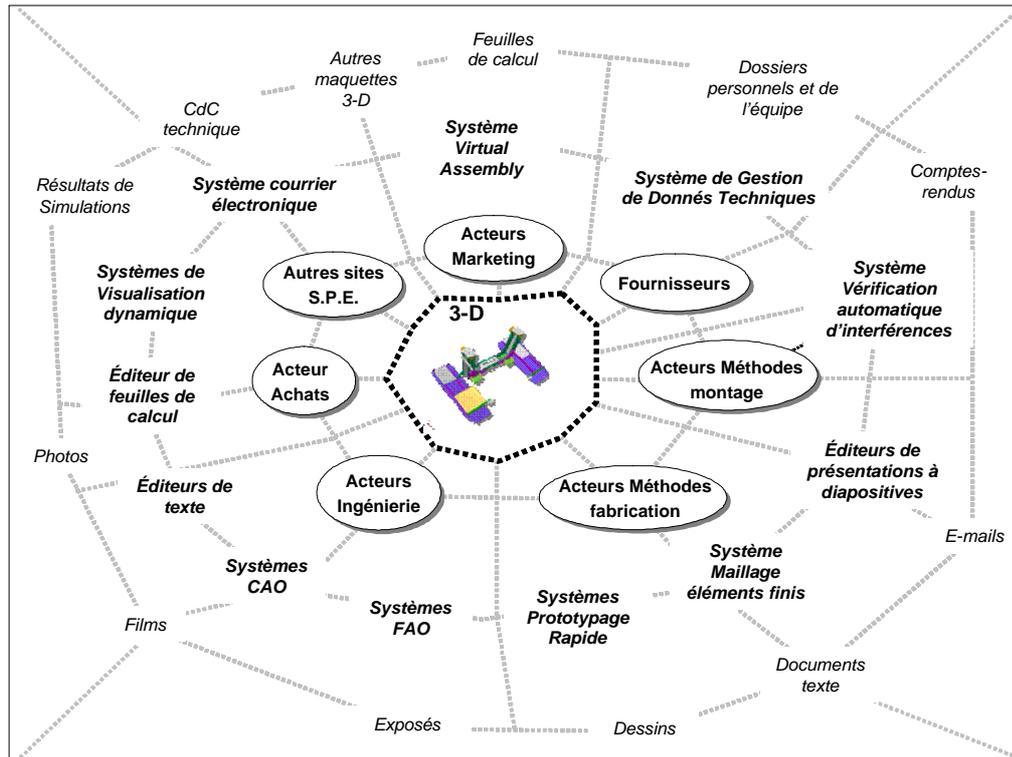


FIGURE 34 - La maquette numérique : l'objet au cœur du réseau d'interfaces

Dans le réseau d'interfaces, l'acteur du bureau méthodes de fabrication interagit à travers l'objet-maquette pour analyser les avantages et les difficultés de réalisation de l'artefact physique représenté, par rapport aux coûts de réalisation, aux technologies de fabrication disponibles et à la conception des outillages nécessaires pour fabriquer l'artefact. Par ailleurs, ce même acteur peut utiliser l'objet maquette pour générer des simulations graphiques des efforts et des déformations mécaniques ou thermiques à travers les outils de maillage d'éléments finis, eux-mêmes des maquettes numériques. En ce qui concerne l'usinage à commande numérique, les maquettes sont aussi à la base du maillage des trajectoires des outils et à travers la génération automatique via FAO (Fabrication Assistée par Ordinateur).

L'acteur du bureau méthodes de montage voit plutôt les avantages et les difficultés apportés par la solution de conception représentée par l'objet-maquette concernant le montage du futur engin sur la ligne, soit directement, soit à travers l'outil *Virtual Assembly*. Outre l'identification de problèmes d'interface assemblage-conception, les acteurs se servent des objets-maquettes pour développer leurs gammes de montage.

L'acteur du marketing peut immédiatement identifier les spécificités et les différences du produit en conception par rapport à celui de la concurrence en analysant l'objet-maquette dans une étude de *benchmarking*. Il peut ainsi confronter les solutions intermédiaires proposées par les équipes de conception, par rapport au CdC marketing et fonctionnel.

L'acheteur utilise l'objet-maquette pour négocier avec les fournisseurs les conditions du contrat d'achat. Parfois, le fournisseur potentiel demande des changements sur la conception afin de diminuer la complexité de fabrication, tout en réduisant les coûts de production. Les maquettes sont envoyées au fournisseur par courrier électronique et celui-ci peut ainsi procéder aux études pour la fabrication, en utilisant ses propres outils CAO et FAO. Ce même fournisseur peut aussi sous-traiter à d'autres fournisseurs, par exemple pour la réalisation de modèles physiques avec les techniques de prototypage rapide, toujours basée sur l'objet-maquette du client, en élargissant ainsi le réseau. Dans son parcours, l'objet-maquette communique, représente, traduit, interagit, génère, se reproduit, se transforme... Comme défini plus haut, il change les actions des acteurs, il est médiateur.

Ce qu'il y a de commun dans toutes ces situations, à part les spécificités de chaque métier, c'est que **l'utilisation des maquettes** - cette interaction avec l'ingénierie - peut amener fréquemment à des **changements sur l'objet**. Et effet, une des spécificités des objets-maquettes est qu'ils sont très **ouverts** dans les phases amont du NPI et deviennent **fermés** dans les phases aval. Ce fait indique que, dans le réseau d'interfaces qui s'appuie sur les objets-maquettes, **l'information est (naturellement) très instable, volatile et imprécise**. Dans ce processus de "fermeture graduelle" les maquettes donnent suite au flux informationnel et à la succession de traductions, afin de passer au stade de nomenclature produit : d'abstrait à réel, de conception à production¹.

Cela nous amène à dire que les relations qui se dégagent entre les acteurs dans le réseau d'interfaces ne sont pas forcément prévues dans les modèles normatifs de conception, au contraire, ce sont souvent des liens informels et temporaires, parfois conflictuels, parfois convergents. La question que nous nous sommes posés en étudiant ce réseau a été d'y identifier la place des acteurs de la logistique.

¹ Chez S.P.E., chaque référence composant est accompagné de la notice et de son dessin 2-D, un dossier officialisé par le Département d'Ingénierie et qui contient le statut qualificatif : "*APPROVED*".

L'exclusion de la logistique du réseau autour de l'objet-maquette numérique

Nous avons mentionné que l'objet-maquette intègre la décomposition du produit (*product breakdown*) ce qui est à l'origine de la nomenclature de conception¹. Si d'une part cette structure évolue avec la conception, d'autre part sa mise à jour n'est pas une fonction automatique intégrée dans la CAO. C'est au concepteur de réaliser cette synchronisation "maquette - nomenclature" manuellement et séquentiellement, après une session de CAO². Dans le langage des objets intermédiaires, cela signifie que l'acteur doit **traduire l'objet-maquette dans l'objet-nomenclature** avant d'envoyer le fichier complet au SGDT. Ainsi, de manière analogue aux objets-maquettes, la génération de l'objet intermédiaire nomenclature de conception dépend fortement de l'intégration des nombreuses décompositions de nomenclature.

Les acteurs de la logistique s'intéressent à cet objet-nomenclature. Dans cette logique il n'y a pas d'incitation à se servir des maquettes numériques pour identifier des opportunités ou des problèmes potentiels sur leur service, à l'égard des autres fonctions.

A ce stade, l'objet-maquette relié à l'objet-nomenclature ne représente pas pour l'acteur de la logistique un moyen évident pour interagir dans le projet : la maquette numérique, en tant que telle, n'a pas *a priori* une **fonctionnalité pratique** au niveau des systèmes logistiques. Quelquefois, les acteurs de la logistique se servent des dessins 2-D d'un composant pour comprendre sa géométrie, mais cela dans le cadre spécifique des études des méthodes logistiques, dans la conception des moyens de transport et de packaging (des palettes ou des bennes, par exemple).

Toujours soucieux de l'exactitude de l'information sur le produit, l'acteur de la logistique reste dépendant des informations contenues dans l'objet-nomenclature de conception pour pouvoir le traduire dans l'objet-nomenclature-configurée de production³. Ce fait nous conduit à dire que **la logistique ne se sent pas impliquée dans la discussion autour d'une maquette numérique**. Centré sur l'objet-nomenclature, la logistique reste exclue du réseau d'interfaces qui se structure autour des objets-maquettes d'une part, mais elle structure **un autre réseau autour de l'objet-nomenclature** d'autre part (figure 35).

¹ Cf. section 2.3.3

² Une autre tâche de coordination à la charge des ingénieurs de configuration est d'assurer que toutes les équipes font ces synchronisations, pour éviter des problèmes d'incohérence.

³ Cf. 2.3.2.

Dans la figure 35, nous représentons deux réseaux : le premier celui autour des objets-maquettes. Le deuxième, celui autour des objets-nomenclatures. La liaison entre les deux est le processus de traduction d'une représentation produit dans l'autre.

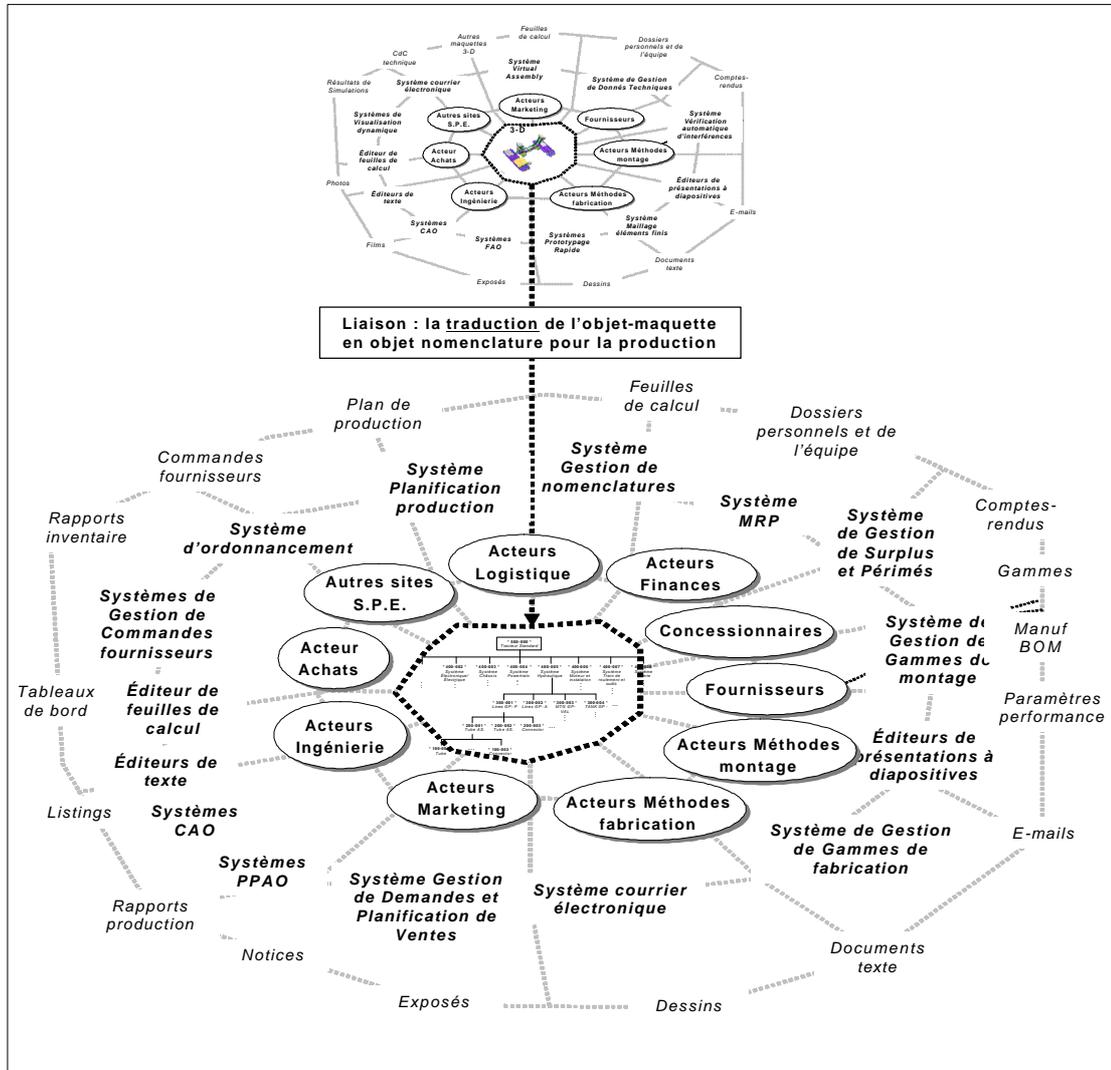


FIGURE 35 - Le réseau d'interfaces autour de la nomenclature (ci-dessus, le réseau autour des maquettes. Le passage de l'un à l'autre se fait à travers une succession de traductions).

Naturellement, le genre d'interactions qui se construit dans le réseau autour des objets-nomenclatures ne sont absolument pas les mêmes que celles identifiées dans le réseau d'interfaces autour des objets-maquettes. En ce qui concerne l'information sur le produit, la différence fondamentale entre les deux réseaux est que dans le deuxième, le produit devient finalement connu dans toute l'entreprise à travers la logistique.

Mais l'exclusion des acteurs de la logistique du réseau autour des objets-maquettes est une conséquence unique de l'organisation du flux informationnel ? Ou bien s'agit-il du manque d'opportunités de créer des situations d'interfaces autour de ces objets intermédiaires ?

Ainsi, la question principale que nous nous posons ici est de savoir comment faire pour intégrer la logistique dans le réseau autour des objets-maquettes, en d'autres mots, **avant la traduction de ces objets dans l'objet-nomenclature ?**

Avec cet objectif, nous avons imaginé une **situation d'interface fictive** avec la participation de la logistique dans les phases amont du projet. Nous avons organisé et réalisé une expérience dont le but a été de vérifier si les interactions logistique-conception pourraient s'insérer dans la logique autour des objets-maquettes.

4.3.7. *Une expérience de situation d'interface logistique-ingénierie*

Cette expérience a consisté dans la réalisation d'une réunion de travail d'une heure entre une conceptrice ingénieur de l'équipe de composants hydrauliques (FM) et deux acteurs de la logistique : les responsables des transports / livraison de composants (AA) et du packaging de composants achetés / méthodes logistiques (LT), respectivement¹. La réunion s'est déroulée au bureau de (FM), en face de sa station CAO.

En suivant la logique de travail des équipes Composants dans le projet TX, nous avons adopté l'hypothèse que la maquette numérique en 3-D est le meilleur objet intermédiaire pour faire interagir les acteurs du projet pendant les activités de conception. Ainsi, (FM) a choisi trois objets (sous son périmètre de responsabilité) : le réservoir hydraulique (*Hydraulic Tank*), l'ensemble de pompes hydrauliques montées en ligne (*pump stack*) et le bloc de retour des flux hydrauliques (*return block*) (figure 36).

Ces objets intermédiaires représentent les composants homonymes qui font partie du système hydraulique de l'engin. En quelques mots, le réservoir de fluide hydraulique est relié aux pompes en ligne et au bloc de retour à travers des tubes rigides et flexibles (*hoses*). Il est fixé sur le châssis de l'engin. Les pompes, au nombre de trois dans la configuration standard, actionnent les moteurs hydrauliques de la transmission, ainsi que toutes les valves et cylindres qui actionnent la lame frontale et les autres outils à actionnement hydraulique de l'engin. Le bloc de retour fait l'interface des lignes de haute pression hydrostatique (aller/retour), entre

¹ Pour le suivi de la réunion, à part moi, il y avait le représentant formel de la logistique dans le projet du TX au niveau de l'équipe NPI.

le réservoir, les pompes et le moteur principal de la machine.

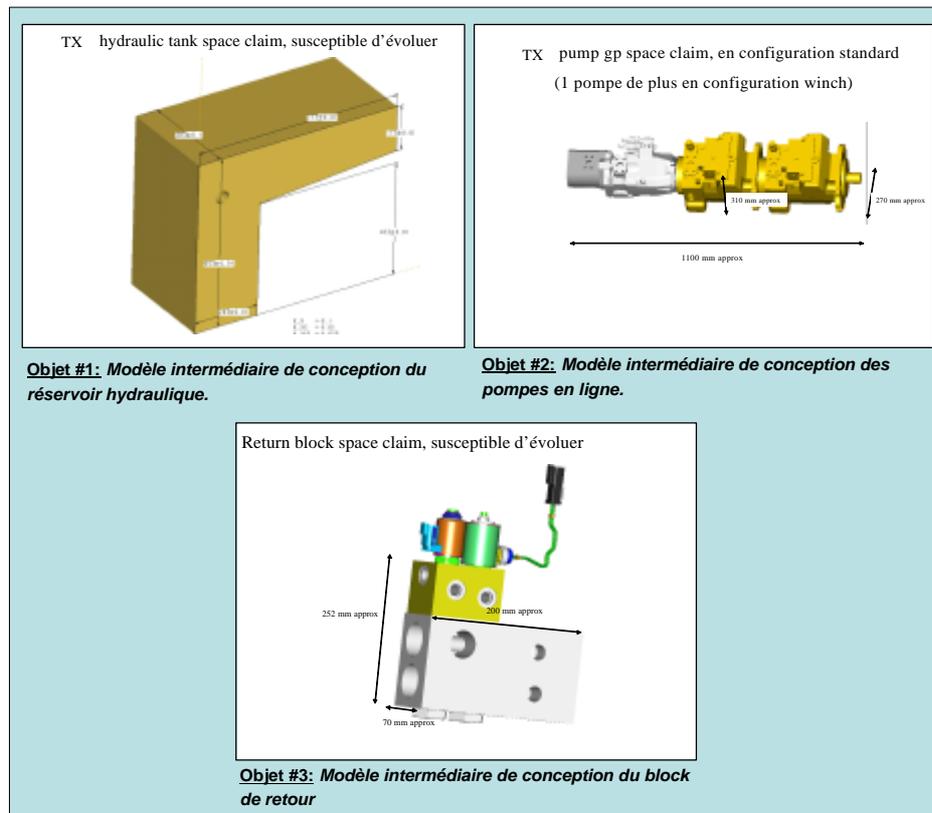


FIGURE 36 - Objets intermédiaires utilisés dans la réunion

A l'exemple de tous les composants hydrauliques, ils relèvent de plusieurs contraintes de conception, de production et de montage sur le tracteur, notamment liées aux problèmes d'interface avec les systèmes châssis et moteur, ainsi que celles concernant l'étanchéité et les risques de contamination des circuits de fluide par des particules solides. Ces trois composants du système hydraulique ne se trouvent pas dans le marché de fournisseurs, donc ils ont été totalement co-développés avec les fournisseurs partenaires respectifs¹ afin d'atteindre les besoins et les spécifications du tracteur.

En ce qui concerne les services logistiques, au-delà de la gestion de la nomenclature et de l'approvisionnement de ces composants (achetés finis), tous les aspects concernant le flux physique doivent être vérifiés, à savoir : l'emballage et la protection, la livraison, la réception, le magasinage, la distribution interne, la gestion et le contrôle de stocks, etc.

¹ Les partenaires en question sont ceux des services de conception et ils ne sont pas forcément les mêmes qui produisent les composants. Par exemple, pour le réservoir, le partenaire est le Centre Technique de systèmes Hydrauliques S.P.E. aux Etats-Unis.

La démarche de la réunion était la suivante : d'abord, (FM) montrait et expliquait les caractéristiques de chaque objet-maquette sur la CAO. Les composants étaient dans leurs états initiaux de conception, donc ni l'enveloppe géométrique n'était complètement définie (*space claim*) ni la décomposition exacte des composants (*Component breakdown*).

Ensuite, c'était à (LT) et (AA) de l'interroger et d'apporter des observations concernant les composants, soit par rapport à la conception, soit par rapport aux aspects logistiques qui leur semblaient pertinentes. Ces acteurs n'étaient pas concernés par le projet de l'engin au moment de cette réunion, mais ils le seraient quelques mois après, pour la réalisation des premières machines prototype. Les discussions ont été découpées selon chaque objet-maquette. Pour une question de simplicité, nous allons décrire les discussions sur deux des trois objets : le réservoir hydraulique et le bloc de retour. La raison de ce choix est la différence marquante de traitement logistique entre l'un et l'autre, ce qui nous permet de mettre en relief les observations des acteurs.

Premier objet-maquette : le réservoir hydraulique

En regardant la maquette sur l'écran, le responsable transports (AA) a commencé en parlant des dimensions du camion et de sa capacité de chargement. Il a mentionné trois critères fondamentaux à prendre en compte : le poids du composant, son volume et le poids maximal admis pour un lot de composants (5t/lot). Ainsi, il a demandé :

(AA) : " - *Quelle est la largeur de la pièce ?* "

En regardant la maquette, cet acteur a vite compris que la contrainte dimensionnelle serait la plus importante pour conditionner ce composant sur une palette Euro standard (dimensions 800x1200 mm²). Rapidement, (FM) a montré les dimensions sur la maquette. D'après (AA), il pourrait mettre quatre réservoirs par palette, gerbés deux à deux. Le poids ne représentait pas une contrainte forte, car sur la palette on peut mettre jusqu'à 500kg maximum. Par ailleurs, (FM) explique que ni les dimensions finales, ni la matière première du réservoir n'étaient encore définies à ce moment (car il y avait une étude aux Achats pour vérifier les possibilités de le faire faire en matière plastique, à la place des réservoirs métalliques classiques).

Une autre question posée cette fois par l'acteur de packaging (LT) concernait *l'état d'approvisionnement* du composant. Cela veut dire, les conditions de finition surfacique dans lesquelles le composant serait livré en usine. S'il s'agissait d'un composant peint fini, une

attention spéciale devrait être faite : on ne fait pas de retouches sur des peintures de finition de composants achetés finis. Par contre, s'il s'agissait de peinture primaire, des retouches peuvent être faites sans soucis. Selon (FM), pour l'instant la décision était plutôt pour une peinture primaire, dans le cas du réservoir métallique. Pour (LT), cela faciliterait la manutention et, par la même, la conception d'un packaging spécifique.

De manière naturelle, les acteurs de la logistique interrogeaient sur le processus de transport et de conditionnement/manutention du composant, comment l'approvisionner et même sur les législations de transport en Europe. Dans ce cadre, les seules informations apportées par l'objet-maquette sur la CAO qui intéressaient ces acteurs étaient des informations dimensionnelles. Par contre, la seule visualisation de la maquette 3-D en manipulation dynamique ne leur suffisait pas, car **les acteurs construisaient mentalement tout le flux physique du composant depuis le fournisseur jusqu'à la livraison en usine.** Le responsable du packaging (LT) a repris la discussion :

(LT) : "*Qui est le fournisseur de cette pièce ?*"

Bien sûr, la source d'approvisionnement est une information qui n'est pas disponible directement sur l'objet-maquette. Pour (LT), le choix du fournisseur est fondamental pour définir les spécifications du packaging pour un composant. En effet, il s'agit d'un **partage d'information** absolument nécessaire pour définir ces spécifications :

(LT) : "*Le fournisseur connaît-il le mode opératoire de notre usine ? Quel est le type de container et dans quel magasin les composants seront-ils stockés ?*"

Selon (LT), le fait de connaître le fournisseur permet de comprendre quelles sont les contraintes associées à son mode opératoire. Le packaging ne dépend pas seulement de la pièce à transporter, mais de la configuration de la chaîne logistique et du process qui commence chez le fournisseur et qui finit sur la ligne de montage où le composant est consommée. Par ailleurs, chaque type de packaging (palettes, bennes métalliques, supports spéciaux, etc.) a un code associé qui est utilisé par les achats lors des négociations avec le fournisseur. Selon les acteurs de la logistique, la matière du composant joue un rôle important aussi. Si jamais l'équipe Composants hydrauliques décide de partir vers l'option de la matière plastique, une attention spéciale devrait être prise par rapport à la déformation de la pièce durant le transport. Comme règle générale, plus la pièce est manipulée au long du flux

logistique jusqu'à l'usine, plus les risques d'arriver endommagée, contaminée ou abîmée sont importants.

Les deux acteurs de la logistique échangeaient **beaucoup entre eux**, mais pas trop avec (FM). Ils parlaient dans leur langage métier et simulaient plusieurs scénarii pour le flux physique du composant. Dans leur dialogue, (LT) et (AA) parlaient de plusieurs règles métiers, par exemple, concernant la protection du composant emballé et transporté et son conditionnement sur une palette. Leur attitude vis-à-vis de (FM) était de **demandeur de l'information et pas de co-concepteur**. (FM) assistait à leur discussion sans intervenir, car il s'agissait d'une discussion fermée à la conception : capacité de transport, code de packaging, taille du lot, type de palettes et de bennes, lieu de stockage...Cela ne fait pas partie des préoccupations des acteurs de l'ingénierie. Le résultat est qu'à aucun moment **la conception même du réservoir (de sa solution intermédiaire de conception) a été remise en discussion**. Par ailleurs, les acteurs de la logistique font totale confiance dans leur logique d'adaptation aux situations les plus difficiles (un composant complexe en termes de transport et de packaging), cela veut dire que, à la limite, **indépendamment de la solution de conception adoptée par (FM)**, (LT) et (AA) sont certains de trouver une solution logistique adéquate le moment venu.

Troisième objet-maquette : le bloc de retour

En principe, le bloc de retour devrait être approvisionné, monté et prêt à être utilisé en ligne de montage, *a contrario* du réservoir hydraulique qui exige une préparation (prémontage) avant la mise en ligne. Cela signifie que l'objet-maquette montrait un sous-ensemble monté de plusieurs composants. (LT), le responsable packaging :

(LT) : " - Très facile ! On les met dans un nid d'abeille, conditionnées individuellement en carton et puis dans une benne. Cette pièce là ne gêne pas trop, les deux autres si".

Donc, la solution du côté packaging n'avait rien de spéciale. Des **solutions standard** déjà développées pour d'autres composants se prêtent parfaitement à la situation montrée, au "problème" représenté par l'objet-maquette. Du côté transports, pas de problème non plus. Le composant, étant plus petit que les autres, n'imposait pas de contraintes de poids ou de dimensions maximales. La seule considération additionnelle concernait les déchets supplémentaires dont il fallait se débarrasser lors de l'utilisation (nid d'abeille, cartons, film plastique, etc.). Une autre question posée concernait la définition du lot économique. En effet,

cette question est définie entre les Achats et le fournisseur, car elle dépend aussi de la demande et des coûts de production du fournisseur.

Après avoir discuté sur les trois objets-maquettes, nous avons posé aux acteurs de la logistique la question sur l'applicabilité et l'utilité de la maquette 3-D pour leur activité.

Pour (AA), le responsable transports :

(AA) : " - Avec ça [les maquettes 3-D], on voit bien la pièce. On peut anticiper le problème...Mais le plus important c'est de se réunir une demi-journée, avec le BE [Ingénierie] et discuter ces nouveaux projets."

Pour (LT), le responsable packaging :

(LT) : " - C'est un support supplémentaire [les maquettes 3-D]. Cela peut servir aux Achats pour négocier le packaging. Donc, on sera plus proche de la réalité."

Pour (FM), la conceptrice :

(FM) : " - Si je devais aller à la logistique pour dire comment améliorer leur processus, je ne saurais quoi dire. C'est bien de les écouter discuter pour comprendre quels sont leurs soucis."

Cette expérience très simple nous permet de tisser quelques remarques par rapport à l'utilisation de maquettes 3-D en tant qu'objets intermédiaires, donc médiateurs, à l'interface concepteur - acteurs de la logistique opérationnelle.

Premièrement, l'objet-maquette anticipe la dimension du problème à traiter par la logistique. A partir des informations basiques sur le composant (dimensions, poids, configuration de l'ensemble), (LT) et (AA) se mettaient à imaginer comment modéliser le problème de packaging et de transport. Par contre, la maquette n'a pas attiré leur attention par rapport à la possibilité de **transformer/modifier/mettre en cause** ce qu'on voyait sur l'écran. Tel un dessin 2-D approuvé, la maquette représentait peut-être un **objet fermé** pour les acteurs de la logistique. Ils ne la considéraient pas comme un instrument pour changer la conception, mais comme une entrée pour démarrer leur processus de raisonnement vers la définition du traitement (la solution donc) logistique approprié (la "pièce" étant donnée, il reste à définir le flux). De façon naturelle, pour ces acteurs, la conception du flux physique joue un rôle plus important que la conception du composant lui-même. Cela soulève l'approche de la logique séquentielle de travail, dans laquelle un dossier concernant chaque composant passe de main en main, à partir de la formalisation du dessin technique par l'ingénierie. L'hypothèse implicite est que la conception est finie et qu'il faut alors faire l'approvisionnement du composant dans des meilleures conditions.

Deuxièmement, la maquette toute seule **ne représente pas toutes les informations nécessaires pour que les acteurs de la logistique puissent la traduire sous la forme d'un scénario logistique, en passant ainsi de la représentation "maquette" à la représentation "flux logistique"**. Par exemple, les informations sur la matière et sur le fournisseur a mobilisé du côté de (FM) d'autres sources d'information différentes de celle représentée à travers l'objet-maquette. L'une de ces sources est la fonction Achats, où un acteur est chargé de l'achat de composants hydrauliques. L'objet-maquette à lui seul n'était pas suffisant pour que les acteurs de la logistique puissent savoir comment résoudre le problème logistique, malgré la capacité d'extraction d'informations géométriques.

Troisièmement, pour que les acteurs concepteur et logistique puissent effectivement interagir autour du 3-D, nous avons vu qu'il ne suffit pas de la visualisation et de la manipulation dynamique de la maquette sur l'écran. Etre en présence de (FM) n'a pas empêché à (LT) et (AA) de rester dans un dialogue plutôt logistique, en principe fermé à une intervention de (FM). **Sans la connaissance de l'activité de l'autre**, il est difficile **d'intervenir** sur les résultats de ses actions, même d'exprimer une simple remarque sur l'objet-maquette lui-même. Il faut donc chercher ensemble (concepteur/logisticien) une solution intermédiaire de conception et de processus logistique pour le composant montré. Il se pose donc le problème de l'apprentissage.

4.3.8. *Entre la gestion de la production stabilisée et la gestion transitoire des situations d'interface en conception*

Les situations d'interface caractéristiques des projets de conception entrent en conflit avec les démarches logistiques propres à la gestion de la production.

A part la situation de traduction de nomenclatures, il existe un décalage entre le traitement de l'information concernant une référence de composant d'une machine déjà en production, par rapport au traitement d'une référence d'une machine au stade de la conception.

Plus spécifiquement, dans une situation d'instabilité et de turbulence comme celle qui caractérise le développement d'un prototype, les démarches logistiques définies pour la gestion d'une production stabilisée s'avèrent inadéquates. Ces démarches "prototype" (et, à la limite, tout ce qui concerne "développement de produits") ne sont pas complètement prévues dans les logiques qui orientent les systèmes d'information logistiques et les démarches de

travail normal des services de cette fonction chez S.P.E. Un exemple très intéressant pour illustrer l'incompatibilité ou la discontinuité, dans le sens de Long (2003), entre la logique courante de gestion de la production et celle qui caractérise la préparation et la réalisation d'une machine prototype concerne la surface dite "Zone Proto" du projet TX. La question "*comment cadrer le prototype ?*" devient un casse-tête à l'interface.

La zone proto est l'espace en atelier réservé pour le montage des engins prototypes. Dans cet espace de quelques mètres carrés, une équipe d'experts de montage¹ reçoit les composants et les modules, prépare les outillages, ainsi qu'une partie des prémontages et monte les prototypes, tout en testant les gammes et les nouvelles procédures. Cela veut dire que cette zone est la zone **destinataire des flux physiques** concernant tous les composants du prototype.

En revanche, dans le cas de figure de la gestion de production normale, ces flux physiques sont normalement définis par les *routings* qui déterminent le cheminement des pièces vers les lignes de fabrication et de montage dans l'usine. Pour définir le *routing* , il faut savoir, entre autres, le lieu de réception de la pièce, le lieu où celle-ci sera stockée et son point de consommation en ligne. Mais, comme la zone proto n'est pas renseignée ("connue") dans les systèmes logistiques, du fait qu'elle ne fait pas partie des lignes de production, une partie non négligeable de cette gestion de flux physique doit être faite de façon manuelle (pas complètement assistée par les systèmes d'information) et avec tous les risques engendrés par l'opération. Dans les réunions de l'équipe Focus, cette problématique a été mise en évidence de manière très explicite par les acteurs :

(Acteur Logistique #1) : "*La Zone Proto n'est pas connue ! Nos systèmes ne la comptent pas. La gamme d'assemblage proto est faite pour l'activité de la ligne d'assemblage.*"

(Acteur Achats) : "*Alors, on a une machine virtuelle sur la ligne ?*"

(Acteur Logistique #1) : "*Si on veut faire des protos avec nos systèmes, il faut travailler correctement...ici, on est toujours hors systèmes !*"

(Acteur Ingénierie) : "*Les systèmes ne sont adaptés, peut-être...*"

(Autre Logistique #2) : "*Non, nous avons lancé un process proto dans nos systèmes !*"

(Acteur Logistique #3) : "*On passe la journée à regarder les problèmes du proto !*"

(Acteur Achats) : "*Nous sommes devenus des spécialistes de proto.*"

(Extraits de notes de la réunion Focus du 25.06.04)

¹ Voici un autre exemple très intéressant d'intégration produit-process chez S.P.E. : L'équipe du Bureau Méthodes a des experts de montage de machines prototype qui sont en rapport direct avec les équipes Composants, notamment celle chapeautée par un ingénieur méthodes (*Assembly Leader*), ce qui a permis la création d'une nouvelle compétence "montage de protos".

Cette problématique nous laisse supposer que la capacité de réactivité de la logistique, à travers les éléments d'interface existants et principalement par leurs compétences métier, sert de pare-feu aux perturbations imposées par la réalisation du prototype dans le cadre d'un projet de conception. Il faut donc créer des nouvelles solutions pour régler le problème. Des solutions que ni la logistique ni l'ingénierie ne peuvent définir de manière indépendante. Nous arrivons ainsi à une autre question : l'émergence de nouvelles règles.

4.3.9. *Les règles d'interface ne sont pas données, elles sont construites dans la crise*

Les nouvelles règles sont en effet l'aboutissement d'un processus continu d'ajustement des discontinuités aux interfaces.

Les ajustements pour la structuration des interfaces passent aussi par la création de nouvelles règles, c'est-à-dire, de l'expression même de nouveaux savoirs et de nouvelles connaissances, pour traiter les problèmes dans une situation permanente d'interface.

C'était dans la dialectique entre flux informationnel "standard/spécifique " et flux physique " stabilisé/transitoire" que l'équipe Focus faisait émerger dans les discussions et les négociations, les solutions palliatives basées sur des **nouvelles règles** pour traiter ce qui était considéré comme "critique" dans l'urgence des faits. Par exemple :

"[Pour les fournisseur précertifiés, on peut supprimer trois semaines sur le comptage du LT total des pièces CPPD]."

(Extrait de notes de réunion de l'équipe Focus du 16.01.2004)

Cette règle doit être interprétée de la façon suivante :

- *Si le fournisseur choisi pour approvisionner le composant est précertifié par S.P.E. (condition explicitée)*
- *S'il s'agit d'un nouveau composant, encore non certifié par le centre de tests (condition explicitée)*
- *Si la livraison du composant est d'ores et déjà en retard par rapport à la planification du prototype (condition non explicitée, mais connue et partagée)*

Alors :

- *Supprimer trois semaines du lead-time total prévue pour l'approvisionnement du*

composant, comme initialement explicité dans la procédure¹. Ce temps concerne justement le délai nécessaire de certification fournisseur et permettra de redéfinir la planification pour le composant, étant donné que les échéances du prototype sont fixes.

Ce type de règle constitue une solution pour une situation d'urgence : le problème de la prise de retard sur la consolidation de la nomenclature du composant et par conséquent de toutes les activités en aval².

L'absorption de ce type de perturbation est faite par les acteurs à travers les négociations deux à deux ou collectives qui amènent à des alternatives pour "dépasser" les contraintes logiques des systèmes d'information et des procédures. En principe, les acteurs essaient de traiter le prototype de la façon **la plus proche de celle propre à un produit en production normale**, en créant des identificateurs de composant prototype pour que la référence soit repérable dans les systèmes d'information.

Du fait de la gestion manuelle, les objets intermédiaires "supplémentaires" **créés** ne sont pas négligeables :

- *Les listes personnelles avec la relation de références en retard*
- *Les fichiers électroniques qui en découlent*
- *Les e-mails de coordination, etc.*

Dans une réunion d'équipe, il est frappant de voir le nombre d'outils informatiques de gestion, de procédures, de *checklists*, de rapports, de listes, de règles métiers et d'informations qui sont mobilisés pour mieux instrumenter les acteurs dans le traitement de leurs problèmes d'interface. Si d'une part l'équipe Focus, comme une interface structurée, partage les mêmes problèmes et leurs solutions, d'autre part elle doit s'adapter à travers les nouveaux instruments et mécanismes de support à ce type de travail aussi particulier.

4.3.10. Synthèse du diagnostic : au-delà des éléments d'interface

Notre diagnostic des interfaces a été très révélateur en mettant en relief les discontinuités entre deux mondes, celui de la logistique et celui des projets de conception. Si

¹ Il s'agit de la procédure de définition de délais d'approvisionnement de nouveaux composants.

² Il ne faut pas négliger que la conséquence du problème atteint la performance même du projet, en ce qui concerne le *Time-to-Market*. Donc, il ne s'agit pas d'un problème "logistique".

d'une part l'analyse nous a permis d'identifier les problèmes liés aux éléments fondamentaux d'interface dans différentes phases du projet du tracteur, d'autre part elle nous a dévoilé d'autres problèmes plus profonds et plus enracinés qui, de notre point de vue, dépassent largement les seuls aspects d'interface.

En un mot, en répondant à la question posée dans 1.6.2, la logistique n'est pas prête à participer, à interagir, ni à s'intégrer dès les phases amont des projets.

Pour justifier notre affirmation, nous allons tisser une synthèse en deux volets. Le premier volet porte sur les éléments fondamentaux d'interface, en faisant une comparaison entre l'aval et l'amont du projet de conception. Ensuite, le deuxième volet est une synthèse sur les aspects plutôt liés aux modèles normatifs de conception et aux paradigmes des métiers logistiques.

Sur les éléments fondamentaux d'interface

Si nous nous penchons particulièrement sur la structure d'interface développée dans l'équipe Focus comme l'expression de l'intégration logistique-conception, nous trouvons quelques pistes pour interroger les phases amont du processus de conception.

Par rapport aux acteurs d'interface, l'équipe Focus légitime et formalise l'entrée de la logistique opérationnelle dans le projet et structure l'interface entre l'ingénierie et les services en aval responsables pour l'industrialisation des engins. De ce fait, l'équipe est elle-même un acteur d'interface entre l'amont et l'aval du projet. La structure interfaciale sur laquelle s'appuie cette équipe **dispose de tous les éléments fondamentaux** (acteurs, outils, objets intermédiaires, procédures/règles, espaces/temps) et en crée d'autres. Dans l'interaction et compte tenu des contingences des situations d'interface, les acteurs ont développé la compétence nécessaire à la maîtrise de toutes les démarches, formelles et informelles, dans et hors des systèmes d'information et de contrôle logistique, afin d'absorber les perturbations imposées par la conception, de la façon la plus souple possible.

En ce qui concerne la temporalité des interfaces, l'équipe Focus est dans le cadre tactique et opérationnel en aval du projet, où le temps de celui-ci doit être synchronisé avec le temps de l'usine. En d'autres termes, il s'agit encore de coordonner l'interface entre l'insertion de nouveaux composants et la réalisation d'une nouvelle machine et la planification de production courante des lignes. Dès que l'information sur le produit est stabilisée, cette

coordination se fait au sein de l'équipe dans un processus d'ajustements successifs, une compétence aussi développée aux interfaces.

Finalement, pour l'aspect relatif aux outils d'interface, aux objets intermédiaires et aux règles et procédures mobilisées ou créées par les acteurs de l'équipe Focus dans leurs interactions, la logistique pilote et coordonne le réseau d'interfaces structuré autour de l'objet-nomenclature. Les outils, les savoirs, les autres objets qui y circulent sont dédiés aux activités pour lesquelles ils ont été mobilisés ou créés.

En résumé, nous retrouvons dans les interactions au sein de cette équipe **les composants idéaux de l'intégration logistique-conception**¹ :

- *La maîtrise des interfaces logistique-conception*
- *L'apprentissage dans l'interaction collective*
- *Le développement de nouveaux outils, d'objets intermédiaire et de règles*
- *Les nouveaux savoirs pour traiter les problèmes d'interface.*

Reprenons désormais ce raisonnement pour les phases amont du projet, **avant la mise en place de l'équipe Focus**.

Dans ces phases, il n'y a pas d'organisation logistique ou d'organisation pour la logistique qui est prévue dans les modèles normatifs de conception. Or, la place d'un (ou plusieurs) interlocuteur(s) de la logistique est prévue dans les équipes multimétiers, diluée parmi toutes les autres. Mais nous avons vu comment la seule inclusion d'un acteur logistique dans l'organisation projet s'est montrée rapidement insuffisante pour permettre l'articulation et la traduction des besoins stratégiques dans les paramètres mesurables de conception. Comme résultat, il y a eu une rupture de l'interaction logistique-conception jusqu'à l'arrivée de l'équipe Focus.

Par rapport à l'aspect de décalage temporel des interfaces (4.3.2), les phases amont semblent éloignées du terrain logistique, compte tenu du parallélisme avec d'autres projets et du fait que l'information sur le produit n'est pas stabilisée.

Du point de vue stratégique, l'horizon logistique dépasse le cadre d'exécution d'un seul projet. Du point de vue tactique/opérationnel, le décalage d'activités des nombreux

¹ Cf. section 3.5

projets menés en parallèle fait que les acteurs logistiques se dédient plutôt à ceux qui se trouvent dans les phases plus avancées.

D'ailleurs, on sait que les conjectures faites dans les phases amont des projets sont très changeantes et que les *scenarii Supply Chain* envisagés peuvent être modifiés très rapidement. Dans ce sens, comment attendre de la logistique une intervention effective dès les phases initiales ?

Enfin, en ce qui concerne les outils, les objets intermédiaires, les procédures et règles d'interface, nous avons expliqué pourquoi la logistique ne fait pas partie du réseau d'interfaces autour des maquettes numériques. Donc, même s'il existe la volonté d'inclure des acteurs de la logistique dans ce réseau, auraient-ils les moyens et les compétences "en portefeuille" pour intervenir dans les activités ? Il faut quand même les instruments adéquats aux contingences typiques à ces phases. Il n'y a pas à ce jour d'interfaces formelles ou informelles pour permettre une intervention effective sur la conception. Par ailleurs, les discontinuités entre les problèmes d'interface concernant la conception et les logiques propres à la gestion et au pilotage logistique créent une situation permanente d'ajustement entre l'un et l'autre. Le problème initial de conception s'enrobe sous un problème d'incompatibilité entre ce qui est procédural et ce qui doit être fait pour débloquer la situation.

Néanmoins, le niveau d'intervention et de prestation de la logistique à travers l'équipe Focus montre leur capacité et leur propension à l'innovation, par rapport au développement de solutions créatives pour les problèmes imposés par l'incompatibilité des procédures. L'équipe, dans l'interaction, a appris à le faire. **Et pourquoi ne pas utiliser cette compétence dans les phases amont ?**

Malheureusement, nous ne pouvons pas simplement vouloir greffer le modèle d'interface existant de l'équipe Focus dans une organisation correspondante pour les phases amont. Il faut repenser ainsi les éléments d'interface pour ces phases, là où les démarches logistiques développées pour un produit donné à production "stabilisée" ne trouvent pas d'écho auprès des logiques intrinsèques à la conception.

Au-delà des interfaces

Le problème posé par le manque de structuration des interfaces logistique-conception en phases amont des projets relève une discontinuité majeure entre les modèles normatifs de la conception et les paradigmes de la logistique. Et cette discontinuité, si elle pourrait être

mesurée, aurait la taille de "l'espace" entre deux situations d'interface vécues dans le projet du TX : l'expression des besoins stratégiques dans le cahier des charges et la saisie des nomenclatures de production. Cette métaphore de l'espace représente l'écart qui sépare les préconisations et les paradigmes de la conception de ceux de la logistique.

En ce qui concerne le processus de conception, l'un des principaux paradigmes est celui concernant la simultanéité des actions par le chevauchement des tâches, des activités, enfin des phases d'un projet : c'est le principe même de l'Ingénierie Concourante.

On cherche à réduire la durée totale du projet, les coûts de réalisation et à intégrer les contraintes du cycle de vie du produit. En définissant un cadre idéal d'organisation, d'exécution et de collaboration dans les projets, les modèles normatifs (NPI/CPPD) ont diffusé et mis en œuvre une logique de **conception collective** qui lisse, selon leur optique, les différences de connaissance, de culture et de formation des acteurs : **tous deviennent des acteurs concepteurs sensés collaborer à travers le partage de la CAO, du SGDT et des maquettes 3-D.**

D'après les modèles de conception, la complexité du problème de coordination du travail concourant et multifonctionnel dans les projets serait amoindrie par le partage d'objectifs, d'informations, d'outils, d'objets intermédiaires, de procédures, etc. A chaque fonction industrielle de se "brancher" à ces circuits de partage, en acceptant les logiques d'interaction préalablement définies par les modèles.

Déjà, l'activité de conception est coupée conceptuellement en "produit-process" et temporellement en "amont-aval" avec toutes les ambiguïtés que ces termes portent. Et pourtant, les projets ont besoin de toutes les différences – entre les acteurs, les outils, les objets, les règles - pour avancer, pour survivre et pour arriver à ces buts.

Or, lorsque les modèles S.P.E. imposent le moment d'intervention d'une autre fonction différente – et nous pensons d'abord à la logistique et ensuite à l'organisation pour l'industrialisation du TX (le "process") - des métiers propres à la conception, les ajustements nécessaires pour faire le passage de conception à production ne sont pas du tout prévisibles ou prescriptibles, puisqu'ils ont exigé **des ruptures avec les logiques préconçues**. Nous citons les exemples expliqués du traitement de dossiers en retard ou de l'approvisionnement de la zone proto.

Que dire donc des "phases amont" du projet ? Où sont les limites réelles entre l'amont et l'aval ? Nous croyons que ces phases seront aussi amont quand les acteurs gestionnaires de projet veulent qu'elles en soient : un problème de retard sur la réalisation d'une simulation numérique ou le changement des interfaces entre les périmètres des modules en conception peuvent forcer la revue des échéances d'une phase projet.

Ces phases amont, en chevauchant sur la planification stricte de l'usine, tombent bien au centre de l'interface avec la logistique, pour ensuite se placer dans son monde lorsque la construction d'un prototype ou d'un engin pilote s'impose. Le conflit conception/production est créé, mais on ne remet pas en cause les modèles normatifs de conception!

Portons notre attention désormais sur la logistique. Livrer le bon produit, au bon endroit, au bon moment, dans la bonne quantité et ceci au meilleur prix possible exige, au moins la bonne information sur ce qui doit être livré : la justesse, l'exactitude, la stabilité de l'information. Etant donné que le produit est bien spécifié et connu, le problème bascule vers l'optimisation des flux, les procédés, les relations avec les fournisseurs et les clients. Il est question de piloter et d'optimiser chaque étape, chaque interstice de ces flux et, dans un sens large, d'optimiser les gains dans la chaîne logistique. Il faut minimiser voire éliminer tous les "temps morts", les goulots qui rendent les flux peu performants. Ces paradigmes sont très clairs et légitimes, dans la logique organisationnelle et opérationnelle de la logistique et dans la stratégie *Supply Chain* de l'entreprise. Des outils et des règles orientés flux ont été développés et mis en place. La coordination recherchée a été transversalement instrumentée et négociée en interne et à l'extérieur de l'entreprise. La gestion des flux transversaux a accentué l'importance cruciale de la fiabilité de l'information produite, partagée et échangée.

Et désormais, le défi de cette coordination se joue dans le cadre spécifique des projets de conception. Et là, impossible de vouloir être exact lorsque le produit n'est qu'un concept abstrait et chiffré. Impossible aussi d'optimiser les chemins empruntés par les flux de décisions de conception, car le problème est mal défini. Pourtant, nous avons vu que les paradigmes logistiques trouvent leur place dans le projet. Mais cela à l'aval du processus de conception. Faut-il parler encore de conception ?

Face à ces différentes réalités, comment exiger d'une part l'anticipation des besoins stratégiques de la logistique et l'intégration des coûts de l'artefact inconnu si l'on sait que, sans l'intervention permanente des acteurs de la logistique dans la suite des activités, les besoins

resteront toujours des besoins et l'intégration juste une "bonne pratique de projet" non implémentée ?

D'autre part, comment exiger la stabilisation des informations sur le produit à travers sa nomenclature si les équipes n'ont pas finalisé la conception de leur périmètre, que dire du produit intégré ?

Nous touchons ainsi les paradigmes inhérents à chaque monde, bien au-delà des aspects de frontière d'activité, de rôle, d'objectif partagé et, par conséquent, d'interface. Ainsi, comment parler d'intégration de la logistique dans les phases amont de la conception de produits ?

Sans percer les paradigmes et les modèles normatifs de part et d'autre, les discontinuités à l'interface trouvent rapidement des points de blocage. Les interfaces deviennent des tranchées où le passage d'un côté à l'autre se fait dans l'urgence de la crise de manière empirique, avec l'effacement des modèles et ses règles de "bonnes pratiques". Certes, les produits sont conçus, fabriqués et vendus, mais à quel coût ?

La logistique comme actrice de projets de conception est mise en face d'un nouveau défi qui peut être déployé selon quelques questions de base :

Comment briser les paradigmes et apprendre à (inter)agir sur la base d'informations dispersées et incertaines d'un produit à nomenclature encore inexistante ? Quelles compétences faudrait-il développer pour traduire les besoins stratégiques et les contraintes opérationnelles selon le langage conception ? Qui peut représenter et défendre la stratégie Supply Chain et la gestion par les flux dans les projets ? Comment voir la conception produit comme une opportunité pour améliorer la performance logistique ?

En résumé, même si cette deuxième partie de notre synthèse dépasse la seule problématique des éléments fondamentaux d'interface, elle attire l'attention sur l'importance d'une **étape préparatoire d'apprentissage** de la logistique et de l'ingénierie pour une interaction soutenue dans les phases amont des projets.

En ayant pour base cette réflexion et en ce qui concerne la logistique, nous proposons désormais les prescriptions suivantes.

4.4. Troisième étape : les prescriptions

L'interface ne se structure pas toute seule. Il faut un processus d'apprentissage interne pour que les éléments d'interface développent leurs logiques d'interaction.

Appuyés sur cette première recommandation, nous en proposons d'autres qui portent sur l'acteur, le modèle d'intégration logistique-conception, les outils et les objets intermédiaires.

4.4.1. Sur les acteurs de la logistique et leur rôle dans les projets

Nous avons montré que participer à un projet de conception relève de compétences qui dépassent le savoir-faire d'un seul service spécifique de la logistique. Donc, définir les acteurs d'interface avec l'ingénierie tout au long d'un projet constitue déjà une problématique en soi. Cela nous amène aux préconisations sur **le profil approprié de l'acteur**.

Si l'on fait une courte analogie avec l'organisation de l'ingénierie dans les projets chez S.P.E. nous voyons qu'il existe le rôle d'ingénieur de configuration (*Configuration Engineer*), acteur responsable pour gérer les nomenclatures des périmètres et donner la vision intégrée de la machine. Donc, il manquerait aussi un profil similaire d'acteur dans la logistique, pour apporter la vision globale de cette fonction tout au long du projet. L'idéal serait donc d'avoir un profil d'acteur **qui intègre dans un sens global la connaissance du processus logistique de l'entreprise**, le type de profil qu'on trouve dans les niveaux hiérarchiques les plus élevés, par rapport aux acteurs opérateurs logistiques. Ce profil plutôt managérial nous pouvons l'appeler de *Supply Chain Engineer ou Expert* : ceux ou celles qui doivent développer la connaissance nécessaire aux interfaces logistique-conception. Et cette connaissance relève du stratégique et de l'opérationnel.

Le profil de cet acteur serait ainsi celui de l'intégrateur et fédérateur en ce qui concerne le processus logistique pour le produit en conception. Cet acteur doit **bâtir depuis le début du projet la vision logistique du produit développé** : c'est l'idée du *ongoing*, de l'intégration en évolution constante. Il doit avoir aussi un pouvoir légitime de négociation et d'arbitrage en ce qui concerne les décisions de projet qui ont un impact sur la logistique. Au niveau opérationnel, deux autres profils seraient aussi envisageables :

1. **Le concepteur logistique**, pour jouer le rôle de concepteur avec l'ingénierie en ce qui concerne le produit, son packaging et sa manutention.

2. **Le concepteur de flux logistiques**, pour modéliser et simuler les *scenarii* de flux physique de composants dans la *Supply Chain*, selon les hypothèses créées dans les équipes de projet. Cet acteur peut aussi simuler l'effet de multiplication de références différentes sur la complexité de la gestion logistique, ou bien des solutions différentes d'approvisionnement selon la contrainte de délai de livraison.

Dans leur rôle d'interface, ces acteurs doivent être les interlocuteurs privilégiés de toutes les équipes de projet. C'est dans l'activité à l'interface que l'acteur peut se rendre compte du niveau d'adhésion de la stratégie *Supply Chain* à la stratégie de développement de produits, avec la traduction de l'une à l'autre. Les interfaces sont ainsi créées selon les besoins de négociation dans le projet, par exemple concernant la définition des fournisseurs ou l'affectation d'opérations dans la chaîne logistique. Il s'agit aussi de piloter la vision logistique pendant toute la durée du projet et de mettre en place l'organisation logistique nécessaire pour la coordination entre les actions de conception et logistique. Ce rôle relève aussi du pouvoir de négociation et d'arbitrage. Au niveau opérationnel, il s'agit d'interagir avec les concepteurs de l'ingénierie, de façon à identifier les problèmes éventuels concernant la logistique et de développer avec ces derniers des alternatives de solutions pour les traiter.

L'idéalisation du nouveau rôle pour les acteurs de la logistique relève le développement de certaines compétences. Nous décrivons particulièrement les suivantes, à notre avis les plus immédiates :

1. **La maîtrise du processus de conception.** Les acteurs de la logistique doivent absolument maîtriser chaque étape du processus de conception, ainsi que les démarches et les logiques derrière les modèles. Cela leur permettra d'identifier les opportunités pour changer ces logiques et les adapter aux spécificités aussi de la logistique et de ses paradigmes.

2. **La connaissance des interfaces produit-process.** Il s'agit pour la logistique de capitaliser sur les expériences d'intégration produit-process, en les adaptant si possible aux spécificités de leur métier.

3. **L'utilisation d'outils existants d'aide à la conception et à l'assemblage.** Apprendre à manipuler et à se servir des outils d'aide à la conception basés sur le maquettage numérique. En outre, de plus en plus les flux informationnels supportent les échanges à partir de maquettes numériques 3-D, ce qui touche aussi les logiques d'action des services logistiques.

Nous croyons que ces nouvelles compétences initiales peuvent servir de support pour le développement de la compétence majeure : *la création et l'apprentissage des interfaces avec les acteurs de l'ingénierie pendant les activités de projet.*

Le problème majeur ici est que l'acquisition de ces compétences dépasse largement la vision courante de l'acteur de la logistique et les limites des activités logistiques. On touche ainsi les frontières connues des métiers de la logistique.

4.4.2. *Sur le modèle d'intégration*

Nous préconisons aussi le développement d'un modèle processus support à l'intégration. Il faut au moins repenser le modèle normatif de conception autrement, en l'adaptant aux spécificités logistiques. Nous reviendrons sur cette préconisation dans le chapitre suivant.

4.4.3. *Sur les outils d'interface et les objets intermédiaires*

Nous sommes conscients du besoin d'outils et d'objets intermédiaires adaptés aux spécificités de l'interface logistique-conception dans les phases amont. Ainsi, nous préconisons le développement d'un nouvel outil d'interface qui génère des nouveaux objets intermédiaires pour supporter les interactions avec les acteurs de l'ingénierie, d'ailleurs d'outils différents de ceux développés pour le cadre des activités de l'équipe Focus.

4.4.4. *Limites de l'analyse*

En cours de route, notre démarche d'analyse a montré ses limitations.

Premièrement, le besoin d'une longue durée d'observation et d'étude. L'interface est construite et les problèmes d'interface sont imprévisibles au départ. C'est dans leur émergence et leur construction que nous pouvons percevoir les discontinuités.

Deuxièmement, il existe une ambiguïté propre au concept d'interface qui rend l'analyse aussi ambiguë. Pour palier ce problème il faut bien identifier les éléments ou ajouter d'autres qui peuvent éclaircir mieux la structure d'interface, par exemple, les compétences d'interface.

Finalement, nous mettons en exergue la limitation de vouloir isoler les interactions logistique-conception des autres acteurs des activités. En effet, une hypothèse simplificatrice

dans la méthode est de faire une analyse dyadique, au détriment des autres acteurs qui interagissent dans le projet.

4.5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons réalisé une **analyse** approfondie des interfaces logistique-conception dans le projet du TX basée sur trois étapes : l'identification des éléments fondamentaux, le diagnostic et la proposition de prescriptions. Cette analyse a dévoilé les principales **discontinuités** entre les mondes de la logistique et de la conception.

A partir de là, nous avons réalisé une courte **expérience** avec quelques acteurs de la logistique opérationnelle et une conceptrice de l'équipe de Composants hydrauliques sur l'interaction autour des objets-maquettes. L'expérience a confirmé les écarts importants entre les deux mondes ce qui exige une phase préparatoire pour que la logistique puisse apprendre à intervenir dans les phases des projets qui exigent le changement du **paradigme** qui leur pousse à travailler qu'à conception donnée.

Comme contribution finale à la **structuration des interfaces**, nous proposons désormais d'aborder la question du **modèle d'intégration** logistique-conception dans un premier temps et ensuite de traiter **l'instrumentation** de la logistique dans les phases amont des projets de conception.

Nous consacrerons les derniers chapitres de notre mémoire au développement de trois prescriptions : le modèle support d'intégration par étapes, l'outil et les objets intermédiaires et pour finir, les situations d'interface à travers l'outil et les objets.

"La non-intégration des individus désorganise le fonctionnement du groupe. Mais une trop bonne intégration charpente un groupe stéréotypé. Peut-être une intégration imparfaite serait-elle parfaite ?"

Boris Cyrulnik. "L'ensorcellement du monde", 2001, Paris, Odile Jacob n° 67, p.113.

Chapitre 5

Proposition d'un modèle support à l'intégration logistique - conception

Dans ce chapitre, notre démarche consistera à proposer des prescriptions pour l'intégration de la logistique dans les phases amont de la conception. Par le biais des éléments d'interface, définis comme tels dans le chapitre 3, notre but final ici sera d'arriver à un modèle support à l'intégration.

Néanmoins, avant de parler de modèle, d'autres questions plus fondamentales se posent d'emblée : *qu'est-ce qu'on entend par "intégration de la logistique" du point de vue des interfaces ? Quels sont l'objet et le sujet de l'intégration ? Comment les interfaces jouent-elles sur l'intégration ? Quelle est la démarche à suivre ?*

Dans un premier temps nous reviendrons sur le terrain industriel et sur le cas du projet du TX pour voir comment le concept d'intégration a été utilisé par la logistique et l'ingénierie. A l'issue de cette confrontation de vues sur l'intégration, nous présenterons et développerons un idéal d'intégration, ainsi que notre modèle support basé sur la structuration différenciée des éléments d'interface. La discussion autour du modèle nous conduira vers le problème de la conception d'outils d'interface pour assister les acteurs de la logistique et de

l'ingénierie dans leurs interactions.

5.1. Les entrées pour intégrer la logistique répertoriées durant le projet du TX

Dans le chapitre 1, nous avons expliqué le besoin d'intégrer les coûts logistiques dans le pilotage économique de la conception.

Plus tard dans le chapitre 2, nous avons montré comment les besoins stratégiques *Supply Chain* ont été formalisés dans le cahier des charges du produit et par la suite, comment les acteurs de l'équipe d'industrialisation ont été les porteurs de certaines questions logistiques qui ont émergé pendant les réunions des équipes.

Il existe un aspect commun à tous ces faits : ils représentent **des entrées pour l'intégration de la logistique** dans le projet. Nous répertorions ainsi quatre approches d'intégration identifiées chez S.P.E. :

- L'entrée par les objectifs de projet.
- L'entrée par l'estimation des coûts logistiques.
- L'entrée par l'organisation de projet.
- L'entrée par les acteurs du process.

Certes, ces approches sont partielles dans leur propos d'intégration, car chacune met en valeur une seule dimension. Les trois premières sont préalablement définies dans les modèles normatifs. La dernière a été le résultat du travail collectif et collaboratif des acteurs de l'industrialisation et de l'ingénierie.

A travers notre modèle d'interface, nous pouvons rapidement construire un tableau de ces approches selon la grille définie par les éléments fondamentaux afin de ressortir leurs spécificités (tableau 8). Chaque approche répertoriée s'appuie sur une logique d'intégration et identifier les éléments d'interface nous permet de faire un bilan synoptique de ces logiques. L'objectif de comprendre ces logiques c'est d'arriver à définir notre propre compréhension de ce qui est l'intégration de la logistique dans les projets de conception.

Regardons donc de manière succincte chacune de ces approches.

		Les approches identifiées dans le projet pour l'intégration de la logistique			
		Par les objectifs de projet	Par l'estimation de coûts logistiques	Par l'organisation de projet	Par les acteurs du Process
Les éléments d'interface	La logique d'intégration	<i>Prendre en compte les objectifs stratégiques logistiques et les traduire en termes des paramètres de conception.</i>	<i>Agréger les coûts logistiques pour le produit en conception : support au pilotage économique et financier dès le début du projet.</i>	<i>Inclure des acteurs de la logistique dans les équipes de projet, avec la prescription de leur rôle et de leur participation.</i>	<i>Prendre en compte les contraintes logistiques directement liées à la distribution sur des lignes de montage via l'intermédiation des acteurs du process.</i>
	Acteurs	▪ Représentant unique de l'organisation logistique	▪ Représentant unique de l'organisation logistique	▪ Représentant unique de l'organisation logistique (amont) ▪ Equipe FOCUS (aval)	▪ Acteurs et organisation pour l'industrialisation de l'engin.
	Objets intermédiaires	▪ Charte du projet, CdC, matrices QFD, etc.	▪ Feuilles de calcul de coûts ▪ Graphiques ▪ Rapports financiers par service etc.	▪ Nomenclatures ▪ Notices ▪ Compte rendus etc.	▪ Maquettes numériques ▪ Exposés ▪ Checklists etc.
	Outils	▪ QFD	-	▪ Outil d'aide à la gestion des activités Focus ▪ Outil d'aide à la traduction de nomenclatures	▪ QFD ▪ SGDT ▪ CAO ▪ Virtual Assembly
	Procédures et règles	-	▪ Règles de calcul coûts d'usine	▪ Des procédures interdépartementales	-
	Espaces et temps	▪ Réunions QFD ▪ Réunions régulières de projet	▪ Réunions régulières de projet	▪ Réunions de l'équipe Focus	▪ Réunions et revues concernant le process
			Pas de traduction des objectifs dans la conception. Flux en sens unique: logistique > ingénierie.	Déplacement de l'acteur de la logistique vers des activités de conception. Pas de liaison avec les variables de conception.	Démarche plutôt séquentielle de conception, où l'intégration de la logistique se passe en phases aval.
Bilan					

TABLEAU 8 : Les approches pour l'intégration répertoriées dans le projet du TX.

5.1.1. *L'intégration par les objectifs de projet*

Le premier repère pour l'intégration de la logistique est l'ensemble des objectifs stratégiques *Supply Chain* définis tout au début du projet et explicités dans le cahier des charges du produit. Ces objectifs sont synthétisés à travers le concept de *Product Availability*, c'est-à-dire, chercher la flexibilité par la réduction des délais globaux de la chaîne logistique et ainsi ajouter de la valeur en améliorant la rapidité de réponse à une commande client, tout en réduisant les coûts¹.

La logique d'intégration ici est de prendre en compte ces objectifs et de les **traduire** en termes de paramètres de conception². La stratégie ainsi exprimée vient intégrer une **nouvelle dimension** aux objectifs du projet à travers deux concepts : la notion de flux et de temps logistique (*i.e.*, le *Supply Chain Lead-Time*). Par rapport à cette dimension, intégrer c'est atteindre l'objectif du *Product Availability*.

Nous mettons en évidence deux aspects à ce niveau de la discussion. Tout d'abord, le concept de *lead-time* (délai) acquiert un autre sens dans le projet : **celui des temps de la chaîne logistique en régime de production** et qui sont différents du temps pour la conception et pour le lancement de la machine (le *time-to-market*). L'agrégation de ces deux visions du temps dans le projet constitue déjà une influence de la logistique sur l'activité de conception.

Ensuite, l'introduction du besoin de réduction des délais de la chaîne logistique dans les objectifs du projet peut devenir le porteur d'une **logique de pilotage de projet** différente de la logique courante basée sur la performance technique et les coûts globaux. Au-delà de satisfaire le besoin du client *a priori*, par la réduction du coût et du temps de lancement du nouveau produit (*time-to-market*), le processus de conception est incité à élargir le concept de satisfaction du client *a posteriori*, par le développement d'une machine conceptuellement capable **depuis sa conception**, de réduire le temps d'attente du client après la réalisation de la commande, ainsi que de la prestation de services après vente.

La structure d'interface était complètement prédéfinie par les modèles normatifs et les logiques de gestion et de pilotage du projet. Et pourtant, les objectifs stratégiques n'ont pas été intégrés aux solutions de conception. L'intégration des objectifs – même si légitime - n'a

¹ Cf. 2.1.3

² Cf. 3.1.3

pas eu lieu du fait du manque de traduction et de support des interfaces. Les besoins stratégiques logistiques sont restés au niveau des objectifs de projet.

5.1.2. *L'intégration par l'estimation des coûts logistiques*

La deuxième approche d'intégration identifiée est une conséquence directe du besoin dans le projet d'estimer et de piloter la totalité des coûts associés au produit, au process et à la logistique, raison pour laquelle l'intégration de la logistique a été initialement définie par les acteurs managers comme **l'intégration des coûts Supply Chain**¹. L'intégration acquiert ici le sens d'agrégation des coûts des activités logistiques.

En ce qui concerne les acteurs de la logistique, la logique d'intégration consiste à attacher leur participation comme ressource de support au pilotage économique et financier dès le début du projet. Ce support se traduit par l'identification et la prise en compte des coûts – fixes (notamment les actifs, comme le stock et les nouveaux outillages) et variables (la main d'œuvre et les services comme le transport) - des activités logistiques. Dans cette logique, la mission de l'acteur de la logistique dans le projet devient ainsi celle de ramener les considérations logistiques traduites en termes de coûts, dans un exercice inverse d'intégrer les solutions potentielles du problème de conception dans leur configuration de chaîne logistique.

Les éléments d'interface mis en place se structurent ainsi autour de l'identification et du calcul des coûts logistiques, ce qui permet la création de nouvelles connaissances, par la logistique, sur la conception des *scenarii Supply Chain* pour le produit. Néanmoins, les acteurs de la logistique n'ont pas d'outil propre pour estimer les *scenarii* logistiques.

Par ailleurs, par le biais d'un modèle de coûts, il n'y a pas la liaison avec les variables de conception, nécessaires pour comprendre les choix de projet.

Le problème majeur ici est de faire sortir le profil de coûts logistiques de chaque composant du produit au stade de conception, alors que la vision ou la modélisation des coûts logistiques est globale pour tous les produits réalisés par l'entreprise. La question qu'on se posait en essayant de comprendre cette problématique était : "*et si on change l'architecture du produit ? On n'a pas de registres de coût d'un composant inexistant!*".

L'approche qui vise à intégrer la logistique à travers le chiffrage des coûts *supply chain* revient alors à **déplacer** les acteurs de l'activité de conception, pour leur faire chercher

¹ Ce besoin a été exprimé à plusieurs reprises au long de nos entretiens et des réunions de projet.

d'autres interfaces auprès des acteurs de contrôle de gestion, dans le terrain aride des finances.

5.1.3. *L'intégration par l'organisation de projet*

Cette approche trouve écho dans le modèle d'interface interfonctionnelle¹, car il s'agit de créer des liens entre les fonctions à travers la structure organisationnelle.

En effet, il s'agit de la vision de l'intégration par l'inclusion des acteurs de la logistique dans les équipes de projet, comme nous avons montré dans les chapitres 2 et 3. C'est le cas le plus évident de prescription par les modèles normatifs de la participation de logistique.

Dans cette logique, les problèmes liés au manque d'interfaces adéquates se réduisent à la seule démarche linéaire de conduite du projet. Si d'une part cette approche d'intégration est tout à fait nécessaire, d'autre part elle est un piège qui cache le problème des spécificités logistiques par rapport à la création de nouveaux savoirs et de nouvelles compétences pour intervenir dans les phases amont des projets. Nous avons déjà longuement parlé sur les conséquences de cette approche lors de notre analyse des interfaces.

Le bilan c'est une démarche plutôt séquentielle du processus de conception, où l'intégration de la logistique se passe en phases aval, du fait de l'asymétrie des interfaces².

5.1.4. *L'intégration par les acteurs du process*

Ce qui rend cette approche particulière c'est la logique basée sur **l'intermédiation** des acteurs chargés de l'industrialisation de l'engin entre la logistique et l'ingénierie. Les acteurs de l'industrialisation sont devenus provisoirement les porteurs des questions concernant la logistique, du fait de l'absence de représentants logistiques dans les réunions d'équipes. Néanmoins, le manque de connaissances sur les spécificités des activités logistiques des acteurs de l'industrialisation n'a pas permis la prise en compte des contraintes logistiques et ainsi d'influer sur les solutions de conception.

La structuration des interfaces concerne plutôt l'intégration produit-process, en l'occurrence, le process de montage de l'engin selon un découpage produit par modules. Ce

¹ Cf. section 3.1.2.

² Cf. section 4.3.1.

qui attire notre attention dans les éléments d'interface c'est leur diversité très importante ce qui a permis un niveau d'interaction considérable avec l'ingénierie¹.

Il en résulte une intégration indirecte, au travers des acteurs intermédiaires. Dans ce cas, l'univers des contraintes logistiques se restreint aux problèmes de fabrication, de montage et de la distribution physique – en interne - de composants sur les lignes.

L'analyse de ces quatre approches d'intégration et de leur logique, nous permet d'affirmer que, outre le problème du manque d'interfaces structurées, la difficulté de la mise en œuvre d'un apprentissage pour l'intégration commence par **l'effacement des spécificités de l'intégration logistique-conception vis-à-vis de la vision d'intégration produit-process.**

Il faut donc montrer en quoi l'intégration logistique/conception est spécifique par rapport aux fort nombreuses approches d'intégration produit-process développés dans la littérature, ce que nous proposons de faire par la suite.

5.2. Les spécificités de la logistique qui ne sont pas prises en compte dans les approches d'intégration produit-process

En nous appuyant sur nos travaux chez S.P.E., nous pouvons revenir à la question posée à l'introduction du mémoire :

Serait-il possible simplement de transposer, de calquer ou de greffer les approches de l'intégration produit-process dans le cas particulier de la logistique ?

Le diagnostic de notre analyse des interfaces et des entrées identifiées dans le projet du TX nous amène à répondre que l'intégration logistique-conception a des spécificités qui ne permettent pas de dupliquer ou de calquer complètement les approches et les outils développés dans le cadre de la problématique d'intégration produit-process.

D'emblée, nous croyons que dériver une appellation du genre "intégration produit-logistique" constitue une tentative risquée de lisser le problème d'intégration en adoptant l'hypothèse qu'on peut changer le métier à prendre en compte dans la conception sans pour autant enfreindre la généralité des approches produit-process. Le risque ici est d'ignorer les spécificités de la logistique qui ne nous semblent pas négligeables.

Nos justifications s'appuient sur les points suivants :

¹ Cf. section 2.3.3.

- *L'action de la logistique ne modifie pas la structure du produit*
- *Il est difficile de juger sur les impossibilités d'exécution des activités logistiques du seul fait des choix de conception*
- *Les acteurs de la logistique ne partagent pas le même corpus de connaissance propres aux interfaces produit-process*

Le premier et le deuxième point touchent l'activité logistique. Le dernier point concerne l'acteur de la logistique et, par extrapolation, l'organisation et les savoirs à l'interface.

5.2.1. *L'action de la logistique ne modifie pas la structure du produit*

En ce qui concerne **l'action sur le produit**, au contraire de la fabrication (mécano-soudure, découpe, usinage, forgeage, etc.) et du montage, les activités logistiques ne transforment pas la morphologie ou la structure des produits. L'artefact en conception ne devient pas un artefact de production à travers la seule exécution de ces activités.

Tout au long du processus logistique amont à la production, il s'agit de gérer l'éparpillement des composants qui seront intégrés dans le produit final sur les lignes de montage. Même le "produit" n'a de sens univoque pour la logistique que dans les cas particuliers du stockage de produits finis (machine montée) et de leur livraison finale aux clients, c'est-à-dire, après la production. Du point de vue de la chaîne logistique, le terme "produit" reste alors ambigu, au regard de celui de "pièce" (composant) : le "produit" change de sens dans chaque étape de la chaîne logistique, car ce qui est produit fini pour l'un est composant pour l'autre et ainsi jusqu'au client final.

Les interfaces entre le process et le produit (par exemple : opérateur/produit, technologie de procédé/produit, outillage/produit, machine-outil/produit, ligne/produit) constituent des "prises", comme référencées par [Blanco \(1998\)](#)¹. D'une part, les prises permettent aux acteurs de l'ingénierie et du process l'identification de repères communs indispensables dans une démarche de collaboration pour traiter des problèmes autour de périmètres ou de parties très spécifiques du produit. D'autre part, les prises offrent aux acteurs

¹ D'après la définition de Bessy et Chateaufreynaud (in "Le savoir prendre, enquête sur l'estimation des objets", Techniques et Cultures, 20, 1992, pp. 105-134) : "*la prise désigne précisément la rencontre entre un jeu de catégories, des propriétés matérielles, identifiables par le sens supposés communs ou par des instruments d'objectivation*".

du process l'opportunité de porter un jugement sur l'artefact au stade de conception : la difficulté d'usinage ou de montage, l'ergonomie, l'outillage nécessaire, la gamme de tâches, etc.

La logistique, quant à elle, a besoin d'autres prises pour comprendre le produit à deux niveaux différents : par rapport à la diversité des composants à approvisionner (la vision "*big picture*" de la *Supply Chain*) et par rapport à la spécificité de chacun des composants selon sa configuration logistique, c'est-à-dire, comment l'intégrer aux processus logistiques.

Cette action "non-transformatrice" sur le produit fait que les problématiques logistiques restent en dehors du périmètre de la *conception et de la réalisation technique* du produit. Le résultat de cela est la difficulté de juger sur les effets de la conception sur des éventuels "blocages" de l'activité logistique, ce qui nous amène à la deuxième spécificité.

5.2.2. *Il est difficile de juger sur les impossibilités d'exécution des activités logistiques du seul fait des choix de conception*

Nous avons observé chez S.P.E. que, en principe, il n'y a pas de situation dans laquelle la logistique d'un composant devient *physiquement* impraticable du seul fait de sa conception.

En termes comparatifs par rapport au process, les impossibilités de réalisation technique ou économique provoquées par une mauvaise conception sont identifiables très tôt dans les procédés de fabrication ou de montage, compte tenu des outils disponibles (de simulation numérique et de DFA/DFM). En effet, l'intégration produit-process passe par la minimisation, voire l'élimination des incompatibilités techniques et économiques entre le produit et le process.

Le risque de blocage est bien réel et les acteurs de la conception en sont conscients : les solutions de conception peuvent amener à l'impossibilité de mise en production de l'artefact, notamment dans le cas de figure des procédés automatisés, où une des opérations d'usinage ou de montage s'avère techniquement ou économiquement irréalisable à cause des choix de la conception de l'artefact. Les risques sont nombreux : casser un outil de fabrication, un brut (composant avant opération), voire une machine-outil, ou bien rendre le coût de production trop élevé. Pour diminuer, voire éliminer ces risques, les acteurs de la fabrication disposent actuellement d'outils FAO (Fabrication Assistée par l'Ordinateur) intégrés aux outils CAO, ce qui permet la réalisation de simulations en 3-D des procédés, la génération

automatique de gammes, ainsi que l'estimation de coûts d'usinage (Bernard, 2003; Martin, 2003).

En revanche, il n'y a pas **une gamme logistique**, où la non réalisation de la tâche précédente empêche systématiquement la tâche suivante. Par ailleurs, combien ça coûte une minute de logistique ? Développer un équivalent logistique - par rapport à la fabrication - en termes d'évaluation chiffrée constitue véritablement une tâche complexe. Or, la logistique arrive – virtuellement - toujours à ses fins avec le secours d'un empirisme développé dans l'action sur le terrain et appuyé sur la connaissance profonde des faiblesses des systèmes d'information et des procédures opérationnelles formelles. Ainsi, **le problème posé devient plus subtil**, car il ne s'agit pas de savoir si la tâche est techniquement possible. Il s'agit de savoir pour quel coût, pour quel délai et pour quelle qualité de service les tâches logistiques seront réalisées.

Compte tenu de la flexibilité accrue exigée des acteurs et des services de la logistique dans une chaîne où la plupart des composants sont achetés¹ dans le réseau de fournisseurs, les tâches sont effectivement réalisées, en dépit des procédures formelles. Par exemple, si un composant est trop encombrant pour mettre dans un support standard ou dans un séquenceur automatisé, il y a toujours un moyen de faire faire fabriquer un support spécial ou bien de le stocker au sol. Si le programme de distribution automatique n'a pas prévu l'approvisionnement du secteur "A" de la ligne "L1" à l'instant t , il suffit d'appeler le magasinier par téléphone ou bien d'aller directement chercher la pièce dans le magasin. Si l'urgence des faits rend inefficace le transport routier, il y a toujours le transport aérien et ainsi de suite.

Cette flexibilité empirique-opérationnelle presque inépuisable de la logistique trouve difficilement un parallèle collectif dans la flexibilité des procédés de fabrication (à l'instar de l'usinage CNC ou de la soudure robotisée) et de montage en ligne². Ces derniers sont flexibles dès que la conception du produit et le processus de production permettent la mise en œuvre de la flexibilité.

Une conséquence est que les "impossibilités" ou les "blocages" logistiques ne sont pas facilement identifiables **lorsque les "prises" avec la conception s'éloignent des caractéristiques géométriques et physiques du composant**. Par exemple, quels sont les

¹ Cf. chap. 2.

² Une exception est la réalisation – artisanale – de prototypes de produits en conception, à l'exemple des prototypes d'engins chez S.P.E. Nos observations concernent un régime de production stabilisée.

effets des choix de conception sur la politique de gestion de stocks ? Quels sont les effets des choix de conception produit sur la performance du juste-à-temps ? Quel est l'impact de la conception sur la performance de livraison du fournisseur ? Quel est l'impact de la conception sur l'exactitude des informations logistiques ? Quel est l'impact de la conception sur la définition de la taille de lot ? Nombreuses sont les questions pour très peu de réponses convaincantes.

Très souvent les "impossibilités" logistiques sont réduites à une dépendance directe avec les attributs géométriques et physiques du composant (poids, encombrement, matière première), comme lien d'analyse et de jugement en corrélation avec la conception¹.

Les blocages techniques du côté logistique se résument aux incompatibilités aux interfaces "emballage / produit", "chariot / produit", "moyen de transport / produit", "magasin / produit", etc. Les "impossibilités" liées à la gestion de flux, aux délais, aux stocks, à la gestion de références, entre autres, deviennent des éléments moins évidents dans la tentative d'identification de leurs interfaces avec la conception. Que dire de leur traduction et, par conséquent, de leur intégration, en termes de variables et de règles de prescription pour **agir** et pour **changer** la conception.

Turmel *et al.* (2000) et Riopel et Langevin (1998) ont proposé de résoudre ce problème à travers l'identification des **liens décisionnels** entre conception produit-process et logistique. Ainsi, ils ont défini des caractéristiques du produit (type, taille, poids, forme, quantité, technologie, etc.) qui jouent sur les décisions logistiques (stratégie de gestion de stocks, quantité à commander, niveaux et localisation des stocks, etc.). Dans une approche empirique, les auteurs font la corrélation entre les deux groupes de variables dans une matrice. L'objectif étant de définir un système d'aide à la prise de décisions lors des projets de conception.

Or, comment définir préalablement ces liens si c'est dans le contexte et la situation de conception que le problème et sa solution vont se définir ?² Il nous semble très difficile d'associer directement l'impact décisionnel de la conception sur la logistique, car les critères de prise de décision se heurtent aussi aux critères stratégiques de performance logistique. La difficulté commence avant même de confronter les caractéristiques du produit aux variables

¹ Ce que nous avons remarqué à travers l'expérience d'utilisation de maquettes 3-D (section 4.3.5)

² Du fait de la nature du problème de conception (Cf. Introduction).

logistiques. A défaut d'identifier des liens objectifs entre l'activité de conception et l'activité logistique, la question des effets de l'une sur l'autre devient ainsi métaphorique : quelle est *l'inertie* (ou le *différentiel d'inertie*) provoquée par les choix de conception sur la qualité de service, les délais et les coûts logistiques ? "L'inertie" comme métaphore pour mesurer le niveau d'impact, de complexité, de difficulté, d'impossibilité ou de capacité.

Les deux exemples que nous avons expliqués dans le chapitre 1 concernant l'impact de la conception sur la logistique relève de composants existants et bien connus. Nous rappelons que la difficulté est d'anticiper ces effets. Pour palier la difficulté avérée de juger sur les effets de la conception sur la logistique, il y a une tendance de ramener les aspects logistiques à leur dépendance avec l'intégration produit-process : c'est parce qu'il faut produire qu'on fait de la logistique. D'ailleurs c'était le point de départ pour que les acteurs de l'industrialisation commencent à interroger sur l'approvisionnement de leurs modules lors des réunions du projet TX. La logistique est, en quelque sorte, "court-circuitée" entre la conception de l'artefact et de son processus de transformation en produit. Et pourtant, dans le modèle des étapes du cycle de vie du produit, la logistique d'approvisionnement fait le lien entre la phase de conception et la phase de production.

Il nous semble que les activités logistiques ne sont pas consciemment considérées dans les projets comme **des éléments bloquants à la production du produit**. En revanche, nous croyons qu'une mauvaise conception peut constituer un élément bloquant à la bonne performance de la chaîne logistique. Alors, comment parler d'intégration de la logistique lors de phases amont des projets selon les mêmes repères que l'intégration produit-process ?

5.2.3. *Les acteurs de la logistique ne partagent pas le même corpus de connaissance propres aux interfaces produit-process*

Si d'une part le rapprochement physique des acteurs de la logistique dans l'environnement de conception s'avère une étape importante, d'autre part elle est insuffisante pour permettre leur intégration dans les phases amont de la conception. En regardant notamment **l'aspect de compétences (des connaissances, des savoirs) des acteurs**, il est évident que la culture technique commune entre les acteurs du process et ceux des métiers de conception leur permettent d'avoir un point de départ dans la construction d'une vision partagée sur l'artefact (Mer, 1998; Jeantet, 1998). Malgré les discontinuités - au sens de Long (2001) -

entre ces acteurs et leurs métiers, leur base technique est vraisemblablement **un repère initial commun**, une condition préalable fondamentale sinon déterminante à l'intégration produit-process que les acteurs de la logistique ne partagent pas forcément. Il s'agit de se positionner au préalable par rapport au niveau d'abstraction de la représentation du produit et dans ce cas, les acteurs de la logistique sont loin de ceux du process vis-à-vis l'ingénierie (figure 37).

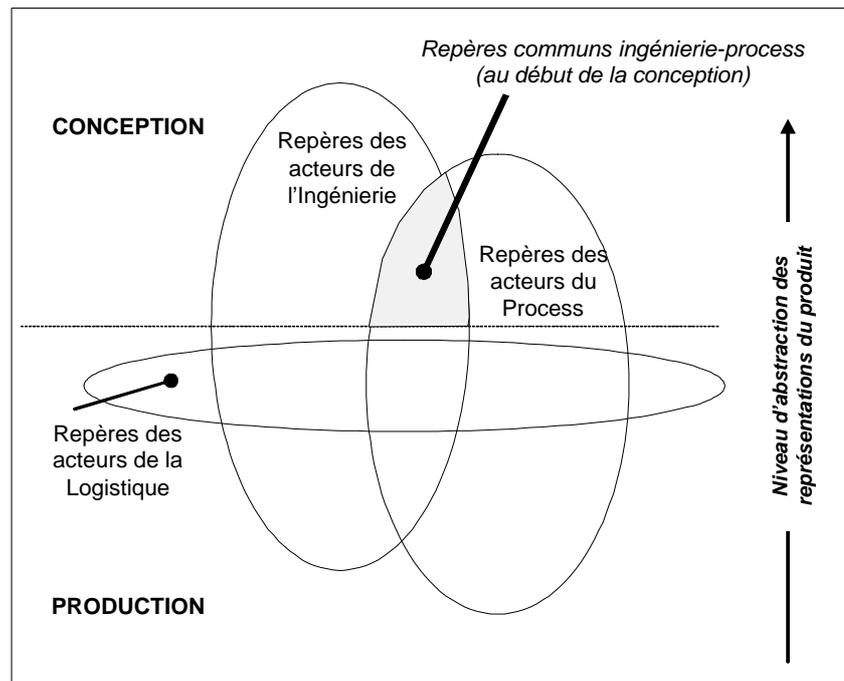


FIGURE 37 - Avant même de parler d'intégration, il existe des repères communs entre la conception et le process. La logistique se trouve dans un autre niveau d'abstraction.

Revenons au problème du partage des représentations du produit, notamment les objets-maquettes¹.

La fabrication et le montage partagent, dans un niveau plus ou moins important, les représentations propres au monde de la conception : les maquettes numériques et physiques et les dessins techniques. Il s'agit, nous l'avons vu, d'objets intermédiaires fondamentaux pour l'intégration produit-process. Par contre, du côté de l'acteur logistique, il faut **encore ajouter la vision processus des flux physiques et informationnels des composants** qui dépasse largement la seule vision du produit représenté par sa maquette². Les représentations propres à la logistique – référence composant, nomenclatures, stocks, courbe de demande, entre autres -

¹ Cf. section 4.3.6.

² Cf. section 4.3.7.

effacent les détails de la conception de l'artefact : tous les composants qui intègrent le produit, ainsi que toutes les familles de produits, doivent être renseignés, gérés et livrés selon le plan de production de l'usine et selon la demande des clients. Une référence en tant que telle n'est pas plus importante qu'une autre.

5.2.4. Conclusion : il faut d'autres modèles pour représenter l'intégration de la logistique dans les projets de conception

Cette réflexion nous permet de supposer que les approches classiques basées sur l'intégration produit-process (DFL/DFSCM notamment) ne répondent plus aux spécificités de la logistique de l'entreprise industrielle moderne. Encore, si nous ajoutons les besoins stratégiques basés de plus en plus sur des notions de performance *Supply Chain*¹, nous voyons qu'intégrer la logistique ne peut pas être résumé au seul objectif de réduire les coûts et de faciliter l'exécution des tâches du process, comme le laisse penser les approches classiques. Il faut en effet passer d'une logique courante de "*Design-To-Cost*" – préconisée par les approches DFL/DFSCM - vers une logique de "*Design-for-Velocity*" ou, selon [Nielsen et Holmström \(1995\)](#), "*Design for Speed*". Cela veut dire, concevoir pour réduire de manière conséquente les *lead-times* de la chaîne logistique, tout en minimisant les coûts.

Chez S.P.E., les approches de DFL ne répondent pas à la question de comment intégrer le besoin stratégique d'améliorer le *Product Availability*².

L'exemple industriel de BULL ([Cousin, 1995](#)), évoqué dans l'introduction de ce mémoire, nous indique qu'il faut absolument élargir la notion initial de DFL/DFSCM. Intégrer la logistique dans les projets n'est pas un problème de définir des règles pour les ingénieurs concepteurs. Il s'agit d'un changement majeur qui touche à la fois l'organisation, les outils, les compétences des acteurs et les démarches normatives de conception.

D'après nous, il s'agit plutôt de rompre et de transformer les logiques connues d'intégration produit-process, en ajoutant ces nouveaux éléments, comme la notion de flux, de délais logistiques, d'agir sur le produit sans le transformer, de transversalité fonctionnelle et de dialectique permanente, de dispersion globale de compétences et de tâches, entre autres.

Les spécificités que nous venons de décrire nous poussent à réfléchir sur un autre idéal d'intégration qui les prend en compte.

¹ Cf. chap. 1.

² Cf. section 1.2.4.

5.3. Un idéal d'intégration logistique-conception

L'approche appuyée sur les interfaces et les spécificités de l'intégration logistique-conception par rapport à l'intégration produit-process ont indiqué le besoin d'autres repères plus adaptés au cas de la logistique.

Il s'agit d'une part d'explicitier les différents **objets de l'intégration** : les besoins stratégiques, les exigences, les coûts, les contraintes. D'autre part, il s'agit de savoir comment ces différents objets sont mobilisés pour créer une dynamique parmi les **sujets de l'intégration** : les acteurs du projet, à travers leurs interactions et leur apprentissage individuel et collectif.

Néanmoins, l'intégration comme processus d'apprentissage vise aussi à atteindre un niveau de collaboration qui émerge de l'action collective des acteurs de la conception, comme l'a montré [P. Laureillard \(2000\)](#), en détriment du cas de l'intégration produit-process de fabrication. Si par ailleurs la littérature nous indique qu'il faut penser d'emblée l'instrumentation des acteurs pour que l'intégration puisse se construire dans l'usage ([Boujut, 2001](#)), nous insistons sur le fait qu'il faut d'abord structurer les interfaces selon une vision multidimensionnelle de la problématique d'intégration.

Nous sommes persuadés ainsi qu'une vision archétypique de l'intégration logistique-conception s'impose, **comme un repère et une orientation pour les acteurs de la logistique dans leur intervention dans l'environnement des projets de conception**. Au lieu de présenter une définition unique de l'intégration, nous préconisons un idéal de référence pour que les acteurs de la logistique aient un rapport plutôt anticipatif que réactif, en affirmant qu'intégrer la logistique c'est :

- *Maîtriser les interfaces logistique-conception.*
- *Apprendre, dans l'action collective, à interagir depuis le début des projets de conception avec les outils et les représentations partagées du produit.*
- *Explicitier et mettre en exergue, dans les phases amont des projets, les spécificités des besoins stratégiques, des exigences et des contraintes logistiques.*
- *Influer sur la logique de conception (les modèles, la prise de décisions, la gestion, le pilotage) en ajoutant la notion de flux, de délais et de qualité des services logistiques.*

- *Développer les compétences pour traduire et pour négocier, à travers la maîtrise des interfaces, les spécificités logistiques en termes de prescriptions (de variables ou de paramètres, de règles) pour la conception.*
- *Développer des nouveaux outils et des nouveaux objets intermédiaires afin d'inciter la création de nouvelles situations d'interface, dans l'objectif de faire émerger de nouvelles connaissances et de nouveaux savoirs. Faire évoluer le paradigme de travail à conception donnée vers le paradigme de travail dans l'incertitude de l'artefact au stade de sa conception.*

Atteindre un tel stade idéal où chacun de ces éléments de base se vérifie caractérise donc l'intégration de la logistique dans les processus de développement de produits tel que nous la comprenons dans ce mémoire. Bien évidemment, nous ne hiérarchisons pas ces éléments, car ils s'entremêlent et se complètent.

Cet idéal d'intégration, d'après nous, s'appuie tout d'abord sur la notion d'interface, tel que nous l'avons caractérisée. Définir une structure préalable des interfaces constitue la préparation *sine qua non* pour permettre la participation des acteurs logistique dans les projets est un élément de support à l'intégration.

Néanmoins, nous sommes conscients que la seule identification d'un idéal s'avère insuffisante comme prescription pour la mise en œuvre d'un processus d'apprentissage vers l'intégration. Il faut **un mécanisme déclencheur** pour créer un "régime d'apprentissages croisés" (Hatchuel *et al.*, 2002). Notre but est donc de "raccourcir" la courbe d'apprentissage des acteurs de la logistique dans une nouvelle dynamique collective et, de manière *interfaciale*, au sens de Chazal (2002), de permettre aux acteurs de l'ingénierie de faire évoluer leur démarche même d'activité de conception, du fait de l'arrivée d'un "nouvel" acteur. Il ne faut pas oublier que l'insertion définitive de la logistique représente une perturbation sur les processus collectifs (d'apprentissage, de négociation, de prise de décision, de convergence, de division de tâches et de planification).

Nous ne pouvons pas préconiser ou anticiper les changements sur l'apprentissage individuel et collectif de la "perturbation" provoquée par l'arrivée de la logistique dans les phases amont des projets, de façon structurée et orientée. Il faut d'ores et déjà voir comment se passent les interactions au sein des interfaces existantes, dans le scénario actuel. Il faut un diagnostic préliminaire. Nous proposons ainsi un modèle d'intégration.

5.4. Une nouveau modèle support à l'intégration logistique-conception basée sur la structuration différenciée des interfaces

5.4.1. Hypothèses et considérations

Tout d'abord, pour intégrer la logistique il faut la positionner autrement par rapport aux étapes du processus de conception.

A travers le cas du projet du TX, nous avons vu comment et pourquoi les acteurs de la logistique entrent tardivement dans le processus de développement de la société S.P.E. (cf. chap. 2 et 3). Nos travaux sur le terrain industriel confirment qu'au moment de la consolidation des nomenclatures et de la planification des engins prototype, la conception est presque figée.

Notre hypothèse de départ a été de dire qu'il faut formaliser un environnement d'interaction propice à la construction de l'intégration (cf. section 3.3). Néanmoins, nous n'avons pas avancé sur la réflexion du positionnement d'un tel environnement ni par rapport au processus de conception, ni par rapport aux spécificités des phases amont et aval. Alors, la question maintenant est de savoir s'il y a en effet **une fenêtre adéquate** pour l'intégration de la logistique dans le processus de conception.

Une première piste de réponse se trouve dans le jalonnement même du processus de conception : les moments des revues de projet. Cependant, les revues de projet (et nous pensons particulièrement à la revue "A" dans le modèle de NPI¹) sont l'achèvement des activités réalisées, ce qui constitue un repère ambigu en termes d'opportunité d'intégration. Si d'une part rien n'est figé, d'autre part le travail collectif pour arriver à définir l'objet même de la revue constitue la période d'interfaçage à laquelle nous nous intéressons davantage. Ainsi, le jalon "revue" ne se présente pas comme une borne intéressante pour définir "les phases amont".

Nous faisons l'hypothèse qu'il faut **définir des "frontières" décalées de ces revues**. Et cela en fonction d'autres critères de découpage du processus. Ces frontières servent à borner une fenêtre propice pour l'intégration amont, ainsi qu'à définir le périmètre des interactions.

¹ Cf. section 2.2.1

Or, sachant que l'intégration a différents sens et aspects, il n'est pas exagéré de faire une autre hypothèse en disant **qu'elle change et acquiert des caractéristiques spécifiques** selon l'étape du processus de conception et, par conséquent, selon la fenêtre qu'on veut déterminer. La question étant de savoir sous quels critères l'intégration change.

Nous avons trouvé une première piste de réponse au début de notre recherche chez S.P.E. Il s'agit du **découpage du produit**, qui est passé de purement structurel/fonctionnel à multifonctionnel, selon les différents modules¹. Nous avons expliqué comment le changement d'architecture produit a induit un changement sur l'organisation de projet, avec la mise en place de l'équipe responsable de l'industrialisation des modules.

Le critère de découpage du produit renvoie en effet à **la dimension de connaissance sur le produit en conception**. Cette connaissance concerne d'une part les esquisses des interfaces techniques entre modules et d'autre part, la division du travail de conception.

Une deuxième piste se trouve en aval du processus de développement, en ce qui concerne la traduction des nomenclatures produit (en l'occurrence, la *Engineering BOM* et la *Manufacturing Configured BOM*). Nous croyons **qu'un modèle d'intégration doit se positionner aussi par rapport à la traduction de l'objet de conception en l'objet logistique**, ou du passage entre un monde et l'autre, dans le sens de [Mer \(1998\)](#).

Ces considérations nous font supposer que la détermination d'une "fenêtre critique" permet de repositionner les acteurs de la logistique par rapport aux modèles normatifs de conception, en prenant en compte **un jalonnement amont plus propice à l'intégration de la logistique**. D'après nous, ce repositionnement est une condition importante pour la structuration des interfaces nécessaires à l'intervention de la logistique.

A partir de là, la contribution d'un nouveau modèle de support à l'intégration est double. D'une part, il s'agit de formaliser un **processus d'intégration**, comme nommé par [Laureillard \(2000\)](#), par le biais de la mise en place d'une "structure préliminaire" des éléments d'interface. Du fait que les interfaces ne sont pas tout à fait prédéfinis, comme expliqué par [Long \(1999\)](#) et [Chazal \(2002\)](#), il faut d'abord créer cette structure préliminaire comme vecteur d'un processus initial d'apprentissages croisés ([Hatchuel, 1994](#)).

¹ Cf. chap. 2

D'autre part, la contribution d'un nouveau modèle va dans le sens de faire une **différenciation** de ces structures préliminaires, nécessaires pour combler les discontinuités – comme définies par Long (2003) – dues aux spécificités des phases du processus de conception.

Ces réflexions peuvent être résumées à travers un rapport de cause à effet entre les interfaces et notre idéal d'intégration (figure 38) :

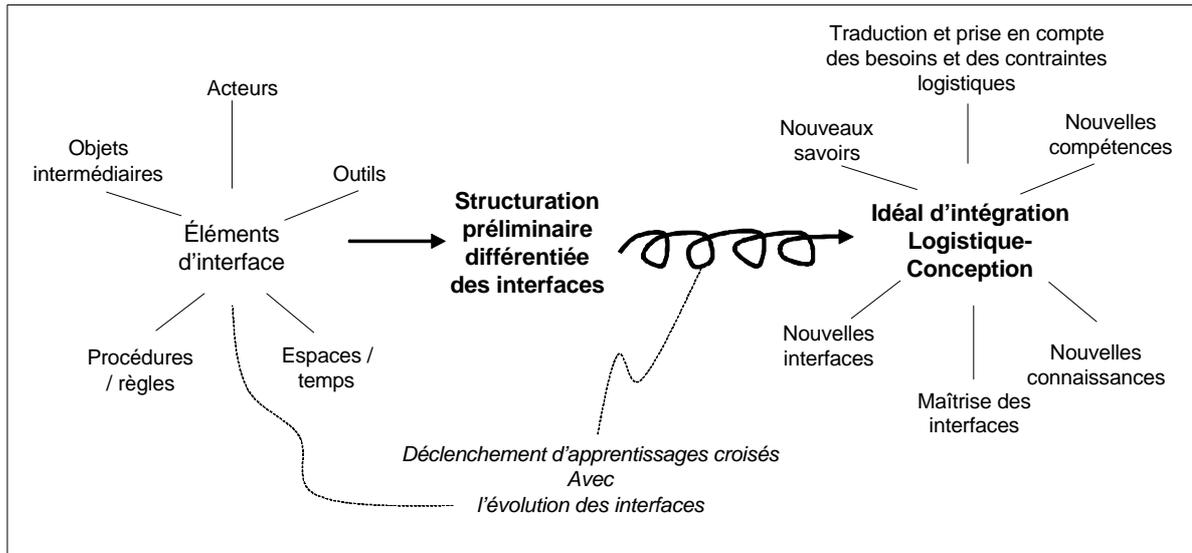


FIGURE 38 - La structuration des interfaces amène à l'intégration logistique-conception à travers le déclenchement d'un processus d'apprentissage.

L'intégration est le résultat de l'interaction des acteurs étant donnée une structure préliminaire différenciée des éléments d'interface.

Ce rapport de cause à effet crée une logique d'intégration qui s'explique de la façon suivante :

- a) *En structurant les éléments fondamentaux depuis le début d'un projet de conception selon les spécificités des phases amont et aval, c'est-à-dire, en les explicitant de manière formelle dans les modèles normatifs de conception...*
- b) *...on crée un environnement projet qui est propice aux interactions entre les acteurs de la logistique et de l'ingénierie...*
- c) *...qui déclenchera un régime d'apprentissages croisés, comme défini par Hatchuel (1994)...*

d) ...et caractérisé par plusieurs boucles (représentées par la flèche hélicoïdale sur la figure)- d'allers-retours, de confrontations et de mises en rapport – dans un mouvement progressif...

e) ...d'intégration : de nouveaux savoirs, de nouvelles compétences, de la maîtrise des interfaces, de la prise en compte des besoins, etc.

A terme, la vision archétypique, idéale de l'intégration - comme nous l'avons proposée -, change, se transforme avec les interfaces.

Dans le cadre de ces hypothèses, nous pouvons spécifier notre modèle.

5.4.2. Un modèle à deux niveaux

En nous appuyant sur les hypothèses faites, nous allons définir des repères logistiques dans ce qu'on appelle les phases amont de la conception.

Ces repères nous permettront d'obtenir un autre découpage du processus de conception, un découpage adapté à la logistique pour ainsi positionner les interfaces selon leurs spécificités. Les clefs de découpage (ou de répartition) divisent le temps - nous rappelons qu'il ne s'agit pas du temps chronologique, mais celui propre au projet (Darses et Falzon, 1996) - dans le point de vue logistique selon deux dimensions :

a) **La dimension "connaissance sur le produit"**. La connaissance sur le produit en conception constitue notre première clef pour le découpage logistique du projet (figure 39). Deux périodes nous intéressent particulièrement. La première période est celle de la recherche de solutions pour définir le "concept produit-process", l'enveloppe qui va orienter toute la conception¹. La deuxième période est celle qui se passe lors de la consolidation et de la traduction des nomenclatures du produit. L'objectif de cette dimension est donc de positionner l'intégration par rapport à ces deux périodes charnières d'un projet.

¹ Cf. section 1.4.1.

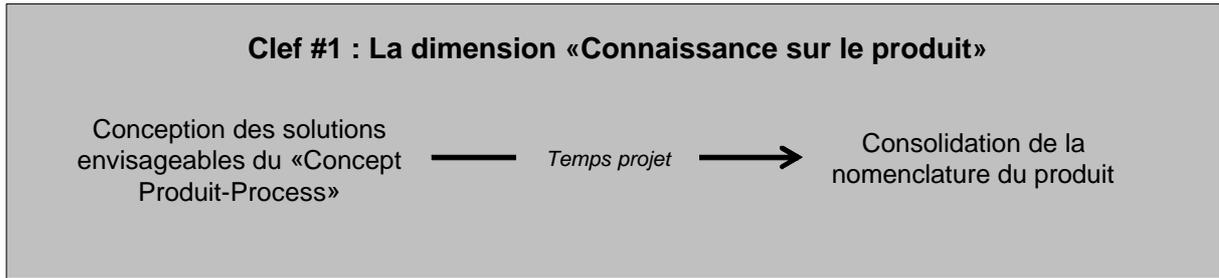


FIGURE 39 - Première clef de découpage logistique du projet

b) **La dimension "structure du produit"**. Il s'agit de la deuxième clef de découpage du projet dans le point de vue de la logistique (figure 40). Cette dimension joue sur la décomposition du produit, à travers de la conception de son architecture (le niveau de l'intégration technique des parties) et ensuite de ses composants (le niveau du périmètre des sous-systèmes ou des modules et au-dessous de ceux-ci) (Calvi *et al.*, 2005).

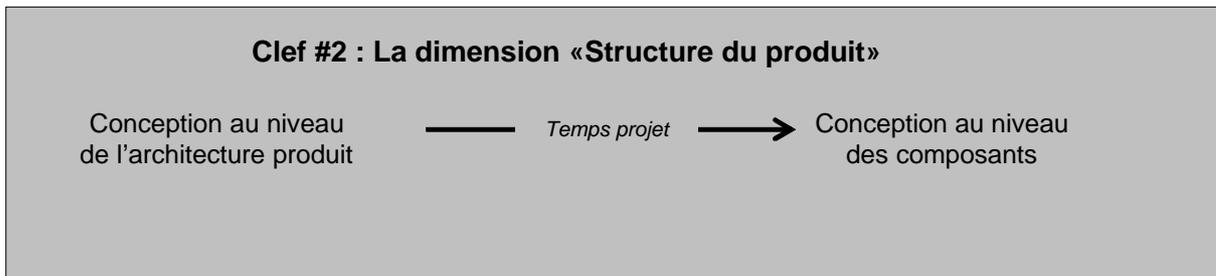


FIGURE 40 - Deuxième clef de découpage logistique du projet

L'architecture produit résulte de la décomposition (fonctionnelle, structurelle, modulaire) et joue sur la division du travail de conception. Ainsi, au début, l'intervention de la logistique doit se passer autour de la conception de l'architecture produit, où les aspects liés aux besoins stratégiques sont traités. Plus tard, toujours dans la temporalité du projet, la logistique va intervenir dans les équipes multimétiers responsables de la conception de chaque périmètre composant, où les exigences tactiques et opérationnelles - les contraintes - devront être intégrées.

Une remarque fondamentale est que ces deux dimensions marquent des temporalités différentes, certes imbriquées, mais pas complètement superposées.

Nous avons pu vérifier cette affirmation au long du projet du TX, lorsque différentes solutions de concept produit ont été proposées pour un même découpage donné de l'architecture de l'engin. Symétriquement, la consolidation des nomenclatures devient faisable

lorsque les différentes équipes Composant ont décidé de figer la conception de leur périmètre respectif.

A travers ces deux clefs de découpage, nous pouvons désormais identifier les deux niveaux d'intégration de la logistique d'une part et caractériser les structures d'interfaces correspondantes d'autre part.

5.4.3. Niveau I d'intégration : la traduction des besoins stratégiques dans la conception

Ici, le but est d'intégrer les besoins stratégiques de la logistique par rapport au projet.

Par rapport aux deux clefs de découpage, ce niveau d'intégration se trouve dans les périodes de définition du concept produit-process et de la définition de son architecture (figure 41).

La définition du concept produit-process nécessite en parallèle les décisions portant sur l'architecture. Par ailleurs, c'est dans cette phase que les esquisses du cahier des charges sont définies et où, nous l'avons expliqué, la logistique doit traduire ses attentes et ses besoins stratégiques en termes d'éléments qualitatifs et quantitatifs pour pouvoir dialoguer avec les acteurs de l'ingénierie.

C'est pour cela qu'à ce niveau nous parlons "*d'intégration des besoins*", ce qui caractérise une tâche de prescription forte par rapport à la conception, car la stratégie de la logistique, en principe, s'applique à tous les produits à concevoir¹.

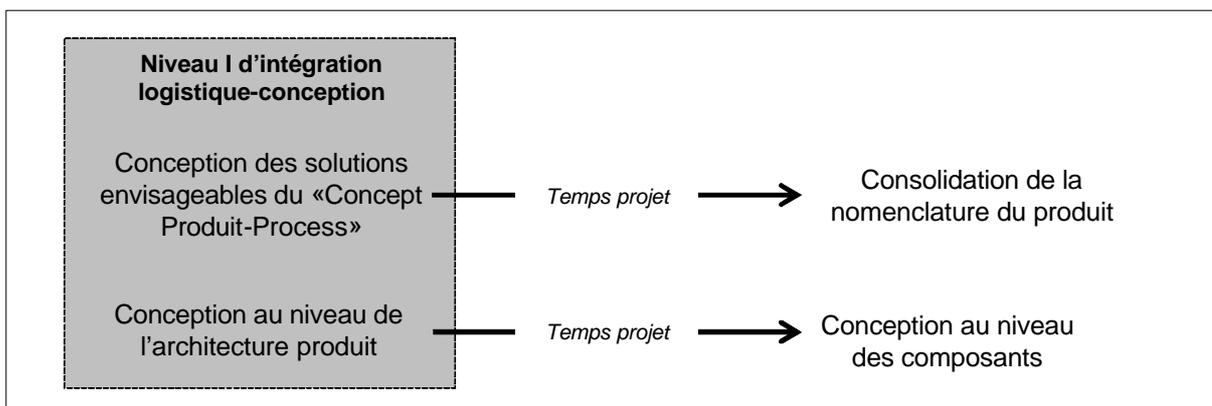


FIGURE 41 - Le premier niveau d'intégration

¹ Cette affirmation nous renvoie au cas particulier de S.P.E.

Il est important de remarquer que quelques besoins logistiques, une fois traduits dans le projet, deviennent de vraies contraintes au niveau de la conception du produit et du process de production. Par exemple le besoin de faire approvisionner des modules peints finis. Ce besoin stratégique joue sur l'architecture produit, sur les interfaces techniques entre périmètres et sur les gammes de fabrication et de montage.

5.4.4. Niveau II d'intégration : la prise en compte des contraintes logistiques

Ici, le but est d'intégrer les contraintes opérationnelles logistiques dans la conception des composants.

Le deuxième niveau d'intégration respecte les repères aval identifiés à travers les deux clefs de découpage (figure 42).

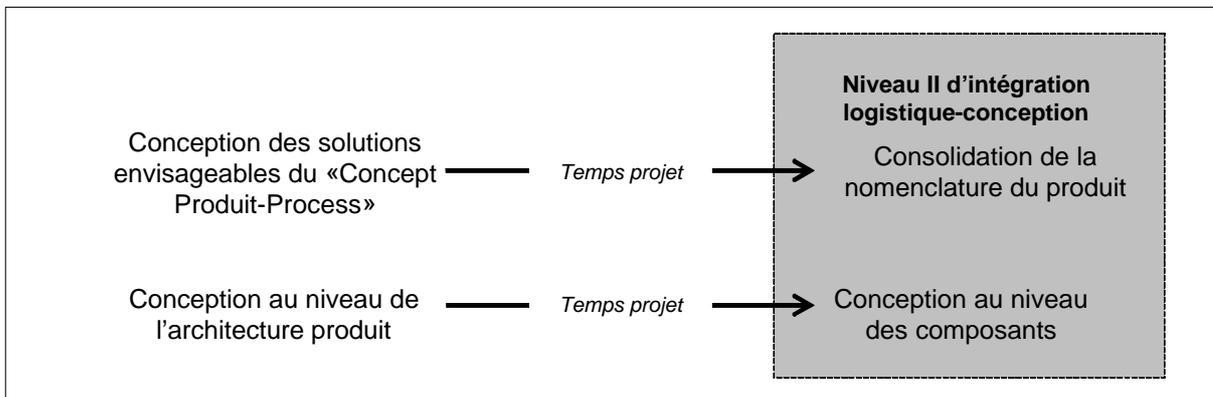


FIGURE 42 - Le deuxième niveau d'intégration

Le repère en aval le plus important ici est la consolidation de la nomenclature produit, car à ce moment la conception des composants est presque finie. La "fin" de la conception et la consolidation de la nomenclature sont évidemment menées en parallèle, mais nous avons vu le rôle fondamental de la traduction des nomenclatures en ce qui concerne l'intervention des acteurs de la logistique.

A ce niveau, on parle des aspects tactiques et opérationnels de la logistique par rapport à chacun des composants en conception. C'est pour cela que nous parlons d'une "***intégration des contraintes***". Et les contraintes sont nombreuses : les limites des moyens de manutention, la gestion de références, le délais d'approvisionnement, la taille de lot de composants achetés, le respect aux politiques de gestion de stocks et d'approvisionnement, le respect à la planification de production, etc.

D'après ce modèle, les deux niveaux d'intégration se chevauchent et peuvent ainsi être pilotés en parallèle dans le projet. Mais pour cela – et nous revenons à notre approche basée sur les interfaces –, il faut structurer les éléments selon le contexte de chaque niveau d'intégration afin de positionner la logistique dans le projet.

5.4.5. *La structuration différenciée des éléments d'interface selon chaque niveau d'intégration*

Par définition, nous avons affirmé que les éléments d'interface ne peuvent pas être complètement définis préalablement. Ainsi, pour la structuration telle que nous la comprenons, il s'agit d'une **rationalisation initiale**, d'un ensemble de prescriptions sensées supporter l'intégration dans l'action du projet. Ceci dit, regardons comment, dans chaque niveau d'intégration, les éléments d'interface peuvent être structurés.

Structure au niveau I

- *Les acteurs de la logistique* : dans ce niveau d'intégration, l'acteur d'interface représentera la vision stratégique de la logistique par rapport aux hiérarchies qui gèrent le projet. Ce rôle relève du pouvoir de négociation et d'arbitrage. C'est dans les premières orientations du projet que l'acteur peut se rendre compte du niveau d'adhésion de la stratégie logistique à la stratégie de développement de produits. Le profil de cet acteur d'interface est celui du *Supply Chain Expert* (4.4.1).

- *Les outils* : nous avons vu que la méthode QFD ne s'avère pas suffisante comme outil d'interface pour le travail de traduction. Ainsi, pour structurer l'interface à ce niveau, il faut **d'autres outils** capables de passer de la vue conception à la vue logistique et vice-versa, à travers l'identification de variables de conception. L'attribut principal de ces outils devra être la capacité de traduction des besoins logistiques.

- *Les objets intermédiaires* : des nouveaux objets intermédiaires sont nécessaires à ce niveau d'intégration. néanmoins, du fait que la plupart des objets intermédiaires sont le résultat même de l'usage des outils d'aide à la conception et d'autres outils d'interface, nous ne pouvons les identifier en avance sans faire des références à l'outil.

- *Les espaces et les temps* : une affectation permanente des acteurs logistiques dans ce premier niveau d'intégration ne suffit pas si les espaces/temps d'activité collectives restent dédiés aux discussions stratégiques autour des aspects de performance technique du produit. Il faut multiplier les espaces/temps de confrontation de points de vue différents sur le projet.

Ainsi, nous pouvons rompre avec la logique d'intervention à un moment donné du projet – notamment dans les revues projet - vers une logique basée sur les discussions autour de la *Supply Chain* pour le produit. A ce niveau, il s'agit de mettre en avant la vision de gestion par les flux, de distribution des activités logistiques, de prise de connaissance avec les points de la stratégie *Supply Chain*. Ainsi, nous préconisons un volet *Supply Chain* tantôt en termes de la définition du Plan d'Action du projet, tantôt en termes de revues du projet.

- *Les procédures et les règles* : à l'instar des objets intermédiaires, il est difficile d'anticiper des procédures et des règles, car celles-ci émergent du processus d'apprentissage qui se passe aux interfaces. Au premier niveau d'intégration il s'agit de formaliser les règles générales pour tous les projets qui démarrent dans un programme de développement produits. Des règles stratégiques comme des orientations transversales.

Structure au niveau II

- *L'acteur de la logistique* : dans la deuxième étape, au sein des équipes multimétiers, il s'agit d'interagir au niveau tactique et opérationnel sur l'architecture et le concept produit-process donnés. Ici, l'acteur d'interface n'a pas besoin d'avoir le même profil que celui qui intervient dans le niveau I d'intégration. Au niveau II, il s'agit des profils de *concepteur logistique* et de *concepteur de flux logistiques (4.4.1)*, dans la mesure où les contraintes doivent être identifiées, formalisées et traduites dans le langage de conception produit. Par ailleurs, les compétences de négociateur entre logistique et ingénierie s'avèrent fondamentales pour identifier et apporter des pistes de solutions aux éventuels problèmes concernant l'interface logistique-conception. Cette compétence se développe d'abord dans l'action collective des équipes projet et deuxièmement dans l'action collective des services logistiques.

- *Les outils* : les outils informatiques d'aide à la conception (notamment le maquettage et visualisation 3-D) sont ceux indiqués pour structurer les interfaces, compte tenu de leurs fonctionnalités et leur partage entre les acteurs. Néanmoins, du fait que les acteurs de la logistique n'ont pas encore la compétence sur la conception à partir de ces outils, nous préconisons le développement **d'autres outils** qui permettent de compléter l'environnement d'outils d'interface. En nous appuyant sur l'exemple de l'équipe Focus, nous citons l'outil d'aide à la traduction de nomenclatures et l'outil d'aide à la gestion des activités de l'équipe. Dans le cas de la logistique, à l'instar des nouveaux outils pour le niveau I, il faut

un outil de traduction qui permet de montrer les *scenarii* logistiques pour une alternative de conception donnée. Nous allons développer cette notion dans le chapitre suivant.

- *Les objets intermédiaires* : les observations faites pour le niveau I s'appliquent également au niveau deux.
- *Les espaces et les temps* : les espaces et les temps à ce niveau d'intégration concernent plutôt la synchronisation logistique-conception. Des espaces et des temps préalablement définis pour parler de la logistique du composant en stade de conception, sinon des "revues logistiques" – donc synchrones - dans chaque équipe multimétiers. Ces revues induisent la multiplication d'autres espaces et temps asynchrones et informels pour la discussion de questions qui y émergent, en dehors des réunions préalablement définies.
- *Les procédures et les règles* : à ce niveau d'intégration, le rôle des procédures et des règles est d'une part de formaliser les logiques de travail de la logistique et de l'ingénierie dans le cadre des différentes équipes multimétiers et d'autre part de permettre la traduction de variables logistiques dans les variables de conception. Dans ce contexte, nous voyons plus clairement la possibilité de développer dans l'interaction des nouvelles règles comme celles construites par les acteurs de l'équipe Focus (4.2.4).

5.4.6. *Positionnement des niveaux d'intégration par rapport au modèle NPI*

Maintenant que nous avons décrit séparément les préconisations de chacun des niveaux d'intégration de notre modèle, il nous faut revenir au processus NPI de S.P.E. et voir comment positionner le modèle (figure 43). Dans la figure, nous observons:

- Les clefs de découpage ou de répartition du processus de conception du point de vue de la logistique.
- Le modèle à deux niveaux de support à l'intégration.
- Les éléments d'interface (les acteurs, les outils, les objets intermédiaires, les espaces/temps et les procédures/règles).
- Les préconisations de structuration différenciée selon le niveau d'intégration.

Il nous semble important d'ajouter que, en suivant une mise en œuvre formelle d'un tel support à l'intégration, les acteurs de la logistique s'insèrent dans une **logique de changement** par rapport à leur paradigme de travail à partir d'une conception donnée.

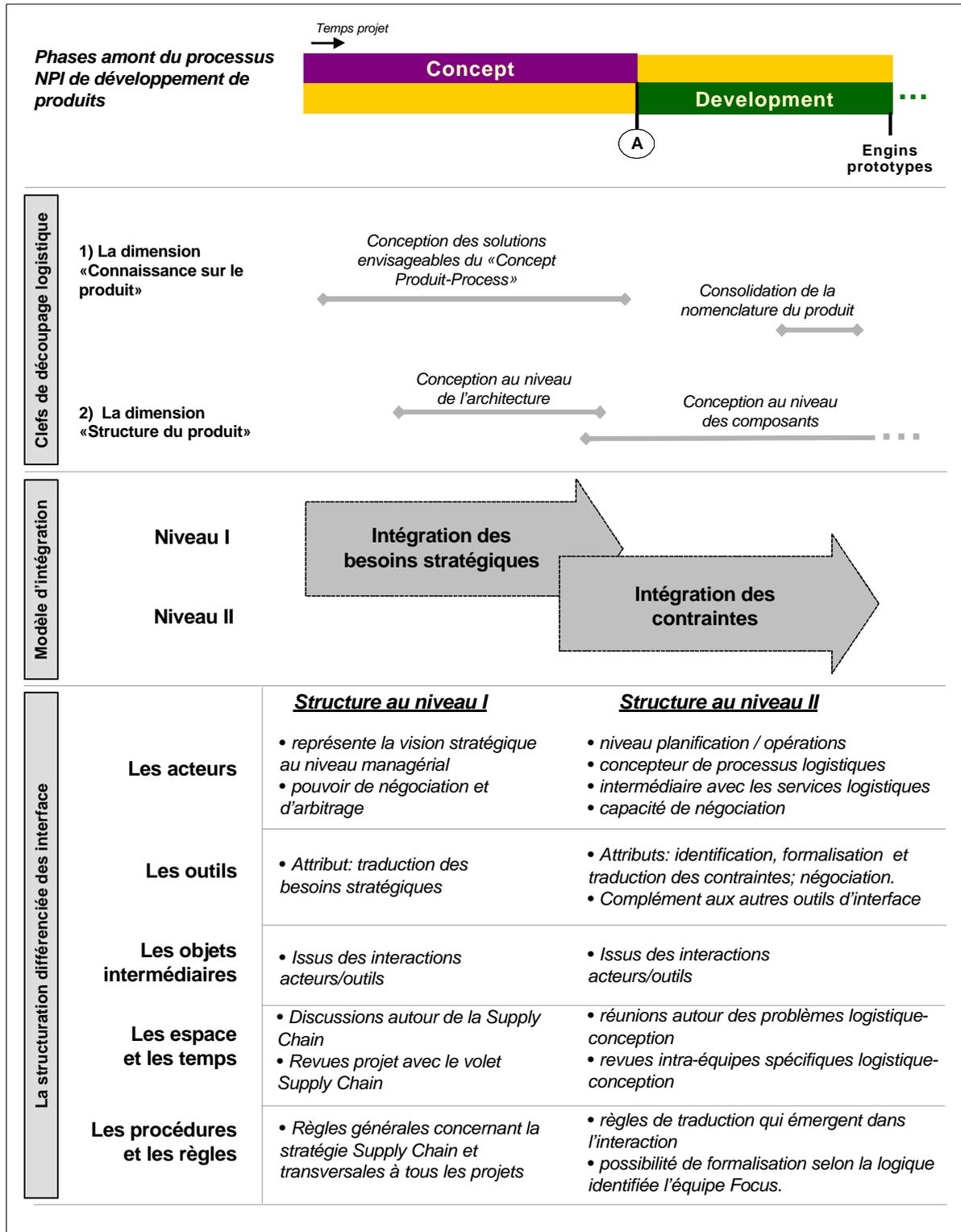


FIGURE 43 - Positionnement du modèle d'intégration à deux niveaux par rapport au processus de conception

Comme nous l'avons remarqué, en se positionnant dans les situations d'interface durant le projet, ils vont créer d'autres prescriptions sous la forme de procédures et de règles qui formaliseront les nouveaux savoirs et les nouvelles connaissances d'interface.

Par ailleurs, cet apprentissage devient un moyen effectif pour que la logistique développe une compétence qui lui est naturelle, en ce qui concerne la gestion de la chaîne logistique : la maîtrise des interfaces, mais cette fois-ci dans le cadre de projets de conception.

Parmi les préconisations faites, nous avons mentionné trop rapidement le besoin de nouveaux outils. Notre prochaine contribution dans cette thèse sera donc de proposer un dispositif - composé d'un **nouvel outil d'interface** et des **prescriptions sur son usage** pendant les projets de conception.

5.5. Conclusion

Notre apport à travers ce chapitre a été triple. Nous avons d'abord développé un idéal d'intégration de la logistique, pour à partir de là, élaborer nos préconisations.

Ensuite, nous avons développé un modèle d'intégration à deux niveaux, selon un découpage logistique du processus de développement appuyé sur deux clefs de répartition : la connaissance sur le produit et la structure du produit.

Enfin, nous avons préconisé une structuration différenciée des interfaces en respectant les spécificités de chaque niveau d'intégration, pour que la logistique puisse effectivement suivre une démarche formelle vers l'idéal d'intégration et se positionner par rapport aux phases amont des projets de développement.

Nous rappelons encore que l'intégration en tant que telle ne peut pas être mise en œuvre sous une base normative, mais elle résulte **du travail collectif des acteurs autour de problèmes d'interface logistique-conception**. Notre hypothèse plus importante c'est de dire que la structuration des interfaces fonctionne comme un déclencheur d'un processus d'apprentissage initial vers l'idéal d'intégration. Après cette phase d'apprentissage initiale franchie, nous pouvons penser à des prescriptions plus normatives sous la forme de règles ou de procédures préalablement définies.

Finalement, les modèles que nous avons proposés dans cette thèse se sont basés sur le cas spécifique d'un projet de conception vécu chez S.P.E. Cependant, nous croyons que les modèles sont suffisamment robustes pour être adaptés à d'autres types de processus de

développement d'autres types de produits. Il faut trouver les "bonnes" clefs de répartition du processus de conception, les "bons repères" logistiques pour les positionner. Les éléments fondamentaux d'interface peuvent être les mêmes dans un premier temps.

Il reste néanmoins une lacune importante : on ne dispose pas d'un outil d'interface adéquat pour pouvoir traduire le point de vue conception dans un point de vue logistique du produit et vice-versa.

*"[...] je vois l'outil
Obéir à la main ; mais la main, qui la guide ?"
Jean de La Fontaine (1621-1695). "Discours à Madame
de la Sablière - Le Renard, le Loup et le Cheval ", in Fables
complètes, France Loisirs/Garnier Frères, 1962, p.269.*

Chapitre 6

Le Profil Logistique : outil d'interface pour l'intégration logistique - conception

Nous consacrons ce chapitre à la présentation du Profil Logistique. Il s'agit d'un outil d'interface pour l'intégration logistique-conception dont le développement a été le résultat du travail que nous avons réalisé en collaboration avec une équipe multifonctionnelle chez S.P.E.

Pour développer le Profil Logistique, nous nous approprions les principaux concepts présentés et discutés dans ce mémoire, notamment ceux d'intégration, d'interface et de traduction. Afin d'expliquer comment nous sommes arrivés aux idées derrière l'outil, nous commencerons notre discussion à partir des réflexions autour des classifications des composants selon leurs caractéristiques logistiques, une compétence importante pour la rationalisation des activités des services logistiques. Ensuite, nous allons décrire l'émergence du terme "profil logistique". Ces réflexions nous ont permis d'identifier les besoins à prendre en compte dans la conception de nouveaux outils pour instrumenter la logistique dans les phases amont des projets.

Finalement, nous présenterons notre modèle de Profil Logistique et chacune de ses parties, ainsi que leurs spécificités par rapport à d'autres approches pour l'intégration de la

logistique dans la conception.

6.1. L'émergence des premières idées pour la conception d'un outil d'interface

Nous proposons d'abord une synthèse des principales idées qui nous ont inspiré et nourri tout au début de nos réflexions sur la conception d'un outil d'interface. De cette période exploratoire de notre recherche, trois temps principaux sont à mettre en exergue : les discussions autour du problème d'estimation des coûts logistiques, ensuite la constatation importante sur la rationalisation des procédés logistiques appuyée sur les classifications et finalement la proposition initiale concernant l'utilisation des compétences de classification logistique dans les phases amont de la conception.

6.1.1. Un problème spécifique : l'estimation des coûts logistiques

Nous avons expliqué¹ qu'une des difficultés majeures rencontrées dans l'approche d'intégration à travers la prise en compte des coûts logistiques a été l'incompatibilité entre la vision processus au niveau d'un composant et la vision verticale des coûts au niveau de l'usine. Plus précisément, dans la vision processus, on calcule les coûts pour faire transiter un composant particulier à travers les différentes étapes de son processus logistique. Dans la vision verticale, on calcule les coûts logistiques de tous les composants confondus, indépendamment des processus et des lignes produit, la clé de répartition étant les services responsables.

Rapidement nous nous sommes rendu compte que l'identification des coûts d'un composant spécifique est un exercice complexe de manipulations d'extraction, de traitement et d'agrégation des informations sur la logistique du composant. Toute cette manipulation d'informations nous signalait que le problème majeur n'était pas celui de *calculer* ou d'*estimer* les coûts logistiques, mais celui de *chercher* et de *structurer* les informations de façon appropriée pour, dans l'étape suivante, les traduire en termes financiers. De surcroît, le langage financier constitue un moyen d'interaction partagé entre tous les acteurs des projets de conception.

Or, cette difficulté est apparue dans le cas de figure de composants existants et en usage dans l'usine. Si on parle d'un *composant en devenir*, on ajoute un autre élément de complexité : l'inexistence d'informations consolidées sur le composant.

¹ Cf. section 5.1.2

On passe du problème de *chercher* l'information au problème de *créer* l'information sur le composant, ce qui rejoint la problématique majeure de leur conception. En revanche, un des apports de nos études sur l'intégration des coûts logistiques a été l'identification des rationalités justifiant la diversité des canaux logistiques pour les différents types des composants qui transitent dans la chaîne logistique et dans l'usine¹. Cette rationalité s'appuie fortement sur les classifications des composants selon leurs caractéristiques logistiques.

6.1.2. *Un constat : le rôle des classifications dans la rationalisation de l'activité logistique*

Les rationalités des activités logistiques reposent fortement sur un effort de classification des différents cas de figure qui se présentent. La classification a pour objectif l'agencement cohérent des composants selon les canaux logistiques les plus appropriés à chaque cas de figure.

Nous trouvons dans la littérature des références qui mettent en exergue ce besoin de classification. Par exemple, [Aitken et al. \(2003\)](#) ont proposé un outil d'aide à la prise de décisions stratégiques qui associe les caractéristiques de chaîne logistique à l'étape du cycle de vie du produit (introduction, croissance, maturité, saturation et déclin). L'idée est ainsi d'agencer le produit au meilleur canal logistique en respectant les spécificités de la phase du cycle de vie.

Dans un propos plus modeste, revenons chez S.P.E. pour regarder à travers deux exemples le rapport entre rationalisation des activités et classification.

Le premier exemple présente deux cas de figure concernant des composants d'un tracteur à chenilles (figure 44).

Dans le premier cas de figure - la cabine de l'opérateur -, il s'agit d'un composant à très forte valeur ajoutée qui est acheté monté à un fournisseur de premier rang et sérialisé selon la configuration commandée et la planification de production. Il n'y a pas de sous-traitants intermédiaires ou de stockage en usine, car les cabines sont approvisionnées en juste à temps sur la ligne. Ces cabines suivent ainsi un canal logistique dédié aux composants qui ont des caractéristiques similaires de **comportement logistique**² caractérisé à partir des

¹ Dans le jargon S.P.E., chaque branche d'une nomenclature produit constitue une chaîne logistique à gérer et à contrôler. Ainsi, un tracteur à chenilles peut arriver facilement à plus de 1 000 chaînes différentes.

² Nous avons largement utilisé ce terme dans la diffusion de nos idées chez S.P.E., comme métaphore à l'ensemble des attributs qui caractérisent la logistique du composant, avant de l'intégrer définitivement au concept de Profil Logistique.

nombreux paramètres propres à la logistique de l'entreprise (la politique d'approvisionnement, le fournisseur, le délai de livraison, acheminement interne, etc.).

Le deuxième exemple montre un composant mécano soudé ("structure de protection (ROPS¹)") qui est intégré à la cabine en ligne de montage. Outre les différences de source et de délai d'approvisionnement, le comportement logistique est assez différent de celui de la cabine : une politique d'approvisionnement classique (MRP), l'intervention d'un sous-traitant intermédiaire pour des services de prémontage et de peinture, le stockage en magasin et la distribution interne ordonnancée selon la demande et l'appel du processus de montage.

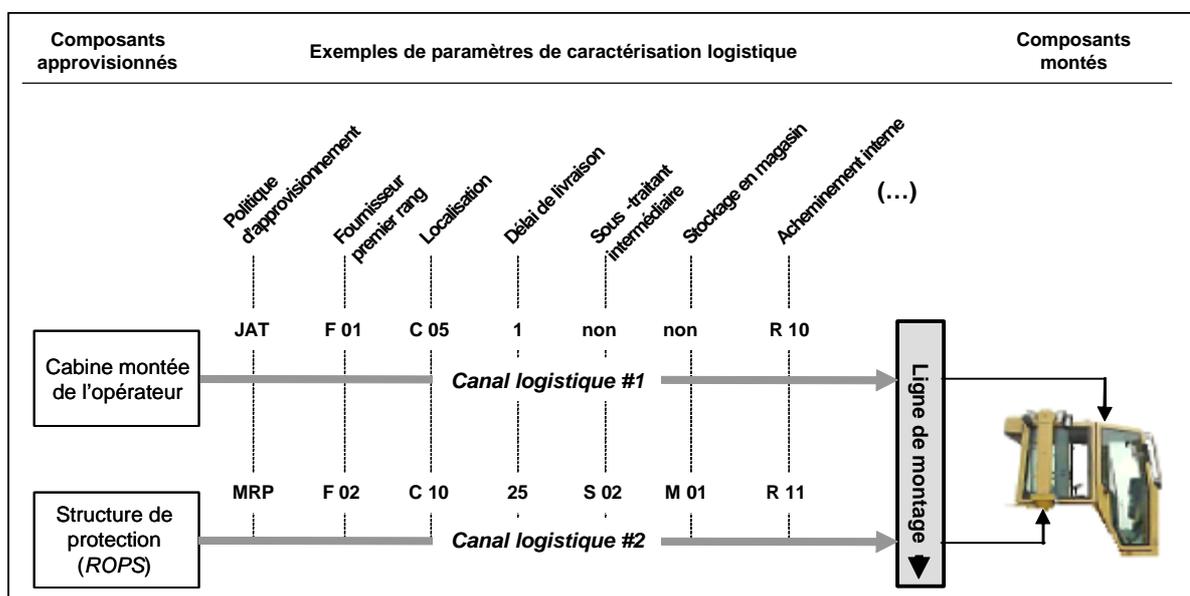


FIGURE 44 - Des canaux logistiques distincts pour deux composants différents.

Les nombreux paramètres qui caractérisent ces deux composants et leurs classifications logistiques se traduisent et se matérialisent à travers des codes (référence du composant, code du fournisseur, code du pays, code du magasin, code de réception, code de l'acheminement interne, etc.). Le résultat de ces classifications est double : d'une part, il s'agit de la configuration même des flux informationnel et physique de chacun des composants gérés. D'autre part, c'est l'expression formelle de **la vision logistique** de tous les produits qui sont réalisés par l'entreprise, d'où notre affirmation qu'il s'agit d'un moyen déterminant pour la rationalisation des activités logistiques.

¹ Rollover Protective Structure.

Considérons maintenant un deuxième exemple plus lié à la logistique opérationnelle (figure 45).

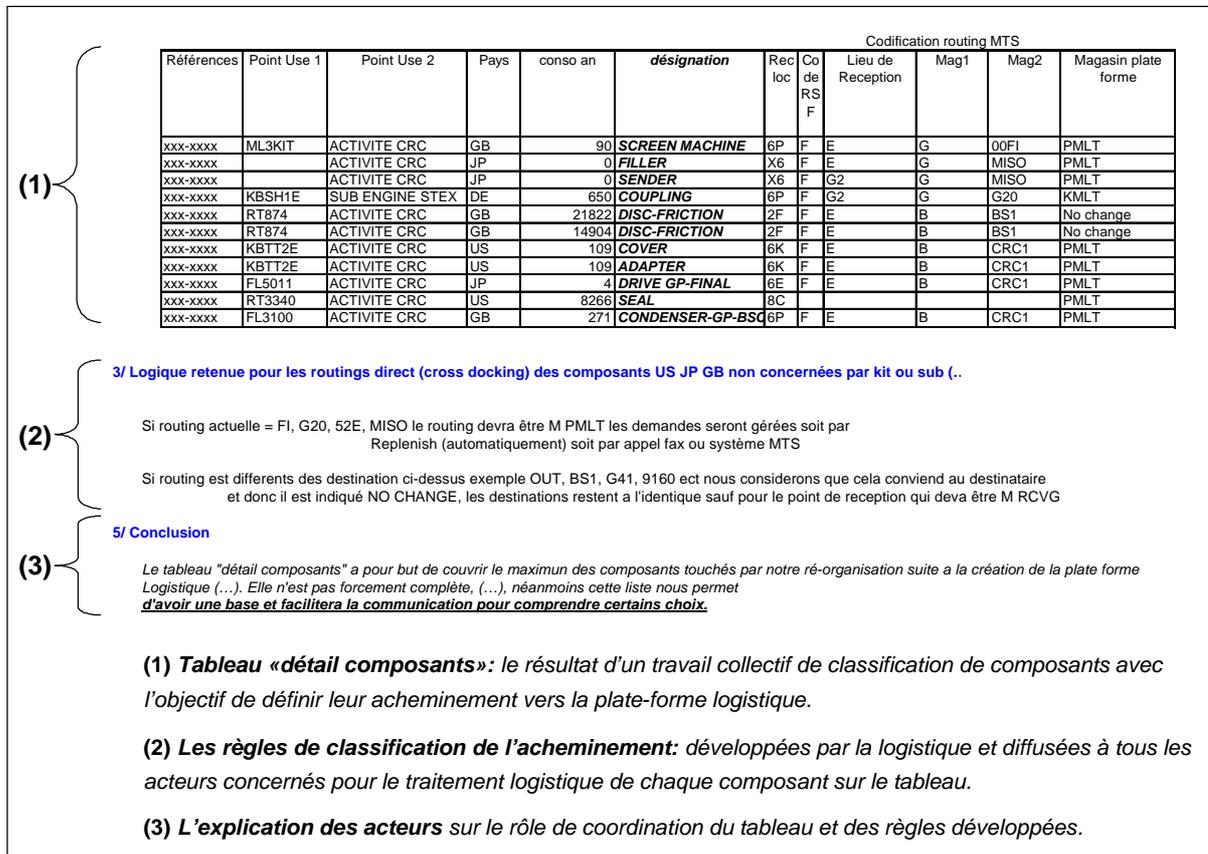


FIGURE 45 - Exemple de démarche pour la coordination de l'acheminement de composants existants à partir d'un ensemble de classifications selon des paramètres logistiques.

Pour coordonner les tâches de réception de composants et de leur stockage dans une plate-forme logistique, les acteurs des services logistiques S.P.E. concernés ont identifié et classifié tous les composants jusqu'alors réceptionnés en usine terminale et qui seraient transférés à la plate-forme. Le résultat a été un tableau ("détail composants" sur la figure 45) avec la vision logistique de tous les composants à transférer, selon leurs paramètres spécifiques. Une deuxième classification est demandée par les acteurs de la logistique, cette fois-ci concernant l'acheminement interne ("routing"). Cet acheminement devrait respecter l'une des deux règles créés par les acteurs ("routing actuel" ou "routing différent"), jusqu'à ce que le transfert soit complètement implanté et stabilisé. Ces règles sont incompréhensibles pour ceux qui ne connaissent pas en profondeur les logiques implicites cachées derrière les

paramètres logistiques de l'entreprise. A la fin du document, les acteurs expliquent de manière implicite le rôle de coordination du tableau et des règles¹.

La question que nous nous sommes posés a été celle de savoir *comment les acteurs définissent ces classifications (et ainsi les démarches associées) pendant un projet de conception*. Nous résumons cette réflexion en deux constatations.

a) *La première constatation est que les démarches de classification ne sont ni automatiques, ni automatisées*. A part les aspects exogènes concernant les fluctuations de demande, fort nombreuses sont les classifications (ici dans un sens d'affectation) qui résultent des décisions qui touchent l'organisation industrielle de façon transversale :

- Sur la conception du produit (les attributs physiques et techniques du composant, comme la matière première, l'état de surface, les dimensions, le poids, etc.).
- Sur la conception du process (les procédés de fabrication et de montage, les gammes, les points de consommation sur les lignes, etc.).
- Sur la stratégie d'achat (tout ce qui concerne le faire (*make*) ou faire-faire (*buy*), le développement des fournisseurs, le choix des sources d'approvisionnement, etc.).
- Sur la gestion et le fonctionnement du processus logistique lui-même (la stratégie, la gestion, la planification, le pilotage, le contrôle, l'approvisionnement, la livraison, la manutention, la réception, le stockage, la distribution).

Les services logistiques, sachant quelles sont les spécificités du composant et de son process, structurent ainsi le canal logistique approprié, à travers l'insertion du composant dans le processus logistique, en essayant de perturber le moins possible la dynamique de l'usine et la planification de production.

Il s'agit d'une démarche non automatique, mais distribuée (en termes de tâches et de savoir-faire) et fortement ancrée dans l'expertise des acteurs de la logistique. En les observant dans leur démarche, nous avons constaté que ces acteurs construisent toute une structure d'interface de support aux classifications.

¹ Il s'agit en effet d'un nouvel objet intermédiaire et des règles d'interface qui permettent aux acteurs de l'exploiter.

b) *La deuxième constatation est que les éléments d'interface (les acteurs, les outils, les objets intermédiaires, les espaces/temps, les procédures et les règles) qui supportent les démarches de classification sont formalisés et structurés.* En effet, autour de chaque paramètre existe un acteur et un service responsable qui utilise des outils spécifiques ou génériques à la logistique, des procédures internes, des règles, de nombreux objets intermédiaires créés, manipulés et transformés qui y circulent, des espaces/temps alloués bien précis pour discuter les évolutions des classifications et "les nouveaux arrivants"¹.

Ces interfaces sont construites entre les services logistiques et entre ceux-ci et les autres fonctions industrielles. En théorie, **dès que le composant est connu**, la logistique - à travers ses expertises inhérentes et de nombreuses négociations aux interfaces - **trouve toujours une combinaison de paramètres ou crée des nouveaux** qui permettent d'affecter proprement le composant à l'un des canaux existants. A travers cet exemple, nous rejoindrons notre réflexion sur la flexibilité empirique-opérationnelle de la logistique (Cf. section 5.2.2).

Du renseignement des paramètres attribués au composant dans les systèmes d'information logistique, à la maîtrise sur le terrain de la manutention des lots approvisionnés, les acteurs de la logistique apprennent sur le composant et son comportement². *Et si les caractéristiques du composant exigent une solution de classification encore inexistante ?* Cela nous amène à notre conclusion concernant les classifications :

Une autre clef d'entrée pour penser l'intégration de la logistique est d'interroger ces classifications le plus en amont possible.

Le projet du tracteur TX nous a montré comment l'innovation dans la conception peut influencer les classifications logistiques. L'exemple le plus marquant est le passage de la logique d'approvisionnement de sous-ensembles plus simples intégrés en interne, **au besoin** d'une nouvelle logique d'approvisionnement de gros modules prémontés, prétestés et peints finis. **Dans ce cas, tantôt les interfaces (*Quels outils ? Quelles règles de classification ? Quels acteurs ?*), tantôt les canaux logistiques étaient à développer (*quel scénario ? Quelle politique d'approvisionnement ? Quelle manutention ? Comment livrer ? Comment gérer ?*).**

¹ Chez S.P.E., même en dehors des projets de conception, les changements sur des composants existants font l'objet de réunions et d'échanges importants entre les acteurs de la logistique et de l'ingénierie.

² En prenant le cas des cabines, auparavant montées en interne à partir de composants stockés, l'apprentissage consiste en la maîtrise du processus d'approvisionnement externe d'un gros composant acheté monté, sous la contrainte d'une production sérialisée selon la configuration commandée.

Serait-il possible d'anticiper et ainsi démarrer l'apprentissage sur les changements du produit¹ en amont de la conception, au lieu de simplement les subir en aval, le fait accompli ?

Cette question est au cœur de l'intégration à l'aide du Profil Logistique, comme nous allons le montrer au long du chapitre.

Bref, nous croyons que la maîtrise des démarches de classification logistique, comme une approche effective de rationalisation des activités correspondantes, constitue une compétence clef dans les phases amont des projets de conception. Cette hypothèse a été à la base de notre première proposition d'une esquisse d'outil.

6.1.3. *Une première piste : remonter la compétence de classification logistique dans les phases amont de la conception*

Il est clair que l'hypothèse centrale derrière les classifications est l'existence préalable d'informations précises sur le composant, d'où l'importance d'avoir la nomenclature produit complète avec toutes ses références². A l'égard du problème d'estimation des coûts logistiques dans les phases amont, lorsqu'on parle d'un composant au stade de conception, les interfaces existantes de support aux classifications deviennent inutiles.

Ainsi, la première piste que nous avons poursuivie pour instrumenter l'intégration a été dans le sens d'identifier des moyens pour ramener cette compétence autour des classifications, acquise pendant toute l'évolution de la fonction logistique de l'entreprise, dans un nouveau territoire : les phases amont des projets de conception.

Néanmoins, nous ne pouvons pas penser un outil d'interface comme un simple outil métier de classification logistique des nombreux composants qui émergent des projets de conception. En discutant de cette question avec les acteurs de la logistique, une première suggestion a été **de ne pas classifier**, mais plutôt de construire la "carte d'identité logistique" du composant **en parallèle** de sa conception.

Toutefois, cette métaphore de "carte d'identité" laisse implicite une relation indésirable d'unicité entre composant et logistique. En effet, le but est justement d'éviter des situations spécifiques et de standardiser au maximum les différents cas de figure qui s'expriment à travers les classifications logistiques.

¹ Ici, dans le sens "d'un ensemble de composants à gérer".

² Cf. section 4.3.1.

Ces réflexions nous ont conduit à penser un outil qui permettrait aux acteurs **de comparer deux situations logistiques différentes, à partir de deux solutions de conception distinctes**. Il faut plutôt un outil qui permet aux acteurs d'interface de *distinguer et de juger logiquement* les différences entre deux ou plusieurs alternatives de conception et, à partir de là, savoir négocier des éventuels changements pour mieux adapter les alternatives aux besoins et aux contraintes logistiques.

Par exemple, considérons le cas de la conception d'un sous-système du circuit de fluide réfrigérant (*coolant hoses*) qui est monté sur le radiateur des engins (figure 46). Nous voyons dans la figure trois alternatives différentes de conception.

Dans la première alternative, il s'agit d'une solution considérée classique, testée et homologuée, avec le montage horizontal de trois tubes flexibles sur un tube rigide en "T", dans un total de quatre références de composants.

La deuxième est une dérivation de la première, mais dans une configuration verticale par rapport au radiateur. La troisième constitue une innovation, car il s'agit d'un seul tube flexible qui substitue trois des quatre références nécessaires dans les alternatives précédentes. Par ailleurs, un tube flexible unique exige un seul outillage pour sa fabrication. Par contre, en termes de performance technique, il faut un prototype de cette solution qui doit être fabriqué et monté pour la réalisation de tests.

Etant donné ces trois alternatives, que dire de la logistique pour chacune d'entre elles ?

Les canaux logistiques sont-ils les mêmes ? Le fournisseur actuel est-il capable de réaliser l'innovation, si jamais on retient l'alternative #3 ? Quels sont les délais ? Et les impacts au niveau des stocks ? Comment fait-on pour manutentionner un long tube flexible qui ne peut absolument pas subir de contamination ? Quels sont les supports de manutention ? Quelle est la réduction des coûts au niveau de la gestion de références ? Doit-on approvisionner en juste à temps ? Bref, combien ça coûte la logistique pour chacune de ces alternatives, pour la qualité et le délai exigés ? Ce sont des questions couramment posées par l'équipe de projet.

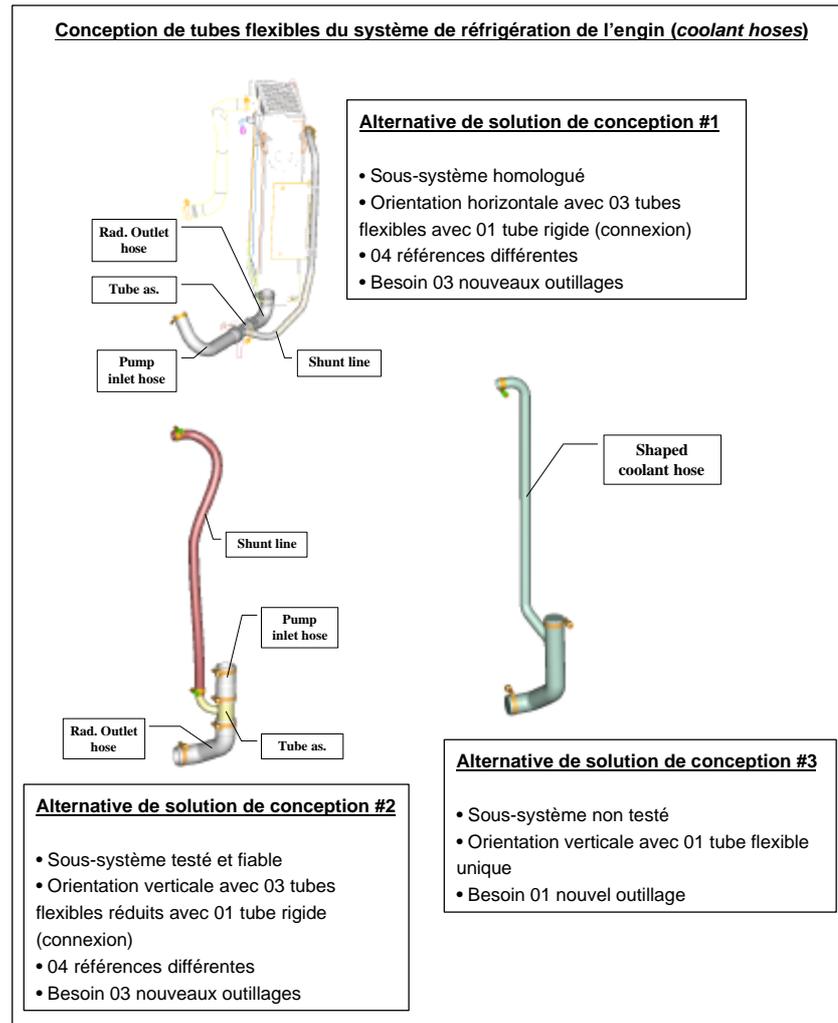


FIGURE 46 - Quels sont les comportements logistiques de chacune de ces alternatives de conception ?

Notre approche a été ainsi de chercher plutôt un "profil approximatif de ces alternatives de solution de conception", une notion qui nous est apparue plus parlante et générale pour prendre en compte le fait que dans les phases amont des projets, nous ne pouvons ni penser les classifications logistiques de la même façon, ni vouloir la précision et l'exactitude de l'information demandée par la logistique dans les phases aval.

Par ailleurs, une même solution de conception peut donner lieu à différentes "interprétations" logistiques. Il fallait apprendre à travailler dans l'incertitude sur la conception du produit. A partir de là, la notion d'un "profil logistique"¹ comme moyen d'interpréter approximativement une solution de conception nous est venue à l'esprit.

¹ Parmi les fort nombreux sens du vocable "profil", Le Nouveau Petit Robert (1993) indique : "3. Représentation, vue latérale, ou aspect d'une chose dont les traits, le contour se détachent, silhouette".

La littérature sur la conception intégrée et la conception du cycle de vie du produit nous indiquent d'autres usages du terme "Profil" dans les outils d'aide à l'intégration. Lopez-Ontiveros (2004) a défini 11 "profils de produits remanufacturables", à partir de 36 critères de classification. L'objectif étant de permettre aux acteurs concepteurs d'évaluer préalablement le niveau de pertinence de l'attribut de "*remanufacturability*" du produit.

Dans un autre exemple, Lagerstedt (2002) propose le concept de "*Environmental Profile*" – le profil environnemental du produit – afin de le comparer avec son profil fonctionnel. Dans cette approche, une matrice de corrélations est construite avec ces deux variables afin que les acteurs du projet puissent faire une évaluation préalable sur la solution de conception.

La différence de ces travaux par rapport à notre approche c'est que nous avons décidé de ne pas prédéfinir des profils, mais **de construire** le profil logistique dans l'action des projets. Ces discussions initiales nous ont amenés à découvrir d'autres besoins pouvant être couverts par une proposition d'outil générique d'interface.

6.2. Les besoins pour la conception d'un nouvel outil d'interface

Nous identifions les besoins suivants pour le développement des nouveaux outils d'interface.

6.2.1. *Proposer des instruments aux acteurs de la logistique pour la construction d'une démarche d'analyse et de synthèse des alternatives de solutions de conception*

Il s'agit du besoin fondamental à atteindre. L'instrumentation à laquelle nous faisons référence concerne la mise à disposition des acteurs de la logistique des outils qui leur permettraient d'agir sur les propositions de conception. Cette action sur la conception dépend fortement de l'apprentissage et de la formalisation de la vision logistique : il s'agit de porter un jugement sur ce qui est en train d'être conçu et ainsi démarrer une logique de création de prescriptions logistiques pour les acteurs de la conception. Par exemple, l'élimination d'une alternative de solution impose des prescriptions fortes (Hatchuel, 1996).

6.2.2. *Permettre l'apprentissage sur le projet et sur la conception du produit*

Il s'agit du besoin d'apprendre, dans la temporalité des projets, sur ce qui est au stade de conception, cet apprentissage s'appuyant sur la structuration des interfaces autour de l'usage de l'outil dans les activités de projet. Chez S.P.E., les acteurs se réfèrent à cet

apprentissage comme le "*on going*" du projet, c'est à dire, la compréhension et l'appropriation progressive de ce qui se passe, de l'état d'avancement de la conception, des problèmes et des solutions développées, ainsi que de leur évolution.

Des outils d'interface conçus pour les phases amont doivent absolument faciliter l'apprentissage des acteurs, tantôt sur le projet (dans l'évolution de l'organisation), tantôt sur la conception même de l'artefact (dans l'évolution du problème et des pistes de solution de conception).

6.2.3. *Formaliser la vision logistique en amont des projets*

La vision logistique est l'ensemble de représentations partagées de la logistique pour l'artefact en conception. Ces représentations se servent des paramètres propres aux classifications logistiques, des hypothèses des acteurs et des différents supports. Notre analyse des interfaces a montré qu'il ne suffit pas de formaliser les objectifs logistiques pour qu'ils soient intégrés par les acteurs dans les solutions de conception¹.

Il faut formaliser cette vision logistique de la conception de l'artefact pour construire en parallèle le scénario logistique correspondant. Ce besoin de formalisation amène forcément aux traductions.

6.2.4. *Supporter les traductions des solutions de conception*

C'est le besoin de changer le sens des représentations des solutions de conception qui émergent au long du projet. Ces représentations, nous l'avons vu, sont partagées par ceux qui font partie du réseaux autour des maquettes numériques².

Le passage de la vision conception à la vision logistique correspond à un processus de traduction (de communication et traduction-complémentation, dans le sens de [Mer, 1998](#)). Les solutions préliminaires de conception sont traduites dans un langage et des variables propres à la logistique. L'outil doit supporter ce processus de traduction.

Nous allons montrer que le résultat de ce processus formalise la vision logistique à travers des **nouveaux objets intermédiaires** issus de l'usage de l'outil, ce qui a été soulevé

¹ Cf. section 4.3.4

² Cf. section 4.3.6.

par Mer (1998), dans sa définition des caractéristiques principales des outils d'aide à la conception intégrée¹.

A partir de ces besoins, nous pouvons désormais caractériser le Profil Logistique.

6.3. Caractérisation de l'outil

Pour renforcer davantage notre proposition, l'objectif principal du Profil Logistique est de **supporter l'intégration de la logistique** dans les phases amont des projets de conception. Dans les termes de B. Weil (1999), notre propos avec le Profil Logistique c'est de **stimuler la mobilisation de savoirs à l'interface logistique-conception** dans un régime d'apprentissages croisés autour de la construction d'objets intermédiaires partagés. Pour cela, nous partons de quelques hypothèses de base.

6.3.1. Les hypothèses qui soutiennent la définition de Profil Logistique

- a) L'hypothèse fondamentale que nous faisons est que chaque proposition ou alternative intermédiaire de solution au problème de conception d'un artefact (système, module, sous-système, enfin un composant du produit) **induit de façon implicite un comportement logistique intrinsèque, ce qui permet de juger sur le traitement logistique le plus adéquat pour l'artefact**. Le concept de *profil* sert à caractériser ce comportement de manière simple et synthétique et sa construction durant la conception permet d'identifier les éléments critiques pour la logistique. Ce traitement (de gestion, de planification et de manutention) est dépendant de l'affectation donnée à l'artefact à partir des paramètres logistiques. Pour "découvrir" et expliciter formellement ce comportement logistique il faut le processus de traduction de la vision conception à la vision logistique de l'artefact, d'où notre deuxième hypothèse.
- b) Nous assumons que les caractéristiques des composants peuvent être formalisées au travers de paramètres communs à la fois à la conception et à la logistique. De cette formalisation, les acteurs de la logistique peuvent construire leurs hypothèses de manière à traduire les représentations de l'artefact en termes de *scenarii* logistiques.
- c) Le Profil Logistique constitue une clef d'entrée pour les acteurs de la logistique

¹ D'après l'auteur, les outils sont producteurs d'objets intermédiaires, mais cela dans l'usage, en interaction avec les utilisateurs.

dans les activités amont de conception. Avoir un instrument¹ à l'interface notamment avec l'ingénierie permettra aux acteurs de la logistique d'avoir des prises² sur les discussions autour des problèmes et des solutions de conception, avant même de parler des nomenclatures produit. L'outil deviendra un instrument commun de dialogue et de coopération entre les acteurs de la logistique et ceux de l'ingénierie.

d) Le Profil Logistique n'a du sens que dans l'usage à l'interface. Même si, comme nous le préconisons, c'est aux acteurs de la logistique de gérer l'outil, c'est dans les interactions avec les autres acteurs du projet que nous pourrons avoir une idée précise sur l'intégration ou pas des aspects logistiques dans la conception.

e) Finalement, le Profil Logistique permet d'identifier les problèmes d'interface concernant la logistique et la conception et de servir de support dans la quête de leurs solutions.

6.3.2. Définition

Compte tenu ces hypothèses, nous proposons la définition suivante (Koike *et al.*, 2004:1 et 2004:2; Blanco *et al.*, 2005; Calvi *et al.*, 2005).

*Le **Profil Logistique** est un outil pour l'intégration logistique-conception à travers :*

1. *La **structuration des interfaces**,*
2. *Le **processus de traduction de la vision conception dans la vision logistique et***
3. *Le **support aux interactions et aux apprentissages croisés**, notamment durant les négociations de compromis concernant à la fois la conception et la logistique de l'artefact.*

Cette définition peut être précisée à partir des termes soulignés:

- a) "**Profil**" : il s'agit de l'expression concrète du comportement logistique de l'artefact en conception. Par "expression concrète", nous comprenons un indicateur, un scénario, un dossier, une courbe, un schéma ou autre support qui représente les spécificités de l'artefact dans la logique des classifications logistiques. Le profil synthétise de manière simple les paramètres et les alternatives de scénario logistique pour l'artefact, sans

¹ Ici, nous laissons implicite la définition d'instrument selon Rabardel (1995) : *un instrument est constitué d'un artefact matériel ou symbolique produit par l'utilisateur (en l'occurrence, le Profil Logistique) et de ses schémas d'utilisation (en l'occurrence, les situations d'interface générées à travers l'outil) (ibid., p. 11).*

² Cf. section 5.2.1.

l'ambition d'être complet, exhaustif ou exact. La question est donc de savoir comment représenter le profil.

b) **"Structuration des interfaces"** : l'outil est l'instrument principal pour formaliser et pour organiser, et ainsi structurer, les autres éléments d'interface dans le modèle d'intégration à deux niveaux¹ : les acteurs, les objets intermédiaires, les espaces/temps et les procédures et règles. La question est de savoir comment les interactions se passeraient avec le support de l'outil.

c) **"Processus de traduction"** : il s'agit des étapes nécessaires pour passer d'une représentation (si traduction de communication) de conception à l'autre propre à la logistique et de changement de sens (si traduction-complémentation) de conception à logistique. La question est donc de savoir comment exécuter ces traductions.

d) **"Vision conception"** : il s'agit des représentations qui formalisent l'état de la conception d'un composant. Ces représentations décrivent, à travers des paramètres de conception, les propositions de solution qui sont développées et qui évoluent tout au long des phases du projet, jusqu'à être stabilisées et consolidées comme solution définitive. La question ici est double. D'abord, quels sont ces paramètres de conception et ensuite comment les acteurs de la logistique peuvent s'approprier la vision conception avant de la traduire dans leur propre vision.

e) **"Vision logistique"** : comme déjà définie (cf. 6.2.3), c'est la représentation logistique de l'artefact en conception. Le profil devient ainsi la représentation principale de cette vision. La question ici est de savoir comment arriver à cette vision logistique si la vision conception de l'artefact n'est pas complètement stabilisée.

f) **"Support aux interactions et aux apprentissages croisés"** : ce terme renvoie directement à la définition même d'outil d'interface (Cf. section 3.2.4).

6.3.3. *Finalités principales*

a) **Structuration des interfaces**

Il s'agit de la finalité primordiale de l'outil qui répond aux besoins d'instrumentation et d'apprentissage. Le Profil Logistique est un outil pour l'interaction, car il agit sur tous les autres éléments d'une interface : il crée des nouveaux objets intermédiaires et des espaces

¹ Cf. section 5.4.2

d'interaction, ainsi qu'il est sensé déclencher un régime soutenu d'apprentissages croisés entre les acteurs. En l'utilisant, les acteurs peuvent développer des savoirs intermétiers pour les intégrer dans les décisions de conception. A travers le Profil Logistique, les acteurs peuvent créer des nouveaux rapports aux interfaces.

b) Structuration des informations et de la connaissance logistique sur l'artefact

Cette finalité attend le besoin de formalisation de la vision logistique sur l'artefact au stade de conception, dans la temporalité des projets. Il s'agit dans un premier temps d'organiser les informations concernant les problèmes et les solutions potentielles de conception qui jouent sur les besoins et les spécificités des activités logistiques. Dans un deuxième temps, ces informations devront être traduites dans la vision logistique de l'artefact. Le but d'une telle structuration de l'information est triple : d'abord permettre aux acteurs de la logistique de comprendre le problème de conception selon leur propre point de vue, en s'intéressant dès le début à la recherche de solutions. Ensuite, supporter l'argumentation des acteurs de la logistique lors des interactions avec les acteurs de l'ingénierie. Finalement, créer des nouvelles connaissances et des nouveaux savoirs à travers les apprentissages croisés.

c) Sensibilisation des acteurs de projet, en permettant la construction d'une vision partagée sur la logistique de l'artefact.

Cette fonctionnalité concerne la construction d'une argumentation logistique capable de justifier des éventuels changements sur les alternatives préliminaires de solution de conception, avant qu'elle ne soit figée. Le fait d'explicitier et de juger les implications imposées par la conception sur les processus logistiques et, inversement, l'impact de la logistique sur la performance du produit constitue, d'après nous, un mécanisme légitime de sensibilisation des acteurs des équipes projet par rapport aux "alertes logistiques" données dans les premières phases de la conception¹. Cette sensibilisation est fondamentale pour "ouvrir" la conception à la logistique et, réciproquement, pour inciter l'apprentissage au niveau de l'organisation concernant la vision logistique sur la conception.

d) Support à la négociation

Le Profil Logistique doit servir aussi de support dans la négociation de compromis entre les contraintes techniques et les contraintes logistiques, où l'objet majeur de discussion est un

¹ Cette finalité nous a été exprimée par le manager de la Division Logistique Interne et Externe de S.P.E. comme une caractéristique désirable pour un nouvel outil.

problème d'interface. L'objectif ici c'est de définir le plus en amont possible des projets, une conception qui est la plus facilement *intégrable* à la chaîne logistique, de façon à minimiser les impacts sur les activités logistiques. Si d'une part, le concepteur bâtit des hypothèses pour réaliser une première proposition de conception, d'autre part, l'acteur de la logistique devra lui aussi bâtir ses hypothèses en considérant la solution de conception et ainsi avoir au plus tôt un avis sur les scénarii logistiques envisageables. On peut dire que le produit et sa logistique seraient conçus de façon quasi simultanée, en convergeant sur une solution de compromis au lieu d'avoir à la fin une conception acceptable d'un point de vue purement technique.

Il serait très ambitieux de supposer que les finalités identifiées sont exclusives du Profil Logistique. Au contraire, elles sont partagées avec d'autres outils d'interface. Cependant, du fait que le Profil Logistique aura simultanément toutes ces finalités, ceci peut dégager du côté logistique une nouvelle interprétation sur les activités en amont des projets de conception.

6.3.4. *Les changements attendus dans le processus de conception à travers l'outil*

Le changement majeur attendu à travers le Profil Logistique dans le processus de conception est la prise en compte d'une structure préliminaire d'interfaces entre la logistique et l'ingénierie (finalité "a"). En outre, deux autres changements sont fortement espérés, ceux-ci plutôt liés aux logiques d'intervention de la logistique dans les projets :

Le déplacement de la période plus importante d'interfaçage de l'aval vers l'amont

L'appropriation du Profil Logistique par les acteurs d'interface doit permettre le **déplacement** des moments forts d'interaction logistique-conception de la phase aval de consolidation et de traduction des nomenclatures vers l'amont des projets. Dans notre modèle d'intégration, cela veut dire remonter les moments forts d'interaction de la fin du niveau II vers le niveau I.

Comme résultat, nous envisageons d'équilibrer les espaces et les temps d'interface et ainsi les apprentissages croisés entre l'amont et l'aval, afin de minimiser le problème d'asymétrie¹. Une telle intervention logistique sur les projets de conception n'est pas sans conséquence.

¹ Cf. section 4.3.1.

Le changement du paradigme de travail à conception donnée

En effet, un deuxième apport attendu du Profil Logistique est le **changement du paradigme logistique** à partir de la définition préalable des nomenclatures du produit, où les informations sur la conception sont déjà (presque) stabilisées et consolidées. La nouvelle logique serait de travailler dans un environnement marqué par l'incertitude sur l'artefact en conception (figure 47).

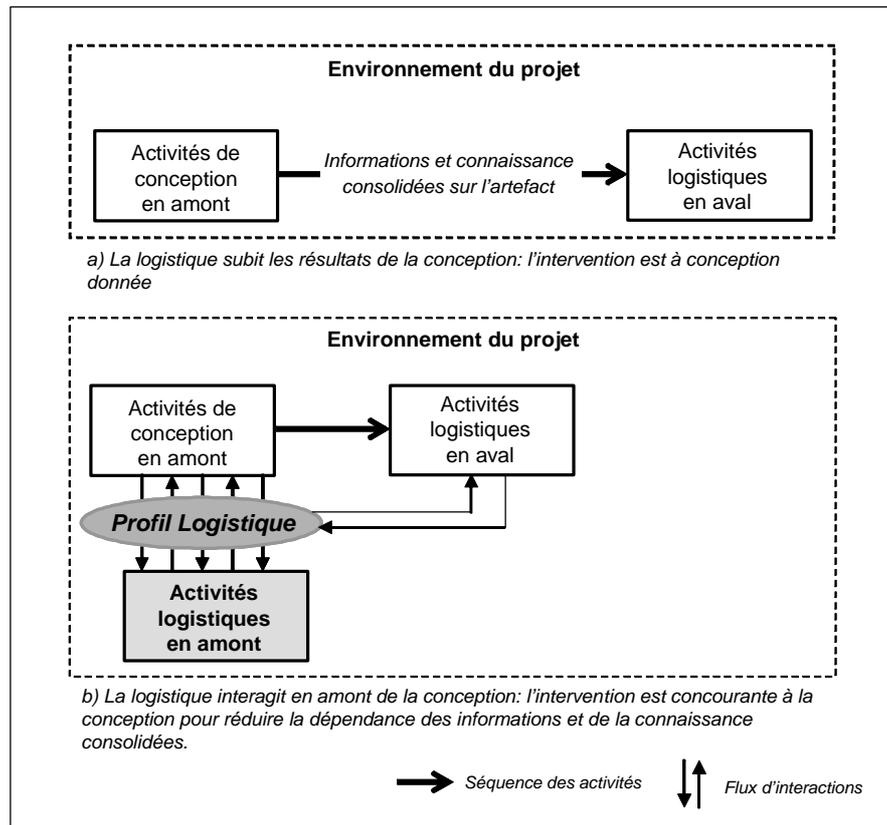


FIGURE 47 - Le changement de logique attendu à travers l'usage du Profil Logistique.

Nous représentons sur la figure deux logiques d'intervention de la logistique dans le projet de conception. Dans la première ("a"), ce que nous avons constaté dans le projet du TX, la logistique subit les résultats de la conception. Dans la deuxième ("b"), en introduisant le Profil Logistique, la logique irait dans le sens d'interagir en amont, de manière concurrente, afin de réduire la dépendance des informations.

Un effet positif attendu est la réduction de la période de formalisation des nomenclatures et la surcharge de travail des acteurs de la logistique en aval (notamment de l'équipe Focus). Par exemple, à travers l'analyse du Profil Logistique, les acteurs de la

logistique pourront anticiper la charge de travail nécessaire à la gestion de nouveaux composants. Ce changement de logique marque ainsi un changement de paradigme : de travailler à conception donnée (logique réactive) vers travailler en parallèle collaborant dans la conception (logique anticipative).

Maintenant que nous avons défini le Profil Logistique et ses caractéristiques principales, nous pouvons présenter son modèle général.

6.4. Le développement du modèle général du Profil Logistique

6.4.1. La constitution d'une équipe multifonctionnelle et la méthode de travail

Dans un premier temps, pendant environ quatre mois, la notion et les idées derrière le Profil Logistique ont été diffusées auprès différents acteurs qui ont participé dans le projet du TX, avant d'avancer sur le développement de l'outil.

Ainsi, dans un deuxième temps, nous avons constitué une équipe multifonctionnelle de développement du Profil Logistique composée par six acteurs, y compris nous mêmes, représentant trois fonctions de l'entreprise : logistique, ingénierie et bureau de méthodes de montage¹. Tous les acteurs, au niveau ingénieur, ont des compétences multifonctionnelles du fait d'avoir passé par différents services chez S.P.E. et dans d'autres entreprises, notamment dans l'ingénierie, les achats et les bureaux de méthodes.

Dans le projet du TX, les rôles joués par ces acteurs a été effectivement celui d'interface, du fait de leur position hiérarchique, de leurs expertises transversales et de leur position dans le projet. La méthode de travail a suivi notre démarche initiale de recherche-intervention. Au total, l'équipe a réalisée neuf réunions de travail². Ces réunions ont été enregistrées à travers le dictaphone, de façon à permettre la récupération des discussions, ainsi que l'analyse *a posteriori*. Entre les réunions, nous avons aussi contacté d'autres acteurs de la logistique pour diffuser les travaux de l'équipe et les idées qui émergeaient des discussions, ainsi que pour avoir leurs remarques et leurs avis.

¹ Des acteurs responsables pour l'industrialisation de l'engin, dans l'approche de montage modulaire.

² Nous allons revenir sur les discussions au sein de cette équipe dans le chapitre suivant.

6.4.2. Le modèle du Profil Logistique

Nous définissons le modèle général du Profil Logistique à partir de trois composants principaux¹ (Koike *et al.*, 2005:2; Blanco *et al.*, 2005) : les *variables*, les *profile drivers* et le *profile chart* (figure 48).

Afin de décrire chacun des composants, nous proposons une grille à trois éléments : la définition, les fonctionnalités et les caractéristiques.

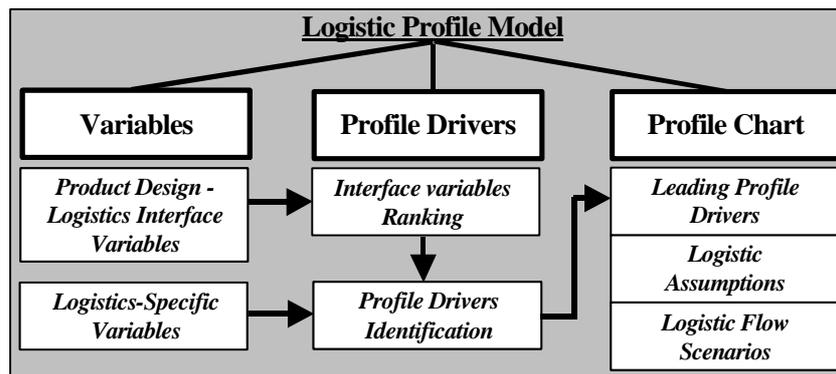


FIGURE 48 - Modèle du Profil Logistique. Les flèches indiquent la séquence à suivre pour passer de la vision conception à la vision logistique.

6.4.3. Le composant [Variables]

Définition

Il s'agit de l'ensemble de paramètres qui concernent les activités propres à la logistique et celles qui sont à l'interface entre conception et logistique. A partir de sessions de remue-ménings, l'équipe de développement est arrivée à l'ensemble total de 51 variables initialement divisées dans 5 groupes (tableau 9).

Groupe	Variable
Flux physique	-Waste elimination
	-Type of packaging
	-Transportation capacity
	-Storage location
	-Transportation Type
	-Unpackaging

¹ Toute la terminologie du Profil Logistique a été créée en langue anglaise, en suivant les standards des modèles de conception et logistiques de la société S.P.E. Ainsi, nous maintenons les termes originaux sans traduction, sauf dans les situations où ceux-ci s'avèrent ambigus.

	-Retournable container
	-Sub_Assy
	-Line OR Sub Part
	-Number of Parts/Truck/container
	-Kitting or not
	-Number of lifts
	-Number of Handling Operations
	-Floor Space available
	-Floor Space need
	-Logistic Dimensions (handling)
Gestion d'approvisionnement	-Lead-Time
	-Lot Size
	-Put On Line Feasibility Impact
	-Sister plant part
	-Number of Turns/Year
	-Multi_facility Part
	-Procurement Mode
	-Buy-Import-Make
Attributs produit	-Part family
	-Design Control location
	-Standard, Attachment
	-PIN-ON / Line Attachment
	-Type of protection
	-Tooling required
	-Material Type
	- FPC (Finished Painted Component)
	-New design or similar
	-Hight-tech part
	-Commonality
	-Dimensions
	-Part criticality
	-Weight
Fournisseurs	-Mat Cost
	-Interco
	-country source
	-Sub-assembly capability at supplier
	-Preferred Supplier
	-Multi-facilities supplier
	-Supplier performance
Prévision de demande	-Demand Type
	-Safety Stock Buffer
	-Max Daily Quantity
	-Demand Quantity

TABLEAU 9 : Variables identifiés pour définir le Profil Logistique

Fonctionnalités

Cet ensemble de variables constitue le point de départ dans le processus de traduction

de la vision conception à la vision logistique. Ainsi, nous soulevons leur deux fonctionnalités majeures :

1. *Caractériser la vision conception de l'artefact.* Il s'agit de pouvoir décrire une solution de conception en utilisant les variables de l'ensemble. Par exemple : *Design Control Location, Material Type, FPC, Dimensions, etc.*
2. *Servir de support pour la traduction de la vision conception dans la vision logistique de l'artefact.* Il s'agit de servir comme l'entrée dans l'étape initiale de l'analyse du Profil Logistique d'une solution de conception.

Caractéristiques

- a) Ces variables sont à la base de l'interface entre logistique et conception. Néanmoins, l'ensemble n'est pas immuable, mais sensé évoluer, soit en fonction des changements sur les concepts eux-mêmes, soit en fonction de besoins des projets.
- b) Les variables sont indépendantes des artefacts et des projets de conception spécifiques. Leur identification peut être réalisée préalablement **en dehors du cadre des projets**.
- c) Dans le modèle, nous identifions deux types de variables :
 1. **Les variables d'interface.** Ce sont les variables qui concernent simultanément la logistique et la conception de produits (par exemple : *Type of packaging, Sub_Assembly, Weight*).
 2. **Les variables spécifiques à la Logistique.** Elles concernent particulièrement les activités logistiques (par exemple : *procurement mode, inventory turns* ou *lot size*).

Dans la démarche de développement, l'équipe a classifié les variables selon leur appartenance à l'interface ou spécifique à la logistique (tableau 10).

Cette classification des variables est issue du besoin d'identifier les paramètres qui jouent tantôt sur la conception, tantôt sur la logistique. Le poids (*Weight*) et la localisation du responsable de la conception du composant (*Design Control Location*) constituent deux exemples.

Le premier exemple, plus évident, joue comme contrainte sur la conception de la machine (limite maximale de poids de l'engin), ainsi que comme contrainte du côté opérationnel logistique (transport, manutention, stockage, protection, etc.).

Le deuxième exemple, moins évident, joue sur le délai de changement de dessin et sur les interactions logistique-ingénierie en ce qui concerne la mise à jour de nomenclatures. Plus spécifiquement, si le *Design Control Location* est à Grenoble, l'espace d'interface est local et les éventuelles demandes de changement sur le dessin peuvent être rapidement intégrés dans les systèmes logistiques.

Par contre, si le *Design Control Location* est au Japon ou aux Etats-Unis, l'espace d'interface est distribué et virtuel, ce qui fait qu'une demande de changement ou d'information sur le composant peut prendre un délai important. Dans ce cas, le coût d'une interaction de changement de dessin sur le projet pourra être plus important.

Le résultat de la classification a été 27 variables classées comme "*Logistics-Engineering Interface*" (tableau 10), ce qui est très important, car cela montre la reconnaissance des acteurs qu'il existe des **nombreux concepts communs à la fois pour les acteurs de la logistique et pour ceux de l'ingénierie lors des activités de conception.**

		Classification according to Log./Eng. interface		
		Logistics- Engineering Interface Variable	Logistics specific	Engineering specific
Physical Flow	-Waste elimination		X	
	-Type of packaging	X		
	-Transp capacity		X	
	-Storage location		X	
	-Transp Type	X		
	-Unpackaging		X	
	-Retournable container	X		
	-Sub_Assy	X		
	-Line OR Sub Part	X		
	-Nb of Parts/Truck/container		X	
	-Kitting or not		X	
	-Nb of lifts		X	
	-Nb of Handling Operations		X	
	-Floor Space available		X	
	-Floor Space need		X	
-log mag lift contain Dimenstions		X		
Procurement Management	-Lead-Time	X		
	-lot size		X	
	-POL Faisaibty Impact		X	
	-Sister plant part	X		
	-Nb of Turns/Year		X	
	-Multi_facilities Part	X		
	-Procu Mode		X	
-Buy-Import-Make	X			
Part Design Features	-Part family	X		
	-Design Control location	X		
	-Stand, Attach	X		
	-PIN-ON / Line Attach	X		
	-Type of protection	X		
	-Tooling required	X		
	-Material Type	X		
	-FPC	X		
	-New design or similar			X
	-Hight-tech part	X		
	-Commonality	X		
	-Dimensions	X		
	-Part criticity	X		
-Weight	X			
Supplier	-Mat Cost	X		
	-Interco	X		
	-country source	X		
	-Sub-assy capability at supplier	X		
	-Preferred Supplier			X
	-Multi-facilities supplier	X		
-Perf_Supplier		X		
Demand Forecasting	-Demnd Type		X	
	-Safety Stock Buffer		X	
	-Max Daily Qty		X	
	-Demand Qty		X	

TABLEAU 10 : La classification des variables du Profil Logistique

La question qui se pose est donc de savoir comment identifier les variables qui jouent davantage sur la logistique, **étant donné une alternative de solution de conception**. Il faut identifier, évaluer et hiérarchiser les variables. Pour cela, nous avons prévu le composant suivant :

6.4.4. Le composant [Profile Drivers]

Définition

Un *Profile Driver* est une variable considérée comme critique dans la vision logistique sur la proposition d'une solution de conception proposée.

Fonctionnalité

Les *profile drivers* indiquent les variables que la logistique doit contrôler afin d'améliorer la proposition de solution et ainsi intégrer les exigences logistiques.

Caractéristiques

Ce composant du Profil Logistique indique quelles sont les variables les plus importantes et qui feront l'objet d'un suivi précis des acteurs de la logistique par rapport à une solution de conception donnée. Certes, les informations pour renseigner les variables potentielles pour définir les *Profile Drivers* sont dispersées dans le projet, entre les acteurs et leurs équipes, sans mentionner le fait qu'elles ne sont pas stabilisées dans les phases amont. Nous allons voir plus tard qu'il faut d'ores et déjà un travail collaboratif entre les acteurs de la logistique et ceux de l'ingénierie pour identifier les *Profile Drivers*¹.

6.4.5. Le composant [Profile Charts]

Définition

Les *Profile charts* sont les nouveaux objets intermédiaires créés par les acteurs de la logistique à travers le Profil Logistique. Ces objets, sous la forme d'une feuille (*chart*) (figure 49), synthétisent la vision logistique sur la proposition de solution de conception pour un composant.

Fonctionnalité

Les *Profile Charts* structurent ainsi la vision logistique à partir d'informations issues de la conception pour une alternative de solution. Ils contiennent les *Leading profile drivers*,

¹ Une démarche possible a été montrée dans l'expérience que nous avons réalisée entre les acteurs de la logistique et un acteur de l'équipe de Hydraulique (Cf. 4.3.7).

les hypothèses sur la logistique du composant (*logistic assumptions*) et le scénario correspondant (*logistic flow scenario*).

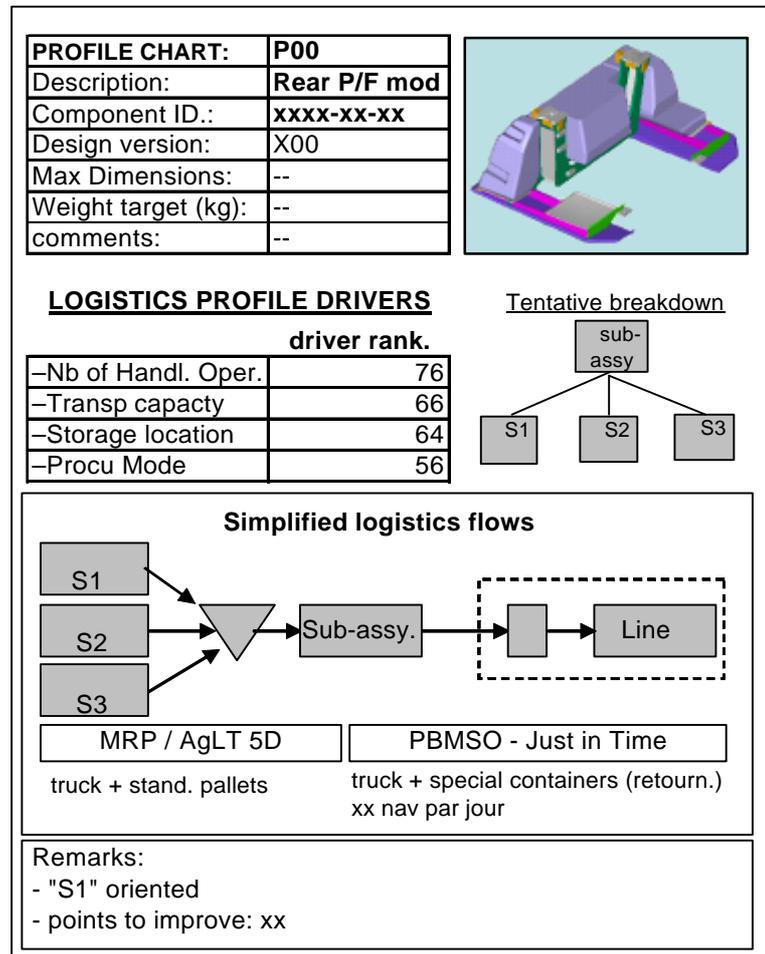


FIGURE 49 - Exemple d'un Profile Chart, un nouvel objet intermédiaire issu de l'utilisation du Profil Logistique.

Caractéristiques

C'est dans l'élaboration de ces *charts* que **le processus de traduction de la vision conception dans la vision logistique se concrétise et s'achève**. Cela parce que les acteurs de la logistique doivent bâtir leurs propres hypothèses afin de construire ces objets intermédiaires.

Les hypothèses exprimées à travers les *Profile Charts* concernent par exemple la configuration du flux physique (approvisionné directement du fournisseur ou via un sous-traitant intermédiaire, la localisation des stocks, etc.) et du flux informationnel (la politique

d'approvisionnement, l'appel du fournisseur, la planification, etc.).

C'est dans la réalisation de ces objets que les acteurs de la logistique mobiliseront leur savoir-métier, leurs concepts et leurs outils métiers afin de structurer leur argumentation avant d'intervenir sur la proposition de conception faite. Les *Profile Charts*, comme des objets intermédiaires, permettent d'être mobilisés pendant les réunions (les espaces naturels d'interface), les revues de projet, les discussions informelles, etc. de manière à sensibiliser les acteurs de l'ingénierie à apporter des éventuelles améliorations sur la solution initialement proposée. C'est dans ces espaces d'interface que l'intégration des besoins et des contraintes logistiques peuvent se matérialiser.

Dans l'exemple fictif montré sur la figure 49, nous voyons l'alternative intermédiaire de solution pour la conception du composant "*Rear Platform*" (plateforme arrière), un module composé essentiellement du support pour le composant *ROPS*¹, le réservoir de carburant et les supports de séparation châssis-cabine. Ce module est monté en arrière de l'engin et l'une de ses fonctions c'est de faire l'interface avec d'autres modules, notamment la cabine de l'opérateur, le module hydraulique et le module électrique. D'abord, le *Profile Chart* montre quelques informations de base indispensables à l'identification du module, ainsi qu'une photo de la dernière version de maquette CAO disponible sur le Système de Gestion de Données Techniques (SGDT) et récupérée par les acteurs de la logistique.

Ensuite, le *Profile Chart* présente l'arbre de décomposition du module, en termes de composants principaux (*tentative breakdown "S1, S2, S3"*), ainsi que les *Profile Drivers* identifiés et hiérarchisés par les acteurs (*Number of handling operations, transportation capacity, storage location et procurement mode*), **par rapport à cette version de la maquette**. Pour cet exemple, nous avons utilisé une hiérarchisation qualitative des variables dans un premier temps et ensuite quantitative en utilisant l'approche basée sur la méthode QFD, déjà couramment utilisée dans les projets chez S.P.E. (figure 50).

Le *Profile Chart* montre aussi le flux logistique simplifié, le résultat des hypothèses logistiques sur le scénario envisagé par les services responsables.

Dans ce flux, les composants de la plateforme arrière sont approvisionnés en MRP, avec un délai de cinq jours chez un prestataire logistique qui réalise le montage du module et gère son approvisionnement en juste à temps à l'usine terminale, selon une planification de

¹ *Rollover Protective Structure.*

production sérialisée. Et cela, avant que la nomenclature exacte du module ne soit connue.

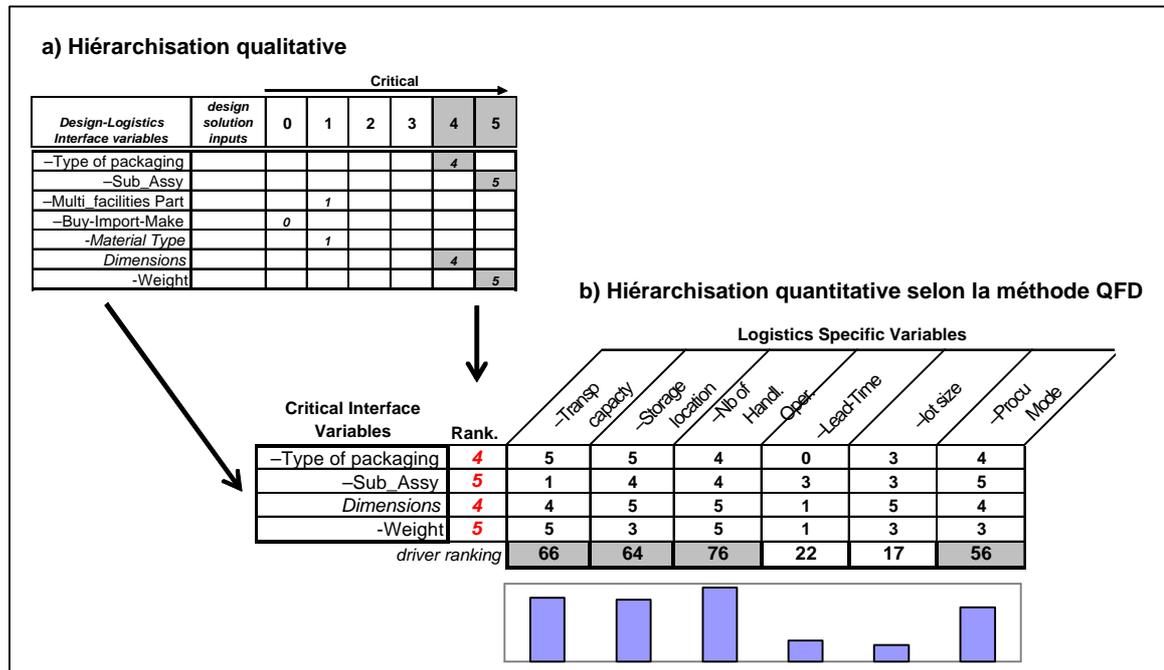


FIGURE 50 - La hiérarchisation des variables pour la définition des Profile Drivers : a) hiérarchisation qualitative; b) hiérarchisation quantitative basée sur la méthode QFD.

Finalement, on peut en déduire des remarques concernant la plate-forme arrière et les points à améliorer (non mentionnés dans la figure). La *Profile Chart* est le résultat d'un processus de traduction. Elle synthétise la vision logistique des acteurs par rapport à l'alternative de solution proposée pour la plate-forme arrière.

Pour savoir s'il s'agit d'une "bonne solution de conception" en ce qui concerne la logistique, il faut comparer ce profil avec celui du composant existant ou bien avec une autre solution alternative de conception. Nous allons traiter cette question dans le chapitre suivant.

6.4.6. L'approche du Profil Logistique par rapport à d'autres approches de support à l'intégration

Le Profil Logistique et le DFL/DFSCM

La recherche *a priori* des variables d'interface logistique-conception n'est pas nouvelle. Nous retrouvons dans la littérature concernant le DFL une modélisation similaire proposée par Dowlatshahi (1996, 1999) et décrite dans l'introduction de ce mémoire. Dans

son modèle¹, Dowlatshahi définit les variables (*Logistics Design Factors*) qui doivent être prises en compte lors des décisions de conception (figure 51).

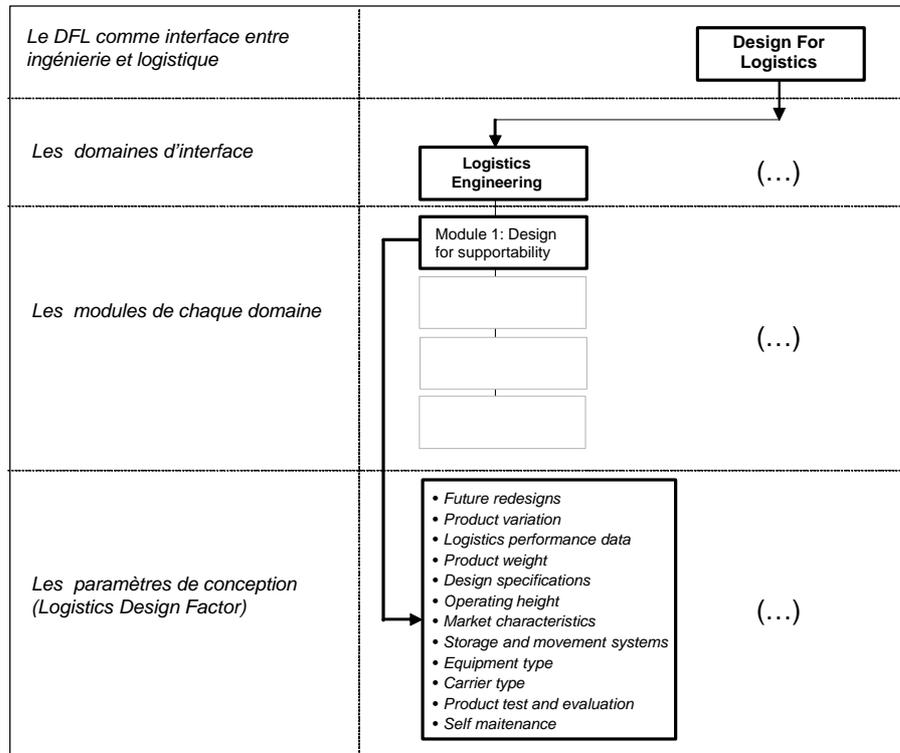


FIGURE 51 - Exemples de variables d'interface dans le modèle DFL de Dowlatshahi (1999).

Une différence importante du Profil Logistique par rapport à l'approche de Dowlatshahi c'est que celui-ci a adopté une démarche *top-down*, en définissant d'abord les "domaines d'interface", ensuite les modules de chaque domaine, pour finalement arriver à définir les variables qui se cadrent dans chacun des modules. Or, les variables identifiées sont difficilement restreintes à un seul "module d'interface", à l'instar de "*future redesign*", "*product performance*" ou "*design specifications*" classifiés dans le module "*Design For Supportability*". Il s'agit au contraire de variables transversales à tout le projet de conception. Si d'une part c'est important de classer les variables, d'autre part il est très difficile de les associer préalablement à une classe de problèmes ou de domaine de connaissance. Nous croyons que ce type de classification deviendra plus utile si elle est réalisée dans le contexte de l'entreprise.

Une autre spécificité importante du Profil Logistique est qu'il s'appuie notamment sur le

¹ Cf. l'item III de l'introduction.

concept de **traduction**, de transformation avec changement de sens, entre la vision conception et la vision logistique : nous partons de la conception technique pour arriver aux flux logistiques (physique et informationnel). Contrairement au DFL ou, de façon plus large, au DFSCM, le Profil Logistique ne définit pas des règles métiers en avance afin que les concepteurs les intègrent dans leurs choix de conception (figure 52).

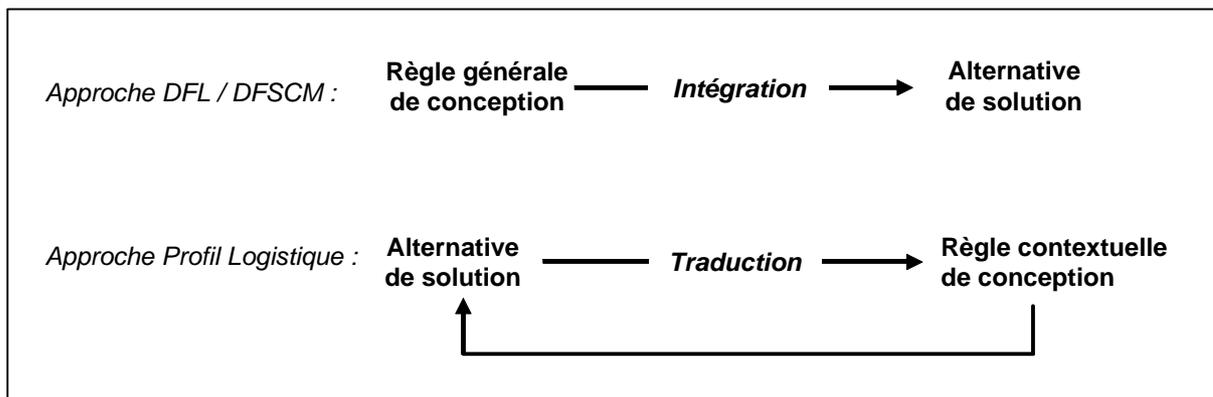


FIGURE 52 - Deux logiques différentes d'intégration : DFL/DFSCM et Profil Logistique

Par exemple, une règle trop générale de DFL/DFSCM est de dire qu'il faut utiliser des composants standards facilement trouvés dans le marché afin de favoriser une diversité importante de configurations produit (Mather, 1992; Handfield et Nichols, 1999). Certes, la règle est très légitime, mais si nous l'appliquons au cas du projet TX, nous voyons que chaque nouveau module approvisionné constitue un composant unique et très spécial. Seuls les fournisseurs qui ont participé à leur conception ont la capacité de réaliser ces modules, il ne s'agit pas du tout de composants facilement trouvés sur le marché. Par contre, si nous descendons au niveau des boulons et des écrous, la règle DFL/DFSCM s'avère plus "applicable", car il ne s'agit plus de concevoir un nouveau boulon, mais de choisir le plus adéquat sur un catalogue fournisseur.

Une autre règle générale de DFL/DFSCM c'est de dire qu'il faut réduire la quantité de références différentes, car chaque nouvelle référence dans les systèmes logistiques constitue un coût additionnel (Handfield et Nichols, 1999). Très juste, mais la règle hors du contexte particulier de la situation d'interface n'a pas de sens. Pour la logistique, au lieu de penser à réduire de manière linéaire la quantité de références, on s'intéresse à savoir à quel niveau hiérarchique de nomenclature le composant sera approvisionné : au niveau de matière première ? Au niveau de composant détaché ? Au niveau de module acheté fini ? Au niveau

de module semi-fini à monter en interne de l'usine ? Une référence "module" (par exemple, le moteur de l'engin) est composé à son tour par des nombreuses références. Si le moteur arrive prêt à monter sur la ligne d'assemblage, la logistique gère effectivement une seule référence. Par contre, si le moteur doit passer par des opérations de prémontage en interne, il faut savoir quelles sont les références à monter sur le moteur et ainsi de suite.

Bref, une "règle générale" DFL de conception peut cacher plusieurs autres règles qui émergent dans la discussion lorsque la situation d'interface se présente. Le Profil Logistique permet la construction graduelle des arguments nécessaires à la négociation et à la compréhension des solutions de conception, dans leur contexte et en respectant les spécificités de l'organisation logistique et de la conception. Si des règles sont créées, cela sera le fruit des interactions durant l'utilisation du Profil Logistique.

Par ailleurs, le Profil Logistique évolue avec la conception. La fiabilité des *Profile Charts* est dépendante non seulement de la fiabilité des informations obtenues sur la solution intermédiaire proposée, mais notamment de l'engagement des acteurs de la logistique par rapport aux hypothèses faites concernant le scénario logistique.

Le profil se raffine avec l'évolution de la conception de l'artefact et de la connaissance que la logistique développe sur le produit. Avec les analyses réalisées à travers le profil, les solutions de conception peuvent être amenées à converger vers une meilleure compatibilité avec les capacités et les compétences logistiques.

Encore par rapport aux DFL, le Profil Logistique crée des nouveaux objets intermédiaires, des supports fondamentaux dans le processus d'apprentissages croisés. Il ne s'agit pas de bonnes pratiques de conception, difficiles à généraliser du fait de la dépendance forte par rapport à l'organisation même des services logistiques dans une entreprise industrielle.

Le Profil Logistique et le DFA

Par rapport au DFA, le Profil Logistique reste donc à un niveau plus élevé de décomposition du produit. Il permet l'analyse d'un système, d'un module ou d'un ensemble de composants, **tel qu'il sera approvisionné en usine, c'est-à-dire, selon le découpage logistique du produit.** Les approches de DFA permettent l'analyse par pièce fabriquée (usinée, forgée, soudée, découpée, percée, etc.) ou assemblée (manuellement ou automatiquement), ce qui rend le processus d'analyse très lourd, si on parle d'un engin avec

plus de 1 500 références différentes. Par ailleurs, l'évaluation à travers les outils DFA dépend d'une base de données de taux et de temps opératoires de fabrication ou de montage, selon le type d'opération (Boothroyd *et al.*, 1994; Boothroyd et Alting, 1992). Nous avons vu que cela n'a pas de sens pour la logistique.

Finalement, en ce qui concerne sa conception, le Profil Logistique est le résultat d'une activité collaborative avant même la réalisation d'un projet de conception. Outre cette collaboration que nous appelons ici initiale, l'outil d'interface n'a pas de sens s'il est déconnecté de son contexte et des spécificités de l'organisation logistique de l'entreprise, ainsi que de son processus de conception.

Il reste donc à savoir comment le Profil Logistique s'insère et se positionne dans la structuration des interfaces dans les phases amont.

6.5. Conclusion

Au terme de ce chapitre, nous arrivons à la caractérisation de l'outil Profil Logistique. Nous avons consacré un premier temps à expliquer les idées initiales qui ont nourri nos réflexions sur un nouvel outil comme support à l'intégration de la logistique dans les phases amont des projets de conception.

A partir de cet éclairage, nous sommes arrivés au concept de Profil Logistique, un outil d'interface pour les acteurs de la logistique dans leurs interactions durant les phases amont des projets de conception. Le modèle de l'outil a trois composants principaux : les *variables*, les *Profile Drivers* et les *Profile Charts*.

Néanmoins, pour que le Profil Logistique devienne un outil d'interface, il faut le mettre en situation d'interfaçage, c'est-à-dire, dans les interactions et les confrontations avec les acteurs d'autres fonctions et métiers, notamment ceux de l'ingénierie. Par la suite, notre but sera de développer des prescriptions pour l'usage du Profil Logistique dans les projets de conception.

"The difficulty lies, not in the new ideas, but in escaping the old ones, which ramify, for those brought up as most of us have been, into every corner of our minds."
John Maynard Keynes (1883 - 1946).

Chapitre 7

Les situations d'interface basées sur le Profil Logistique

Dans le chapitre précédent, nous avons présenté le Profil Logistique, un outil d'interface pour que les acteurs de la logistique aient un moyen de traduire et d'exprimer leur point de vue par rapport aux alternatives de solution de conception.

Néanmoins, le Profil Logistique devient véritablement un outil d'interface dans deux situations : dans son développement et dans son usage pendant les phases amont de la conception. Ce qui unit ces deux périodes distinctes c'est la notion d'action ou plutôt d'interaction entre les acteurs qui l'utilisent. Ainsi, notre principal objectif dans ce dernier chapitre est d'expliquer ces deux situations d'interface autour du Profil Logistique, ce que nous allons développer en trois temps.

En premier lieu, nous allons positionner l'outil par rapport au processus de conception, au projet de conception et finalement par rapport au modèle d'intégration.

En deuxième lieu, nous reviendrons à notre terrain industriel pour décrire en détail la première situation d'interface : le développement de l'outil. A travers le biais des travaux réalisés par l'équipe de développement du Profil Logistique, nous allons montrer l'importance

de commencer à structurer les interfaces **en dehors même** du cadre d'un projet de conception particulier.

En troisième lieu et toujours en nous appuyant sur les travaux de l'équipe de développement, nous allons préconiser quelques règles de fonctionnement de l'outil suggérées par les acteurs. Le chapitre s'achève avec les dernières remarques concernant l'outil et ses limitations.

7.1. Positionnement du Profil Logistique

Il nous faut tout d'abord positionner le Profil Logistique par rapport au modèle normatif de la conception, toujours en illustrant à partir du cas de la société S.P.E., ensuite par rapport aux projets et enfin par rapport au modèle d'intégration, afin de mettre en évidence les situations d'interface autour de l'outil.

7.1.1. Par rapport au modèle du processus de conception

Le changement majeur préconisé est la structuration des interfaces tout au long des phases amont du NPI, c'est-à-dire avant et peu après la revue "A" du projet (figure 53)

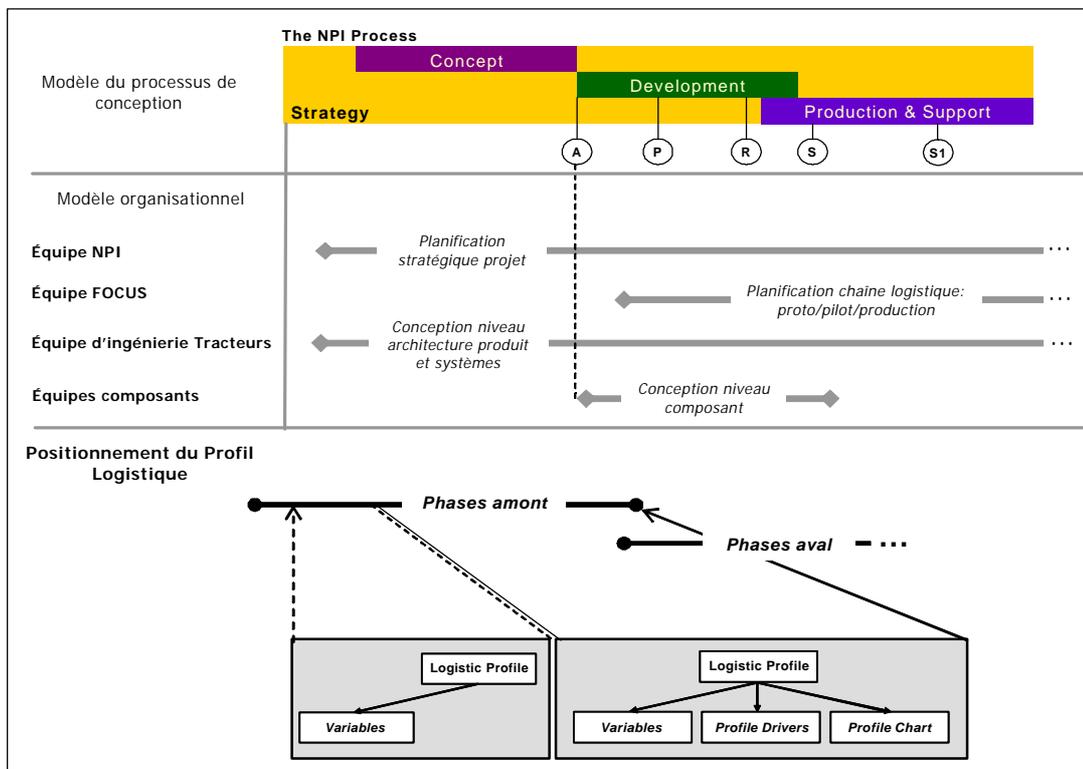


FIGURE 53 - Positionnement du Profil Logistique par rapport au modèle normatif de la conception chez S.P.E.

Dans cette figure, nous présentons **les fenêtres d'utilisation** du Profil Logistique en fonction du découpage des phases amont. Ces fenêtres correspondent aux périodes les plus favorables à l'utilisation de l'outil.

Avant même le début du processus avec la phase Concept, les acteurs concernés (logistique, ingénierie et autres fonctions éventuellement) définissent l'ensemble de variables en les classifiant comme variables d'interface ou spécifiques à la logistique. Dans la figure 53, nous représentons ce premier composant de l'outil.

Le deuxième temps se situe tout au long de la phase Concept et durant une partie de la phase Développement – avant la traduction de nomenclatures – le Profil Logistique est mobilisé dans son intégralité, ce que nous représentons dans la figure à travers le modèle complet de l'outil.

Reste implicite dans cette figure la structuration des interfaces tout au long des phases amont des projets. Néanmoins, nous insistons sur le fait que les interactions entre les acteurs de la logistique et ceux de l'ingénierie peuvent commencer en dehors même d'un projet particulier. Cette affirmation nous amène à positionner le Profil Logistique par rapport aux projets de conception.

7.1.2. *Par rapport aux projets de conception*

En présentant le modèle de Profil Logistique dans le chapitre précédent, nous avons laissé implicite l'hypothèse qu'on serait dans le cadre d'un projet spécifique. Ainsi, il nous faut positionner le modèle par rapport aux différents projets ou plutôt, ces derniers par rapport au Profil Logistique (figure 54).

Nous avons vu que la définition du composant *[variables]* est indépendante d'un projet ou d'un produit spécifique. En revanche, les deux autres composants du Profil Logistique - *[Profile Drivers]* et le *[Profile Chart]* - sont dépendants du contexte du projet et de l'artefact vu qu'ils font référence aux alternatives de solution de conception proposées par les acteurs de l'ingénierie.

Ces deux cas de figure (dans ou en dehors du contexte d'un projet) font ressortir deux **situations d'interface**.

Dans la première situation - celle que nous avons vécue chez S.P.E. avec l'équipe de développement du modèle de Profil Logistique - les interactions sont centrées autour de **la**

conception de l'outil.

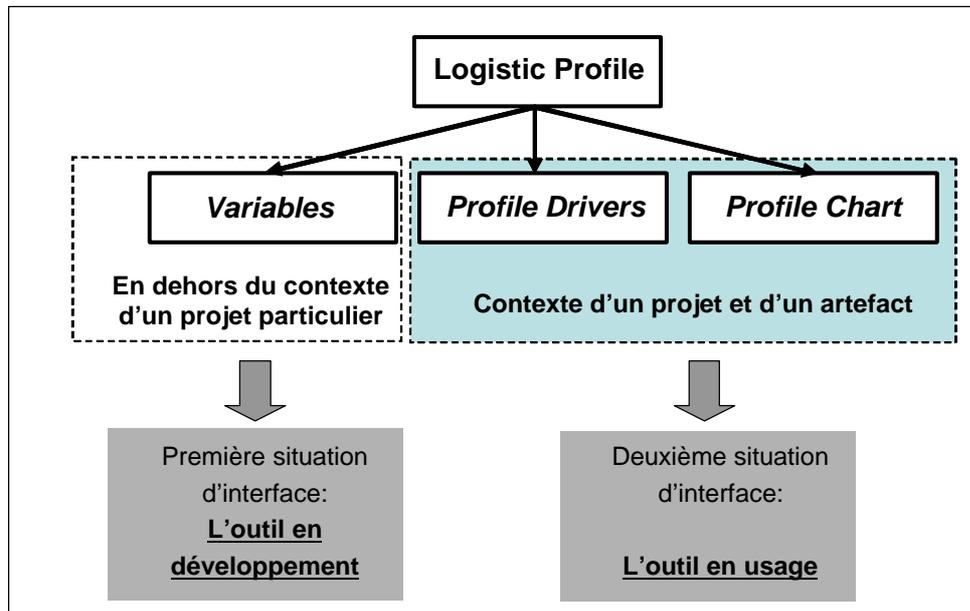


FIGURE 54 - Positionnement du Profil Logistique par rapport aux projets de conception: Deux situations d'interface se dégagent.

A travers les discussions concernant l'identification de l'ensemble de variables du Profil Logistique, les acteurs entament une démarche d'apprentissages croisés – décrite dans la suite du chapitre.

Dans la deuxième situation, il s'agit de l'outil en usage, dans le support aux interactions entre les acteurs pendant les activités collectives de **la conception du produit**.

Ces deux situations d'interface font partie du processus d'intégration que nous préconisons dans cette phase. Il nous faut donc positionner le Profil Logistique par rapport aux deux niveaux d'intégration.

7.1.3. Par rapport au modèle d'intégration

En positionnant le modèle de Profil Logistique par rapport à celui d'intégration, deux modes d'emploi différents ressortent (figure 55). En ce qui concerne le premier niveau d'intégration, le Profil Logistique se positionne comme **outil de prescription des besoins** par le biais de l'identification du composant [*variables*].

Plus spécifiquement, en définissant les variables, les acteurs de la logistique peuvent exprimer d'ores et déjà leurs paramètres de pilotage du projet alignés à la stratégie *Supply*

Chain¹.

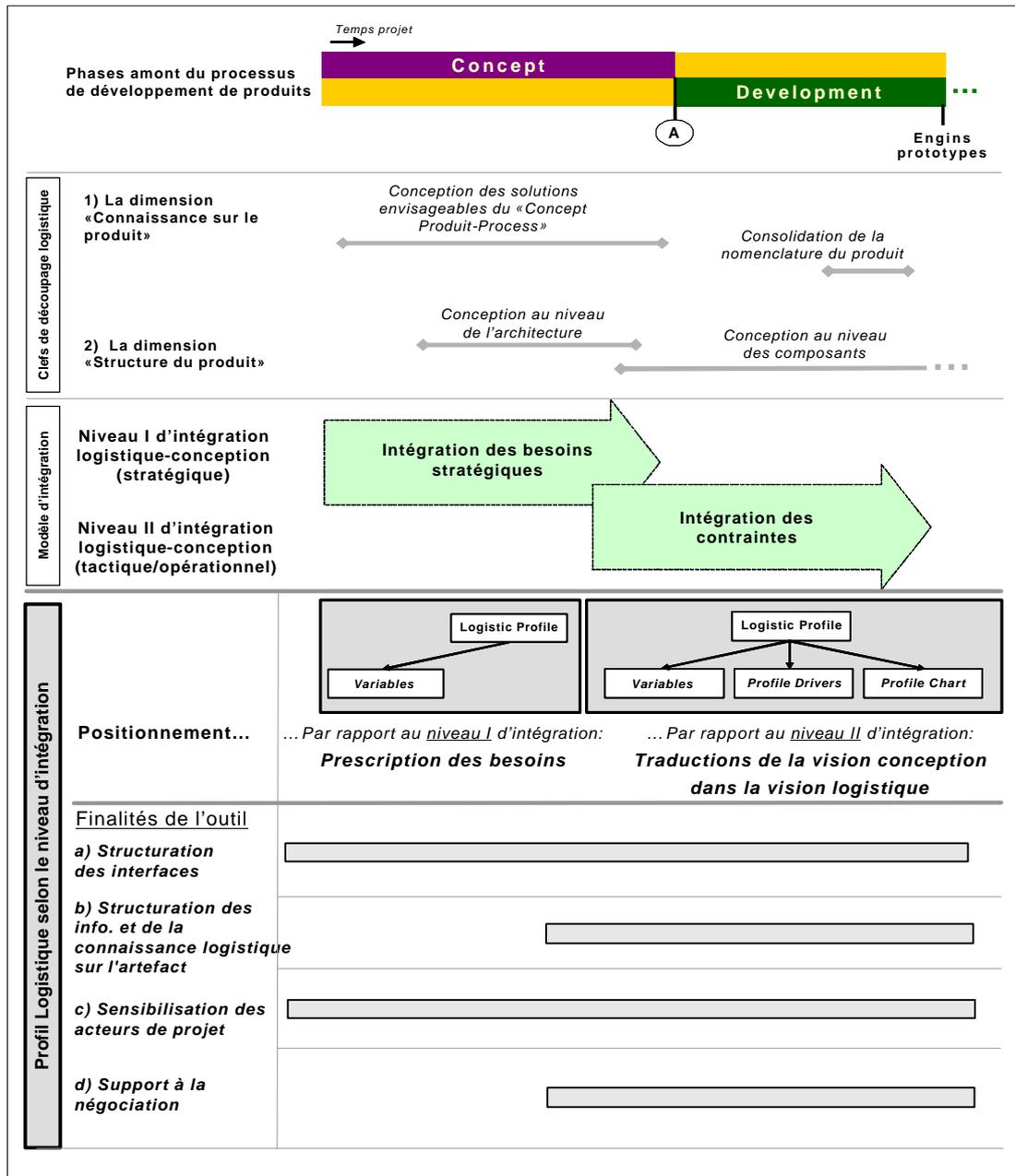


FIGURE 55 - Le positionnement du Profil Logistique par rapport aux deux niveaux d'intégration

Cela parce que dans l'étape amont de définition des besoins, nous ne pouvons pas penser aux traductions de la vision conception dans la vision logistique, vu qu'il n'existe ni les

¹ Dans le cas de S.P.E., nous avons vu que les acteurs utilisent aussi la méthode QFD comme outil d'identification de besoins. Ainsi, le Profil Logistique vient en complément au QFD, avec pour différence d'identifier les variables d'interface et de préparer les traductions pour les étapes suivantes du projet.

informations ni la connaissance pour structurer la vision conception. Cette caractéristique est exprimée dans la figure 55 par l'absence des finalités "b" et "c" de l'outil¹ indiquée par les barres hachurées.

Par rapport au deuxième niveau d'intégration, le Profil Logistique peut être totalement déployé, car il s'agit ici de **traduire les esquisses de solution de conception** dans la vision logistique, dans un processus continu d'apprentissage sur le produit. A ce niveau, toutes les finalités de l'outil trouvent leur utilité (figure 55).

En ce qui concerne la dimension "Structure du produit" ("2" sur la partie supérieure de la figure), les acteurs de la logistique ont deux périodes critiques d'intervention sur les alternatives de solution pour l'artefact. Dans la première, il s'agit d'intervenir sur les **choix d'architecture du produit**. Il faut traduire chaque proposition de décomposition du produit (par systèmes, par module multifonctionnel ou autre) dans la vision logistique et analyser leurs conséquences.

Dans la deuxième période, il s'agit de porter jugement sur la conception de **chaque composant du produit**, étant donné l'architecture (c'est-à-dire, les périmètres sont approximativement définis). Ici, les acteurs de la logistique rentrent dans les spécificités logistiques des composants. Nous allons revenir sur cette question dans le chapitre.

En synthèse, en positionnant le Profil Logistique par rapport au modèle de conception, par rapport aux projets et au modèle d'intégration, nous mettons en évidence l'outil dans le temps des projets et des activités de conception. Cela fait ressortir les spécificités propres à chaque période, à chaque phase et à chaque étape de rationalisation de la conception. Regardons plus attentivement les deux situations d'interfaces.

7.2. Première situation d'interface : l'outil en développement

L'outil en développement caractérise notre première situation d'interface entre les acteurs de la logistique et de l'ingénierie. Or, la période des travaux de l'équipe de développement du Profil Logistique chez S.P.E. correspondait à la phase de préparation des engins pilote du projet du TX. Donc, nos conclusions concernant cette situation sont biaisées pour les problèmes d'interface identifiés dans le projet.

¹ Cf. section 6.3.3

En revanche, sachant que les machines pilotes sont sensées être construites avec les ressources et les méthodes normales de production¹, il est donc trop tard pour une éventuelle remise en cause des choix de conception à partir des analyses avec le Profil Logistique, comme le remarquent les acteurs de l'équipe :

(F.C. - responsable pour le projet d'industrialisation du TX) : "- Aujourd'hui je ne pense pas qu'on puisse demander au Bureau d'Etudes, dans une phase pilote, et de dire 'les gars, vous devez modifier le design...pour nous garantir un meilleur Profil Logistique' [...]"

(S.T. - responsable pour l'industrialisation des modules hydraulique et plate-forme arrière) : "- Non, mais il n'empêche pas que le vrai travail de fond, c'est celui où on peut remonter des critères à l'ingénierie à partir du design et à mon avis c'est vraiment là-dessus qu'il faut se centrer [...]. Effectivement, ça fera pas partie du scope du projet pilote, mais à mon avis ce qu'il va rentrer dans le scope du pilote c'est...pour moi dans le projet il y a ces deux aspects. C'est définir ce Profil et les critères et puis associer des coûts"

(Extrait de la réunion du 05/11/2004)

Ainsi, la proposition a été d'utiliser les résultats du travail de l'équipe de développement du Profil Logistique dans les prochains projets de conception.

L'équipe de développement du Profil Logistique était composée par les membres suivants :

- *(B.M.) – responsable logistique de l'approvisionnement de composants*
- *(F.C.) – responsable pour le projet d'industrialisation du TX*
- *(G.H.) – chef d'équipe de conception de systèmes hydrauliques*
- *(P.D.) – responsable de projets transversaux du Dept. Supply Chain et représentant du management logistique dans le projet du TX.*
- *(S.T.) – responsable pour l'industrialisation des modules hydraulique et plate-forme arrière du TX.*
- *(T.K.) – organisateur et animateur des activités de l'équipe.*

En ce qui concerne les acteurs de S.P.E., ils font partie des équipes permanentes des projets de conception et ils représentent trois fonctions industrielles : la logistique, l'ingénierie et le bureau méthodes de montage.

Dans cette première situation d'interface, l'un des objectifs majeurs a été l'identification de l'ensemble de variables du Profil Logistique. Ainsi, les premières réunions de notre équipe de développement ont été dédiées aux activités de remue-méninges (figure 56).

¹ Cf. section 1.4.1.

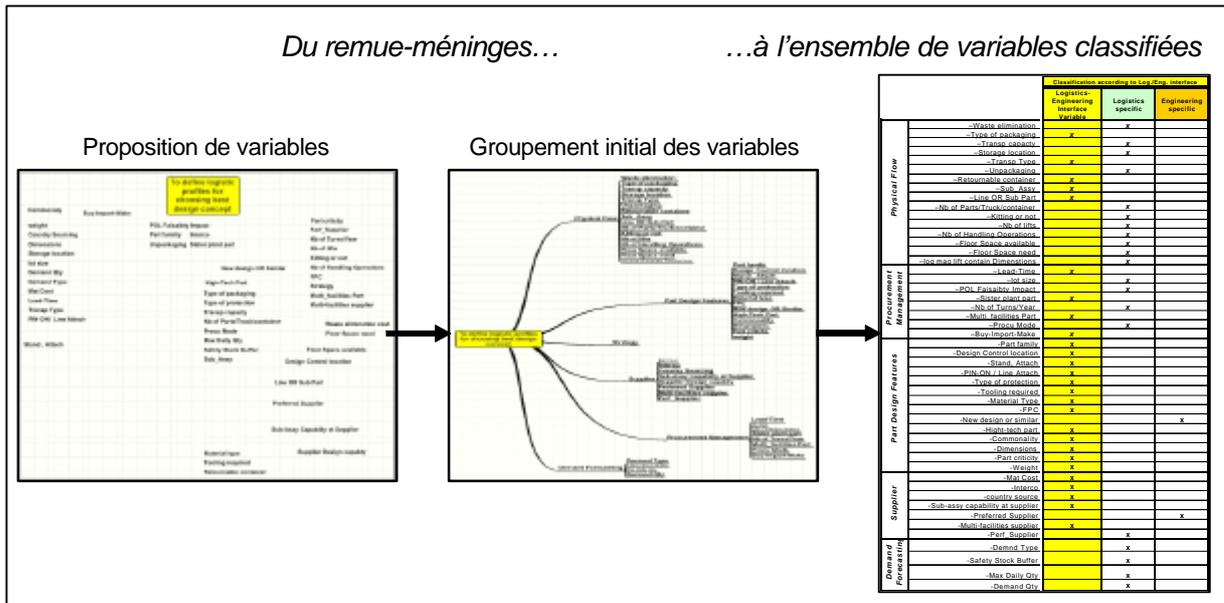


FIGURE 56 - Dans une démarche de remue-ménages, l'équipe est arrivée à l'ensemble de variables qui composent le Profil Logistique

Nous allons utiliser trois temps pour expliquer les interactions dans cette première situation d'interface : les réunions de l'équipe, les résultats explicites des travaux et l'apprentissage préliminaire concernant les concepts logistiques.

7.2.1. Les réunions d'équipe : exemple d'interfaces structurées

Dans notre description des réunions de l'équipe Focus, nous avons présenté un exemple de structuration des interfaces dans les phases aval des projets chez S.P.E.¹.

La mise en œuvre de l'équipe de développement du Profil Logistique nous a également servi pour mettre à l'épreuve notre approche de structuration des interfaces pour les phases amont. Bref, cette structure a été définie afin de développer les idées derrière la notion de Profil Logistique qui, au début, n'était pas bien claire, à part son rôle comme outil d'interface. C'était par le biais des discussions en équipe que nous avons pu en tirer les préconisations sur les logiques d'interaction.

Reprenons les éléments de définition de l'interface identifiés dans les réunions :

Les acteurs d'interface

Les acteurs qui ont composé l'équipe de développement sont, compte tenu de leurs responsabilités et de leurs rôles dans les projets de conception, en **situation permanente**

¹ Cf. section 2.2.4

d'interface : les métiers présents dans le projet de conception et avec la hiérarchie de l'organisation projet.

Nous, dans notre rôle d'organiseurs et d'animateurs des réunions, nous nous sommes mis dans le rôle d'interface, pendant et en dehors des réunions, pour faire diffuser et avancer les idées concernant le Profil Logistique¹.

Les outils d'interface

Les outils utilisés ont été notamment les outils bureautiques (*Excel*[®], *Powerpoint*[®], etc.) et *MindManager*[®], un outil d'aide au remue-méninges et à la planification d'activités collectives. L'utilisation des outils et les interventions des acteurs étaient supportées par un grand écran connecté directement à l'ordinateur dans la salle de réunions.

Les objets intermédiaires

Tout au long des réunions, nous avons créé et mobilisé de nombreux objets intermédiaires, à l'exemple de : listes intermédiaires de variables, présentations d'autres projets, tableaux de synthèse, brouillons et schémas graphiques de flux logistique.

Ces objets étaient diffusés par m² entre les réunions et mobilisés pendant celles-ci.

Les espaces et le temps d'interface

Les espaces et le temps d'interface ont été de deux types : les réunions d'équipe et les entretiens individuels avec chacun des acteurs. L'objet des discussions concernaient toujours le Profil Logistique et les questions autour de celui-ci.

Des procédures et des règles d'interface

Nous allons voir dans la deuxième situation d'interface, des exemples de propositions de règles pour l'utilisation et pour l'amélioration du Profil Logistique qui ont émergé dans les réunions d'équipe.

En synthèse, à part le résultat attendu de définition de l'ensemble de variables, cette première situation d'interface nous a permis de dévoiler des logiques d'interaction intéressantes. Plus précisément, du fait que les discussions ont été orientées vers un objectif partagé (en l'occurrence, le développement de l'outil), les acteurs se sont mis en situation d'échanger sur la logistique, la conception et les rapports entre l'une et l'autre. Ces discussions ont été ainsi des opportunités pour faire émerger d'autres résultats, mis à part d'ensemble de

¹ C'était une situation similaire à celle vécue par P. Laureillard chez Renault VI, lors qu'il a mis en place des périodes formelles de travail collaboratif entre les acteurs de la filière de pièces forgées (Laureillard, 2000).

variables du Profil Logistique.

7.2.2. *Les autres résultats explicites des réunions dégagés à travers les interactions*

Si nous regardons le côté formel des réunions d'équipe, la démarche adoptée a été assez simple (item "a" sur la figure 57).

L'animateur des réunions faisait un exposé préliminaire pour expliciter les objectifs de la réunion, ainsi que pour montrer les hypothèses et les idées initiales sur le Profil Logistique. Ensuite, c'était aux autres acteurs d'intervenir à travers les outils de support.

Dans les premières réunions, le but était d'arriver à l'ensemble des variables à travers la démarche de remue-méninges appuyée sur l'outil MindManager®.

Dans un deuxième temps, il s'agissait de classer les variables proposées par les acteurs (variable d'interface logistique/conception ou spécifique à la logistique), de discuter et de consolider le modèle de Profil Logistique.

Néanmoins, contrairement à ce qui a été prévu au départ, les livrables issus de ces réunions ont largement dépassé le but initial d'identification de l'ensemble de variables, ainsi que le développement formel et collectif du modèle de l'outil.

Plus spécifiquement, en prenant comme exemple les réunions dédiées à l'identification de variables, nous avons observé une **logique d'interactions**, déclenchée à partir de la suggestion de l'un des acteurs d'inclure une variable dans la liste initiale (schéma de l'item "b" sur la figure 57).

Dans plusieurs cas, la variable proposée n'était pas claire pour tous les acteurs de l'équipe, ce qui demandait des explications et induisait les questions posées par les autres acteurs. Ces questions dégageaient des discussions explicatives sur les concepts autour de la variable, de rappel des exemples, par moyen d'analogies¹, des expériences et des justifications appuyées sur d'autres projets, etc.

¹ Selon le point de vue de la psychologie cognitive, dans le raisonnement par analogie, l'acteur traduit le principe de fonctionnement d'un objet connu (la source) vers le principe de fonctionnement d'un objet à concevoir (la cible) (Bonnardel et Rech, 1998).

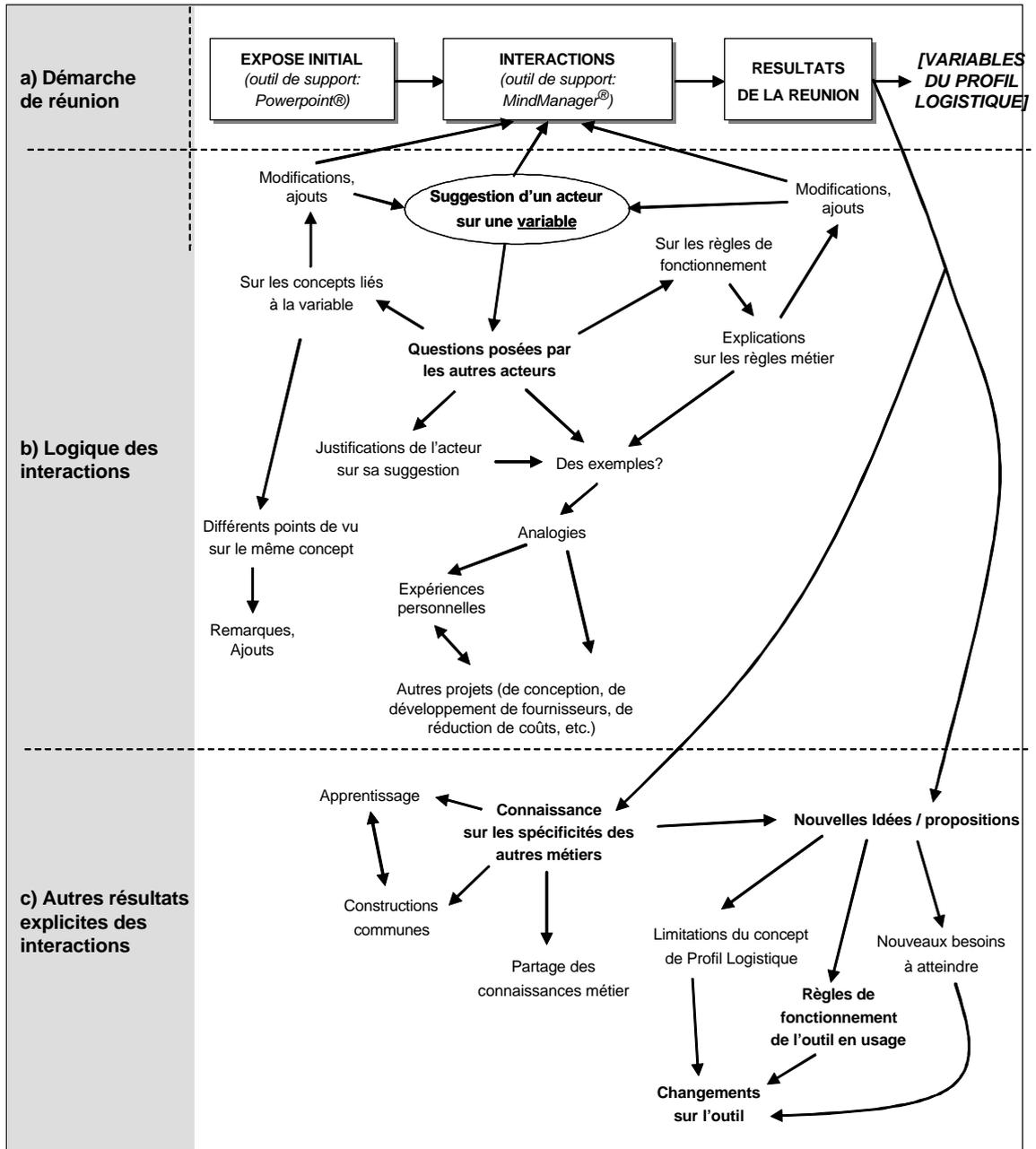


FIGURE 57 - La logique des réunions de l'équipe de développement du Profil Logistique

Ces échanges et ces discussions permettent de faire ressortir ce que nous appelons **d'autres résultats explicites des interactions** ("c" sur la figure 57). Au-delà de l'ensemble de variables, les acteurs proposent de nouvelles idées qui se déclinent à travers leurs remarques sur le concept de Profil Logistique. En discutant, nous sommes arrivés à mieux comprendre les besoins de la logistique dans les projets de conception, ainsi que quelques règles possibles de fonctionnement, comme nous allons voir dans la suite du chapitre.

Outre ces nouvelles idées, il existe aussi les apprentissages croisés sur les spécificités du métier de l'autre, ce qui engendre aussi des constructions communes autour de polysémies comme par exemple "lead-time" ou "module". Ce partage en dehors du cadre des phases amont d'un projet particulier, mais dans le contexte de la définition de l'outil sensé servir de façon transversale à tous les projets de conception, permet un partage préalable des problèmes, des connaissances et des informations, ainsi que des problèmes d'interface vécus à l'interface entre logistique et ingénierie.

Le déroulement de ces interactions nous laisse supposer et soulever deux moments forts. D'abord un apprentissage préliminaire autour des concepts liés à l'activité logistique et ensuite l'émergence de prescriptions pour l'utilisation du Profil Logistique.

Dans les paroles d'un des acteurs de l'équipe :

(S.T. - responsable pour l'industrialisation des modules hydraulique et plate-forme arrière) : "*Attention, il faut se mettre dans le contexte[...]et c'est pour ça, à mon avis, qu'on a fait le brainstorming, et ça a été important, c'est de se placer dans un contexte, par rapport à une conception. Ce n'est pas par rapport au fonctionnement 'day-to-day' de la supply chain*".

Cette remarque montre l'importance de prendre en compte les spécificités entre la logistique dans la conception et la logistique dans ses activités journalières de gestion. Par ailleurs, dans ces réunions, la terminologie propre à la logistique s'intègre au vocabulaire des acteurs de l'ingénierie ou, dans un sens large, des équipes de projet, à travers de questions comme par exemple:

(F.C. - responsable pour le projet d'industrialisation du TX) : "*Est-ce que dans le mode de gestion (logistique), [...] on a un objectif sur les modes de gestion qu'on veut employer, ou les deux (modes) sont compétitifs ou on dirait que c'est en fonction du design qu'on choisira le plus approprié ?*"

(S.T.) : "*Eh bien, [...] il faut qu'on aie la bonne corrélation entre le mode (gestion) et le type de pièce. [...] En vue de certains critères pour une pièce donnée, [...] des choses objectives qu'on ne peut pas changer, son volume d'usage, [...], certains critères vont faire qu'on va dire, un mode de gestion est adapté. Deuxième cascade, deuxième conséquence, du fait que je veux ce mode de gestion, je dois remplir certains critères, autres, que le design ne remplit peut-être pas et c'est là que je vais pouvoir jouer*".

Cet extrait du dialogue entre deux acteurs d'industrialisation lors d'une réunion d'équipe montre deux aspects : le premier, des interrogations sur les mécanismes d'approvisionnement de la logistique (les "modes de gestion d'approvisionnement"). Ces acteurs ne maîtrisent pas ces mécanismes, donc naturellement ils se posent des questions. Le

deuxième aspect, c'est une réflexion sur la corrélation entre le choix du mécanisme d'approvisionnement par rapport aux caractéristiques du composant. Là, nous sommes au cœur même de l'utilité du Profil Logistique. La présence des acteurs de la logistique dans les réunions permettait de répondre aux questions concernant cette fonction. Inversement, du fait que la discussion concernait aussi la conception, les acteurs de la logistique apprenaient sur les difficultés ressenties par les acteurs de l'ingénierie et de l'industrialisation. Nous caractérisons ces échanges comme un apprentissage préliminaire.

7.2.3. *Un apprentissage préliminaire autour des concepts logistiques*

Revenons rapidement aux activités d'identification de chaque variable par les acteurs à travers cinq exemples de suggestion de variables du Profil Logistique. Le but ici est de montrer l'importance du partage de concepts, de connaissance et de savoir-faire métier avant même de parler d'intégration logistique-conception.

Notre démarche sera d'abord de montrer l'extrait de la réunion d'équipe concernant l'exemple et ensuite de commenter pour mettre en valeur l'idée principale.

Exemple #1 : La suggestion d'inclure la variable [Max Daily Quantity]

(F.C.) – responsable pour le projet d'industrialisation du TX

(B.M.) – responsable logistique de l'approvisionnement de composants

(F.C.) : "- [...] [daily usage], puisqu'on parle de quantité annuelle."

(B.M.) : "- Alors, le [daily usage] c'est un peu différent, c'est en dollar. Ça dépend du nombre de pièces et de la pièce".

(F.C.) : "- Ah, d'accord, pour moi dans ma tête c'était quantité de pièces par mois [...]".

(B.M.) : "- En fait, le [daily usage] ça prend en compte [...] la valeur de la pièce, multipliée par la quantité de pièces que tu vas utiliser dans la journée. Ça te donne un chiffre en dollars".

(F.C.) : "- [...] pour dire autrement, [...] l'usage quotidien [...] en fait, quelle est la quantité quotidienne dont j'ai besoin et quel est le [...] parce que tu dois avoir une moyenne quelque part, que tu vas certainement prendre, et quel est le [...] l'écart, des quantités quotidiennes."

(B.M.) : "- Le maximum...[maximum daily quantity]. Pour éviter les conflits de traduction".

(F.C.) : "- [...] mais là je dirais également [...]. Pour planifier la quantité de pièces qu'on commande, en prévisionnelle, vous partez de quoi, de la quantité moyenne ? De la quantité maxi ?"

(B.M.) : "- Non, en fait, c'est une bonne question, en fait, on part de l'EPS, le Executive Production Schedule. L'EPS c'est le nombre de machines qu'on va construire mois par mois. D'accord, donc, ça c'est...on a une vision, en fait on a une vision sur vingt quatre ou plus mois. Mais on donne au fournisseur une vision sur 56 semaines. Donc, sur 56 semaines, le fournisseur reçoit un programme des quantités qui vont couvrir nos besoins, sur 56 semaines. Alors, au niveau du standard dont on parlait tout à l'heure et une machine égale a une ou trois pièces en production et pour l'attachement, on passe sur un pourcentage d'usage d'accord ? Donc, c'est la façon, estimée à l'entrée, pour ensuite l'envoyer chez le fournisseur et en fonction de paramètres de lot size que tu as dis, que tu as déterminé, combien de pièces tu veux ou quel est le nombre de pièces multiple par packaging ou encore tu vas recevoir des quantités qui couvrent cinq jours de besoin ou des choses comme ça, à différents paramétrages possibles, eh bien ça va donner des quantités, d'expédition régulières au fournisseur dans un horizon de 56 semaines. Je ne sais pas si j'ai bien expliqué [...]"

Nous ressortons de ce premier exemple l'explication donnée par B.M. à F.C. concernant la politique de planification de l'approvisionnement chez S.P.E. par rapport à la définition des quantités à approvisionner par les fournisseurs. En expliquant, B.M. mobilise quelques concepts qui sont déjà partagés avec F.C., car concernant le process, par exemple :

- "*standard*" – concerne les composants communs à toutes les configurations d'une famille de machines et montés en ligne d'assemblage, donc avec une demande prévisionnelle connue.
- "*attachement*" – concerne les composants de différenciation, donc avec une demande prévisionnelle parfois erratique, très instable et pour laquelle le mécanisme d'approvisionnement change. Ces composants peuvent être montés sur la ligne pour certains cas ou bien chez le concessionnaire dans une démarche de différenciation retardée.
- "*packaging*" – le support de manutention, emballage, protection, etc.

B.M. met ces concepts dans le contexte de l'approvisionnement et ces mécanismes. En ce qui concerne le Profil Logistique, ce type de connaissance que nous caractérisons comme d'interface, peut s'exprimer, par exemple, à travers de la conception de composants "*standard*" ou "*attachement – en ligne ou chez le concessionnaire*" pour piloter le lien avec le choix des mécanismes d'approvisionnement.

Exemple #2: La suggestion d'inclure la variable [Part family]:

(B.M.) – responsable logistique de l'approvisionnement de composants.

(G.H.) – chef d'équipe de conception de systèmes hydrauliques.

(G.H.) : "- Eh... [part family].

(B.M.) : "- Family à quel niveau tu veux dire Bureau d'Etudes, [...]".

(G.H.) : "- Non, [...] hoses, tubes, fin, [...] connecteurs, fin, tout ce qu'on disait tout à l'heure".

La suggestion de cette variable amène la question autour de la classification de composants. La proposition faite par G.H., un acteur de l'ingénierie, a été faite dans un point de vue logistique. Le but étant de grouper différents composants selon leurs caractéristiques logistiques : *serait-il possible de définir des groupes de composants avec le même Profil Logistique ?*

Exemple #3: La suggestion d'inclure la variable [Lead-Time]:

(S.T.) – responsable pour l'industrialisation des modules hydraulique et plate-forme arrière du TX.

(B.M.) – responsable logistique de l'approvisionnement de composants.

(S.T.) : "- [Lead-Time], [delivery lead-time] [...] Après à définir plus précisément."

(B.M.) : "- Met [lead-time]. C'est vrai que tous ne sont peut-être pas conforme."

(S.T.) : "- Oui, voilà, mais il faut le prendre."

(B.M.) : "- Tout à fait !"

Cette variable est déterminante à l'interface logistique-conception et ainsi au Profil Logistique. C'est à travers le *lead-time* que les acteurs mesurent la performance de la stratégie *Supply Chain* par rapport à l'objectif de *Product Availability*¹. Et pourtant, S.T. n'était pas certain quel *lead-time* prendre en compte. Cette question n'est pas anodine, car ce concept est très ambigu, du fait de la répartition du temps logistique selon chaque étape du processus : *lead-time* du fournisseur, *lead-time* de traitement d'une commande, *lead-time* de livraison, *lead-time* de distribution interne, *lead-time* du process indirect, *lead-time* de production, *lead-time* de préparation pour l'expédition, enfin *lead-time* de livraison au client. La somme de ces *lead-time* partiels donne d'autres *lead-times* de pilotage de la chaîne logistique : *Total Supply Chain lead-time*, *Accumulated lead-time*, etc.

¹ Cf. section 2.1.3.

B.M. atteste l'importance de prendre en compte le *lead-time*, mais sans rentrer dans la discussion de sa répartition ou de son rôle dans le pilotage logistique. Par contre, le fait de l'inclure parmi les variables du Profil Logistique suffit pour l'explicitier lors des situations d'interface dans les projets de conception.

Exemple #4: La suggestion d'inclure une variable concernant le stockage:

(B.M.) – responsable logistique de l'approvisionnement de composants.

(G.H.) – chef d'équipe de conception de systèmes hydrauliques.

(T.K.) – animateur de la réunion

(G.H.) : "- Je pense [...] stockage [...] stockage en interne, à un moment donné, fin [...]".

(T.K.) : "- Stockage en interne [...] le lieu de stockage ?".

(G.H.) : "- Ouais. Ce que je veux c'est que, si tu as [...] je ne sais pas moi, un ensemble de trois pompes, fin, je prends un exemple qui est, qu'on a discuté un peu cette semaine, tu prends l'ensemble de trois pompes parce que tu veux livrer avec une pompe de winch, mais qui[...] correspond à 5% de nos machines qu'on va monter, tu vas devoir en commander une réserve ou cas où il y a un client qui le demande, tu dois stocker un paquet comme ça, à la limite, au lieu de stocker juste une pompe toute seule, que tu pourra monter sur tes deux premières pompes qui sont elles du standard. Donc, ça veut dire que, en stockage, tu vas avoir juste une petite pompe au lieu d'avoir trois pompes qui sont grandes, quoi. Donc, je pense que du point de vue [...] du point de vue assemblage, il y a un avantage à dire : je commande mes trois pompes ensemble, elles sont déjà montées, dans un seul groupe, par contre, d'un point de vue stockage, logistique, c'est une option [...]".

(B.M.) : "- [...] On ne saura pas simplement quoi faire, puisque si tu commandes au niveau...au niveau du groupe, ça veut dire que tu vas monter le groupe, or si tu montes partiellement le groupe [...]".

(G.H.) : "- [...] Là, maintenant ça va marcher avec la positive BOM, tu commandera un groupe, fin, tu montera un groupe si tu es avec la version standard avec double pompe, et tu monteras un autre groupe quoi [...]".

Cet exemple est un résumé du problème d'interface posé par la différence entre la décomposition (produit) pour la conception, la décomposition pour le process de montage et la décomposition pour la logistique. Le composant en question est l'ensemble de pompes montées, d'ailleurs le même utilisé lors de notre expérience entre la conceptrice de l'équipe de G.H. et les acteurs de la logistique opérationnelle¹. La décomposition pour la conception privilégie la répartition du travail entre les équipes de conception. La décomposition pour le process privilégie la facilité de montage sur la ligne. Finalement, la décomposition pour la logistique privilégie l'approvisionnement, la gestion du stock et la distribution interne du composant. Lorsque G.H. explique pourquoi inclure le lieu de stockage, il utilise l'exemple de trois pompes montées (une configuration spéciale avec l'option *winch*, c'est-à-dire le treuil du

¹ Cf. section 4.3.7.

tracteur). Il présente les cas de figure : si l'ensemble est approvisionné monté pour satisfaire la facilité d'assemblage, la logistique aura un composant à forte valeur ajoutée stocké en interne, sachant que la demande prévisionnelle de cette configuration *winch* est de seulement 5% par an. Par contre, si les pompes sont livrées séparément par le fournisseur, donc ce choix privilégie la logistique, car le stock sera d'un composant à valeur ajoutée moins importante (les pompes gérées séparément), ce qui pénalise le process, car on devra monter en interne la configuration *winch*, donc il y aura une tâche de montage supplémentaire (figure 58).

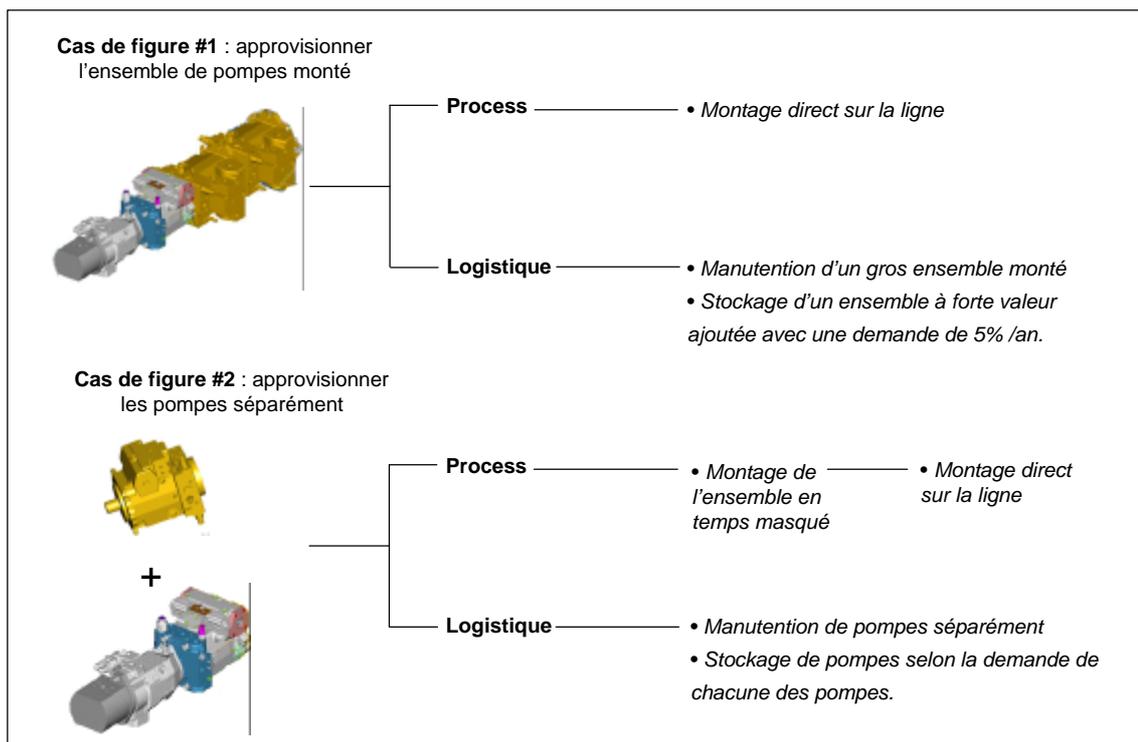


FIGURE 58 - Les cas de figure présentés par G.H. dans la réunion d'équipe : le premier privilégie le process d'assemblage. Le deuxième privilégie la logistique.

B.M. exprime donc sa préoccupation par rapport au type de décomposition du composant. Dans son point de vue, une bonne conception est celle qui privilégie la décomposition pour la logistique, c'est-à-dire, la référence approvisionnée ("niveau groupe", soit les pompes séparées, soit les pompes montées) est la même qui sera utilisée en interne à son niveau de la BOM¹. Par contre, si ce qui est approvisionné ne correspond pas à ce qui sera consommé sur la ligne de montage, là la logistique aura un problème additionnel à celui du choix de décomposition : celui de gérer des niveaux inconnus dans la nomenclature.

¹ Cf. section 2.1.1.

Par rapport au Profil Logistique, la formalisation en amont de ce type de situation ou de choix de conception constitue l'objet même de l'interaction à l'interface. Et ce problème est venu à l'esprit des acteurs à travers la proposition de la variable [*Storage location*], c'est-à-dire, par rapport à une question concernant plutôt la gestion physique des composants et non pas autour d'une question concernant, par exemple, le choix d'architecture du produit ou l'amélioration du process de montage.

Exemple #5: La suggestion d'inclure une variable concernant le [*Part criticality*]:

(S.T.) – responsable pour l'industrialisation des modules hydraulique et plate-forme arrière du TX.

(B.M.) – responsable logistique de l'approvisionnement de composants.

(B.M.): "- Est-ce qu'on ne peut pas définir une criticité de pièces aussi ? On avait même marqué 'part criticality' "

(S.T.): "- Eh, tu entends quoi là dedans ?"

(B.M.): "- Est-ce que, un hose est aussi critique qu'une pompe ?"

(S.T.): "- D'accord."

(B.M.): "- A nous de définir quel type de criticité [...] la criticité ça peut être la technique de la pièce, ça peut tourner autour de son prix, ça peut être [...]. Ça peut être des choses comme ça."

(Extraits de la réunion du 18/11/2004)

Dans cet exemple, la variable suggérée par B.M. rappelle l'habitude de la logistique de gérer les situations d'urgence à travers la classification des composants : un composant classifié comme "critique" est géré en priorité. La question étant de savoir quels sont les critères de classification, ce qui a été rappelé par B.M. (prix, technique, etc.).

En ce qui concerne le Profil Logistique, cette logique est très importante car il s'agit de savoir en avance quels sont les composants en conception pour lesquels les caractéristiques de comportement logistique demandent une attention spéciale de la part de l'équipe de projet. Si nous revenons à l'exemple précédent sur les pompes, l'option "pompes montées" peut être critique, par contre l'option "pompes séparées" ne pose pas de problèmes majeurs de gestion.

7.2.4. Discussion

Ce que nous retenons de cette première situation d'interface c'est l'opportunité d'échanger et d'interagir. Les discussions autour de la conception du Profil Logistique créent des opportunités d'apprentissage dans un cadre majeur de préparation pour les situations d'interface dans les phases amont des projets.

Nous voyons à travers les exemples présentés que derrière chaque variable proposée par les acteurs, il y a des concepts propres à leur métier et à l'entreprise. En interagissant, les acteurs prennent contact avec les spécificités du métier de l'autre, ce qui fait la richesse même de l'apprentissage aux interfaces. Par conséquent, cette première situation d'interface apporte beaucoup plus que l'objectif initial d'identification des variables ne laisse penser.

D'abord, une première prise de contact de l'outil s'avère importante, au niveau des acteurs d'interface, avant de l'utiliser dans les projets. A travers l'identification de l'ensemble de variables, les acteurs font émerger d'ores et déjà les discontinuités aux interfaces, au sens de [Long \(1992\)](#).

Ensuite, en s'expliquant, les acteurs partagent leur connaissance métier, leurs impressions et leur expérience du terrain. Ces interactions nous laissent supposer qu'il se crée **un environnement propice à la construction de repères communs en ce qui concerne les interfaces.**

Plus tard, lors des phases amont des projets, les acteurs peuvent mobiliser ces repères dans le but majeur d'intégrer la logistique dans la conception. Une telle approche est assez différente de celle préconisée au niveau des modèles normatifs de conception, les logiques de fonctionnement des équipes de conception, indépendamment des spécificités des métiers concernés et du projet lui même. Le Profil Logistique est mis en contexte à travers l'apprentissage croisé avant même de démarrer un projet ou il sera employé comme outil d'interface.

Nous pouvons supposer une généralisation de cette démarche d'apprentissage pour faire diffuser l'expérience à travers l'organisation de projet. Une telle action est importante dans la mesure où la capitalisation sur la connaissance de l'outil joue sur l'efficacité de son utilisation dans les projets. Du fait que le Profil Logistique n'est pas un outil automatique ou d'usage individuel, ses utilisateurs ont besoin d'une formation sur sa logique de construction. Cela veut dire apprendre à l'explorer dans l'activité collective, en interaction avec des acteurs appartenant à des différents métiers.

Néanmoins, les opportunités d'apprentissage et de partage de connaissance ne sont pas les seuls résultats apportés dans cette première situation d'interface. D'autres résultats des réunions d'équipe que nous soulevons ici concernent les prescriptions pour l'utilisation de l'outil. C'est le besoin d'interaction qui pousse les acteurs à spéculer sur le fonctionnement de

l'outil en usage. Cela dépasse le périmètre de la première situation d'interface pour apporter des pistes de réponse sur la deuxième.

7.3. Deuxième situation d'interface : le scénario d'usage du Profil Logistique

Du fait que le Profil Logistique n'a pas été mis en œuvre dans les réunions régulières de projets, les préconisations que nous apportons ici – certes, préliminaires - sont issues de l'effort d'anticiper le fonctionnement de l'outil en usage.

7.3.1. Les règles suggérées de fonctionnement du Profil Logistique

Nous présentons sept règles qui ont émergé et ont été discutées dans les réunions de l'équipe de Développement.

Règle de fonctionnement #1 : "Tout changement sur le design n'implique pas forcément un changement sur le Profil Logistique"

Cette règle indique que l'analyse d'une alternative de conception à travers le Profil Logistique n'a du sens que si les modifications entre une solution intermédiaire et l'autre sont suffisamment importantes pour changer le comportement logistique du composant.

Des changements mineurs, par exemple un changement mineur de la géométrie d'un composant, ne sont pas sensés causer un impact sur la logistique. Ainsi, il faut un sens critique pour savoir identifier quand utiliser le Profil Logistique.

Règle de fonctionnement #2 : "Le Profil Logistique n'est pas applicable à tous les niveaux de décomposition de la machine"

Cette règle est une conséquence des différents niveaux dans la nomenclature du produit¹. Du fait que les objets intermédiaires issus du Profil Logistique représentent surtout la vision logistique de la conception, l'analyse à travers l'outil trouve son application dans les niveaux de nomenclature qui ont un sens pour la gestion logistique (figure 59).

Dans les niveaux supérieurs – système et sous-système – l'applicabilité du Profil Logistique dépendra de la décomposition produit pour la logistique d'approvisionnement, donc de la définition de l'architecture du produit. C'est-à-dire, il y a une différence entre un système à approvisionner en tant que tel (par exemple, le système cabine) et un système qui s'intègre sur la ligne de montage (par exemple, le système cabine sera reconnu en tant que tel après le montage de trois sous-systèmes approvisionnés séparément). Cela revient à la

¹ Cf. section 2.1.1.

discussion autour du problème soulevé dans l'exemple #4 concernant l'approvisionnement des pompes hydrauliques (7.2.3).

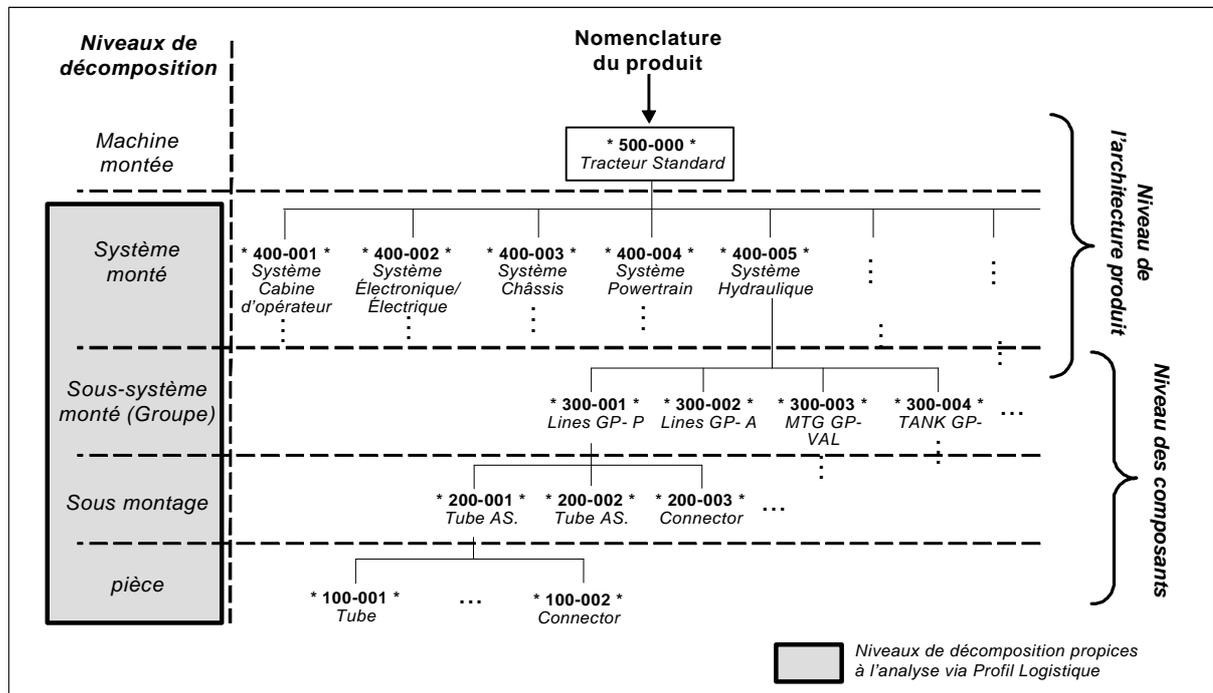


FIGURE 59 - Les niveaux de composition produit couverts par l'analyse via Profil Logistique.

Dans les niveaux inférieurs – sous montages, pièces -, le problème de la conception sur la logistique se pose par rapport aux composants achetés finis. Les acteurs ne prévoyaient pas l'utilisation du Profil Logistique pour l'analyse de matière première (la tôlerie ou les liquides hydrauliques par exemple) ou de petites pièces standardisées (boulons, écrous, vis, clips, etc.).

Règle de fonctionnement #3 : "Pour les composants existants et qui seront utilisés dans les nouveaux produits, on ne prend pas en compte les variables qui ont un impact sur la conception, mais celles qui jouent sur la stratégie d'approvisionnement".

Cette règle cherche à définir une clé de répartition en ce qui concerne l'existence de la référence du composant dans les systèmes de gestion de l'entreprise. S'il s'agit d'un nouveau composant, les variables du Profil Logistique à contrôler sont celles qui ont un rapport avec la conception (par exemple, les variables [Logistic-Design Interface]).

L'objectif ici est d'appliquer le Profil Logistique dans les situations de conception d'un nouveau composant ou de "réconception" innovante qui change effectivement l'existant.

Règle de fonctionnement #4 : "Les variables du Profil Logistique à considérer pendant un projet ne se cumulent pas, elles changent selon la phase".

Cela nous a amené à poser des questions concernant une autre classification des variables : par rapport au niveau d'intégration. Comment identifier les variables sensées apparaître plutôt dans le premier niveau d'intégration (de besoins) et dans le deuxième niveau (de contraintes) ? Ou encore, serait-il possible de positionner les variables par rapport aux phases du processus de conception ?

Règle de fonctionnement #5 : "Le fait que le concept pour un composant soit figé, n'empêche pas de continuer à interroger les variables du Profil Logistique".

Cette règle est très intéressante, car elle est explicite le besoin de l'utilisation du Profil Logistique en dehors des problèmes de conception, par exemple, pour l'étude de changement de source d'approvisionnement étant donné le dessin du composant. Serait-il possible d'ores et déjà de classifier les Profils Logistiques à partir de l'analyse des composants existants ?

Règle de fonctionnement #6 : "Il y a deux modes de fonctionnement pour le Profil Logistique : soit il est prédéfini au départ, soit il est développé pour une conception donnée".

Cette règle montre que les acteurs n'ont pas encore l'idée de faire évoluer la conception de la logistique en interaction directe avec la conception du produit.

Par contre, elle présente une autre idée encore plus prescriptive : celle de prédéfinir des profils afin de classifier les composants en conception. C'est une autre approche à explorer comme perspective de l'évolution de l'outil.

Règle de fonctionnement #7 : "Essayer de faire l'exercice de hiérarchisation des variables à chaque fois - chaque module, chaque version de design- ça va donner une lourdeur à l'usage du Profil Logistique".

Cette règle concerne le deuxième composant du Profil Logistique : les *Profile Drivers* ou plutôt, la hiérarchisation de ceux-ci. Pour les acteurs, il faut hiérarchiser de variables une fois pour toutes, pour tous les composants en étude. C'est encore une prescription trop forte, car on ne connaît pas en avance le problème particulier posé par un composant en conception.

En résumé, ce qui permet de grouper ces règles est le fait qu'elles sont **contextuelles**, adaptées à la réalité de la société S.P.E. Nous croyons que l'outil doit être conforme aux spécificités des acteurs qui l'utilisent. Par contre, nous préconisons que le concept de Profil

Logistique lui-même doit être clair au départ pour éviter des divergences dans l'interprétation de l'outil.

7.3.2. *La logique envisagée d'utilisation de l'outil*

Evidemment, plusieurs logiques d'interaction à travers le Profil Logistique sont possibles.

Selon notre point de vue, il faut tout d'abord diviser la situation d'interface dans le temps par rapport au **synchronisme de l'action**. Ainsi, l'usage du Profil Logistique a une période **synchrone** et une période **asynchrone**, tantôt du côté des acteurs de la logistique, tantôt du côté des acteurs de l'ingénierie (Figure 60).

La raison de cette division est très simple. En ce qui concerne la logistique, la construction des hypothèses et principalement du *Profile Charts* peut exiger la participation d'autres services logistiques ou des acteurs de support qui normalement ne sont pas membres permanents des équipes de projet. En ce qui concerne l'ingénierie, les modifications sur la conception exigent souvent la modification sur les maquettes 3-D, ce que les ingénieurs concepteurs font normalement dans leur bureau.

Ainsi, nous prévoyons quatre temps principaux :

1. **Temps (1)**. Il s'agit du premier temps synchrone (une réunion régulière de projet ou spécifique entre logistique et ingénierie). Une première alternative de solution de conception (dans l'exemple, une ligne hydraulique montrée sur la maquette du châssis du tracteur) est présentée par l'ingénieur concepteur responsable. Les acteurs discuteront pour identifier les impacts sur les processus logistiques, à partir de ce premier aperçu. A ce moment, ils auront déclenché le processus de traduction, car il s'agit d'interpréter l'objet-maquette 3-D sous un regard logistique. Ensuite, l'équipe définit les *Profile Drivers*, les variables du Profil Logistique qui, à leur avis, jouent un rôle sur ce composant et sur la solution proposée.

2. **Temps (2)**. Il s'agit du premier temps asynchrone, car il concerne plutôt la logistique. Les acteurs de la logistique devront, à partir des résultats de la réunion avec l'équipe de projet, élaborer leurs propres hypothèses sur le flux logistique pour le composant, étant donnée l'alternative de solution et les variables principales d'interface. Le résultat de cette activité sera le *Profile Chart* qui contient l'évaluation logistique, ainsi que la formalisation des hypothèses et les remarques des acteurs.

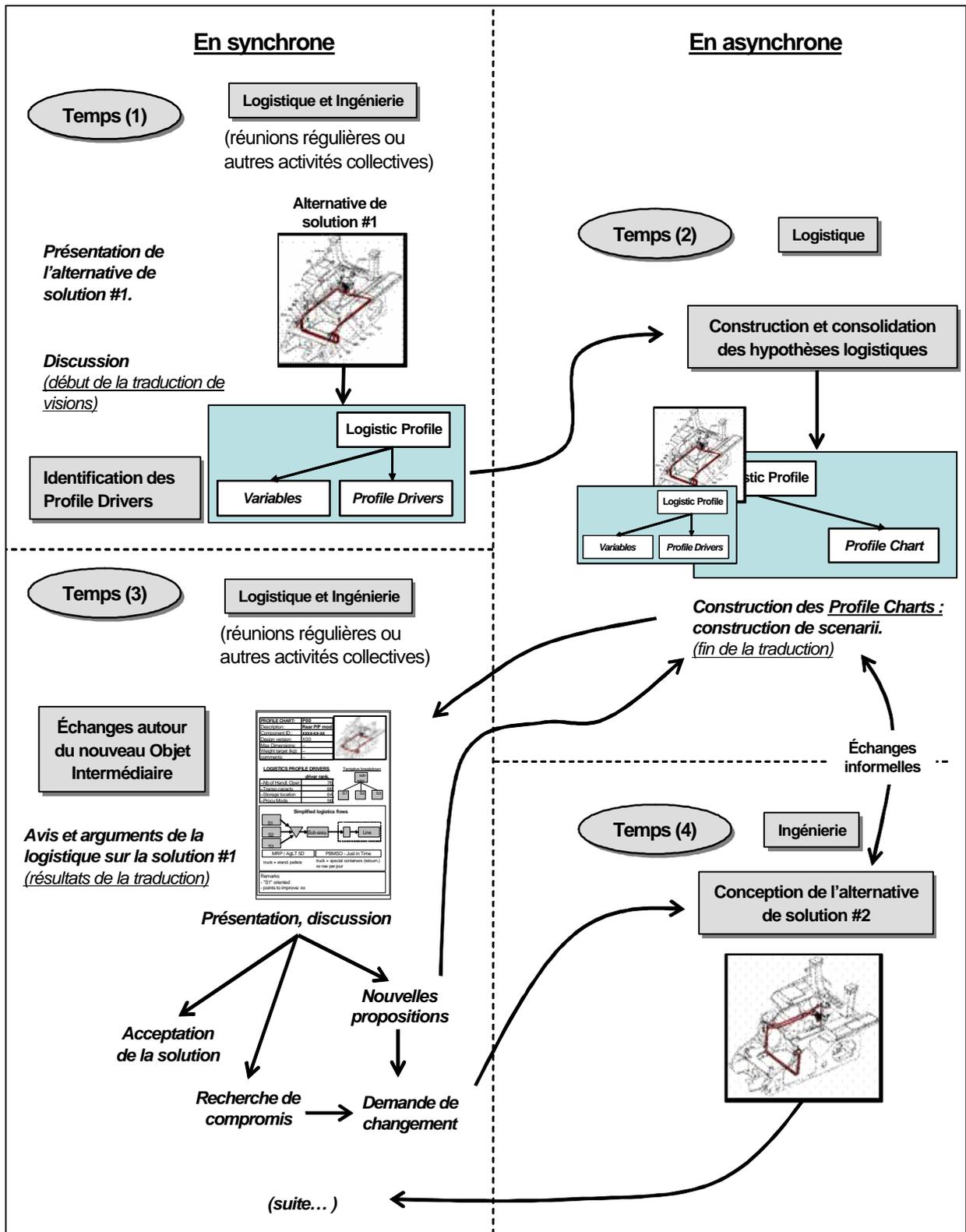


FIGURE 60 - La logique envisagée pour la situation d'interface du Profil Logistique en usage

3. **Temps (3).** Il s'agit du deuxième temps synchrone. Le *Profile Chart* comme le nouvel objet intermédiaire médiatise la discussion qui suit autour de la solution de conception et des remarques logistiques. Il représente le résultat du processus de traduction qui a commencé dans le premier temps en synchrone. Dans ce troisième temps, soit la solution est acceptée sans modifications, soit les acteurs discutent sur des possibles changements d'amélioration. Cela dégage aussi des négociations, des recherches de compromis. Les discussions dans ce troisième temps peuvent jouer initialement sur le scénario logistique représenté à travers le *Profile Chart*, ce qui peut demander la relaxation de certaines hypothèses ou de contraintes imposées par les acteurs de la logistique. Dans la figure 60, ceci est représenté par la flèche qui passe du temps #3 au temps #2. En revanche, si jamais des changements importants sur la solution de conception sont absolument nécessaires, nous passons au quatrième temps.

4. **Temps (4).** Il s'agit du deuxième temps asynchrone, cette fois-ci concernant les acteurs de l'ingénierie. A partir des remarques faites par les acteurs de la logistique, les acteurs de l'ingénierie changeront la solution en modifiant la maquette 3-D. La nouvelle solution sera donc l'objet de discussion de la prochaine réunion et ainsi de suite. Dans cette activité, des échanges informels peuvent se produire entre logistique et conception via e-mail, par téléphone, etc.

Cette démarche à quatre temps est en effet une schématisation du processus lent d'apprentissage sur la traduction des visions conception-logistique. D'après ce que nous avons constaté chez S.P.E. avec l'usage d'autres outils d'aide à l'intégration, - notamment dans l'équipe Focus -, avec l'expérience progressive acquise par les acteurs, la situation d'interface peut se simplifier et les trois premiers temps ici décrits peuvent se passer **en synchrone** sans avoir même besoin de définir formellement les *Profile Drivers*. Par exemple, en faisant des analogies avec d'autres situations similaires, les acteurs peuvent rapidement avancer de manière empirique les variables logistiques touchées par une alternative de conception.

7.3.3. *Discussion*

Il n'était pas dans l'intention de l'équipe de développement de prévoir tous les cas de figure et les procédures pour l'utilisation du Profil Logistique, puisque c'est dans l'action que l'on va découvrir toutes ces nuances. Par contre, les suggestions de règles apportées par les acteurs nous montrent la richesse de situations possibles pour faire évoluer le concept de

Profil Logistique.

L'élaboration des *Profile Charts*, comme des nouveaux objets intermédiaires, permet l'apprentissage local des acteurs de la logistique par rapport à la conception. On parle conception en les définissant. Et cette élaboration s'appuie sur les informations incertaines des alternatives de conception. Les acteurs de la logistique savent que l'alternative proposée en réunion pourra changer rapidement, **mais cette fois-ci en fonction d'une demande de leur part** : ils peuvent contribuer à l'évolution de la conception. Cela constitue une nouvelle réalité pour l'intervention de ces acteurs dans les projets de conception.

Les travaux réalisés par l'équipe de développement ont explicité et formalisé les bases pour l'application de l'outil Profil Logistique aux interfaces. Néanmoins, nous sommes conscients que ce concept n'a de sens que dans une logique de changement de l'approche d'intervention de la logistique dans les phases amont des projets de conception. Du fait qu'il n'est ni un outil automatique ni un cahier des charges logistique préalablement défini (un *checklist*), son utilisation se place dans une dynamique qui respecte les spécificités du projet et du produit en conception.

Par ailleurs, le modèle de Profil Logistique **ne spécifie pas les outils de définition de ses composants** (*Variables, Profile Drivers et Profile Charts*). En effet, le modèle laisse ouvertes les possibilités pour que d'autres outils d'interface s'ajoutent aux efforts de définition de ses composants.

Néanmoins, si d'une part nous pouvons supposer que les interactions s'enrichissent avec le support du Profil Logistique, d'autre part les discussions autour de son concept ont aussi dévoilé ses limites.

7.3.4. *Les limites de l'outil*

Le Profil Logistique - tel que nous l'avons défini - présente certaines limitations pour son appropriation par les acteurs sensés l'utiliser. Nous mentionnons particulièrement les trois suivantes :

Le Profil Logistique est dépendant du contexte dans lequel il est utilisé

Le Profil Logistique - comme outil d'interface - ne permet pas d'anticiper complètement une méthode précise pour son application. C'est aux acteurs de le mettre en œuvre et, en structurant les interfaces, construire la méthode la plus appropriée à leur

situation. L'outil d'interface n'a pas de sens s'il est déconnecté de son contexte, isolé et abstrait de toute réalité.

Ainsi, au lieu de proposer une démarche complète d'utilisation, nous avons préféré décrire les deux principales situations d'interface et ce qu'on peut attendre dans chacune d'entre elles.

Le Profil Logistique a besoin de toute une structure pour son utilisation

Cette limitation est associée au fait que le Profil n'a pas de raison d'être si la structure minimale pour sa mise en place n'existe pas. Les informations nécessaires à la construction et à l'analyse des Profils ne sont pas disponibles dans une base de données et obtenues directement par les acteurs. Elles sont le résultat de tout un travail à l'interface avec l'ingénierie et les autres fonctions qui composent les équipes projet. On doit construire le profil et pas seulement l'appliquer directement.

En effet, une telle structuration passe par une revue des modes de fonctionnement des modèles normatifs de conception, par les frontières entre les services et par les compétences nécessaires pour aboutir aux objectifs en termes de coût, qualité et délai. Cela dépasse largement la simple mise en œuvre d'un nouvel outil. Cet ici n'est qu'un des éléments d'interface.

Le déploiement du Profil Logistique dépend de l'existence d'une alternative préliminaire de solution de conception.

La relation de dépendance entre la construction du Profil Logistique et la solution de conception pour un composant donné peut amener au problème d'une inflation d'analyses logistiques, car les solutions peuvent changer très vite pendant la conception.

Le temps nécessaire pour construire un premier Profil peut s'avérer excessif par rapport au temps de changement d'une idée de solution, ce qui peut engendrer un problème de coordination entre l'information produit qui circule publiquement dans l'organisation projet – à travers notamment le SGDT – et l'information "en temps réel" générée tous les jours par les acteurs de l'ingénierie dans leurs bureaux.

Nous croyons qu'un des mécanismes de coordination possibles est la synchronisation à travers la multiplication des espaces et des temps formels d'interface (par exemple les réunions), pour faire transpirer le plus rapidement possible les derniers changements sur le dessin du produit.

7.3.5. *Les perspectives pour avancer sur le concept de Profil Logistique*

L'outil comme nous l'avons défini, ouvre des perspectives intéressantes par rapport à la problématique d'intégration de la logistique dans les phases amont des projets.

Du fait qu'il est sensé partager l'espace d'interfaces avec d'autres outils, il serait important d'identifier comment l'utilisation du Profil Logistique peut être enrichie par l'utilisation d'outils de recherche systématique de l'information, à l'exemple d'applications logicielles sur des bases de données de l'entreprise et les outils de *Dataming*. Ces outils permettraient par exemple d'aider dans la construction des hypothèses logistiques pour le *Profile Chart*.

Une autre amélioration irait dans le sens de définir un seul coefficient de mesure de compatibilité du Profil Logistique d'un composant donnée par rapport à la stratégie logistique pour le produit. Un coefficient qualitatif ou quantitatif capable de synthétiser le niveau d'adhésion à la stratégie, à l'instar de certaines approches DFA (Redford et Chal, 1994). La contrainte ici c'est que l'agrégation sur un seul coefficient peut lisser et masquer complètement l'impact individuel de la conception sur chacun des *Profile Drivers*.

7.4. Conclusion

Les discussions autour de l'outil Profil Logistique ont permis de dégager différentes logiques d'intervention de la logistique dans les projets de conception. Déjà, organiser les discussions des acteurs autour de la notion d'intégration et, plus particulièrement, de l'outil, permet d'enrichir leur compréhension commune sur la logistique dans la conception.

La démarche de développement collectif de l'outil a, au moins, deux implications sur notre thèse. D'une part, elle nous a permis de constater le manque d'espaces et de temps d'interface pour discuter de logistique dans la conception de produits. D'autre part, elle nous a permis de constater que les démarches - au départ préconisées - sont transformées au long de l'interaction. Il faut donc formaliser ce qui émerge dans des interactions pour améliorer la démarche initiale.

Ce constat nous amène à une autre problématique intéressante qui échappe à notre thèse : **la capitalisation de connaissances créés aux interfaces**¹. Nous faisons une référence

¹ Comme exemple, nous citons les nouvelles démarches de solution créées par les acteurs durant les activités de l'équipe Focus (Cf. section 2.3.4.) : comment capitaliser ces solutions?

particulière ici à l'organisation même de la première situation d'interface pour le développement du Profil Logistique. Pour réunir l'équipe et conduire les travaux, nous avons mis environ trois mois de travail d'organisation pour arriver à structurer les réunions et définir un agenda compatible avec les activités normales des acteurs. Comme acteurs d'interface, tous ont des agendas trop chargés. Cette question peut paraître anodine pour être citée dans un rapport de thèse, mais véritablement elle ne l'est pas.

Pour finir, le Profil Logistique n'a un sens que dans une logique de changement, cela veut dire, dans un contexte supporté par une structure adaptée à son application. Son utilisation exige au départ une étape approfondie d'apprentissage à l'interface. Il constitue aussi un outil d'apprentissage pour les acteurs de la logistique, en ce qui concerne leur intervention dans les phases amont des projets.

Conclusions et perspectives

Ce rapport de thèse a décrit nos travaux de recherche concernant la problématique de l'intégration de la logistique dans la conception de produits manufacturés. Cette thèse se positionne aux intersections des domaines concernant la logistique de l'entreprise, l'intégration des étapes du cycle de vie du produit dans le processus de conception et l'ingénierie concourante, en caractérisant une thématique de Génie Industriel.

Dans le point de vue de la logistique, nous avons défendu la thèse que pour intégrer les acteurs appartenant à cette fonction, avec leurs besoins et leurs contraintes dans les phases amont des projets de conception, il faut tout d'abord structurer les interfaces en respectant les spécificités des étapes de conception. D'après nous, une telle structuration permettra de déclencher un régime soutenu d'apprentissages croisés entre les acteurs représentant ces deux compétences de l'organisation industrielle : la logistique et la conception de produits.

Deux spécificités caractérisent nos travaux de thèse. La première est la prise en compte du point de vue des acteurs de la logistique par rapport à la conception de produits. La littérature du domaine considère plutôt le point de vue des acteurs des métiers de la conception. La deuxième spécificité - et la plus importante - est l'approche de l'intégration basée sur les interfaces. Dans notre modèle, l'interface se caractérise par cinq éléments fondamentaux : les acteurs, les outils, les objets intermédiaires, les procédures et règles, les espaces et temps d'interface. Les travaux de la littérature traitent plus souvent des aspects liés aux outils d'aide à l'intégration et à l'organisation pour la conception. Sinon, d'autres travaux s'intéressent aux aspects cognitifs de création et de gestion de connaissances intermétiers de la conception.

L'approche des interfaces apporte deux avantages principaux. Le premier est le cadre multidimensionnel d'analyse des projets de conception (les acteurs, les outils, les objets intermédiaires, les procédures/règles et les espaces/temps). Le deuxième avantage est que les interfaces font ressortir à la fois les différences - car elles séparent - et les intersections, car elles relient. A notre avis, cette caractéristique constitue leur atout principal.

Notre méthode d'étude s'est construite comme une recherche-intervention réalisée durant vingt-quatre mois dans un projet de conception de tracteurs à chenilles chez S.P.E.

Nous avons étudié la participation et les prestations des acteurs de la logistique notamment dans les activités des phases amont du projet et au début des phases en aval. Ceci a été fait en menant une analyse des interfaces, au long de laquelle nous avons identifié les discontinuités et les intersections entre les deux mondes – logistique et conception - sensés collaborer dans les projets de conception. Les résultats de cette analyse, sous la forme d'un diagnostic, nous ont montré que :

a) Dans les modèles normatifs de conception de l'entreprise, les interfaces logistique-conception sont structurées de manière asymétrique, plutôt en phases aval, ce qui induit un déséquilibre par rapport à l'intervention amont des acteurs de la logistique.

b) Les structures d'interface logistique-conception sont décalées à deux niveaux de temporalité : dans le temps d'un projet particulier (amont / aval) et dans le temps d'un programme de projets (précédent / courant / suivant).

c) L'identification de l'interlocuteur de la logistique aux interfaces avec l'ingénierie constitue un problème en soi, du fait du caractère transversal et de la dialectique permanente de la logistique. Par conséquent, pour l'acteur de la logistique, la question de l'interface se pose donc suivant deux dimensions : l'interface interfonctionnelle (logistique-conception) par rapport au projet et l'interface intrafonctionnelle (logistique-logistique) dans sa propre organisation.

d) L'interface, comme nous l'avons définie, ne se structure pas par le seul agencement des éléments fondamentaux. Il faut développer la compétence de la traduction des besoins logistiques en termes de règles logistiques pour la conception et inversement la traduction des alternatives de solution de conception selon une vision logistique.

e) Du point de vue des acteurs de la logistique à l'interface avec l'ingénierie, la coordination de leurs activités commence par la stabilisation de l'information sur le produit. Les logiques de travail qui caractérisent les processus de la logistique s'appuient sur l'exactitude de l'information du produit.

f) La logistique n'interagit pas dans le réseau des objets-maquettes, mais dans le réseau des objets-nomenclatures. Les maquettes numériques - le principal objet intermédiaire dans les activités de conception et d'intégration, à l'instar de l'intégration produit-assemblage - n'a pas la même utilité pour la logistique, étant donné les discontinuités existantes. En réalisant une courte expérience entre une conceptrice de l'équipe de Composants hydrauliques

et deux acteurs de différents services logistiques, nous avons pu attester cette discontinuité, car les acteurs de la logistique ne trouvent sur la maquette ni les informations qui les intéressent, ni ne la voient comme un instrument de changement de la solution de conception. La maquette a donc le même statut qu'un dessin approuvé (donc objet intermédiaire fermé) du composant. Dans le point de vue de la gestion du cycle de vie du produit, ce constat est le fil conducteur dans la problématique d'interface entre les systèmes du type SGDT ou PLM et entre les systèmes de gestion intégrée comme les ERP, SCM ou APS.

g) Les situations d'interface caractéristiques des projets de conception sont en décalage avec les démarches logistiques propres à la gestion de la production stabilisée. Cela veut dire que les procédures, les outils, les règles métier logistiques ne sont pas adéquats à l'interface avec l'ingénierie dans le contexte des phases amont des projets de conception.

h) Les nouvelles règles sont en effet l'aboutissement d'un processus continu d'ajustement des discontinuités aux interfaces. La prescription au préalable de règles d'interface ne constitue pas la meilleure approche pour faire intégrer la logistique dans la conception. Il faut les apprentissages croisés durant les situations d'interface pour que les règles puissent émerger de l'interaction.

Paradoxalement, en étudiant les interfaces, il a été aussi intéressant de se rendre compte que les fortes discontinuités entre la logistique et la conception ne sont pas complètement réductibles aux problèmes d'interface. Celles-là ont des racines plus profondes et concernent les paradigmes propres à chacun des métiers. En ce qui concerne la logistique, la précision de l'information, la justesse et l'exactitude sont des conditions *sine qua non* pour la gestion, le pilotage et le contrôle des processus. Or, l'activité de conception, par définition, peut être tout sauf exacte et précise. Comment s'intégrer étant donné cette différence majeure ? D'après nous, cela constitue déjà une vraie problématique de recherche.

Appuyés sur les résultats de notre analyse, nous avons proposé des préconisations pour mieux structurer les éléments d'interface logistique-conception dans les phases amont des projets. Deux de ces préconisations portent sur le **modèle d'intégration** et sur **l'outil d'interface** logistique-conception.

Ainsi, nous avons développé un modèle d'intégration à deux niveaux, dans un découpage logistique du processus usuel de conception de l'entreprise S.P.E. Au le premier niveau, il s'agit de traduire les besoins logistiques en termes de règles d'aide à la conception.

Au deuxième niveau, il s'agit d'intégrer les contraintes logistiques dans les solutions pour la conception des périmètres de produit (les composants, les modules). L'intégration des acteurs de la logistique doit être permanente pour qu'ils puissent développer de façon graduelle la connaissance sur le produit et sur le process au stade de conception.

Dans le but d'instrumenter les acteurs de la logistique dans leur démarche de traduction et de construction de l'intégration avec l'ingénierie, nous avons développé le concept de **Profil Logistique**. Il s'agit d'un outil support à l'intégration logistique-conception qui s'appuie sur la structuration des interfaces et sur un processus de traduction d'une solution de conception dans la vision logistique. Le Profil Logistique constitue ainsi un instrument d'interactions et d'apprentissages croisés, ce que nous proposons au départ de notre thèse. La construction du Profil Logistique c'est en effet la construction formelle de l'opportunité pour que les acteurs de la logistique puissent intervenir en amont des projets. Cette intervention passe par une analyse et la synthèse correspondante des alternatives de solutions de conception proposées par les acteurs de l'ingénierie lors des réunions régulières de projet.

Finalement, nous avons montré comment les acteurs de la logistique et de l'ingénierie peuvent interagir en s'appuyant sur le Profil Logistique. Nous avons identifié deux situations d'interface : l'outil en développement et le scénario d'usage de l'outil. Chez S.P.E., nous sommes arrivés à mettre en œuvre la première situation d'interface, à l'issue de laquelle nous avons obtenu les variables du Profil Logistique et son modèle à trois composants :

- *Variables*
- *Profile drivers*
- *Profile charts*

Les *Profile Charts* constituent des nouveaux objets intermédiaires à l'interface logistique-conception.

Contributions de la thèse

Les principales contributions de cette thèse sont :

- *La mise en évidence des spécificités de l'intégration logistique-conception par rapport au domaine majeur d'intégration produit-process.*
- *La proposition d'un modèle d'interfaces basé sur la notion d'élément fondamental comme constituant d'une interface.*

- *La proposition de l'approche basée sur les interfaces pour étudier le problème d'intégration, ainsi qu'une grille d'analyse des interfaces.*
- *La proposition d'un modèle support à l'intégration de la logistique qui identifie deux niveaux principaux, selon les spécificités des phases amont de la conception.*
- *La proposition du Profil Logistique, un outil d'interface logistique-conception. Le concept de cet outil est émergé de la nécessité d'instrumentation des acteurs pour créer et structurer un régime soutenu d'apprentissages croisés.*
- *La proposition d'une nouvelle logique d'interaction à travers le développement et l'usage du Profil Logistique.*

Impacts potentiels de l'intégration de la logistique dans les projets

a. Sur la conception de produits manufacturés

Du côté conception du produit, il s'agit d'agrèger à la logique du *Design-To-Cost* (conception à coût objectif) – préconisé par les approches classiques de DFL/DFSCM - la logique du *Design-To-Velocity* (conception pour la réduction des délais globaux de la chaîne logistique). Ce passage incite les acteurs de la conception à intégrer, entre autres, les notions associées au flux physique des *Part Numbers* du produit, le *Supply Chain Lead-Time* et le *Product Availability*. Néanmoins, ce passage ne peut pas se faire sans l'intervention et la collaboration des acteurs de la logistique, car il s'agit de la construction d'une nouvelle logique de conception à l'interface.

L'intervention de la logistique a le potentiel de transformer la conception, ses activités et par conséquent ses modèles normatifs. Il s'agit de repenser la conception au-delà des frontières et des interfaces "internes" de l'artefact et de la satisfaction du client par le seul usage de l'artefact. Outre l'artefact, il s'agit de penser le temps différemment, ce n'est plus que le temps de développement du projet, mais aussi le temps logistique de satisfaire une commande à partir des options offertes de diversité produit. Ce temps est un élément de valeur du produit.

Il est souhaitable que les modèles normatifs de la conception soient repensés pour s'adapter aux changements stratégiques et organisationnels imposés par une logistique de plus en plus distribuée physiquement et en termes de ses compétences, éphémère en termes organisationnels et pilote de la stratégie de l'entreprise industrielle

actuelle.

b. Sur les frontières des métiers de la logistique

Du côté de la logistique, il s'agit de remonter les besoins, de piloter et d'interagir depuis le début d'un projet de conception, pour l'instant vu comme à l'extérieur des compétences clef des services logistiques. De façon analogue aux acteurs de la conception, les acteurs de la logistique sont incités à intégrer des connaissances sur le *design*, par exemple les critères et les outils de décomposition produit (*product breakdown*), une décision charnière à la fois pour la conception, l'organisation et la gestion de la logistique.

Les résultats de notre thèse nous permettent de conclure que l'approche de l'intégration par le biais de la structuration des interfaces montrent qu'intégrer la logistique dans les projets n'est pas une brique de plus qui vient s'ajouter aux autres contraintes de conception, comme le laissent penser les approches classiques de DFL/DFSCM ou, dans un sens large, de DFx.

L'intégration logistique-conception a des spécificités qui ne permettent pas de la confondre avec les approches classiques d'intégration produit-process. Bien évidemment, il y a des points communs, à l'instar du besoin de nouveaux outils d'interface qui permettent de relier les métiers et les connaissances.

Perspectives

a. Par rapport à l'entreprise

D'un point de vue local, la mise en œuvre du Profil Logistique en situation d'usage dans un nouveau projet NPI s'avère la perspective la plus immédiate. Par ailleurs, lors de la fin de nos travaux chez notre partenaire, le Profil Logistique a été mis dans la liste d'actions prioritaires des projets d'Excellence Opérationnelle de cette entreprise, notamment à travers l'équipe multimétiers responsable du *Procurement*. L'objectif majeur étant d'améliorer la coordination et la collaboration de la logistique dans le NPI et le CPPD.

D'un point de vue général, si d'une part l'intégration de la logistique répond à un besoin d'une meilleure coordination, d'une collaboration aux interfaces, de la réduction des situations de retravail, de la réduction des coûts de conception et logistiques, il faut montrer les gains effectifs pour l'entreprise. L'un des problèmes majeurs sur lequel nous avons dédié une partie significative de nos travaux chez S.P.E. est celui concernant la détermination des coûts d'un composant selon une vision processus *Supply Chain*. Pour justifier les coûts et

l'intérêt de l'intégration, il faut aussi arriver à chiffrer les gains avec l'intégration. *Comment mesurer les gains avec l'intégration de la logistique, si la problématique d'identification des coûts Supply Chain demeure encore un souci majeur dans les projets de conception ?*

Il ne faut pas seulement instrumenter et structurer les interfaces, mais aussi **maîtriser la démonstration de résultats tangibles pour l'entreprise**. Il s'agit d'une perspective véritablement industrielle, car nous touchons ici la problématique majeure de la gestion des risques : associés au projet, à la non intégration et à la dispersion par rapport à la stratégie de l'entreprise. Ceci constitue à notre avis un autre objet de recherche.

Une autre perspective industrielle est d'approfondir les études sur les **interfaces produit-process** chez S.P.E. Capitaliser sur les mécanismes d'interaction – à l'heure actuelle bien avancés – qui ont été développés par les acteurs du bureau méthodes de montage et de l'ingénierie permet aussi d'en tirer des conclusions importantes vers la modélisation d'un schéma plus global d'intégration du cycle de vie du produit, mais toujours en respectant les spécificités de chacune des fonctions métiers qui participent aux efforts de projet.

En participant aux activités du projet TX, nous avons témoigné les changements et les défis pour lesquels les acteurs de S.P.E. ont développé des solutions innovantes. Notre thèse constitue aussi un document d'une partie de l'histoire du projet. Nous partageons avec d'autres chercheurs - cités tout au long du mémoire - l'idée que la création de la compétence d'intégration dans l'entreprise passe aussi par la récupération de l'histoire des projets.

b. Par rapport à la recherche sur l'intégration

Par rapport à la recherche, les perspectives sont également prometteuses. L'approche par les interfaces s'est montrée suffisamment robuste pour permettre son utilisation en d'autres problématiques liées à l'apprentissage, car les éléments qui les définissent s'avèrent facilement identifiables indépendamment du secteur industriel, de l'entreprise, de l'organisation de projet ou du métier. C'est le diagnostic à partir de cette identification initiale qui va dévoiler les spécificités de chaque cas.

Nous croyons que cette approche permet de monter encore un niveau d'abstraction par rapport à la problématique de l'intégration. La notion d'interface peut permettre d'arriver à des lignes générales vers une "théorie de l'intégration", dans le but d'enrichir davantage le domaine du *Product Life-Cycle Engineering* et de la Conception Intégrée. L'un des avantages est le changement du point de vue par rapport aux projets, car la littérature considère souvent

celui des acteurs de la conception ou des outils d'aide à la conception. L'interface sépare et relie, elle montre les différences au même temps que les intersections, les points communs. Selon cette vision, on ne peut pas simplement "isoler" un métier et l'analyser de manière indépendante. Il faut le contexte, les situations d'interface, sa structure organisationnelle, ses mœurs, les objets intermédiaires, les outils, les règles.

Dans un niveau encore plus élevé de généralisation, l'entreprise industrielle et la chaîne logistique dans laquelle elle s'insère peuvent être vues et modélisées aussi comme un **réseau d'interfaces**, à partir de ses éléments fondamentaux. Le problème est de savoir comment structurer ces éléments dans leur contexte et selon un objectif préalablement défini. Dans notre cas, nous avons considéré deux acteurs (la logistique et l'ingénierie) dans un contexte spécifique (les projets selon un modèle en Ingénierie Concourante) et avec un but prédéfini (l'intégration de la logistique).

En revenant au cas de la logistique, peut-être que nous ne parlons pas d'évolution des métiers, mais d'un rôle complètement nouveau ou d'un métier nouveau, celui d'acteur d'interface qui vient gérer les discontinuités entre les acteurs d'une organisation projet. En ce qui concerne la logistique, **l'intégration ne serait-elle pas finalement, de la conception dans les activités logistiques ?** Le profil d'interface de l'acteur logistique dans les projets de conception relève de la connaissance transversale des processus logistiques, en termes stratégiques et opérationnels, du pouvoir décisionnel et d'arbitrage. L'éparpillement des compétences logistiques implique aussi l'éparpillement de la participation de l'acteur d'interface dans les activités des projets et un risque important de blocage à l'intégration.

A l'issue de notre travail et de nos réflexions, nous sommes convaincus que l'approche par les interfaces constitue une entrée puissante pour analyser les interactions entre les acteurs vers une intégration souhaitée de la logistique dans les projets de conception, une problématique sinon mal définie, encore mal comprise et pour laquelle les solutions envisagées ne peuvent pas être complètement prescriptibles.

c. Par rapport à ma vision personnelle sur le concept et la portée de l'intégration

Cette thèse a été une opportunité unique de remettre en cause mes propres paradigmes concernant l'intégration. En tant qu'ingénieur mécanique spécialisé en procédés d'usinage, ma vision d'intégration a été forgée au long des années 1990, dans le domaine du CAD/CAM, notamment appliqué à la conception et au fraisage d'outillages pour le secteur de

plasturgie. Ma notion théorique d'intégration était initialement centrée sur l'outil, particulièrement due aux problèmes d'interface entre standards à l'époque (DXF/IGES/VDA-FS/SET/STEP). Cette première perception a été élargie dans l'expérience du terrain vers les aspects organisationnels et méthodologiques de mise en place des outils. Comme ingénieur méthodes, mes interfaces étaient établies avec les concepteurs et les opérateurs de machines-outils. Or, se mettre dans le rôle des acteurs de la logistique c'est un tout autre défi. Comprendre cette compétence industrielle constitue déjà un premier *challenge*. Ensuite, chercher sur le terrain les liens avec la conception de produits - tout en essayant de m'abstraire autant que possible du process - s'est avérée une mission floue au début de la thèse. Après cette courte expérience très enrichissante et passionnante, je crois que la perspective est dans le sens de faire évoluer définitivement mon interprétation de la notion et de la portée de l'intégration. Chercher l'unité dans la diversité à travers les savoirs et les connaissances qui se rencontrent aux interfaces me semble un bon départ pour entamer un changement de vision.

Références bibliographiques

A

Adreit et Mauran (1995)

ADREIT, F.; MAURAN, P. : L'interaction en conception, in "Le communicationnel pour concevoir (Caelle, J; Zreik, K., coord.)", Paris : Europia, 1995.

Aitken *et al.* (2003)

AITKEN, J.; CHILDERHOUSE, P.; TOWILL, D.: The impact of product life cycle on supply chain strategy, *Int. J. of Production Economics*, 85, 2003, pp. 127-140.

Alting (1993)

ALTING, L. Life-cycle design of products: a new opportunity from manufacturing enterprises. In *Concurrent Engineering: Automation, Tools, and Techniques* (A. Kusiak, Ed.). New York: Wiley, 2001, pp. 1-17.

Asiedu et Gu (1998)

ASIEDU, Y.; GU, P. Product Life Cycle analysis: state of the art review, *Int. Journal of Production Research*, vol. 36, N. 4, 1998, pp. 883-908.

Aurifeille (1997)

AURIFEILLE, J-M. La logistique amont : de la maîtrise des interfaces avec les fournisseurs à la conception des produits. Paris : Editions Litec, 1997. Chapitre 1. Management Logistique : Une approche Transversale.

B

Blakrishnan et Thomson (2000)

BLAKRISHNAN, A.; THOMSON, V. Concurrent Engineering Models, in *Advances Concurrent Engineering CE2000 at 7th ISPE Int. Conf. On Concurrent Engineering: Research and applications*, Lyon, July 17-20, 2000.

Barton *et al.* (2001)

BARTON, J.A.; LOVE, D.M.; TAYLOR, G.D. Design determines 70% of cost ? A review of implications for design evaluation, *J. of Engineering Design*, vol. 12 (1), 2001, pp. 47-58.

Bernard (2003)

BERNARD, A. FAO : outil stratégique pour la phase d'industrialisation, in (Bernard, A., dir.) *Fabrication Assistée par Ordinateur*, Paris : Hermès, 2003, pp. 21-31.

Bhander et McAlone (2003)

BHANDER, G.S.; McAlone, T. Implementation of Life Cycle Assessment (LCA) in the early stages of product development, *proceedings of the CIRP Seminar on Life cycle Engineering*, 2003.

Blanco (1998)

BLANCO, E. L'émergence du produit dans la conception distribuée. Vers de nouveaux modes de rationalisation dans la conception de systèmes mécaniques, thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Grenoble, 15 décembre, 1998.

Blanco *et al.* (2005)

BLANCO, E.; KOIKE, T.; PENZ, B. Quel rôles et outils pour les acteurs de la logistique dans le processus de développement de produits ? Actes du 6eme Congrès de Génie Industriel – GI2005, 7-10 juin, Besançon, 2005.

- Blondaz (1999)** BLONDAZ, L. Prise en compte de la fabricabilité, en conception intégrée de produits mécaniques. thèse de doctorat, Grenoble : Université Joseph Fourier / Sciences et Géographie, 2 février, 1999.
- Bonnardel et Rech (1998)** BONNARDEL, N.; RECH, M. Les objets-sources d'inspiration dans les activités de conception, Cinquième table ronde francophone sur la conception, 01DESIGN'97, in "Les objets en conception" (Trousse, B., Zreik, K. (coord.), 1997, Paris : Europa, pp. 57-71.
- Boothroyd et al. (1994)** BOOTHROYD, G.; DEWHURST, P.; KNIGHT, W. Product Design for Manufacturing and Assembly. New York: Marcel Dekker, 2004.
- Boothroyd et Alting (1992)** BOOTHROYD, G.; ALTING, L. Design for Assembly and Disassembly. Annals of the CIRP, vol. 41/2, 1992, pp. 625-636.
- Boujut (2001)** BOUJUT, J.-F. Des outils aux interfaces. Pour le développement de processus de conception coopératifs, Habilitation à Diriger des Recherches, Institut National Polytechnique de Grenoble, 15 juin, 2001.
- Boujut et Blanco (2003)** BOUJUT, J.-F.; BLANCO, E.: Intermediary Objects as a mean to foster co-operation in engineering design. Computer Supported Cooperative Work, 12, 2003, pp. 205-219.
- Boujut et Laureillard (2002)** BOUJUT, J.-F.; LAUREILLARD, P. A co-operation framework for product-process integration in engineering design. Design Studies, 23, 2002, pp. 497-513.
- Bowker et Star (2002)** BOWKER, G.C., STAR, S.L. Sorting things out – classification and its consequences. Cambridge: MIT press, 2002.
- Bramklev et al. (2001)** BRAMKLEV, C.; BJÄRNEMO, R.; JÖNSON, G. Concurrent design of product and package – extending the concept of IPD, Proceedings of the Int. Conference on Eng. Design ICED'03, Glasgow, Aug. 21-23, 2001.
- Bucciarelli (1994)** BUCCIARELLI, L. Designing Engineers, Cambridge : MIT press, 1994.
- Bucciarelli (2002)** BUCCIARELLI, L. Between thought and object in engineering design, Design Studies, 23, 2002, pp. 219-231.
- C**
- Calantone et al. (2002)** CALANTONE, R.; DRÖGE, C.; VICKERY, S. Investigating the manufacturing-marketing interface in new product development: does context affect the strength of relationships, J. of Operations Management, 20, 2002, pp. 273-287.
- Calvi et al. (2005)** CALVI, R.; BLANCO, E.; KOIKE, T. Coopérer en conception pour améliorer les Supply Chains de demain – un défi pour les entreprises virtuelles, Revue Française de Gestion, vol. 31, n. 156, mai/juin, 2005, pp. 187-202.
- Camarinha-Matos et Afsarmanesh (1999)** CAMARINHA-MATOS, L.M.; AFSARMANESH, H. The virtual entreprise concept, Working Conference on Infrastructures for Virtual Enterprises PRO-VE'99, Porto, Kluwer, 1999, pp. 4-14.

- Chapa (1997)** CHAPA KASUSKY, E.C. Outils et structure pour la coopération formelle et informelle dans un contexte de conception holonique, thèse de doctorat de INP Grenoble, 1997.
- Charue-Duboc et Midler (2002)** CHARUE-DUBOC, F. ; MIDLER, C. L'activité d'ingénierie et le modèle de projet concourant. *Sociologie du travail*, 44, 2002, pp. 401-417.
- Chazal (2002)** CHAZAL, G. Interfaces : Enquêtes sur les mondes intermédiaires. Seyssel : Champ Vallon, 2002.
- Chazelet et Lhote (2000)** CHAZELET, Ph., LHOTE, F. Product duality in Concurrent Engineering. *Advances in Concurrent Engineering*. Lancaster : Technomic. From 7th ISPE International Conference on Concurrent Engineering : Research and Applications, Lyon, July 17-20, 2000.
- Christopher (1998)** CHRISTOPHER, M. *Logistics and Supply Chain Management*. London : Financial Times - Prentice Hall, 1998.
- Clegg (2000)** CLEGG, C.W. Sociotechnical principles for system design, *Applied Ergonomics*, 31, 2000, pp. 463-477.
- Cohen et al. (1996)** COHEN, M. ; ELIASHBERG, J. ; HO, T-H. New product development : The performance and time-to-market tradeoff. *Management Science*, vol. 42, Nr. 2, 1996, p. 173-186.
- Colin (1997)** COLIN, J. La logistique amont : de la maîtrise des interfaces avec les fournisseurs à la conception des produits. Paris : Editions Litec, 1997. Chapitre 3. Management Logistique : Une approche Transversale.
- Colin (2005)** COLIN, J. Le Supply Chain Management existe-il réellement ? *Revue Française de Gestion*, n. 156, mai/juin, 2005, pp. 133-149.
- Cooper (1993)** COOPER, R.G. *Winning at new products : Accelerating the process from idea to launch*. Reading : Addison-Wesley, USA, 2nd ed., 1993.
- Cooper et Kleinschmidt (1991)** COOPER, R.G.; KLEINSCHMIDT, E.L.J. New Product Processes at Leading Industrial Firms, *Industrial Marketing Management*, 20, 1991, pp. 137-147.
- COPILOTES (2004)** Projet COPILOTES : rapport intermédiaire Année 1, février, 2004, disponible sur <http://prisma.insa-lyon.fr/cgi-bin/sympa/wwwsympa.fcgi/info/copilotes>
- Cousin (1995)** COUSIN, M. Intégration des exigences logistiques dès la conception de l'offre. Support de formation. BULL, Groupe Logistics, Mars, 1995.
- Cross (1994)** CROSS, N. *Engineering design methods : strategies for product design*. Chichester : John Wiley & Sons, 1994, 2nd ed.
- Cusumano et Nobeoka (1992)** CUSUMANO, M.A. ; NOBEOKA, K. Strategy, Structure and performance in product development : observations from the auto industry, *Research Policy*, 21, 1992, p.265-293.
- D**
- Darses (1997)** DARSESES, F. L'ingénierie concourante: Un modèle en meilleure adéquation avec les processus cognitifs de conception. In *Ingénierie concourante de la technique au social*. Paris :

- Economica, 1997, p.39-55.
- Darses et Falzon (1996)** DARSESES, F., FALZON, P. La conception collective : une approche de l'ergonomie cognitive. In *Coopération et Conception* (de Terssac, G. et Friedberg, E. dir.). Paris : Octares, 1996.
- De Terssac et Reynaud (1992)** De TERSSAC, G.; REYNAUD, J.-D. L'organisation du travail et les régulations sociales. In *Les nouvelles rationalisations de la production* (De Terssac, G.; Dubois, P., dir.), Paris : Cépadues, 1992.
- Détienne (2005:1)** DETIENNE, F. Viewpoints in co-design: a field study in concurrent engineering, *Design Studies*, article in press, 2005.
- Détienne (2005:2)** DETIENNE, F. Collaborative Design: Managing task independancies and multiple perspectives, *Interacting with Computers*, article in press, 2005.
- Dewerpe (1989)** DEWERPE, A. *Le monde du travail en France 1800-1950*. Paris : A. Colin, 1989.
- Dorst (2001)** DORST, K. Design, Science and the solving of undetermined problems, *Proceedings of the Int. Conf. On Engineering Design ICED'01*, Glasgow, Aug. 21-23, 2001.
- Dorst (2004)** DORST, K. On the problem of Design Problems – problem solving and design expertises, *J. of Design Research*, vol. 4, No. 2, 2004, pp. 1-11.
- Dowlatshahi (1996)** DOWLATSHAHI, S. The role of logistics in concurrent engineering, *International Journal of Production Economics*, 44, 1996, pp.189-199.
- Dowlatshahi (1999)** DOWLATSHAHI, S. A modeling approach to logistics in concurrent engineering, *European journal of operational research*, 115, 1999, pp.59-76.
- Dubois et Montagne-Villette (1992)** DUBOIS, P.; MONTAGNE-VILLETTE, S. De la conception des systèmes d'information de la gestion de production : une question de temps ? In *Les nouvelles rationalisations de la production* (De Terssac, G.; Dubois, P., dir.), Paris : Cépadues, 1992.
- Durairaj et al. (2002)** DURAIRAJ, S.K.; ONG, S.K. *et al.* Evaluation of life cycle cost analysis methodologies, *Corporate Environmental Strategy*, vol. 9, No. 1, 2002, pp. 30-39.
- E**
- Ernzer et Birkhofer (2003)** ERNZER, M., BIRKHOFFER, H. Life Cycle Design for companies – scaling life cycle design methods to the individual needs of a company, *Proceedings of the Int. Conference on Engineering Design – ICED 03*, Stockholm, Aug. 19-21, 2003.
- F**
- Fabbes-Costes (1997)** FABBES-COSTES, N. *Pilotage logistique : quel système d'information et de communication ?* Paris : Editions Litec, 1997. Chapitre 4. *Management Logistique : Une approche Transversale*.

- Fabbes-Costes (2005)** FABBES-COSTES, N. La gestion dynamique des supply chains des entreprises virtuelles, *Revue Française de Gestion*, n. 156, mai-juin, 2005, pp. 150-166.
- Finger et al. (1995)** FINGER, S. KONDA, S., SUBRAHMANIAN, E., *et al.* Concurrent design happens at the interfaces, *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, 9, 1995, pp. 89-99.
- Ford (1991)** FORD, Henry. *Propos d'hier pour aujourd'hui*. Paris : Masson, 1991 (trad. française de l'ouvrage "*Today and Tomorrow*", Doubleday, 1926).
- ## G
- Gardan (1991)** GARDAN, Y. *La CFAO*. Paris : Hermès, 3ème éd., 1991.
- Garel (2003)** GAREL, G. Pour une histoire de la gestion de projet. Gérer et comprendre, décembre, N.74, 2003, p.77-89.
- Gautier (1998)** GAUTIER, F. Intégrer le processus de pilotage économique au processus de conception et de développement des nouveaux produits : enjeux et difficultés. *Revue Française de Gestion Industrielle*, vol.17 (2), 1998, pp. 5-21.
- Gero (1990)** GERO, J.S. Design prototypes: A knowledge representation schema for design, *AI magazine*, Winter, 1990, pp. 26-36.
- Govil et Proth (2002)** GOVIL, M.; PROTH, J-M. *Supply Chain Design and Management: strategic and tactical perspectives*. London : Academic Press, 2002.
- Grosjean et Brassac (1997)** GROSJEAN, S.; BRASSAC, C. L'émergence de l'objet: de l'objet cognitif à l'objet social, Cinquième table ronde francophone sur la conception, 01DESIGN'97, in "Les objets en conception" (Trousse, B., Zreik, K. (coord.)), 1997, Paris : Europa, pp. 101-117.
- Guffond et Leconte (1995)** GUFFOND, J.-L.; LECONTE, G. Le dispositif : un outil de mise en forme de conduite du changement industriel, *Sociologie du Travail*, n.3, 1995.
- Gunasekaran et Ngai (2004)** GUNASEKARAN, A. ; NGAI, E.W.T. Build-To-Order supply chain management : A literature review and framework for development. *J. of Operations Management* (article in press), 2004.
- Gzara (2000)** GZARA, L. *Les patterns pour l'ingénierie des systèmes d'information produit*. Thèse de doctorat, INP Grenoble, 2000.
- ## H
- Handfield et Nichols (1999)** HANDFIELD, R.B. ; NICHOLS, E.L. *Introduction to Supply Chain Management*. New Jersey: Prentice-Hall, 1999.
- Hatchuel (1994)** HATCHUEL, A. Apprentissages collectifs et activités de conception. *Revue Française de Gestion*, Juin-Juillet-Aout, 1994, pp. 109-120.
- Hatchuel (1996)** HATCHUEL, A. *Coopération et conception collective – variété et crises de rapport de prescription*. *Coopération et Conception* (sous la dir. G. de Terssac et E. Friedberg). Paris : Octares, 1996,

pp.101-121.

Hatchuel (2002)

HATCHUEL, A.; LeMASSON, P.; WEIL, B. De la gestion des connaissances aux organisations orientées conception. Version en français de "From knowledge Management to Design Oriented Organizations, Int. Social Science Journal, 171, March, 2002, pp. 25-37.

Houlihan (1985)

HOULIHAN, J.B. International Supply Chain Management, Int. Journal of Physical and Distribution & Material Management, 15, 1, 1985, pp. 22-38.

I

Iansiti (1993)

IANSITI, M. Real-world R&D: jumping the product generation gap, Harvard Business Review, May-June, 1993, pp. 138-147.

Ishii (1996)

ISHII, K. Life-Cycle Design, in "Waldron, M; Waldron, K., Ed. Mechanical Design – theory & methodology", Springer, NY, 1996, pp. 312-328.

J

Jaime Arias (2005)

JAIME ARIAS, M.A. De la gestion de la qualité à la gestion des connaissances dans les projets de recherche : une approche par la gestion du contenu pour la recherche bibliographique. Thèse de doctorat, INP Grenoble, 2005.

Jayaram et al. (1997)

JAYARAM, S., CONNACHER, H., LYONS, K.W. Virtual assembly using virtual reality techniques. Computer-Aided Design, vol. 29, n. 8, 1997, pp. 575-584.

Jeantet (1998)

JEANTET, A. Les objets intermédiaires dans la conception. Elements pour une sociologie des processus de conception. Sociologie du Travail, N. 3, 1998, pp. 291-316.

Jeantet et Boujut (1998)

JEANTET, A.; BOUJUT, J.-F. Approche socio-technique. In Conception de produits mécaniques – méthodes, modèles et outils, M. Tollenaere (dir.). Paris, Hermès, 1998, pp. 115-138.

K

Kim (2000)

KIM, H.W. Business process versus coordination process in organizational change. The International Journal of Flexible Manufacturing Systems, 12, 2000, pp.275-290.

Knight (2004)

KNIGHT, W.A. Integrated design for manufacture, service and environment, Proceedings of the 5thIDMME, April 5-7, Bath, UK, 2004, keynote paper.

Koike et al. (2004 : 1)

KOIKE, T., BLANCO, E., PENZ, B. Logistique et Bureau d'Etudes : une analyse des interactions lors de la conception d'une famille de produits, Colloque IPI 04, 22-23 janvier, Autrans, 2004.

Koike et al. (2004 : 2)

KOIKE, T., BLANCO, E., PENZ, B. Integrating supply chain concerns into product design early phases: an interface-based approach, Proceedings of the 5thIDMME, April 5-7, Bath, UK, 2004, pp. 90.

- Koike et al. (2005 : 1)** KOIKE, T.; BLANCO, E.; PENZ, B. Interface issues into Life Cycle Engineering agenda: Evidences from the relationships between design engineering and logistics, in 12th CIRP LCE Seminar proceedings, April 5-7, Grenoble, France, 2005.
- Koike et al. (2005 : 2)** KOIKE, T.; BLANCO, E.; PENZ, B. Logistic Profile: A new concept for interfacing designers and logisticians in concurrent engineering environment, Proceedings of the Int. Conference on Engineering Design ICED'05, Melbourne, Aug. 15-18, 2005.
- Konijnendijk (1993)** KONIJNENDIJK, Paul A. Dependence and conflict between production and sales. *Industrial Marketing Management*, 22, 1993, p. 161-167.
- Krishnan et Ulrich (2001)** KRISHNAN, V.; ULRICH, K. Product Development Decisions: A review of the literature, *Management Science*, vol. 47/1, Jan., 2001, pp. 1-21.
- Kriwet et al. (1995)** KRIWET, A.; ZUSSMAN, E.; SELIGER, G. Systematic integration of Design-for-Recycling into Product Design, *Int. J. of Production Economics*, 38, 1995, pp. 15-22.
- Kuo et al. (2001)** KUO, T.C. *et al.* Design for manufacture and design for 'X' : concepts, applications, and perspectives. *Computers & industrial engineering*, 41, 2001, pp. 241-260.
- ## L
- Lagerstedt (2003)** LAGERSTEDT, J. "Functional and Environmental Factors in Early Phases of Product Development - Eco-functional Matrix", Ph.D. thesis, Machine Design/Engineering Design, KTH, Stockholm, January, 2003.
- Laureillard (2000)** LAUREILLARD, P. Conception intégrée dans l'usage. Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Grenoble, 12 janvier, 2000.
- Le Moigne (1990)** Le MOIGNE, J.-L. La modélisation de systèmes complexes, 1990, Paris : Dunod.
- Le Moigne (1994)** Le MOIGNE, J.-L. Théorie du système général. Théorie de la modélisation, 1990, Paris : PUF, 1977, 4^{ème} éd.
- Lecaille (2003)** LECAILLE, P. La trace habilitée - une ethnographie des espaces de conception dans un bureau d'études de mécanique : l'échange et l'équipement des objets grapho-numériques entre outils et acteurs de la conception. Thèse de doctorat, Université Pierre-Mendes France, Grenoble, 2003.
- Lee et Billington (1992)** LEE, H.L.; BILLINGTON, C. Managing supply chain inventory : pitfalls an opportunity, *Sloan Management Review* 33, 3, 1992, pp. 65-73.
- Levy (2000)** LEVY, P. : Développement de produits en Ingénierie Concourante : Système d'information pour la gestion des problèmes d'Interfaces, thèse de doctorat, Université de Droit, d'Economie et des Sciences, Marseille, 21 septembre 2000.
- Lin et al. (2000)** LIN, G.Y. ; BREITWIESER, R. ; CHENG, F. *et al.* Product hardware complexity and its impact on inventory and customer on-time delivery. *The international Journal of Flexible Manufacturing Systems*, vol.12, 2000, pp.145-163.

- Livolsi (2001)** LIVOLSI, L. L'influence des éléments contextuels, organisationnels et culturels dans la structuration des fonctions de l'entreprise. Une application à la fonction Logistique. Thèse de doctorat, Université de la Méditerranée , 20 décembre 2001.
- Long (1989)** LONG, N. Encounters at the interface : A perspective on Social Discontinuities in Rural Development. Wageningen Studies in Sociology, N. 27, Wageningen University, Holland, 1989.
- Long (2001)** LONG, N. Development Sociology: Actor Perspectives. London : Routledge, 2001.
- Long (2003)** LONG, N. An actor-oriented approach to development intervention, in Rural Life Improvements in Asia. Tokyo : Asian Productivity Organisation, 2003.
- Long (2004)** LONG, N. Actors, interfaces and development intervention: meanings, purposes and powers, in "Development Intervention. Actors and Perspectives." (Tiina Kontinen, Ed.), Helsinki: Helsingfors, 2004, pp. 14-36.
- Long et Long (1992)** LONG, N. et LONG, A. Battlefields of Knowledge : The interlocking of Theory and Practice in Social Research and Development. London : Routledge, 1992.
- Lopez-Ontiveros (2004)** LOPEZ-ONTIVEROS, M.A. Intégration des contraintes de remanufacturabilité en conception de produits, thèse de doctorat, INP Grenoble, 2004.
- M**
- Martin (2003)** MARTIN, P. Description et modélisation des procédés et ressources pour la FAO, in (Bernard, A., dir.) Fabrication Assistée par Ordinateur, Paris: Hermès, 2003, pp. 103-141.
- Martin et al. (2004)** MARTIN, P.; LOSSENT, L.; ABT, L. *et al.* Conception de machines spéciales : méthodologie d'élaboration de cahier des charges, Mécanique & Industries, 5, 2004, pp. 305-316.
- Mather (1992)** MATHER, H. Design for Logistics (DFL) – The next challenge for designers. Production and Inventory Management Journal, first Quarter, 1992, pp. 7-10.
- Mer (1998)** MER, S. Les mondes et les outils de la conception : pour une approche socio-technique de la conception de produit, INP Grenoble, 25 novembre 1998.
- Mer et al. (1995)** MER, S.; JEANTET, A.; TICHKIEWITCH, S. Les objets intermédiaires de la conception : modélisation et communication. Le communicationnel pour concevoir, J. Caelen et K. Zreik (ed.), Europa, Paris, 1995, pp. 21-41.
- Midler (1993)** MIDLER, C. L'auto qui n'existait pas. Management des projets et transformation de l'entreprise. Paris : InterEditions, 1993.
- Midler (1997:1)** MIDLER, C. Evolution des modèles d'organisation et régulations économiques de la conception. Réalités Industrielles (Annales de Mines), 1997, février, p.35-40.
- Midler (1997:2)** MIDLER, C. Modèles gestionnaires et régulations économiques de la conception. In Coopération et Conception (de Terssac, g. et Friedberg, E. dir.). Paris : Octares, 1997, p.63-85.

- Millet et al. (2004)** MILLET, D.; BISTAGNINO, L.; CAMOUS, R. *et al.* : Integration of new dimensions in design process, pp. 209-222, in "Methods and tools for co-operative and integrated Design" - Tichkiewitch, S. and Brissaud, D. (Ed.), Dordrecht : Kluwer Academic, 2004.
- Minneman (1991)** MINNEMAN, S.L. The social construction of a technical reality: empirical studies of group engineering design practices, Ph.D. Thesis, Dept. Of Mechanical Engineering, Stanford University, 1991.
- Mintzberg (1982)** MINTZBERG, H. Structure & dynamique des organisations. Paris : Les éditions d'organisation, 1982.
- Moisdon et Weil (1992)** MOISDON, J.-C. et WEIL, B. L'invention d'une voiture : un exercice de relations sociales ?, Gérer et comprendre (Annales de Mines), 1992, sept./déc.
- ## N
- Newcomb et al. (1998)** NEWCOMB, P.J.; BRAS, B.; ROSEN, D.W. Implications of Modularity on Product Design for the Life Cycle, J. of Mechanical Design, Sept., vol. 120, 1998, pp. 483-490.
- Newlands et Steeple (2000)** NEWLANDS, D. ; STEEPLER, D. Logistics and Supply Chain development : part two- design of, and Design for Logistics. Control, June, 2000.
- Nielsen et Holmström (1995)** NIELSEN, N.P.; HOLMSTRÖM, J. Design for Speed: a supply chain perspective on design for manufacturability, Computer Integrated Manufacturing systems, vol.8, N. 3, 1995, pp. 223-228.
- Norman (1992)** NORMAN, D.A. Design principles for cognitive artifacts. Theory, Applications, and Concurrent Engineering, Springer : New York, 1992.
- ## O
- Oakley et Pawar (1983)** OAKLEY, M.H.; PAWAR, K.S. Researching the design/production interface: product specifications, Design Studies, vol.4, 1, Jan., 1983, pp. 13-19.
- ## P
- Pahl et Beitz (1996)** PAHL, G. ; BEITZ, W. Engineering Design : A systematic approach. London : Springer, 1996.
- Perrin (1999)** PERRIN, J. Pilotage et évaluation des processus de conception. Paris : L'Harmattan, 1999.
- Perry et Sanderson (1998)** PERRY, M; SANDERSON, D. Coordinating joint design work: the role of communication and artefacts. Design Studies, 19, 1998, pp. 273-288.
- Pimor (1998)** PIMOR, Y. Logistique : Techniques et mise en œuvre. Paris : Dunod, 1998.
- Poolton et Barclay (1998)** POOLTON, J. et BARCLAY, I. New product development from past research to future applications, Industrial Marketing Management, 27, 1998, p. 197-212.

Porter (1993)

PORTER, M. E. L'avantage concurrentiel des nations. Paris : InterEditions, 1993.

R

Rabardel (1995)

RABARDEL, P. Les hommes et les technologies – approche cognitive des instruments contemporains. Paris : Armand Colin, 1995.

Rahimi et Weidner (2002)

RAHIMI, M.; WEIDNER, M. Integrating Design for Environment (DfE) impact matrix into Quality Function Deployment (QFD) process, The J. of Sustainable Product Design, 2, 2002, pp. 29-41.

Redford et Chal (1994)

REDFORT, A.; CHAL, J. Design For Assembly. Principles and Practice, McGraw-Hill, London, 1994.

Riopel et Langevin (1998)

RIOPEL, D.; LANGEVIN, A. Integrating Logistics in Concurrent Product and Process Design, Les Cahiers du GERAD, G-98-33, July, 1998.

S

Sardas (1997)

SARDAS, J-C. : Ingénierie intégrée et mutation des métiers de la conception. Réalités Industrielles, Annales de Mines, février, 1997, pp. 41-48.

Shaw et al. (2003)

SHAW, V.; SHAW, C.T.; ENKE, M. Conflict between engineers and marketers: the experience of German engineers, Industrial Marketing Management, 32, 2003, pp. 489-499.

Silva et van Houten (2003)

SILVA, R.J.; van HOUTEN, F.J.A.M. Design for Logistics – towards integrated design decision support and product variety. Proceedings of the CIRP Design Seminar, Grenoble, May 12-14, 2003.

Sim et Duffy (2003)

SIM, S.K.; DUFFY, A. Towards an ontology of generic engineering design activities, Research in Engineering Design, 14, 2003, pp. 200-223.

Simon (1996)

SIMON, H.A. The Sciences of the Artificial, Cambridge : MIT Press (1969, 3th Ed.), 1996.

Smith (1997)

SMITH, R.P. The historical roots of concurrent engineering fundamentals, IEEE Transactions on Engineering Management, vol.44, N.1, 1997, pp.67-78.

Sohlenius (1992)

SOHLENIUS, G. Concurrent Engineering, Annals of the CIRP, vol. 41/2, 1992, pp. 645-655.

Star (1989)

STAR, S.L. The structure of ill-structured solutions: boundary objects and heterogeneous distributed problem solving. Distributed Artificial Intelligence – Research notes in artificial intelligence, vol. 2. London: Pitman, 1989, pp. 37-55.

Star et Griesemer (1989)

STAR, S.L.; GRIESIEMER, J.R. Institutional Ecology, "translations", and boundary objects: amateurs and professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39. Social Studies of Science, 19, 1989, pp. 387-420.

Starr (1965)

STARR, M.K. Modular Production – A new concept. Harvard Business Review, Nov.-Dec., 1965, pp. 131-142.

Stock et al. (2000)

STOCK, G.N.; GREIS, N.P.; KASARDA, J.D. Enterprise logistics and supply chain structure: the role to fit, *J. of Operations Management*, 18, 2000, pp. 531-547.

Stonebraker (1996)

STONEBRAKER, P.W. Restructuring the bill of material for productivity: A strategic evaluation of product configuration. *Int. J. of Production Economics*, N.45, 1996, pp. 251-260.

T

Tarondeau et Jouffroy (1993)

TARONDEAU, J.-C.; JOUFFROY, F. Comment formuler une stratégie industrielle, *Revue Française de Gestion*, janvier-février, 1993, pp. 15-25.

Tichkiewitch (1992)

TICHKIEWITCH, S. Modélisation pour la conception et processus d'intégration, actes de la conférence "la conception en l'an 2000 et au-delà: outils et Technologies", Strasbourg, 1992.

Tichkiewitch (1998)

TICHKIEWITCH, S. Les enjeux des nouvelles techniques de conception. *Conception de produits mécaniques* (sous dir. M. Tollenaere). Paris : Hermès, 1998.

Tixier et al. (1996)

TIXIER, D. ; MATHE, H. ; COLIN, J. La logistique d'entreprise : vers un management plus compétitif, Paris : Dunod, 1996.

Turmel et al. (2000)

TURMEL, C.; RIOPEL, D.; LANGEVIN, A. A decision support system for integration of logistics in Concurrent Engineering, *Proceedings of the EDA'00 Conference, Orlando – USA, 2000*, pp. 199-204.

U

Ulmann (1992)

ULMANN, D.G. *The mechanical design process*, McGraw-Hill, 1992.

Ulrich (1995)

ULRICH, K.T. The role of product architecture within the firm, *Research Policy*, vol.24, 1995, pp.419-440.

Ulrich et Eppinger (2004)

ULRICH, K.T. ; EPPINGER, S.D. *Product Design and Development* New York : McGraw Hill – Irwin, third Ed., 2004.

Urso (2004)

URSO, D. Interface produit-process, comment se renouvellent les connaissances ? *Colloque IPI 04*, 22-23 janvier, Autrans, 2004.

Urso et Vacher (2004)

URSO, D.; VACHER, B. Un homme à tout savoir ? Les limites de l'approche par les connaissances, le cas exemplaire de l'outillage de mise en forme, *Gérer & Comprendre*, N. 76, juin, 2004, pp. 31-41.

W

Willaert et al. (1998)

Willaert, S.; de Graaf, R.; Minderhoud, S. Collaborative engineering: A case study of Concurrent Engineering in a wider context; *J. of Engineering Technology Management*, 15, 1998, pp. 87-109.

V

- Van Houten (1992)** Van HOUTEN, F.J.A.M. Manufacturing interfaces, Annals of the CIRP, keynote paper, vol. 41/2, 1992, pp. 699-710.
- Verganti (1999)** VERGANTI, R. Planned Flexibility : linking anticipation and reaction in product development projects. Journal of Production Innovation Management, 16, 1999, pp.363-376.
- Vinck (1995)** VINCK, D. Sociologie des Sciences. Paris : Armand Colin, 1995.
- Vinck (1999)** VINCK, D. Les objets intermédiaires dans les réseaux de coopération scientifique – contribution à la prise en compte des objets dans les dynamiques sociales. Revue Française de Sociologie, XL-2, 1999, pp. 385-414.
- Vinck (2005)** VINCK, D. (à paraître) Que pourrait-être une sociologie de l'équipement ? In Sociologie des arts; sociologie des sciences. M. Grossetti, A.Pessin, A. Sauvageot, (dir.). Paris, L'Harmattan, 2005.
- Vinck et Jeantet (1995)** VINCK, D.; JEANTET, A. Mediating and commissioning objects in the sociotechnical process of product design : a conceptual approach. Design, Networks and Strategies, vol.2, COST A3 Social Sciences, D. Maclean, P. Saviotti, D. Vinck (ed.). Brussels : EC Directorate General Science R&D, 1995, pp. 111-129.

W

- Weil (1999)** WEIL, B. Conception collective, coordination et savoirs. Les rationalisations de la conception automobile, thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure de Mines de Paris, 3 juin 1999.
- Wheelwright et Clark (1992)** WHEELWRIGHT, S. C.; CLARK, K.B. Revolutionizing Product Development : Quantum leaps in speed, efficiency, and quality. New York : Free Press, 1992.
- Wiendahl et Stritzke (1998)** WIENDAHL, H.-P.; STRITZKE, H. Logistics oriented product design, J. of Materials Processing Technologies, 76, 1998, pp. 12-15.
- Wierda (1988)** WIERDA, L.S. Product cost-estimation by the designer, Engineering Costs and Production Economics, 13, 1988, pp. 189-198.
- Willaert et al. (1998)** WILLAERT, S.; De GRAAF, R.; MINDERHOUD, S. Collaborative engineering: A case study of Concurrent Engineering in a wide context, J. of Eng. Technology Management, 15, 1998, pp. 87-109.

X

- Xiao (2005)** XIAO, Y. Artifacts and collaborative work in healthcare: methodological, theoretical, and technological implications of the tangible, J. of biomedical informatics, 38, 2005, pp. 26-33.