



HAL
open science

Reengineering du pilotage des flux dans une relation client/fournisseur. Application au cas de l'industrie automobile

Sihem Souilah

► **To cite this version:**

Sihem Souilah. Reengineering du pilotage des flux dans une relation client/fournisseur. Application au cas de l'industrie automobile. Sciences de l'ingénieur [physics]. Ecole Centrale Paris, 2008. Français. NNT: . tel-00375995

HAL Id: tel-00375995

<https://theses.hal.science/tel-00375995>

Submitted on 16 Apr 2009

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

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



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

THESE
présentée par

Sihem SOUILAH

Pour l'obtention du

GRADE DE DOCTEUR

Spécialité : Génie Industriel

Laboratoire d'accueil : Laboratoire Génie Industriel

SUJET :

**REENGINEERING DU PILOTAGE DES FLUX DANS UNE
RELATION CLIENT/FOURNISSEUR
APPLICATION AU CAS DE L'INDUSTRIE AUTOMOBILE**

Soutenue le : 25 janvier 2008

devant un jury composé de :

Yannik FREIN, Professeur – ENSGI , INPG Grenoble	Président
Patrick CHARPENTIER, Professeur - Nancy Université	Rapporteur
Jean Pierre CAMPAGNE – Professeur – INSA de Lyon	Rapporteur
Yves DALLERY – Professeur – Ecole Centrale de Paris	Directeur de thèse
Véronique Van DOREN – Renault SA – Direction des Fabrications Mécaniques	Examineur

2008 - 08

À la mémoire de mon père

et à la mémoire de ma grand-mère

REMERCIEMENTS

Je profite de cet espace pour exprimer ma reconnaissance envers tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.

Mes plus sincères remerciements iront tout d'abord à Yves Dallery qui a dirigé mes travaux. La qualité de son encadrement, ses analyses toujours pertinentes, ses conseils et sa générosité ont fait de cette thèse une expérience très enrichissante et formatrice.

Je remercie Jean-Pierre Campagne, Patrick Charpentier et Yannick Frein de m'avoir fait l'honneur d'accepter d'évaluer ce travail et faire partie du jury.

Ma sincère reconnaissance pour Jean-Marc Célérier et Patrice Carras qui m'ont fait confiance et ont hébergé mes travaux de recherche chez Renault durant plusieurs années. Les précieux conseils qu'ils m'ont prodigués ont été d'un grand apport.

Mes sincères remerciements à Véronique Van Doren et Pierre Tartary pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail et pour les échanges extrêmement riches et fructueux dans le cadre du Projet Cible Logistique Mécanique.

Un très grand merci à Samuel Holler qui a eu le courage de lire toute ma thèse. Ses judicieux conseils autant que son soutien moral m'ont été d'un grand secours lors de la phase charnière et ô combien stressante de fin de rédaction.

Ma gratitude va également à toutes les personnes qui m'ont entourée durant ces années de thèse, au sein du Laboratoire Génie Industriel de l'ECP et au sein de Renault. Merci à tous collègues et amis, votre soutien a été des plus précieux.

Il n'existe pas de mots pouvant exprimer ma gratitude envers les êtres qui me sont chers. Je dirai simplement merci.

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES	I
ABREVIATIONS	V
LISTE DES FIGURES.....	VII
INTRODUCTION.....	1

PREMIERE PARTIE : CONTEXTE INDUSTRIEL ET POSITIONNEMENT SCIENTIFIQUE

CHAPITRE I : CONTEXTE INDUSTRIEL 5

<i>I.1 Introduction</i>	5
<i>I.2 L'industrie automobile : évolution et enjeux</i>	5
I.2.1 Différents modèles industriels se succèdent.....	6
I.2.2 Les enjeux organisationnels actuels	7
I.2.2.1 Les limites du modèle de « <i>push</i> » traditionnel.....	7
I.2.2.2 Vers un modèle « <i>build to order</i> ».....	7
I.2.3 La logistique amont.....	9
I.2.3.1 La chaîne de valeur automobile.....	10
I.2.3.2 Les enjeux	10
<i>I.3 La politique logistique de Renault</i>	12
I.3.1 L'évolution de la stratégie industrielle.....	12
I.3.2 La Nouvelle Distribution.....	13
I.3.2.1 Objectifs	13
I.3.2.2 Principe de fonctionnement	14
I.3.2.3 Les impacts organisationnels.....	15
<i>I.4 Le film ferme de véhicules</i>	16
I.4.1.1 Du carnet usine au film.....	16
I.4.1.2 La construction du film ferme	18
I.4.1.3 Les perturbations du film ferme.....	18
<i>I.5 La gestion des approvisionnements</i>	20
<i>I.6 Conclusions</i>	22

CHAPITRE II : CAS D'ETUDE ET PROBLEMATIQUE 25

<i>II.1 Introduction</i>	25
<i>II.2 Les usines de mécanique</i>	26
II.2.1 Un fournisseur interne.....	26
II.2.2 Des enjeux sur le produit et le système industriel	27
II.2.3 Les flux des usines de mécanique	28

II.3	<i>Le pilotage des flux des usines de mécanique</i>	29
II.3.1	Les usines de mécanique et la Nouvelle Distribution	29
II.3.2	Des marges de progrès.....	31
II.3.3	Le besoin d'une stratégie.....	33
II.4	<i>Problématique</i>	35
II.5	<i>Le projet Cible Logistique Mécanique</i>	37
II.6	<i>Conclusions</i>	38

CHAPITRE III :LE PILOTAGE DES FLUX 39

III.1	<i>Introduction</i>	39
III.2	<i>Généralités sur la chaîne logistique</i>	40
III.2.1	Le concept de chaîne logistique	40
III.2.2	Différents types de flux.....	41
III.2.3	Différents niveaux de décision.....	42
III.3	<i>Le pilotage des flux</i>	43
III.3.1	Définition	43
III.3.2	Objectif	44
III.3.3	Les types d'information sur la demande	45
III.3.4	Les contraintes et les aléas	46
III.3.5	Points de pilotage et décomposition en étages	46
III.4	<i>Différentes approches du pilotage des flux</i>	47
III.4.1	Pilotage à la commande et pilotage par anticipation.....	48
III.4.2	Pilotage par les besoins futurs et pilotage par renouvellement de consommation .	50
III.5	<i>Les méthodes de pilotage des flux</i>	52
III.5.1	Les méthodes de pilotage par renouvellement de consommation	52
III.5.1.1	La gestion de stock.....	52
III.5.1.2	La méthode kanban et ses extensions.....	54
III.5.2	Les méthodes de pilotage par les besoins futurs	56
III.5.2.1	La méthode MRP.....	57
III.5.2.2	La gestion de stocks sur prévisions.....	59
III.5.3	Le stock se sécurité et le délai de sécurité.....	59
III.6	<i>L'amélioration des performances</i>	60
III.6.1	Deux grands leviers.....	60
III.6.2	Plusieurs approches d'amélioration.....	63
III.6.2.1	L'amélioration continue	63
III.6.2.2	L'amélioration par rupture	64
III.6.2.3	La combinaison des deux approches	64
III.6.3	Le reengineering	65
III.7	<i>Conclusions</i>	67

DEUXIEME PARTIE : REENGINEERING DU PILOTAGE DES FLUX DANS UNE RELATION CLIENT/FOURNISSEUR

CHAPITRE IV : L'ETAT DES LIEUX 71

IV.1	<i>Introduction</i>	71
IV.2	<i>Objectifs de l'état des lieux</i>	71
IV.3	<i>Méthodologie de l'analyse de l'existant</i>	72
IV.4	<i>La conduite d'un état des lieux</i>	75
IV.4.1	Les acteurs	75
IV.4.2	Le déroulement de l'état des lieux.....	75
IV.4.2.1	Etape 1 : la préparation.....	76
IV.4.2.2	Etape 2 : la réalisation sur le terrain.....	79
IV.4.2.3	Etape 3 : l'analyse des données collectées.....	81
IV.4.2.4	Etape 4 : la consolidation et la validation.....	83
IV.4.2.5	Etape 5 : la restitution et la communication des résultats.....	83

IV.4.3	Les supports d'analyse.....	84
IV.4.3.1	La grille d'analyse et l'agenda détaillé.....	84
IV.4.3.2	Les diagrammes de flux.....	87
IV.5	<i>Résultat de l'état des lieux appliqué au cas d'étude.....</i>	89
IV.5.1	Périmètre.....	89
IV.5.2	Caractéristiques générales.....	91
IV.5.2.1	Caractéristiques du produit.....	91
IV.5.2.2	Caractéristiques du système industriel.....	92
IV.5.3	La logistique aval.....	97
IV.5.3.1	Les clients.....	97
IV.5.3.2	La demande des UCM.....	98
IV.5.4	La logistique interne.....	100
IV.5.4.1	Les flux physiques.....	100
IV.5.4.2	Le pilotage des flux de production.....	102
IV.5.5	La logistique amont.....	115
IV.5.5.1	Les fournisseurs.....	115
IV.5.5.2	Le pilotage des approvisionnements.....	115
IV.5.6	Synthèse de l'état des lieux du cas d'étude.....	118
IV.6	<i>Discussion sur la méthodologie de l'Etat des Lieux.....</i>	120
IV.7	<i>Conclusion.....</i>	120

CHAPITRE V : RECONCEPTION DE LA RELATION CLIENT/FOURNISSEUR..... 123

V.1	<i>Introduction.....</i>	123
V.2	<i>Démarche de reengineering du pilotage des flux dans une relation client / fournisseur</i>	124
V.2.1	Une reconception en deux phases.....	124
V.2.2	Pourquoi d'abord redéfinir la relation avec le client ?.....	125
V.2.3	Objectifs des chapitres V et VI.....	127
V.3	<i>Reconception de la relation client / fournisseur : objectifs.....</i>	127
V.4	<i>Le délai client et la visibilité fournisseur.....</i>	128
V.4.1	La visibilité ferme donnée au fournisseur.....	128
V.4.1.1	Vers un délai client négocié.....	129
V.4.1.2	Des délais indépendants.....	130
V.4.1.3	Des délais dépendants.....	131
V.4.1.4	Des délais maximums.....	132
V.4.2	La longueur du délai client.....	133
V.4.2.1	Analyse du délai actuel.....	133
V.4.2.2	Identification des leviers d'allongement de la visibilité du fournisseur.....	135
V.5	<i>Forme détaillée de l'expression du besoin client.....</i>	138
V.5.1	La décomposition temporelle de la demande.....	139
V.5.2	L'ordre des produits dans la demande.....	140
V.6	<i>La variation de la demande.....</i>	141
V.6.1	La variation observée.....	142
V.6.2	La distorsion de la demande ou effet « bullwhip ».....	143
V.6.3	Analyse du cas d'étude.....	145
V.6.3.1	Processus de traitement de la demande.....	145
V.6.3.2	La variation du besoin organes dans le film véhicules.....	146
V.6.3.3	Mise en évidence de la distorsion liée au calcul des besoins organes.....	147
V.6.3.4	Des leviers pour la réduction de la distorsion.....	148
V.7	<i>Prise en compte des contraintes de flexibilité du fournisseur dans l'expression du besoin client.....</i>	150
V.7.1	Filtre décentralisé.....	151
V.7.2	Filtre centralisé.....	152
V.8	<i>Le co-engagement client/fournisseur.....</i>	153
V.9	<i>Conclusions.....</i>	153

CHAPITRE VI : RECONCEPTION DE LA METHODE DE PILOTAGE DES FLUX DU FOURNISSEUR	155
VI.1 Introduction.....	155
VI.2 Le point de découplage.....	156
VI.2.1 Objectifs et enjeux	156
VI.2.2 Le point de découplage dans la littérature.....	158
VI.2.3 Problème de localisation du point de découplage	160
VI.2.3.1 Question stratégique : localisation du PDD.....	160
VI.2.3.2 Question tactique : la date de lancement.....	162
VI.2.4 Le délai client.....	164
VI.2.5 Le délai fournisseur	165
VI.3 Analyse des facteurs influant le délai fournisseur.....	168
VI.3.1 Pour un étage de production.....	169
VI.3.1.1 Les aléas sur les ressources	169
VI.3.1.2 Les problèmes de qualité.....	171
VI.3.1.3 L'indisponibilité de pièces	174
VI.3.1.4 Les temps de reconfiguration (non flexibilité des moyens).....	175
VI.3.1.5 Les erreurs de produit	176
VI.3.1.6 Les contraintes de capacité de production et la variation de la demande.....	176
VI.3.1.7 La désynchronisation entre maillons de la chaîne logistique.....	177
VI.3.2 Pour un étage de transport.....	179
VI.3.2.1 Les problèmes de qualité.....	179
VI.3.2.2 Les aléas sur le délai de transport.....	179
VI.3.2.3 Les contraintes de capacité, de fréquence et de lot.....	179
VI.4 Démarche de localisation du point de découplage	181
VI.4.1.1 La juxtaposition des facteurs	181
VI.4.1.2 Approche itérative	183
VI.4.1.3 Autres paramètres à prendre en compte pour la localisation du PDD	184
VI.5 Localisation du PDD pour une chaîne logistique soumise à un facteur aléatoire (les pannes).....	185
VI.5.1.1 Cas d'une pièce isolée.....	185
VI.5.1.2 Cas général.....	186
VI.5.1.3 La date de lancement	192
VI.6 Le PDD dans la chaîne logistique mécanique.....	196
VI.6.1 Localisation du PDD	196
VI.6.2 Segmentation du PDD.....	201
VI.7 Les modes de pilotage détaillés.....	202
VI.7.1 Les modes de pilotage en amont et en aval du PDD	202
VI.7.2 Le flux synchrone.....	203
VI.8 Préoccupations connexes	206
VI.9 Gestion de projet et conduite du changement.....	207
VI.10 Conclusion et synthèse méthodologique.....	208
CONCLUSION GENERALE.....	211
BIBLIOGRAPHIE	217

ABBREVIATIONS

CPL	Centre de Préparation Logistique
DLH	Demande de livraison hebdomadaire
DLJ	Demande de livraison journalière
EDI	Electronic data exchange
EDL	Etat des lieux
GMP	Groupe moto-propulseur
L3P	Logistique Performante Programmée au service du Poste
L3PS	Production synchronisée
ND	Nouvelle Distribution
PDD	Point de découplage
PF	Produit fini
PMO	Programme de montage organes
POE	Produit ouvré externe
POI	Produit ouvré interne
POU	Produit ouvré usine
RO	Rendement opérationnel
TCM	Tombée de chaîne mécanique
UCM	Usine de carrosserie montage
UM	Usine de mécanique

LISTE DES FIGURES

Figure I-1 : Evolution de la stratégie industrielle [Renault, 1999].....	13
Figure I-2 : Décomposition du délai de réalisation d'une commande client suivant les principes de la Nouvelle Distribution.....	15
Figure I-3 : Le carnet usine	17
Figure I-4 : Le film ferme	18
Figure I-5 : L'indicateur SSAR.....	20
Figure I-6 : L'approvisionnement en L3P	21
Figure II-1 : Position des usines de mécanique dans la chaîne logistique automobile.	27
Figure II-2 : De l'usine de mécanique à la chaîne de montage véhicules.....	29
Figure II-3 : l'évolution des niveaux de stocks et encours des usines de mécanique en nombre de jours de chiffre d'affaires	32
Figure II-4 : l'évolution des niveaux de stocks et encours des usines de carrosserie montage en nombre de jours de chiffre d'affaires	32
Figure II-5 : Niveaux de stocks moyens en jours de chiffre d'affaire pour les pièces usinées, en 2003	33
Figure II-6 : Niveaux de stocks moyens en jours de chiffre d'affaire pour les organes finis, en 2003.....	33
Figure II-7 : le taux de service moyen des usines de mécanique en 2004	33
Figure III-1- Niveaux de décision hiérarchisés	43
Figure III-2- Les décisions en pilotage des flux.....	44
Figure III-3- Visibilité sur la demande et incertitude.....	45
Figure III-4- Les points de pilotage de flux	47
Figure III-5- Le point de découplage	49
Figure III-6- Les modes de pilotage des flux	51
Figure III-7 : Principe de la gestion de stock	53
Figure III-8 : La politique (r, Q).....	53
Figure III-9 : La politique (T, S)	54
Figure III-10 : Principe de la politique kanban	55
Figure III-11 : Le compromis qualité de service / coût.....	61
Figure III-12 : Deux leviers d'amélioration de la performance industrielle	62
Figure III-13 : L'amélioration continue	63
Figure III-14 : La roue de Deming	63
Figure III-15 : L'amélioration par rupture	64

Figure III-16 : La combinaison de l'amélioration par rupture et l'amélioration continue.....	64
Figure IV-1 : Les étapes de la réalisation d'un état des lieux	76
Figure IV-2 : La grille d'analyse.....	85
Figure IV-3 : Représentation d'un étage de production.....	88
Figure IV-4 : Formalisme de représentation des flux physiques d'une chaîne logistique.....	88
Figure IV-5 : Structuration de la synthèse de l'EDL	90
Figure IV-6 : Références à fort volume et références à faible volume (moteur F, 2003).....	92
Figure IV-7 : Demande cumulée (moteur K, 2006).....	92
Figure IV-8 : Création de la diversité le long du processus de production. Cas d'un moteur à faible diversité.....	93
Figure IV-9 : Un réseau multi-clients / multi-fournisseurs.....	97
Figure IV-10 : L'expression de la demande UCM.....	98
Figure IV-11 : Le délai client.....	99
Figure IV-12 : Origine de l'information sur la demande	103
Figure IV-13 : Le point de découplage de la chaîne logistique mécanique	104
Figure IV-14 : L'application de la méthode MRP dans les UM.....	105
Figure IV-15 : l'ordonnancement dans le cas d'un pilotage par anticipation	109
Figure IV-16 : La logique d'ordonnancement dans le cas de l'usine 1.....	111
Figure IV-17 : PDD et pilotage de l'usinage.....	113
Figure IV-18 : Le pilotage des approvisionnements	116
Figure IV-19 : L'expression de besoin vers les fournisseurs.....	117
Figure V-1 : Les deux phases de reconception du pilotage des flux.....	124
Figure V-2 : Délais indépendants.....	130
Figure V-3 : Délais dépendants.....	131
Figure V-4 : Délais maximums	132
Figure V-5 : Calcul du délai.....	134
Figure V-6 : Analyse du délai client	135
Figure V-7 : Optimisation du délai client.....	138
Figure V-8 : Décomposition temporelle de la demande	139
Figure V-9 : Impact de la décomposition temporelle sur la marge de manoeuvre du fournisseur.....	140
Figure V-10 : Expression de besoin avec ou sans ordre.....	141
Figure V-11 : La distorsion de la demande ou effet « bullwhip » ; source [Lee, 1997].	144
Figure V-12 : De la demande commerciale à la commande d'organes.....	145
Figure V-13 : Variation de la demande client (commandes organes) - [Calvet, 2006]	146
Figure V-14 : La distorsion par l'ordonnancement.....	147
Figure V-15 : Distorsion entre les besoins de moteurs issus du film véhicules et les commandes reçus par les UM [Calvet, 2006]	148
Figure V-16 : Sur-commande induite par les stocks de sécurité - [Calvet, 2006]	149
Figure V-17 : La prise en compte des contraintes du fournisseur.....	151
Figure V-18 : Filtre décentralisé	152
Figure V-19 : Filtre centralisé	153
Figure VI-1 : Les différentes positions du PDD selon [Hoekstra et Romme, 1992]	159
Figure VI-2 : Critères influant sur la localisation du point de découplage selon [Hoekstra et Romme, 1992].....	159
Figure VI-3 : Le point de découplage	160
Figure VI-4 : Le problème de localisation du PDD	162
Figure VI-5 : La logique de production au plus tard.....	163
Figure VI-6 : La notion de date de lancement.....	164
Figure VI-7 : Le délai client et le PDD	165

Figure VI-8 : Le temps d'écoulement à un étage de la chaîne logistique.....	167
Figure VI-9 : Les cycles de panne et fonctionnement d'une machine.....	169
Figure VI-11 : Le délai fournisseur à un étage soumis à un aléa occasionnant un délai additionnel.....	170
Figure VI-10 : Proportions de pannes par durée d'indisponibilité pour un centre d'usinage de culasses.....	170
Figure VI-12 : Problème de rebut avec relance prioritaire.....	172
Figure VI-13 : Problème de rebut avec relance non prioritaire.....	172
Figure VI-14 : Problème de qualité – retouche courte.....	173
Figure VI-15 : Problème de qualité – retouche longue.....	173
Figure VI-16 : La production par lot.....	175
Figure VI-17 : Contraintes de capacité et lissage de production.....	177
Figure VI-18 : Programme de fabrication pour deux étages synchronisés.....	178
Figure VI-19 : Programme de fabrication pour deux étages désynchronisés.....	178
Figure VI-20 : Organisation des transports.....	180
Figure VI-21 : Le délai du fournisseur à un étage.....	182
Figure VI-22 : Le comportement du délai fournisseur.....	182
Figure VI-23 : Chaîne logistique à N étages.....	183
Figure VI-24 : Démarche itérative de localisation du PDD.....	184
Figure VI-25 : Perte et rattrapage des volumes de produits suite à une panne.....	187
Figure VI-26 : La marge du fournisseur.....	188
Figure VI-27 : Le dépassement de la marge du fournisseur.....	189
Figure VI-28 : Distribution du temps d'indisponibilité.....	191
Figure VI-29 : Le calcul de la date de lancement.....	193
Figure VI-30 : Approximation par dichotomie.....	196
Figure VI-31 : Démarche itérative de localisation du PDD dans la chaîne logistique Mécanique.....	197
Figure VI-32 : Les décalages de l'étage d'assemblage.....	198
Figure VI-33 : Le PDD dans la chaîne logistique mécanique.....	201
Figure VI-34 : Comparaison des flux synchrone et non synchrone.....	204
Figure VI-35 : Le flux synchrone entre UM et UCM.....	205
Figure VI-36 : Le point de synchronisation.....	206
Figure VI-37 : Démarche de reengineering du pilotage des flux.....	210

INTRODUCTION

Satisfaire le besoin client tout en réduisant les coûts, tel est l'objectif de performance recherché par le pilotage des flux dans une chaîne logistique. Face à l'exigence accrue des consommateurs, l'intensification de la concurrence et l'accélération du changement des marchés, l'entreprise est souvent amenée à modifier en profondeur ses processus afin de s'adapter efficacement à l'évolution de son environnement.

L'objet de cette thèse est de proposer une méthodologie de reengineering du pilotage des flux en vue d'améliorer les performances dans une relation client/fournisseur.

Le mémoire est structuré en deux parties. Dans un premier temps, nous présentons le contexte industriel qui sous tend nos travaux et positionnons notre thème de recherche. Au travers du chapitre I, nous décrivons le cadre général de la chaîne logistique automobile et la politique logistique du constructeur Renault. Dans le chapitre II, nous présentons le contexte des usines de mécanique (fabrication de moteurs) et définissons le périmètre de notre cas d'étude. La problématique qui en découle est établie. Dans le chapitre III, nous nous intéressons aux principes du pilotage des flux. Nous présentons les différentes approches existantes et soulignons le rôle central qu'occupe l'information sur la demande. Nous évoquons également les approches d'amélioration des performances, en particulier, le reengineering.

Dans un second temps, nous étudions le pilotage des flux d'une usine de mécanique dans sa relation de fournisseur vers une usine de véhicules. Nous proposons une approche de reengineering qui se décline en trois étapes.

La première, et c'est l'objet du chapitre IV, consiste à réaliser un diagnostic de l'existant. La seconde étape, procède à la reconfiguration des termes de la relation client/fournisseur, en s'intéressant à l'élément clé que constitue l'information anticipée sur la demande ; c'est l'objet du chapitre V. La troisième étape s'intéresse à la reconception du pilotage des flux du

fournisseur. Une problématique importante étudiée, dans le chapitre VI, est la localisation du point de découplage qui délimite la frontière entre les activités pilotées à la commande et les activités pilotées par anticipation des demandes futures. Nous analysons les éléments influant le point de découplage et proposons une démarche pour le localiser.

Première partie

CONTEXTE INDUSTRIEL ET POSITIONNEMENT SCIENTIFIQUE

Chapitre I

CONTEXTE INDUSTRIEL

I.1 Introduction

L'objectif de ce chapitre est d'introduire le contexte industriel qui sous-tend nos travaux de recherche. Nous présenterons d'abord les principales caractéristiques du secteur automobile, l'évolution de la stratégie industrielle et les enjeux actuels. Nous nous recentrerons, par la suite, sur la stratégie du constructeur automobile Renault qui a hébergé nos travaux de thèse. Nous dessinerons les contours de la politique logistique et de distribution mise en œuvre par l'entreprise pour répondre aux nouvelles attentes du marché.

Les éléments présentés ici nous serviront, dans les chapitres suivants, à comprendre la problématique de notre cas d'étude et les thèmes de réflexion qui en découlent.

I.2 L'industrie automobile : évolution et enjeux

L'industrie automobile, par son importance économique et par ses nombreuses innovations productives, est un secteur traditionnellement très fécond en réflexions économiques et en méthodes d'organisation industrielle. En particulier, les modèles de production ont fait l'objet de nombreux débats et évolutions depuis l'origine de cette industrie.

I.2.1 Différents modèles industriels se succèdent

L'évolution du secteur automobile est liée au développement du produit automobile et de son marché. La stratégie industrielle a dû à chaque fois s'adapter aux données du secteur en développant de nouveaux modes de fonctionnement. L'évolution de l'industrie automobile est déclinée dans [Fridenson et al., 2003] en quatre grandes phases :

- *L'automobile pour quelques-uns* : au début, la voiture est un produit qui coûte cher et va s'adresser en priorité à la clientèle aisée, c'est un marché élitiste. L'organisation du travail dans les ateliers se caractérise par la quasi-absence de division du travail et par un personnel très qualifié, mais surtout polyvalent, qui conçoit, assemble et agrmente chaque véhicule à l'unité pour son propriétaire. C'est un modèle de production quasi-artisanal. Dans cette phase, la production est « tirée » par la demande du client.
- *L'automobile pour les classes moyennes* : le produit devient accessible à la classe moyenne; l'automobile n'est plus un privilège mais bien un moyen de transport comme un autre. La stratégie des constructeurs est de répondre au besoin des classes moyennes par des produits de masse situés en milieu de gamme à des prix abordables. Le système de production se caractérise par l'introduction du montage à la chaîne. La stratégie industrielle s'inverse : d'une production tirée par la demande, on passe à une production « poussée » vers un stock à partir duquel sont servis les clients.
- *L'automobile pour tous* : S'inspirant des pratiques d'Henry Ford, les constructeurs limitent le nombre de leurs modèles à un ou deux et cherchent à les produire le plus longtemps possible. C'est l'ère de la production de masse où la logique de production « poussée » vers le stock se renforce.
- *L'automobile pour chacun* : Le marché est devenu un marché de renouvellement, très exigeant en matière de prix, de qualité et de délai, fortement concurrentiel, où se concentrent de grands groupes mondiaux. Pour répondre aux nouvelles attentes du client, qui réclame de plus en plus de modèles, avec de plus en plus de combinaisons d'options, le constructeur doit renouveler et élargir sa gamme. Même si le degré de standardisation reste relativement élevé avec des plates-formes communes pour différents modèles, la versatilité de la demande et le souci de personnalisation conduit les marques à mettre en place des gammes de plus en plus larges (de la citadine au monospace ...) et de plus en plus profondes (du moteur diesel au V6 ...). On passe de la production de masse à la personnalisation de masse (ou « *mass customization* »).

Cette dernière phase caractérise l'environnement actuel du secteur automobile. Nous allons nous intéresser, dans ce qui suit, aux principaux enjeux qu'elle engendre et la réponse

industrielle que font les constructeurs pour tenter de mettre leurs organisations au diapason des exigences du marché.

I.2.2 Les enjeux organisationnels actuels

I.2.2.1 Les limites du modèle de « *push* » traditionnel

Jusqu'à la fin des années 80, la distribution était organisée dans le cadre d'un marché de demande et le rôle du point de vente consistait à écouler les véhicules produits. Selon l'image, les constructeurs « poussaient le métal » dans les concessions et leur mot d'ordre s'inspirait de la célèbre phrase prêtée à Henry Ford : « Vous pouvez vendre une voiture de n'importe quelle couleur du moment qu'elle est noire ».

La situation a changé au cours des années 90 : avec la croissance du nombre de modèles, de marques et une situation de surproduction structurelle, les clients sont devenus de plus en plus exigeants en termes de choix de véhicules mais également de disponibilité. Les constructeurs et leurs distributeurs sont désormais confrontés à la problématique suivante : gérer une diversité croissante de produits de plus en plus personnalisés tout en proposant un véhicule disponible dans les meilleurs délais.

Pour des raisons économiques, le modèle de production « poussée » vers le stock n'est plus adapté :

- Les coûts de stockage pèsent lourd sur les besoins en fonds de roulement des distributeurs. Le manque à gagner est significatif pour les constructeurs. La multiplicité des modèles et des options, qui a eu tendance à s'accroître ces dernières années, grossit les stocks et donc le coût.
- De son côté, le client, qui doit le plus souvent faire de nombreuses concessions sur le modèle, la couleur ou les options, est poussé à négocier. Les coûts promotionnels pour écouler les véhicules dont la définition ne correspond pas aux attentes des clients sont très élevés et les rabais peuvent aller jusqu'à 30% du prix de vente catalogue dans le cas de modèles en fin de vie.
- Les délais sont non seulement longs, mais ils ne sont pas toujours fiables. Le non respect des délais a un fort impact sur l'image renvoyée au client, qui risque de choisir d'aller à la concurrence.
- La vente sur stock paupérise fortement l'offre, les concessionnaires préférant acquérir les véhicules présentant le moins de risques financiers pour eux.

I.2.2.2 Vers un modèle « *build to order* »

Depuis la fin des années 80, la capacité de livrer au client le modèle de son choix, à la date prévue dans des délais acceptables, constitue un enjeu concurrentiel majeur pour les marques. Pénalisés par des délais très longs et peu fiables (le client doit attendre en moyenne 6 à 8 semaines¹ avant de pouvoir se mettre au volant), les constructeurs se sont mis en quête de développer un nouveau modèle productif compétitif. C'est ainsi que dans l'objectif de réduire leurs stocks tout en satisfaisant mieux le client, ils se sont orientés vers le mode de production à la commande (« *buid to order* »).

On a vu fleurir, vers le milieu des années 90, de nombreux projets visant à réduire drastiquement les délais et les coûts de la chaîne logistique automobile, en passant d'une logique de production sur stock à une logique de production à la commande. Les objectifs sont très ambitieux car il s'agit de diviser le délai par un facteur de 2 à 3 tout en le fiabilisant dans le même temps [Ballot et Molet, 2001]. Le Tableau I-1 donne quelques exemples de projets lancés par les constructeurs.

Constructeur	Initiatives de production à la commande
Renault	Projet Nouvelle Distribution. Déployé en 1999 dans une quinzaine de pays ; vise à produire et livrer un véhicule en 15 jours.
Peugeot	Projet DIVA. Lancé en 2001, vise à produire et livrer les véhicules dans un délai de 15 jours
Secteur automobile britannique	Le « <i>Three Day Car Program</i> ». Ce projet de long terme de l'université de Warwick vise à produire et distribuer un véhicule de série en 3 jours.
Nissan	Projet SCOPE. Le projet vise un délai de 14 jours pour livrer un véhicule au client.
Ford	Cible un délai de 15 jours avec son projet 15-day Order Fulfilment.

Tableau I-1 : Projets de production à la commande.

La mise en place du nouveau modèle de production nécessite une remise en question complète des organisations des constructeurs. Les impacts dépassent largement le secteur de la distribution pour concerner à la fois les fonctions commerciales, la planification des usines, les approvisionnements,... En effet, déclencher le processus de fabrication à partir de la

¹ Ce délai peut se démultiplier en raison d'une forte croissance du marché, de mauvaises prévisions capacitaires ou du succès imprévu de certains modèles [Deheunynck et de Goldfiem, 2001].

demande réelle nécessite que soit restructurée la chaîne logistique qui a été conçue dans un sens amont/aval et non aval/amont. C'est un renversement de logique qui s'opère.

Les principaux impacts :

- Cette évolution entraîne une réduction sensible du temps nécessaire à chacune des étapes de la chaîne logistique.
- Produire à la commande tout en réduisant les délais impose une planification rigoureuse et un haut niveau de coordination depuis le concessionnaire jusqu'au fournisseur.
- Au delà d'une communication interne plus rapide, le nouveau modèle impose une intensification de la circulation de l'information en temps réel de l'aval vers l'amont et l'inverse, ce qui implique une refonte du circuit d'information.

Pour plus de détails sur les implications du mode de production à la commande sur la chaîne logistique automobile, lire : [Holweg et Miemczyk, 2003], [Deheunynck et de Goldfiem, 2001], [Ballot et Molet, 2001], [Tran, 2002], [Solihull et Newton, 2001], [Corbier et Fettous, 2000], [Jack et Collins, 2004] et [Baudier, 2000].

A noter, cependant, que si la production sur commande a très fortement mobilisé les programmes d'évolution des constructeurs, elle n'est pas la seule solution envisagée. En effet, certains constructeurs se montrent plus prudents à l'égard de ce mode de production et optent pour des solutions différentes ou intermédiaires. Le « *locate to order* », par exemple, expérimenté par Ford au Royaume Uni et en Finlande, repose sur le principe de mutualisation des stocks virtuels² d'un constructeur sur une zone géographique; et la recherche, dans les programmes de fabrication en cours, des véhicules non affectés³ les plus proches des souhaits du client. Une autre voie envisagée est la différenciation retardée lors de la distribution, le principe étant de personnaliser le produit au dernier moment sur une plate-forme de distribution ou même en concession. Les limites de la mise en place du *build to order* et les solutions alternatives ou complémentaires expérimentées par les constructeurs sont discutées dans [Ballot et Molet, 2001], [Fridenson *et al.*, 2003] et [Agrawal *et al.*, 2001].

I.2.3 La logistique amont

Nous allons nous intéresser dans cette partie aux principaux enjeux liés à la logistique amont, qui, comme nous le verrons ultérieurement, nous concernent plus particulièrement dans cette thèse.

² Un stock virtuel est composé de véhicules prévus en production.

³ Dans un programme de fabrication, un véhicule non affecté correspond à un ordre de fabrication qui n'est pas associé à une commande client.

I.2.3.1 La chaîne de valeur automobile

La filière automobile fait intervenir de nombreux acteurs tout au long de la chaîne de valeur. Dans la partie amont, on classe couramment les fournisseurs du constructeur automobile (encore appelé « *intégrateur* » ou « *OEM* » pour « *Original Equipment Manufacturer* ») en rangs « 1 » à « n » où le rang 1 est directement fournisseur du constructeur. L'échelonnement dépasse rarement 4, ce dernier étant typiquement un fournisseur de matières premières, alors que le rang 1 est presque toujours impliqué dans une relation de co-développement avec son client autour d'une pièce, d'un module ou d'un système.

La reconfiguration progressive de la chaîne de valeur sous la pression des changements structurels décrits dans la section précédente, modifient profondément l'industrie automobile et impliquent la redistribution des rôles entre les différents acteurs. Pour être plus flexibles et innovants, les constructeurs focalisent leurs investissements sur l'aval de la chaîne logistique afin de maîtriser la relation avec le client et de le fidéliser par la mise à disposition de produits et services en adéquation avec l'évolution de ses besoins. Les constructeurs se sont recentrés sur leur cœur de métier : l'assemblage final, les personnalisations en fin de cycle de production et le développement des moteurs, donc les éléments porteurs de marque et de différenciation.

Les fournisseurs et les assembleurs occupent désormais une place prépondérante. Les constructeurs automobiles ont transféré les opérations de conception, fabrication et d'assemblage de modules aux équipementiers⁴. Ainsi, en considérant ces activités, près des deux tiers de la valeur créée proviennent des fournisseurs.

I.2.3.2 Les enjeux

a) Reconfiguration de l'environnement amont

Le paysage de la logistique amont s'est redessiné par le durcissement des exigences des constructeurs. Cela se matérialise par :

- Une réduction drastique du nombre de fournisseurs, par concentration et rationalisation des achats.
- Un passage progressif des pièces aux modules⁵ et des responsabilités d'innovation confiées aux fournisseurs de rang 1.

⁴ La montée en puissance récente du co-développement entre rangs 1 et constructeurs, accompagnée d'un déport croissant de responsabilités vers l'équipementier en matière d'innovation a conduit à reconnaître la position de « rang 0,5 » authentique force de proposition.

⁵ Un module est un ensemble cohérent de composants dont le tout assure plusieurs fonctions techniques pas forcément cohérentes mais complémentaires dans la géographie du véhicule (exemple : un cockpit) et dont l'assemblage est confié à un seul fournisseur, bien que celui-ci ne soit pas le concepteur du tout.

b) Des flux tendus

Les approvisionnements sont gérés par des livraisons en séquence. En effet, la réduction des stocks et en-cours chez le constructeur et la généralisation de l'assemblage en flux tendus ont imposé aux fournisseurs la livraison des pièces et modules en « juste-à-temps » dans un ordre dicté par le séquençage des véhicules programmés en montage [Laurent, 2001]. Deux solutions ont été développées pour permettre ces livraisons dites « synchrones » :

- Avec des temps de réquisition très réduits (quelques heures), les fournisseurs ont été amenés à avoir un site d'assemblage chez le constructeur ou à proximité pour réduire les délais de transport. C'est ainsi que ce sont développés les PIF (parcs industriels fournisseurs) situés à côté de l'usine de véhicules cliente. Mais cette solution revient cher aux fournisseurs car elle nécessite une multiplication des implantations, cela est d'autant plus coûteux que les constructeurs se sont lancés dans l'internationalisation.
- Compte tenu de ces inconvénients et pour ne pas obliger les fournisseurs à s'implanter sur des sites de proximité, les constructeurs ont réfléchi à une solution alternative : le rallongement des délais de réquisition de quelques heures à plusieurs jours. Le constructeur fige son film de fabrication véhicules (ordre de passage précis des véhicules sur la chaîne de montage final) 4 à 6 jours avant la date de production et le transmet aux fournisseurs. Le fournisseur dispose ainsi de plusieurs jours d'anticipation afin de livrer la commande.

c) Fonctionnement en entreprise étendue

Par ailleurs, les nouveaux modes de fonctionnement se déclinent par *un travail en réseau* et la mise en œuvre effective des concepts organisationnels d'entreprise étendue. Un levier d'amélioration majeur réside dans l'efficacité des flux et la synchronisation des enchaînements d'activités à l'intérieur et entre entreprises partenaires. Le contexte d'entreprise en réseau a généré un *besoin accru de communication* entre les différentes parties; ce besoin étant essentiellement compensé par la diffusion des technologies de l'information et de la communication (TIC), un exemple édifiant étant celui des liaisons EDI⁶ (*Electronic Data Interchange*). Lire [Tran, 2002].

d) La nouvelle stratégie des fournisseurs

Fait important, les fournisseurs adoptent une stratégie similaire aux OEM de *concentration sur leurs compétences clés*, de cession d'activités considérées comme « périphériques » et de déport vers les rangs 2 de responsabilités d'assemblage voire de co-conception. Il est

⁶ EDI : format standardisé d'échange de données numérisées entre deux interlocuteurs (fournisseur et client, partenaires co-développeurs,...).

intéressant de vérifier que les équipementiers de rang 1 eux-mêmes annoncent une valeur achetée de l'ordre de 65% de leurs propres livraisons, [Fridenson *et al.*, 2003].

Ainsi, *de nouvelles compétences sont nécessaires* aux fournisseurs. Outre les compétences de conduite de programmes complexes de conception et développement, des compétences en supply chain management, autrefois réservées aux constructeurs, s'imposent aux fournisseurs.

I.3 La politique logistique de Renault

Qu'en est-il du contexte du constructeur Renault ? Quelle a été la réponse industrielle apportée par l'entreprise pour faire face aux évolutions du secteur automobile ?

I.3.1 L'évolution de la stratégie industrielle

Le système de production et distribution des véhicules neufs décrit l'ensemble des opérations de prévisions, approvisionnements, fabrication, transport et enfin livraison du véhicule au client. Les principaux acteurs sont :

- les fournisseurs de l'usine de carrosserie montage véhicule;
- les usines de carrosserie montage⁷ ;
- les usines de mécanique (où sont produits les moteurs, boîtes de vitesses et trains) ;
- le transporteur ;
- le réseau commercial ;
- les directions centrales qui interviennent dans le pilotage de la chaîne logistique (planification, programmation,...).

D'une manière synthétique, trois systèmes se sont succédés dans l'entreprise [Renault, 1999] :

1. *Le système de production sur stock (build to stock)*: décrit au paragraphe I.2.2.1, ce système a été abandonné par Renault en 1983 au profit du système d'engagement.
2. *Le système d'engagement commercial (build to market)* : dans ce système, le réseau s'exprime sur le volume de véhicules nécessaire pour satisfaire la demande. Le réseau émet lui même les ordres de fabrication vers l'usine, ceci garantit une meilleure adéquation entre l'offre et la demande. Néanmoins, les délais de fabrication des véhicules (4 semaines) sont encore trop longs pour se permettre d'attendre

⁷ Ce terme désigne l'usine de production de véhicules. Nous utiliserons, dans ce mémoire, indifféremment les deux appellations « usine de véhicules » ou « usine de carrosserie montage »

majoritairement la commande du client avant d'émettre l'ordre de fabrication. D'où la notion d'engagement du réseau qui permet de planifier la fabrication avant que celle-ci ne soit suscitée par la demande. Ce système demeure essentiellement fondé sur la vente sur stock avec les inconvénients associés (remises clients, charges financières).

3. *Le système de production à la commande (build to order)* : décrit au paragraphe I.2.2.2. Dans un système tiré par la demande client, l'essentiel du carnet de fabrication de l'usine de carrosserie montage est composé de véhicules affectés à des commandes clients. Dans ces conditions, le stock nécessaire au fonctionnement du réseau se limite aux véhicules d'exposition pour montrer l'ensemble de la gamme et à un stock tactique réduit, nécessaire pour satisfaire les commandes urgentes.

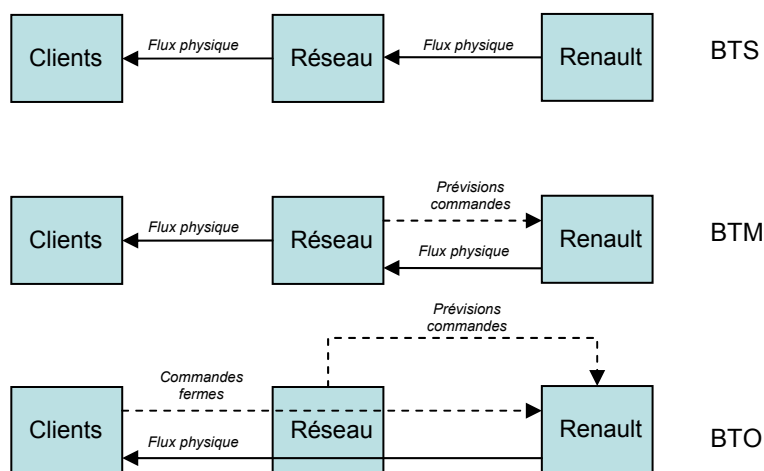


Figure I-1 : Evolution de la stratégie industrielle [Renault, 1999]

Le système de production à la commande a été mis en place avec le projet Nouvelle Distribution. Nous allons décrire dans les paragraphes qui suivent les principaux objectifs et modes de fonctionnements liés à ce système.

I.3.2 La Nouvelle Distribution

I.3.2.1 Objectifs

Le projet Nouvelle Distribution (PND), lancé en 1997 affichait des objectifs ambitieux :

- Offrir au client le véhicule de son choix, sans contrainte, avec un délai de livraison de deux semaines dans la plupart des pays européens.
- Fabriquer 70% des véhicules sur commande client (contre 30% avant le projet).
- Diviser les stocks par deux.

Le but est d'offrir un avantage compétitif majeur [Hinfray , 2001] :

- D'abord, parce que la Nouvelle Distribution (ND) est un atout commercial valorisé par des clients plus satisfaits puisqu'ils ont dans le réseau le libre choix du véhicule qu'ils souhaitent commander et qu'ils le reçoivent dans un délai bref et fiable.
- Ensuite, parce que la fiabilité du système de distribution crée un outil réseau plus performant, qui permet aux vendeurs de mieux maîtriser la négociation en valorisant davantage le produit et en étant moins préoccupés par l'approvisionnement.
- Grâce aux deux premiers facteurs, un troisième avantage est escompté, c'est celui de la baisse des coûts. Elle s'obtient par la baisse des stocks tant au niveau du réseau commercial qu'au niveau des usines et entraîne une meilleure maîtrise des rabais.

Notons que la cible de délai a été ramenée de deux à trois semaines, après que la mise en place de la ND ait rencontré des limites liées aux capacités de production des sous-traitants et aux problèmes de transport [Lagarde, 2002], [Laurent, 2002].

I.3.2.2 Principe de fonctionnement

Livrer le client en trois semaines, repose sur la décomposition du délai total entre la prise de commande et la livraison, de la manière cible suivante :

- *Quatre jours pour la gestion administrative des commandes* (traitements informatiques entre le réseau, le système central et les usines) : dès que le client a choisi sa voiture (modèle, versions, options), le concessionnaire transmet la commande directement à l'usine de carrosserie-montage, via le système informatique. Celui-ci fournit, en temps réel, une simulation du délai de livraison du véhicule. L'usine de carrosserie-montage, de son côté, positionne toutes ses commandes de la journée sur un planning de fabrication, limité à 6 jours au lieu d'un mois auparavant. L'usine déclenche ses demandes d'approvisionnement auprès de ses fournisseurs et auprès des usines mécaniques Renault fabricant les moteurs et boîtes de vitesses.
- *Six jours pour les approvisionnements* : les différents fournisseurs livrent les pièces, composants et modules à l'usine de carrosserie-montage suivant différents modes que nous examinerons plus loin.
- *Deux jours pour la fabrication du véhicule* : la production du véhicule est lancée en usine. Elle passe par quatre étapes : l'emboutissage des tôles, la tôlerie pour la fabrication de la caisse, la peinture et le montage final⁸.

⁸ L'emboutissage consiste à réaliser des pièces à partir de feuilles de métal. La matière première arrive sous forme de bobines d'acier qui sont déroulées, puis découpées et embouties. Une fois embouties, les pièces sont envoyées en tôlerie pour être assemblées; cette opération donne naissance à une caisse brute.

La peinture est ensuite réalisée dans un environnement clos et protégé. La caisse est plongée dans différents bains de traitement de surface pour être nettoyée, c'est la cataphorèse. La caisse reçoit ensuite différentes couches d'apprêts, de peintures et de vernis avant de passer dans un tunnel de cuisson.

- *Neuf jours pour la livraison* : Le transporteur achemine le véhicule du centre d'expédition de l'usine vers le réseau. Le concessionnaire reçoit le véhicule, le prépare puis remet les clés à son client.

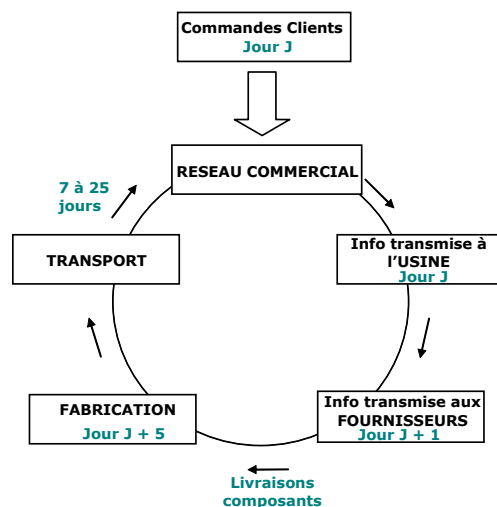


Figure I-2 : Décomposition du délai de réalisation d'une commande client suivant les principes de la Nouvelle Distribution

I.3.2.3 Les impacts organisationnels

Ce modèle de production et de distribution implique des changements organisationnels profonds sur toute la chaîne logistique du constructeur.

Sur la logistique aval :

- Les schémas de transport ont été modifiés pour réduire le délai en faisant appel plus massivement aux flux directs.
- Au niveau du réseau commercial, un changement de culture est nécessaire pour accompagner la démarche Nouvelle Distribution (ND). Les vendeurs habitués à vendre un véhicule du stock, afin de limiter les risques de retard de livraison d'une part, et pour réduire les charges financières liées à la possession de ce stock d'autre part, doivent modifier leur approche commerciale en privilégiant désormais l'écoute des souhaits du client. Il ne s'agit plus de vendre la Clio rouge en stock si le client déclare apprécier particulièrement le bleu !
- La fiabilisation de la qualité des prévisions est aussi un enjeu majeur, car d'un côté 30% de la production reste sur un mode de production sur prévisions ; d'un autre côté, la qualité des prévisions impacte lourdement la maîtrise de la planification à moyen terme des capacités industrielles.

Le montage final est réalisé en 4 heures environ selon les modèles. A la caisse peinte sont intégrés ses composants mécaniques (moteurs, boîtes, trains...), électroniques (calculateurs, faisceaux...), sa sellerie et ses habillages (panneaux de portes, planches de bord, tapis de sol...).

Sur la logistique interne, les usines doivent fabriquer les véhicules dans un délai d'une semaine contre quatre auparavant. Elles disposent donc de peu de temps pour organiser leurs approvisionnements. Elles doivent également être plus flexibles pour s'adapter aux variations de la demande : elles sont désormais en lien direct avec les fluctuations de la demande du client, ce qui les change du schéma lissé de production sur stock.

Sur la logistique amont, la ND implique de réduire et surtout de fiabiliser les délais de livraison des fournisseurs.

Le projet implique également de mettre en place des systèmes d'information fiables permettant une grande réactivité des acteurs et une circulation efficace de l'information.

La chaîne logistique de Renault s'est donc réorganisée pour répondre plus efficacement à la demande du client final. Dans la suite, nous allons voir comment cette demande est traduite dans les différents étages de la chaîne logistique.

I.4 Le film ferme de véhicules

Nous allons nous intéresser dans cette section à un principe fondamental dans le fonctionnement de la logistique sous le schéma de la Nouvelle Distribution : le film ferme, véritable colonne vertébrale du système.

I.4.1.1 Du carnet usine au film

Chaque jour, les usines de carrosserie montage reçoivent des commandes émanant du réseau commercial⁹. Elles sont de deux types :

- *Commande du client final* : correspond aux commandes des clients qui achètent un véhicule. La commande précise les spécificités du véhicule choisi (couleur, options, motorisation, ...)
- *Réassort du concessionnaire* : en fonction de ses prévisions de vente, le concessionnaire commande certains types de véhicules à forte demande, qu'il pense pouvoir écouler facilement.

Rappelons que les objectifs de la Nouvelle Distribution sont de fonctionner avec 70% de commandes de clients finaux et 30% de commandes de réassort.

Le processus de programmation de la production est enclenché dans l'usine. Le volume de commandes dont elle dispose lui permet de « remplir » sa cadence sur un horizon plus ou

⁹ Le réseau commercial est l'ensemble des structures et ressources de vente aux clients finaux (concessions, succursales, agents).

moins long. En moyenne, l'horizon saturé est d'un peu plus de 6 jours. Au delà les commandes du réseau ne lui suffisent pas à construire des journées complètes de production. On ajoute alors à ces commandes des pseudo-lancements : ce sont des véhicules virtuels qui n'ont pas de client réel. Ils sont générés par un système qui s'appuie sur les prévisions commerciales à moyen terme. Ces pseudo-lancements, ajoutés aux commandes du réseau, permettent à l'usine de générer des séquences fictives (mais réalistes) de véhicules à fabriquer sur un horizon plus long. Ces informations sont utilisées notamment pour les besoins prévisionnels envoyés aux fournisseurs. Lorsqu'une commande client arrive dans le carnet, un pseudo-lancement est remplacé par le véhicule commandé, [Holler, 2002].

Le carnet de l'usine se compose (Figure I-3) :

- D'environ 6 jours de commandes fermes ;
- D'une séquence d'environ 3 semaines constituée de commandes fermes et de pseudo-lancements;
- D'environ deux mois de prévisions volumiques hebdomadaires.

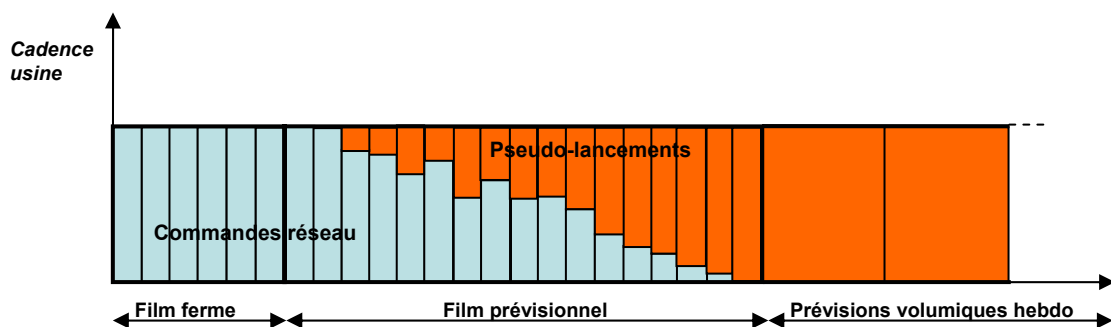


Figure I-3 : Le carnet usine

La portion de commandes fermes permet de construire le film de production : c'est la séquence programmée de l'ordre de passage des véhicules sur la chaîne de montage. Le film est construit quelques jours avant la sortie physique des véhicules à la fin de la chaîne de montage (appelée tombée de chaîne mécanique ou TCM). Lorsque le film de production est figé, c'est-à-dire qu'il devient non modifiable, le film de fabrication est dit ferme. Dans la Nouvelle Distribution la longueur du film ferme est de 6 jours.

Le concept de film ferme renferme donc deux aspects importants :

- La notion de « film », qui signifie l'ordonnancement des ordres de fabrication.
- La notion de « fermeté », qui signifie un figeage du film de fabrication ordonnancé.

Ces deux aspects, comme nous le verrons ultérieurement, ont un impact important sur les mécanismes de pilotage des flux.

La Figure I-4 schématise la notion de film ferme. Ce dernier est composé d'une partie « administrative » où les véhicules sont positionnés dans le carnet de l'usine en attente de lancement en production et une partie « physique » qui débute avec la mise en production du véhicule en usine et se termine avec sa sortie en TCM.

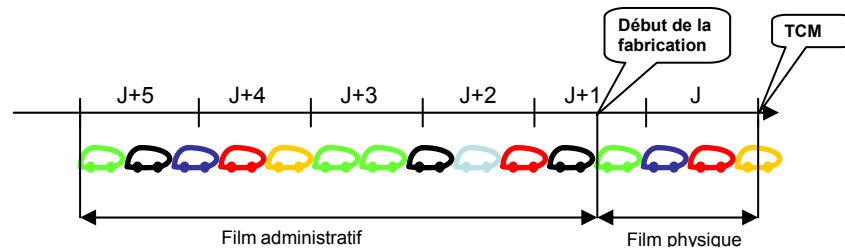


Figure I-4 : Le film ferme

I.4.1.2 La construction du film ferme

La longueur du film ferme établie par la ND est de 6 jours. Ainsi, chaque jour J , à partir des commandes reçues, l'usine de carrosserie montage construit la séquence de fabrication du jour $J+6$. A la fin de la journée, un mouvement de translation se fait sur le film : le jour J sort du film ferme (c'est la séquence qui a été produite en J) et la séquence de $J+6$ entre dans le film ferme, on dit que l'usine a affermi $J+6$.

L'algorithme qui détermine l'ordre des véhicules prend en compte deux règles principales :

- Le respect des contraintes d'assemblage, comme la prise en compte des différences de temps opératoires générées par deux véhicules différents. Dans un souci d'équilibrage des charges de la chaîne d'assemblage, des contraintes sont définies pour intercaler des véhicules qui comportent une certaine option nécessitant un temps opératoire plus long, avec des véhicules sans cette option.
- Le respect des contraintes de tailles de lots économiques de l'atelier de peinture pour optimiser les coûts de reconfiguration liés à chaque changement de teinte.

I.4.1.3 Les perturbations du film ferme

Le film ferme est en théorie non modifiable, les véhicules doivent avancer dans la séquence dans un ordre FIFO¹⁰, d'abord dans la partie administrative où le véhicule est encore virtuel, ensuite dans la partie physique où le véhicule est en cours de fabrication sur la chaîne de montage. En réalité, il existe des perturbations qui modifient la position d'un véhicule lors de son parcours dans le film. Ces perturbations agissent en causant le déplacement d'un véhicule par rapport à sa position initiale : le véhicule peut doubler un ou

¹⁰ FIFO : *Fist in, First out* – premier arrivé, premier servi.

plusieurs véhicules ou se faire doubler. Il peut aussi dans certains cas sortir de l'horizon des 6 jours.

Les perturbations du film ferme sont discutées en détail dans [Minegishi, 2003] et [Boctor et al., 2001]. Retenons ici de manière synthétique quelques unes des causes principales :

- Les avances ou retards de production « déplacent » le film, sans modifier directement les séquences. Cependant, les contraintes du montage pouvant varier entre deux journées, il est nécessaire de recalculer les séquences quand trop de véhicules sont sortis de leur journée.
- Les ruptures d'approvisionnement : lorsqu'une pièce ne peut être livrée à temps par le fournisseur, on peut être amené à décaler ou sortir provisoirement du film les véhicules concernés par la pièce manquante.
- Les retouches de véhicules : suite à des défauts de qualité détectés en cours de fabrication, un véhicule peut être sorti du flux physique principal, il est retouché puis remis dans le flux. Un véhicule qui subit des retouches perd ainsi « n » places dans le film et en fait gagner parallèlement une à tous les véhicules qui l'auront dépassé.

L'ensemble de ces perturbations pouvant rendre la séquence de véhicules non exploitable du point de vue des contraintes de montage, un tri-stock¹¹ en entrée du montage a pour rôle de remettre les véhicules au fil de l'eau dans un ordre respectant les contraintes. Le tri-stock chez Nissan a pour objectif de reconstituer le mieux possible le film ferme initial, affermi à $J-6$; les usines de carrosserie de Renault ciblent un fonctionnement similaire. A l'heure actuelle, il subsiste encore quelques sites qui ne fonctionnent pas selon ce principe.

Afin de mesurer le respect du film ferme, des indicateurs ont été mis en place : le SSAR (*Standard Sequence Achievement Ratio*) et le STAR (*Scheduled Time Achievement Ratio*).

Le SSAR mesure le respect de la séquence programmée en calculant le rapport entre le nombre de véhicules n'ayant pas été dépassés dans leur ordre initial sur le nombre total de véhicules dans le film ferme. Ce principe est illustré par l'exemple de la Figure I-5. Sur dix véhicules programmés, trois véhicules ont subi un déséquencement qui leur a fait perdre des places par rapport au film initial, les sept autres véhicules n'ayant pas été dépassés sont considérés comme bons. Le SSAR dans cet exemple est de 70%.

¹¹ Tristock : C'est un transtockeur capable de recevoir jusqu'à cent cinquante caisses en moyenne. Il est équipé d'un poste de régulation informatisé qui a pour rôle de mettre en ordre la séquence d'entrée des véhicules dans l'atelier de montage.

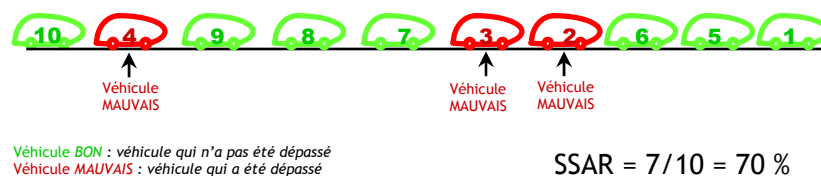


Figure I-5 : L'indicateur SSAR

Le STAR est plus un indicateur des translations de la séquence véhicules : il mesure la proportion de véhicules arrivant en fin de process dans une fenêtre de temps de $\pm 1h$ par rapport à la date et heure prévue.

Le film ferme, comme nous allons le voir, est utilisé pour calculer et transmettre les réquisitions de pièces et composants aux fournisseurs.

I.5 La gestion des approvisionnements

Une usine de véhicules gère un nombre très important de pièces et composants. Au total, ce sont environ deux mille références différentes dont il faut organiser les flux. Dans le cadre de la Nouvelle Distribution et afin de rationaliser les approvisionnements, une politique cible a été définie : L3P, pour Logistique Performante Programmée au Service du Poste.

L'organisation du flux est repensée de manière à coller au plus près du besoin du poste de consommation. Le fonctionnement cible repose sur le principe suivant (Figure I-6) :

- A partir du film ferme de 6 jours, l'usine de véhicules calcule ses besoins à venir en pièces et composants.
- Le point de départ de l'approvisionnement est la demande de livraison transmise aux fournisseurs. Elle contient les informations relatives aux pièces qui seront consommées par l'usine de véhicules dans 4 ou 5 jours, regroupées par tranches horaires de 2, 4, 8 ou 16 heures. Le fournisseur dispose ainsi d'un délai moyen de 2 à 3 jours entre la réception de la demande de livraison et l'expédition des pièces, ce délai pouvant être moindre selon l'éloignement du fournisseur par rapport à l'usine cliente¹².
- Sur la base de l'expression de besoin reçue, les fournisseurs préparent des palettes organisées suivant les tranches horaires spécifiées et les expédient à la date demandée.

¹² Nous discuterons en détail ces concepts dans les chapitres IV et V.

- Les pièces et composants arrivent dans un centre de préparation logistique (ou CPL¹³), à proximité de l'usine. Les palettes sont réparties par tranches horaires et par zone de consommation.
- A l'heure programmée, les palettes correspondant à une zone de distribution sont chargées dans un train de bases roulantes (moyen de transport en interne usine) qui, par une tournée d'approvisionnement, livre les différents postes.
- A chaque poste approvisionné, le cariste récupère les emballages vides de la tranche horaire précédente ; il les ramène au CPL d'où ils repartiront vers les fournisseurs.

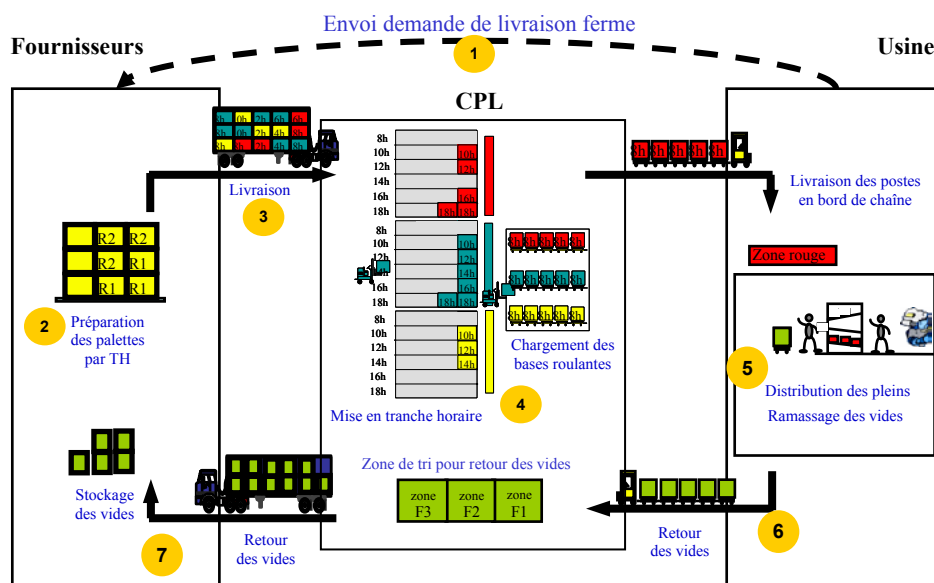


Figure I-6 : L'approvisionnement en L3P

La logique est poussée encore plus loin avec le flux L3P-synchrone ou L3PS. En plus de respecter les tranches horaires demandées, le fournisseur doit livrer les pièces exactement dans l'ordre unitaire qui lui aura été transmis dans la demande de livraison. Cet ordre, émanant du film ferme de fabrication, correspond en théorie à l'ordre précis de passage des véhicules dans la chaîne de montage.

Ces flux programmés, L3P et L3PS, sont déployés en priorité sur les pièces volumineuses avec diversité. Pour les petites pièces à consommation très courante (visserie), l'approvisionnement se fait par principe de renouvellement de stock. Pour faire simple, cela consiste à maintenir un stock de ces pièces, et à réapprovisionner régulièrement en recomplétant le volume de pièces qui a été consommé. Se reporter à [Holler, 2002] qui analyse en détail les modes d'approvisionnement d'une usine de véhicules.

Le bénéfice escompté des flux programmés est double :

¹³ Le CPL situé dans l'usine de véhicules ou à proximité, est généralement géré par une entreprise extérieure. Le CPL a pour rôle d'assurer à l'usine des livraisons aux fréquences requises par les postes de travail.

- L'approvisionnement par tranches horaires ou en synchrone permet de disposer des quantités de pièces au juste nécessaire et au plus proche de la date de consommation. Cela a pour conséquence une réduction des stocks et surfaces associées et donc une réduction sensible des coûts.
- L'envoi d'une information anticipée au fournisseur permet à ce dernier de mieux s'organiser afin de gérer ses flux.

Cependant, pour apporter des résultats effectifs, la politique logistique Renault stipule que ce mode nécessite un bon niveau de respect du film ferme. En effet, le calcul des besoins en pièces et composants doit reposer sur une information fiable. Or, nous avons vu que le film ferme de véhicules connaît de nombreuses perturbations. Les livraisons de produits se faisant à partir de l'information envoyée plusieurs jours à l'avance aux fournisseurs, si le film réel physique en chaîne de production le jour J a considérablement changé par rapport à la séquence envoyée aux fournisseurs, des problèmes de ruptures d'approvisionnement ou de trop-pleins¹⁴ apparaissent. Dans la pratique, les usines de véhicules se couvrent contre les risques de ruptures en mettant en place des stocks de sécurité; cependant étant donné le niveau de perturbation du film, les niveaux de stocks de sécurité peuvent être élevés et les bénéfices finalement obtenus de l'application des approvisionnements programmés se réduisent.

C'est ainsi que la cible de fonctionnement du mode L3P affiche un taux nécessaire de respect du film ferme à 95%. Les usines de véhicules ont une marge de progrès importante et mettent en place des programmes d'amélioration du respect du film ferme, qui doivent se répercuter en fiabilité de l'information anticipée de la demande.

I.6 Conclusions

Nous avons présenté, dans ce chapitre, les principales caractéristiques de la chaîne logistique automobile, qui comporte de nombreux acteurs en situation d'interdépendance. L'automobile étant une industrie d'assemblage dans son ensemble, on comprend qu'un levier essentiel de performance réside dans la coordination des flux entre les acteurs de la chaîne.

Pour s'adapter aux changements structurels du marché, la stratégie industrielle a globalement évolué d'une logique de production de masse (*build to stock*) à une logique de production à la commande (*build to order*). C'est dans ce contexte que le constructeur Renault a déployé la Nouvelle Distribution. Les enjeux sont importants : livrer les clients à la

¹⁴ Trop-plein : situation où l'encours de stock à un endroit est trop important au regard de la surface allouée.

commande dans un délai réduit et fiable offre un avantage compétitif majeur, tout en réduisant drastiquement les stocks et coûts de distribution.

Ce système implique une refonte en profondeur des modes de fonctionnement qui sont désormais orchestrés, en grande partie, par le film ferme. Ce dernier est une pièce maîtresse sur laquelle repose le pilotage de la chaîne logistique Renault, puisque le film ferme sert à coordonner les flux internes de l'usine de véhicules et aussi à gérer les flux

Les éléments présentés dans ce chapitre nous permettront de comprendre le contexte de notre cas d'étude et la problématique qui en découle.

Chapitre II

CAS D'ETUDE ET PROBLEMATIQUE

II.1 Introduction

Dans le premier chapitre, nous avons décrit l'organisation générale de la chaîne logistique de Renault dans le cadre de la logique de production à la commande. Nous avons vu, en particulier, comment étaient pilotés les flux de production et d'approvisionnement à partir de l'information issue du film ferme de véhicules.

Ce chapitre a pour objet de présenter le périmètre précis de notre thèse et décrire le cas d'étude qui sous-tend nos travaux.

Nous allons nous intéresser à une partie du tissu industriel du constructeur : les usines de mécanique. Ces dernières sont des fournisseurs pour les usines de véhicules : elles les approvisionnent en moteurs, boîtes de vitesses et trains. Fournisseurs au statut particulier, les usines de mécanique présentent dans la gestion de leur chaîne logistique, des enjeux importants liés à l'arrivée de la Nouvelle Distribution. Nous partirons de ces enjeux pour formuler notre problématique et définir les axes de recherche qu'elle comporte.

II.2 Les usines de mécanique

II.2.1 Un fournisseur interne

La production des moteurs a été, depuis le début du développement de l'industrie automobile, au cœur du métier des constructeurs. L'évolution de l'automobile a été rendue possible par le développement de l'ingénierie moteur ; au point que ce dernier a longtemps été considéré comme l'élément central et noble du véhicule.

L'industrie du moteur a connu des développements importants ; les attentes des clients ont évolué et le produit a changé depuis sa création. D'un système autorisant uniquement le déplacement d'un véhicule, on lui demande, aujourd'hui, de générer de l'énergie pour des fonctions telles que la climatisation, le chauffage, l'assistance de direction,... Il doit également s'adapter aux exigences du conducteur et du législateur ; ainsi, le moteur ne doit plus être source de nuisances telles que la pollution ou le bruit. En résumé, on lui demande d'être à la fois très présent (puissance, performances techniques) et quasi-invisible (silencieux, non polluant).

Bien qu'il arrive que les constructeurs aient recours à l'achat de moteurs auprès de fournisseurs externes (généralement dans le cadre de partenariats avec d'autres constructeurs), la conception et la production des moteurs restent majoritairement des activités internes dans le cœur de métier des constructeurs. La raison en est qu'ils font partie des éléments porteurs d'image de marque. Ainsi, les performances, la fiabilité, la consommation et de plus en plus, la réponse aux normes environnementales sont des vecteurs d'image. Les moteurs n'ont jamais été autant étudiés, testés et suivis dans leur vie série¹⁵. Tout défaut de qualité ou panne entraîne des coûts importants, sous le couvert de la garantie. Les années à venir seront des années clés, en particulier par rapport aux nouvelles technologies, comme par exemple l'hybridation, la pile à combustible ou l'émergence de nouveaux carburants [Fridenson *et al.*, 2003].

Les moteurs sont produits dans des usines appelées *usines de mécanique*. Ces dernières fabriquent aussi des boîtes de vitesses et des châssis¹⁶. Ces produits sont communément appelés des *organes mécaniques*. Les usines de mécanique (UM) sont un fournisseur direct des usines de carrosserie montage véhicules (UCM) ; on peut donc les classer en fournisseur de rang 1 dans la chaîne logistique automobile.

¹⁵ La vie série est le terme couramment employé en industrie automobile pour désigner l'intervalle de temps pendant lequel un type de moteur est produit, et qui s'étend depuis sa première commercialisation jusqu'à l'arrêt de la production (plusieurs années).

¹⁶ Les châssis, appelés également trains, sont des organes permettant d'assurer au véhicule sa tenue de route et son comportement routier, ainsi que le confort des passagers par la filtration des bruits de roulement. Le châssis d'un véhicule est constitué de deux éléments dont les fonctions sont différentes : le train avant et le train arrière.

Remarque :

Les UM ont cela de particulier, qu'elles ne sont pas des entreprises externes mais sont elles mêmes des usines appartenant au constructeur, au même titre que les usines de véhicules. On peut donc aussi les voir comme un rang 0, régi par une relation fournisseur/client au sein même du périmètre du constructeur. De ce fait, nous serions amenés à penser que les flux UM/UCM sont naturellement pilotés dans une logique d'optimisation globale ; nous verrons qu'en réalité ce n'est pas toujours le cas et que certains choix de pilotage appliqués par les UCM génèrent des difficultés au niveau de la performance logistique des UM. Nous analyserons largement ce point dans les chapitres qui vont suivre.

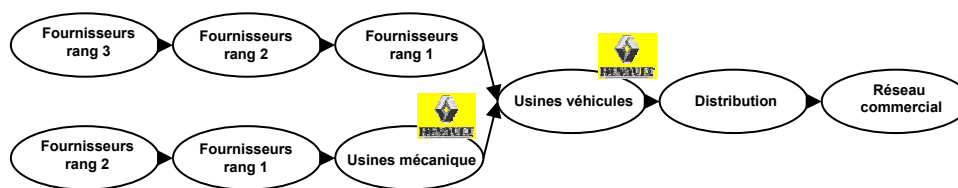


Figure II-1 : Position des usines de mécanique dans la chaîne logistique automobile.

II.2.2 Des enjeux sur le produit et le système industriel

Les usines de mécanique présentent des enjeux importants tant au niveau du produit (organes mécaniques) que du système industriel.

Du point de vue du produit, le problème du constructeur revient à développer des familles de moteurs répondant aux nouvelles exigences du marché (attentes des clients et contraintes environnementales) pour un coût minimum de conception, de réalisation et de mise en production. La recherche du raccourcissement des délais de conception est, entre autres, une problématique importante à laquelle répond le constructeur par la mise en place des concepts de gestion de projet et d'ingénierie concurrente¹⁷.

Du point de vue du système industriel, les usines de mécanique sont impactées par les évolutions profondes du secteur automobile. Nous avons vu, dans le chapitre I, que sous la pression de la volatilité des marchés et de l'accroissement des exigences des clients, les constructeurs se sont orientés vers une logique *build-to-order*. Cette dernière se répercute sur l'amont de la chaîne logistique par des enjeux de raccourcissement et fiabilisation des délais ainsi que la réduction des coûts d'approvisionnement, de production et de distribution. De part leur positionnement dans la chaîne logistique automobile (fournisseurs des usines de

¹⁷ L'ingénierie concurrente vise à faire travailler en parallèle et de manière transversale les différents métiers intervenant au cours du processus de conception d'un produit. Un ouvrage de référence sur le sujet est [Midler , 2004] qui analyse le projet de conception et développement de la Twingo.

véhicules), les UM sont sujettes aux mêmes problématiques, que connaît le réseau amont de fournisseurs (Cf. chap. I, parag. I.2.3).

Dans cette thèse, nous nous intéresserons aux enjeux liés au système industriel, et en particulier au pilotage des flux des usines de mécanique.

II.2.3 Les flux des usines de mécanique

Les organes mécaniques sont des assemblages complexes. Pour un moteur, par exemple, ce sont quelque 200 à 350 pièces très diverses qui le composent. Pour des raisons stratégiques, certaines de ces pièces sont développées et fabriquées par le constructeur (tels le carter cylindres, la culasse, ...); les autres pièces sont achetées à l'extérieur et livrées « prêtes à assembler » aux usines de mécanique du groupe.

Dans une usine de mécanique, on produit donc des pièces et des organes complets. La production de pièces met en jeu des technologies d'usinage comme par exemple, le fraisage, le tournage, le traitement thermique.... La production d'organes met en jeu des technologies d'assemblage, comme par exemple, le collage, l'emmanchement, le vissage,... Au total, c'est la maîtrise d'une centaine de technologies qui concourent à la fabrication d'un moteur, une cinquantaine pour les boîtes de vitesses¹⁸.

L'amont de la chaîne est composé d'un nombre important de fournisseurs de matières brutes et composants. Certains composants constituant un moteur relèvent de technologies complexes (capteur, régulateur d'injection, ...) et sont maintenant très souvent la propriété d'équipementiers.

La partie interne du processus de production d'un organe mécanique sera détaillée dans le chapitre IV. Pour l'instant, retenons de manière synthétique, que la production d'un moteur passe par la fabrication d'un certain nombre de pièces mécaniques en interne : c'est la *phase d'usinage*. Les pièces usinées et les composants provenant de fournisseurs externes sont ensuite assemblés sur une chaîne de production : c'est la *phase d'assemblage*. Les organes mécaniques terminés sont expédiés vers le client.

Les moteurs, boîtes de vitesses et trains - produits le plus souvent dans des usines de mécanique différentes - sont acheminés vers l'usine de carrosserie montage. Dans un atelier en amont de la chaîne de montage est assemblé le groupe motopropulseur (GMP) qui est composé du moteur, de la boîte de vitesses et des demi-trains avant. Le GMP est ensuite assemblé avec le train arrière, l'échappement,... pour constituer la platine sous-caisse. La

¹⁸ Les châssis quant à eux font intervenir pratiquement tous les métiers de la mécanique automobile : fonderie, emboutissage, déformation des matériaux, usinage, traitement thermique, soudage et montage.

platine est convoyée jusqu'à la chaîne de montage pour rejoindre son véhicule de destination. Elle est glissée à l'intérieur du véhicule et vissée grâce à une installation automatisée.

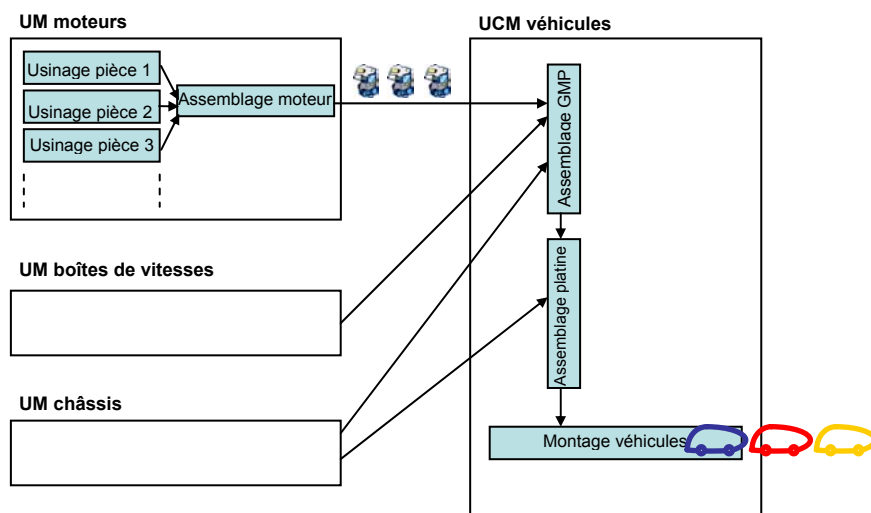


Figure II-2 : De l'usine de mécanique à la chaîne de montage véhicules.

Outre les usines de carrosserie montage (UCM), les organes mécaniques sont également livrés à d'autres clients : des constructeurs à qui l'entreprise vend des organes, des usines de mécanique du groupe dans le cadre d'échanges de pièces usinées,...

Dans nos travaux, nous allons nous intéresser en particulier au pilotage des flux des UM dans leur relation fournisseur/client avec les UCM.

Remarque sur l'appellation « client » :

Dans notre périmètre, le *client* est l'usine de carrosserie-montage véhicules. Nous désignerons par *client final*, le client en bout de la chaîne automobile qui achète une voiture.

II.3 Le pilotage des flux des usines de mécanique

II.3.1 Les usines de mécanique et la Nouvelle Distribution

Nous avons décrit, dans le chapitre I, l'évolution de stratégie opérée par Renault avec la mise en place de la Nouvelle Distribution. L'objectif principal est de passer d'une logique de production pour le stock à une logique de production à la commande. Nous avons présenté les principaux changements organisationnels déployés dans les usines de véhicules : film ferme, politique L3P, ... Qu'en est-il du fonctionnement des usines de mécanique ? Comment ont-elles été impactées par la ND ?

Le mode d'organisation logistique des usines de mécanique avant la ND reposait sur la production sur stock. Les organes mécaniques étaient produits à l'avance et stockés ; chaque jour les UCM étaient livrées en fonction de leur demande à partir du stock.

Après l'arrivée de la ND, cette organisation n'a pas changé. En effet, avec des temps de réquisition courts (en particulier lorsque l'on retranche le délai de transport) et des temps d'écoulement relativement longs en interne, les UM sont restées sur un modèle de *build to stock*. Nous reviendrons largement sur ce point dans la seconde partie du mémoire.

Ce modèle de production est-il efficace au vu des évolutions liées à ND ?

Si l'organisation logistique des usines de mécanique n'a pas changé, en revanche, leur environnement aval a subi de profondes évolutions générées par la ND. Le principal symptôme en est la modification du profil de la demande client. En effet, l'ancien mode de production de véhicules pour le stock assurait un certain niveau de stabilité aux programmes de montage véhicules. Cette stabilité se répercutait directement sur la demande des UCM en organes mécaniques exprimée vers les UM.

Les impacts de cette variation de la demande en organes mécaniques se font ressentir sur la performance de gestion des flux :

- La production sur stock oblige les UM à maintenir un stock de chacune des références d'organes mécaniques. Or étant donné les niveaux de diversité des organes finis (de 30 à 180 références, en fonction du type d'organe) et la variation de la demande, les niveaux de stocks sont importants.
- Ces stocks n'évitent pas forcément les ruptures d'approvisionnement du client. Il y a certes des organes mécaniques dans le stock mais pas forcément les références demandées par le client UCM, le jour J. Cela s'explique en majorité par des commandes prévisionnelles des UCM peu fiables et l'irrégularité de la demande.
- Les niveaux de stocks des pièces usinées en interne tout comme ceux des composants externes sont importants. En effet, l'incertitude liée à la demande oblige les UM à sécuriser leurs approvisionnements en maintenant des stocks élevés.
- Les ruptures d'approvisionnement en pièces internes et composants externes sont fréquentes malgré les stocks. Nous analyserons les causes en détail dans le chapitre IV.

Pour caractériser quantitativement la performance logistique des UM, nous avons observé la situation des principaux indicateurs de performance suivis.

II.3.2 Des marges de progrès

Afin de se faire une idée plus précise de la performance logistique des usines de mécanique, nous avons regardé la situation de deux indicateurs de performance : le taux de service qui caractérise le niveau de service perçu par le client (ici il s'agit du taux de service de l'UM vers ses clients) et le niveau de stock qui caractérise une partie du coût d'obtention du service.

Notons que les données que nous présentons ici correspondent à la période 2003, au moment où cette analyse a été faite, soit le début de notre travail de thèse¹⁹.

La courbe en bleu de la Figure II-3 indique l'évolution des niveaux de stocks en jours de chiffre d'affaire moyen par jour pour le périmètre global des usines de mécanique. Elle représente le total des stocks et encours de produits de fabrication (des matières premières aux produits finis)²⁰.

L'allure de la courbe montre que la tendance des stocks est à la hausse dans les dernières années, avec une accentuation de la pente vers la période 1999-2000, ce qui coïncide avec la mise en place de la ND. La moyenne avoisine les 11 jours de stocks ce qui reste très élevé par rapport à l'objectif que s'est fixé la Direction des Fabrications Mécaniques et qui se situe à environ la moitié de ce niveau.

A titre indicatif, nous avons également la courbe équivalente pour les usines de carrosserie-montage véhicules, Figure II-4. Il n'entre pas dans notre périmètre d'analyser cette évolution, notons seulement que, contrairement à la courbe mécanique, il y a une tendance soutenue à la baisse.

L'examen, du détail des stocks par type (produit fini, pièces internes, composants externes) et par usine, montre de plus que les performances sont disparates entre les usines : certaines sont au dessus, d'autres en dessous des objectifs fixés. Les graphiques de la Figure II-5 et la Figure II-6 montrent les niveaux de stocks moyens par usine pour les pièces usinées et les organes finis, respectivement. Le constat de disparité nous amène à nous interroger sur les causes des différences de performances entre les UM. Nous y reviendrons au chapitre IV.

¹⁹ Les résultats actuels ont sensiblement évolué par rapport à la situation en 2003.

²⁰ La courbe en rouge représente le total des stocks et encours en incluant les produits hors fabrication à savoir les outillages, les produits d'entretien, ...tout ce qui est consommé en usine comme matières mais qui n'entre pas dans la production d'un organe mécanique. Cette courbe est en dehors de notre champ d'investigation.

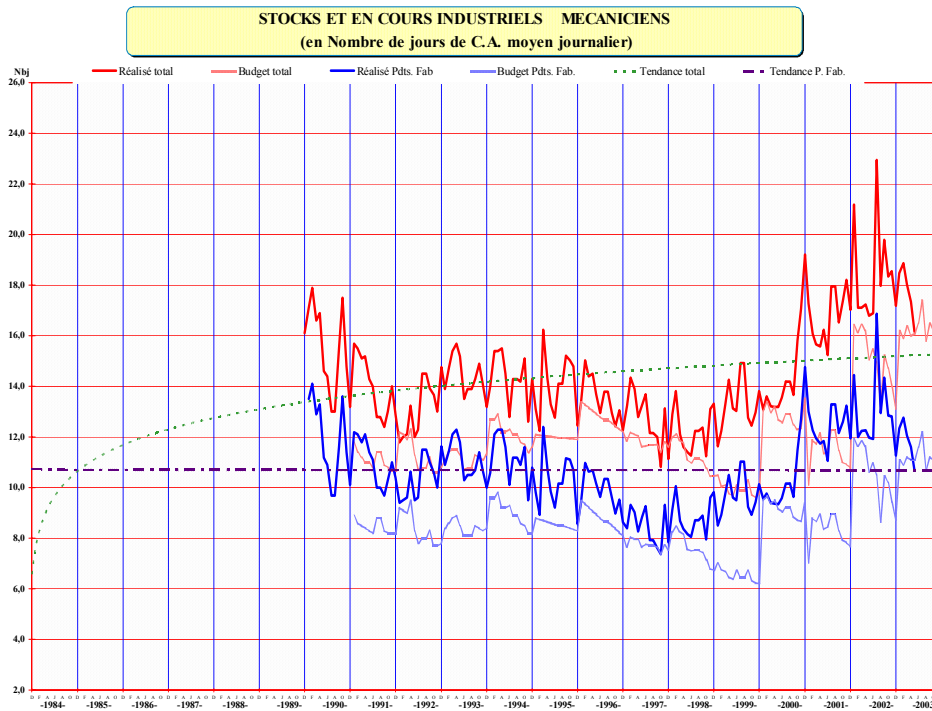


Figure II-3 : l'évolution des niveaux de stocks et encours des usines de mécanique en nombre de jours de chiffre d'affaires

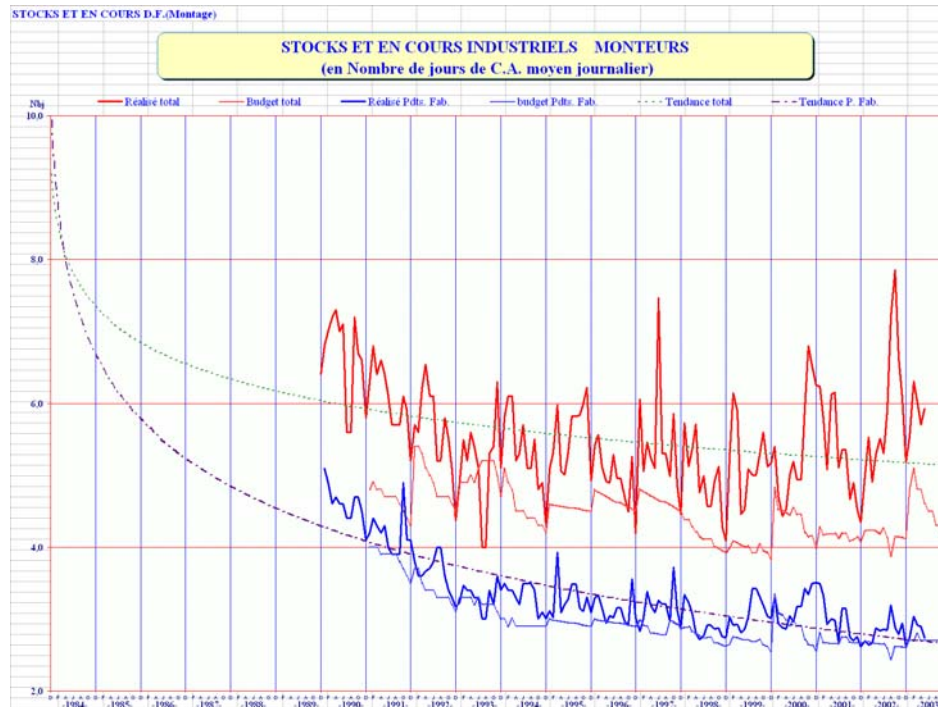


Figure II-4 : l'évolution des niveaux de stocks et encours des usines de carrosserie montage en nombre de jours de chiffre d'affaires

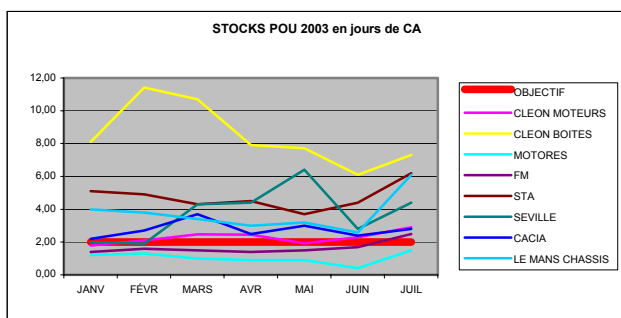


Figure II-5 : Niveaux de stocks moyens en jours de chiffre d'affaire pour les pièces usinées, en 2003

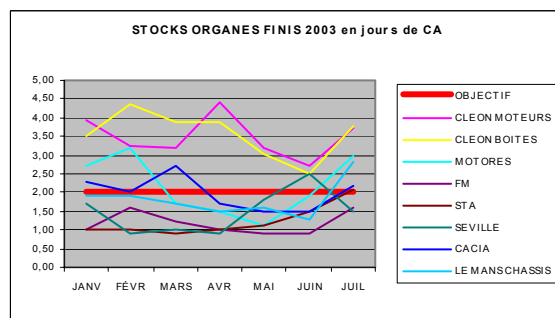


Figure II-6 : Niveaux de stocks moyens en jours de chiffre d'affaire pour les organes finis, en 2003.

Le deuxième indicateur de performance logistique majeur suivi par les UM est le taux de service client qui mesure le rapport du nombre de commandes livrées dans les délais par le nombre total de commandes. Bien que les niveaux de stocks soient élevés, les résultats de taux de service n'atteignent pas l'objectif (fixé à 95% en 2004). Rappelons que dans le principe de la ND, les organes approvisionnés sont destinés à être montés sur des véhicules programmés en production sur la chaîne de montage, pour satisfaire une commande du client final. Le non fiabilité des approvisionnements (UM vers UCM) perturbe directement la production des commandes programmées. Pour y pallier, les UCM maintiennent également à leur niveau un stock d'organes mécaniques.

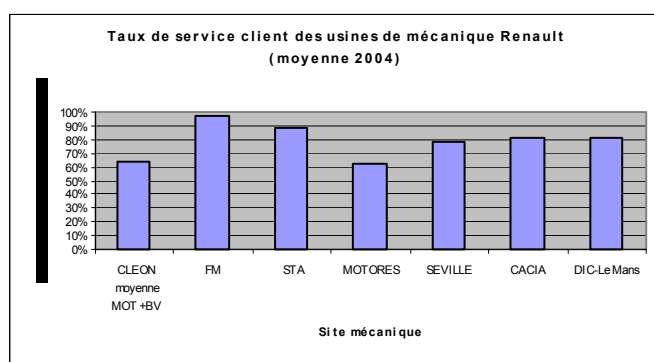


Figure II-7 : le taux de service moyen des usines de mécanique en 2004

En conclusion, ces indicateurs confirment les difficultés évoquées précédemment. Le pilotage des flux des usines de mécanique présente des marges de progrès au regard du contexte lié à la ND.

II.3.3 Le besoin d'une stratégie

Partant de ces premiers éléments sur la performance de la logistique des usines de mécanique et dans le but de définir notre problématique de recherche, nous avons réalisé

une série d'entretiens au sein de l'entreprise. Le but de ces entretiens était d'arriver à cerner les problématiques que posait le pilotage de flux des usines de mécanique, et de formuler le besoin en étude qui en découlait. Nous avons conduit des échanges avec, entre autres, des équipes d'Ingénierie de conception qui, à cette période, étaient en charge du projet de conception d'un nouvel organe mécanique. Ces échanges ont permis de faire émerger plusieurs points que nous tentons de résumer ici.

Au niveau des projets : l'échange a porté sur les difficultés qui ressortaient lors de la conception de la logistique d'une nouvelle ligne de production. A chaque projet, se pose le problème du choix des modes de fonctionnement logistiques à mettre en place pour une ligne (modes de livraison aux clients, modes d'approvisionnement, distribution interne des pièces, dimensionnement des stocks et encours,...). La principale difficulté remontée par les personnes interrogées est le manque d'une stratégie claire sur laquelle se baser afin d'établir ces choix. Les équipes se rendaient majoritairement bien compte que les modes de fonctionnement appliqués alors n'étaient pas optimaux au regard des évolutions du contexte lié à la Nouvelle Distribution. Cependant, si pour les usines de carrosserie montage, les processus de pilotage des flux avaient fait l'objet d'études détaillées, qui ont débouché sur une politique technique claire (film ferme, programmation, flux d'approvisionnement en L3P, L3PS,...) déclinée dans des référentiels partagés, il n'en est pas de même pour la logistique des usines de mécanique. En effet, il n'existe pas de pendant de ces travaux pour la mécanique ; les quelques référentiels existants sont ceux datant d'avant la ND. Ce besoin de stratégie se fait de plus en plus ressentir pour l'ingénierie de conception, en particulier, avec l'accélération du rythme de lancements des projets de nouveaux organes mécaniques à cette période.

Au niveau de la vie série (phase d'exploitation) en usines : les marges de progrès à réaliser sur les performances logistiques ont naturellement conduit l'entreprise à entamer des actions d'amélioration. C'est ainsi, qu'émanant des usines et aussi des Directions centrales, des plans de progrès ont été conduits ; cependant, les résultats restent encore en dessous des attentes. La raison principale, de notre point de vue, rejoint ce que nous avons conclu pour la phase projet : les plans de progrès buttent sur le manque de stratégie à moyen terme. En effet, en l'absence d'une orientation partagée, les actions menées par les différents acteurs manquent souvent de coordination et sont le fruit d'optimisations locales. Il arrive parfois que les actions soient redondantes voire contradictoires. Ainsi le potentiel des actions engagées n'est pas à son optimum.

Cette phase préliminaire d'échanges a permis de mettre en exergue un besoin de fond : celui de définir une stratégie moyen/long termes pour le pilotage des flux des usines de mécanique. Une stratégie donnant une vision commune et partagée des modes de

fonctionnement cibles, permettrait de démultiplier l'efficacité des actions de progrès engagées par l'entreprise afin de converger vers une meilleure performance sur le périmètre mécanique.

Voici à présent réunis les différents éléments qui nous permettront de définir notre problématique de thèse et de dégager les axes de recherche associés.

II.4 Problématique

Cette première analyse de la situation du pilotage des flux des usines de mécanique a permis de formuler un double besoin de fond :

- La nécessité de repenser le pilotage des flux des usines de mécanique de manière à s'adapter efficacement à l'évolution globale de la stratégie industrielle du constructeur.
- Le besoin de construire une stratégie moyen/long termes pour les usines de mécanique, partagée par l'ensemble des acteurs afin d'orienter les efforts vers une optimisation globale de la chaîne logistique mécanique.

Par ailleurs, l'aval de l'usine de mécanique, sous l'impulsion de la ND, a mis en place des mécanismes de production à la commande. Comment ce fonctionnement pourrait-il bénéficier aux usines de mécanique ?

En particulier,

- Le film ferme de 6 jours, mis en place par les usines de carrosserie montage, est une source d'information avancée sur la demande mais qui reste peu exploitée dans la relation usine de mécanique/usine de carrosserie. En effet, nous avons vu que la liaison UM/UCM était pilotée avec des délais de réquisition courts et un mode de production sur stock. Comment pourrait-on redéfinir efficacement la relation client/fournisseur ?
- Des modes d'approvisionnement programmés de type L3P et L3PS ont été mis en place avec des fournisseurs des usines de véhicules. Faut-il envisager des modes similaires pour les usines de mécanique en tant que fournisseurs des UCM ? Ou faut-il imaginer d'autres modes plus adaptés à cette liaison ?

Ces points sont autant de pistes potentielles à explorer afin de redessiner le pilotage des flux de la chaîne logistique mécanique.

Les éléments précédents nous permettent de proposer une première formulation de notre thème de recherche :

Comment piloter efficacement les flux des usines de mécanique dans leur relation client/fournisseur avec les usines de carrosserie montage ?

Le problème ainsi posé appelle une remarque importante. Les usines de mécanique ont déjà une méthode de pilotage et des processus associés mis en place. C'est précisément ces modes de pilotage qui nécessitent d'être reconçus. Il ne s'agit donc pas de définir une méthode de pilotage en partant d'une feuille blanche pour un système qui n'existe pas encore (nouvelle usine, par exemple). Il s'agit pour nous de « reconcevoir » des modes de pilotage pour un système existant et en fonctionnement. Notre marge de manoeuvre est plus restreinte que la conception à partir d'une feuille blanche. Les degrés de liberté sont limités par les contraintes de l'existant. Dans la littérature développée autour de la recherche de l'amélioration des performances industrielles, la reconception en profondeur d'un système existant pour réaliser un gain significatif de performance est connue sous le nom de *reengineering* (nous y reviendrons au chapitre III).

Nous pouvons ainsi compléter la formulation de notre thème de recherche de la manière suivante :

Comment réaliser un reengineering du pilotage des flux des usines de mécanique dans leur relation client/fournisseur avec les usines de carrosserie montage ?

Cette question est assez générale pour être étendue au delà de notre cas d'étude. La question générique qu'elle sous-tend peut être formulée ainsi :

<p><i>Comment réaliser un reengineering du pilotage des flux dans une relation client/fournisseur ?</i></p>

Cette problématique renferme plusieurs questions :

- Comment caractériser et prendre en compte le contexte du système existant ?
- Comment identifier les modes de pilotage de flux à reconcevoir ?
- Comment choisir et paramétrer de nouveaux modes de pilotage de flux performants ?
- Comment les déployer ?

Voici donc posée notre problématique de recherche. Elle fait appel aux concepts de pilotage de flux que nous présenterons dans le chapitre III.

En termes de méthodologie, notre travail s'est basé sur une importante interaction avec le terrain. Dans la littérature, ce type d'approche est parfois appelé recherche-action [Cateura, 2006]. Elle a pour principe de partir de la résolution d'un problème industriel pour produire des connaissances. Dans [Plane, 2000], il est souligné que dans le cadre d'une recherche interactive, le chercheur est engagé dans un processus où il y a concurremment et successivement création de connaissances et changement. Au plan méthodologique, cette conception de la recherche suppose une forte composante de travail avec le milieu opérationnel pour extraire des informations qui seront, ensuite, soumises à un traitement d'intention scientifique. Par ailleurs, les échanges entre les chercheurs et les acteurs de l'organisation conduisent à infléchir la recherche et à l'orienter vers d'autres directions plus fécondes que la problématique initiale.

De notre point de vue, nous retiendrons que la forte interaction avec le terrain au cours de notre travail a permis d'orienter et d'enrichir en permanence notre problématique. Elle a également offert un cadre pour confronter nos propositions à une chaîne logistique grandeur nature.

Nous allons dans le paragraphe qui suit décrire le cadre opérationnel dans lequel s'est effectuée notre recherche.

II.5 Le projet Cible Logistique Mécanique

Nos travaux ont été hébergés par la Direction de la Recherche et la Direction de l'Ingénierie Mécanique mais ont fait l'objet d'échanges et collaborations avec d'autres Directions. Au tout début de notre intervention, nous avons entamé une phase de prospection de besoin auprès de la Direction de l'Ingénierie Mécanique afin de préciser les problématiques liées à la logistique mécanique. Cette phase préliminaire a permis de formuler le besoin de fond et la problématique décrits dans les paragraphes précédents. Nous avons sur cette base organisé une série d'échanges avec les autres Directions que ce sujet transverse concernait directement : La Direction des Fabrication Mécaniques, la Direction de la Logistique et la Direction de la Performance des Systèmes Industriels. Les échanges ont été fructueux et la problématique identifiée a trouvé l'adhésion des acteurs. L'organisation d'un séminaire transverse de réflexion a abouti à un accord des différentes parties sur la nécessité de lancer des actions pour définir et déployer une stratégie logistique pour les usines de mécanique.

Des premiers groupes de travail ont été mis en place et leurs travaux ont abouti à la création et au lancement du projet *Cible Logistique Mécanique*, annoncé comme projet

d'entreprise et faisant partie des trois projets logistiques prioritaires du constructeur à cette période.

Organisé en groupes de travail, comité de coordination et comités de décision, le projet a pour objectifs :

- de définir une cible de fonctionnement moyen/long termes pour les usines de mécanique Renault
- de déployer les actions nécessaires pour faire converger le système actuel vers l'atteinte de la cible. La Cible Logistique est aujourd'hui en déploiement dans les quatorze usines du périmètre international mécanique.

Ce projet et ses prémices ont servi de cadre pour nos travaux de recherche.

II.6 Conclusions

Voici donc posée notre problématique de thèse. Nous cherchons à apporter quelques éléments de réponse à la question suivante :

Comment réaliser un reengineering du pilotage des flux dans une relation client / fournisseur ?

L'objectif du chapitre qui va suivre est de présenter les principaux concepts théoriques de pilotage des flux. Cela nous permettra de préciser notre problématique générale avant d'entamer, dans une seconde partie, notre réflexion sur le cas d'étude industriel.

Chapitre III

LE PILOTAGE DES FLUX

III.1 Introduction

L'objectif de ce chapitre est de présenter les principales bases théoriques du pilotage des flux et quelques notions majeures sur l'amélioration des performances.

Nous commencerons par introduire le concept de chaîne logistique et, par rapport aux différents niveaux de décision y afférents, nous positionnerons le pilotage des flux. Nous approfondirons ensuite ce dernier concept en présentant ses objectifs, ses paramètres de décision ainsi que les approches de pilotage existantes.

Notre problématique se rapportant à un travail de reconception, nous présenterons les principales approches d'amélioration des performances et en particulier le concept de reengineering.

III.2 Généralités sur la chaîne logistique

III.2.1 Le concept de chaîne logistique

Le concept de chaîne logistique (traduction de *Supply chain*²¹) est apparu dans les années 1990 et s'est vite popularisé. Il repose sur une vision étendue et non plus partielle de l'entreprise dans la recherche d'une optimisation globale. L'avènement de la chaîne logistique est intervenu avec le changement des exigences du marché et la mutation des relations entre entreprises :

- D'une part, les entreprises se recentrent sur leur savoir-faire stratégique et confient les activités jugées moins fondamentales à des entreprises spécialisées (processus d'externalisation). Cela conduit à un phénomène de sous-traitance en « chaîne » : les fournisseurs et sous-traitants font eux-mêmes appel à d'autres fournisseurs et sous-traitants (en déléguant une partie de leur production) devenant à leur tour donneurs d'ordres, etc. Tout produit est le résultat du travail d'un ensemble d'entreprises organisées en un réseau plus ou moins structuré et plus ou moins étendu.
- D'autre part et afin d'être compétitives, les entreprises ont trouvé nécessaire de travailler à optimiser, outre leur activité traditionnelle de production, d'autres éléments tels que les approvisionnements et la distribution. Il s'agit de disposer d'une structure globale dont l'objectif est de satisfaire le besoin du client au moindre coût.

Définition 1. Le dictionnaire APICS²² définit la chaîne logistique comme l'ensemble des processus depuis l'acquisition de la matière brute jusqu'à la consommation du produit final en passant par les fonctions internes ou externes de l'entreprise et qui permettent à la chaîne de valeur de fabriquer les produits et fournir les services aux clients.

La chaîne logistique peut être vue comme une succession de relations client/fournisseur. Cette chaîne est étendue car d'un côté, les fournisseurs ont presque toujours des fournisseurs, et de l'autre côté on peut aller loin également, car une entité a

²¹ Chaîne logistique est la traduction la plus usitée de « Supply Chain », expression qui ne peut être littéralement traduite en français. Le terme supply veut en anglais dire à la fois approvisionner et fournir. D'autres traductions approximatives sont utilisées pour parler de supply chain, ex. chaîne étendue d'approvisionnement ou logistique globale.

²² APICS dictionary : dictionnaire terminologique de référence sur l'industrie et les services. Il est édité par l'APICS qui est un organisme à but non lucratif fondé aux Etats-Unis en 1957 par des praticiens de la gestion de production. APICS signifie "American Production and Inventory Control Society". Cet acronyme a ensuite évolué vers "Advancing Productivity Innovation and Competitive Success".

souvent elle aussi un client [Eymery, 1997]. A l'inverse, il y a de petites chaînes logistiques, locales, entre les différents ateliers d'une même usine par exemple, ces ateliers pouvant chacun être client et fournisseur les uns des autres. Des petites chaînes sont contenues dans des grandes.

Le grand intérêt du concept est de faire prendre conscience à chaque entité qu'elle s'inscrit dans un flux plus global qui dépasse son strict périmètre. L'environnement de chaque entité est constitué de trois pôles : ses clients, les conditions de ses opérations internes et ses fournisseurs. Il s'agit d'un regard sur l'activité qui ne se contente pas d'apprécier les choses à l'intérieur du seul périmètre de l'entreprise mais qui prend également en compte les clients et les fournisseurs pour trouver des solutions plus optimales du point de vue de l'ensemble de la chaîne logistique : meilleurs coûts, flexibilité, délais, qualité de service. C'est la prise de conscience que les performances des différents acteurs d'une chaîne logistique sont interdépendantes.

Ainsi la gestion de la chaîne logistique (*Supply Chain Management*) s'envisage comme une démarche de management des processus d'une chaîne étendue qui met en exergue une coopération et/ou coordination entre les différents acteurs.

III.2.2 Différents types de flux

Les flux qui traversent les maillons client/fournisseur d'une chaîne logistique sont de trois types :

- *Les flux physiques* : Il s'agit des flux de matières (matières premières, composants, encours, produits finis ou semi-finis) qui parcourent la chaîne logistique dans le sens amont/aval. Il existe également des flux physiques qui parcourent la chaîne dans le sens aval/amont, par exemple, les emballages vides, les retours de produit, ...
- *Les flux d'information* : Le flux d'information contient l'ensemble des données et décisions échangées entre les acteurs de la chaîne. C'est un flux bidirectionnel. Dans le sens aval/amont, il se compose au minimum des différentes commandes envoyées par chaque client à ses fournisseurs. Dans le sens inverse, le fournisseur peut informer ses clients sur les retards de livraison, les quantités maximales qui pourront être livrées,...
- *Les flux financiers* : Ils consistent en les paiements des clients aux fournisseurs. Ils sont la contrepartie des flux physiques et traversent la chaîne de l'aval vers l'amont.

Dans le cadre de nos travaux nous nous intéressons principalement aux problématiques liées aux flux physiques et flux d'information. Nous n'aborderons pas les

aspects de transfert de flux financiers entre les acteurs. Nous tiendrons compte « indirectement » des flux financiers en intégrant les coûts des politiques de pilotage des flux dans nos analyses.

III.2.3 Différents niveaux de décision

Les problématiques de gestion des flux dans une chaîne logistique sont de nature complexe. Différents facteurs contribuent à cette complexité : complexité et variété des produits, nombre élevé d'acteurs intervenant dans une chaîne logistique, grande variété des décisions à prendre, environnement incertain, ...

Il semble ainsi difficile de traiter les problèmes de la logistique industrielle avec une formulation unique pour répondre simultanément aux différentes questions. Pour cette raison, les problèmes sont souvent décomposés en sous problèmes et les décisions sont traitées dans une approche hiérarchique.

Cette approche nécessite une cohérence des modèles utilisés dans les différents niveaux. En particulier, un modèle de niveau inférieur doit intégrer les contraintes résultantes des décisions prises au niveau supérieur.

Les décisions sont classiquement hiérarchisées en trois niveaux :

- *Les décisions stratégiques* : correspondent à des choix qui impactent la politique à long terme de l'entreprise. Il s'agit des décisions de conception, de choix de portefeuille de produits ou d'activités, d'investissement dans une nouvelle installation de production, etc.
- *Les décisions tactiques* : correspondent à un ensemble de décisions à moyen terme. Parmi les décisions tactiques, on classe par exemple, la planification de la production qui va programmer les volumes à produire sur plusieurs mois.
- *Les décisions opérationnelles* : sont l'ensemble des décisions prises sur le court terme pour coordonner les flux. Exemples : organisation d'une tournée de livraison, gestion de la production d'un atelier, ...

Une décomposition en quatre niveaux est adoptée dans [Dallery, 2000]. Elle découle de la précédente en classant les décisions opérationnelles dans deux niveaux distincts :

- *Le pilotage des flux* : Il correspond à l'horizon court terme. Il s'agit des décisions de lancement de production, commande de réapprovisionnement, ...
- *L'ordonnancement* : Il impacte souvent le très court terme. Par exemple, la gestion dynamique de l'affectation des machines, la définition de l'ordre de passage des produits sur une chaîne d'assemblage, ...

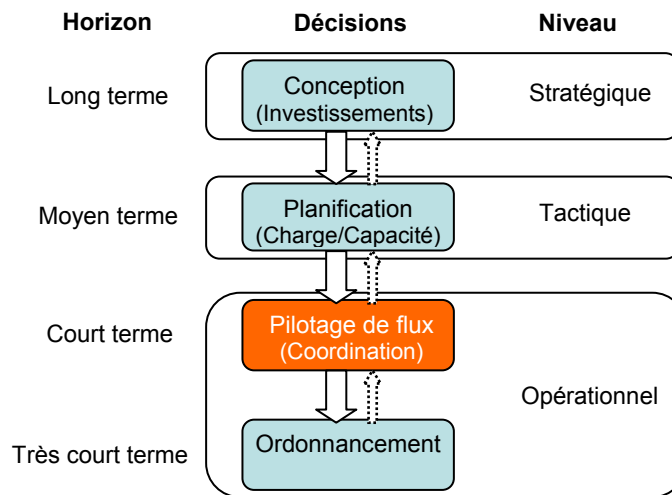


Figure III-1- Niveaux de décision hiérarchisés

L'approche est générale. Elle doit cependant être adaptée au contexte industriel, en ce qui concerne la durée des horizons temporels qui peuvent différer selon l'étendue de la chaîne logistique, de la nature des activités et des politiques mises en place. A titre d'exemple, le long terme peut correspondre à un horizon de trois ans et plus. Les choix tactiques peuvent s'étaler de six à trente six mois. Le niveau opérationnel correspond à des durées d'un jour à six mois, voire quelques heures pour le très court terme.

III.3 Le pilotage des flux

III.3.1 Définition

Dans la hiérarchisation des niveaux de décision que nous avons présentée, le pilotage des flux concerne les décisions opérationnelles prises sur le court terme.

Définition 2. Le pilotage des flux consiste pour chaque entité qui traverse la chaîne logistique et à chaque étape à définir quand et en quelle quantité lancer l'activité [Dallery, 2000].

Nous entendons par entité l'ensemble des matières qui traversent une chaîne logistique, à savoir : matières premières, composants, encours, produits finis. Selon la nature du maillon de la chaîne logistique que traverse l'entité, l'activité concernée par la décision peut être une activité de fabrication, d'assemblage ou de transport (Figure III-2). La décision se matérialise le plus souvent par un ordre de lancement de l'activité (ex. ordre de fabrication, ordre de transport).

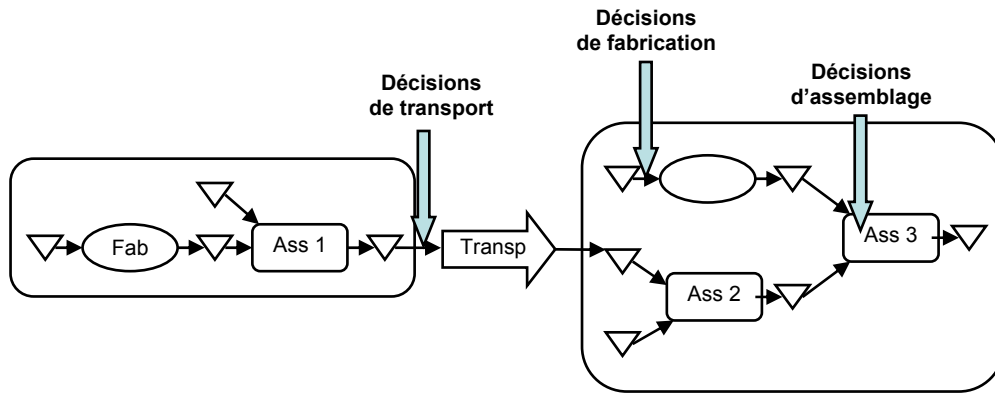


Figure III-2- Les décisions en pilotage des flux

III.3.2 Objectif

L'objectif du pilotage des flux est de **gérer les flux de manière à garantir un niveau de service pour le client tout en minimisant les coûts.**

Afin d'offrir un taux de service élevé, une solution serait de mettre en place des stocks importants, cependant le coût associé est aussi important. D'une manière symétrique, il serait aisé de réduire les coûts si on faisait moins attention au niveau de service offert au client.

La recherche d'un contrôle optimal en pilotage des flux est donc celle du meilleur compromis coûts / service.

Les coûts qui entrent en jeu dans le pilotage des flux peuvent être variés : coûts de fabrication, de transport, coûts de stockage, de rupture, coûts administratifs, etc.

Le niveau de service vis-à-vis du client se mesure par un taux de service qui représente généralement la proportion de demandes satisfaites dans un délai donné. Le gestionnaire prend en compte le niveau de service sous la forme d'une contrainte exprimée en fonction d'un taux de service objectif négocié :

$$Proportion\ de\ demandes\ satisfaites\ dans\ le\ délai > \text{taux de service objectif}$$

Nous utiliserons cette formulation de contrainte de niveau de service, dans nos travaux au chapitre VI.

III.3.3 Les types d'information sur la demande

Le pilotage des flux consiste à prendre des décisions en tenant compte des informations disponibles qui renseignent sur l'état du système. Ces informations peuvent être de diverses natures : l'information sur les niveaux de stocks et encours, les quantités de produit en cours d'approvisionnement depuis un fournisseur, l'information sur la demande,... Chacune des ces informations est connue avec plus ou moins de fiabilité. En particulier, l'information sur la demande joue un rôle clé. Nous allons nous y intéresser de près.

L'information dont on dispose sur la demande pour piloter les flux peut être de différentes natures :

- *Les commandes fermes* : ce sont des commandes définitives. Elles constituent une information fiable tant sur les quantités que les dates de besoin. Elles représentent un engagement de la part des clients.
- *Les prévisions* sur la demande future, qui sont de deux types :
 - o *les commandes prévisionnelles* : ce sont des commandes transmises par le client mais qui comportent une incertitude sur la quantité et/ou la date des besoins. Elles fournissent une information anticipée plus ou moins fiable au fournisseur. Les commandes fermes viennent ensuite soit confirmer, soit ajuster les commandes prévisionnelles.
 - o *les prévisions de la demande* : ce sont des données provenant d'études prospectives de marketing ou obtenues à l'aide de méthodes quantitatives ou qualitatives de prévision.
- *Pas d'information sur la demande future*. Dans ce cas il n'y a pas d'information disponible sur les demandes à venir. La seule information dont on dispose pour piloter les flux est le comportement de la demande passée.

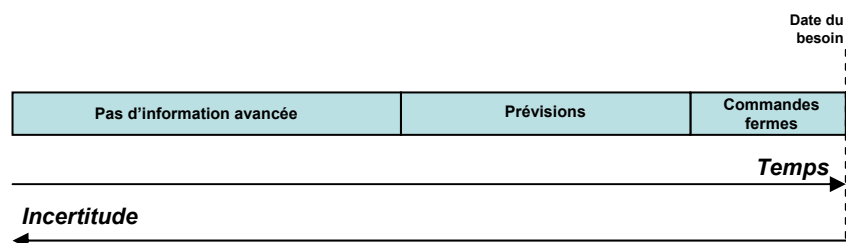


Figure III-3- Visibilité sur la demande et incertitude

Les deux premiers types d'information, à savoir : les commandes fermes et les prévisions, constituent ce qu'on appelle une *information anticipée* sur la demande. Plus on

s'éloigne dans le temps de la date du besoin et plus l'incertitude sur la demande augmente.

III.3.4 Les contraintes et les aléas

Les décisions de pilotage de flux intègrent les contraintes physiques du système.

Au niveau d'un étage de production, il peut s'agir de :

- Contraintes sur le process de fabrication (gamme de fabrication, temps process, les temps de reconfiguration pour passer d'un type de produit à un autre, ...)
- Contraintes sur les capacités des ressources physiques (nombre de machines et leurs capacités) et des ressources humaines (nombre d'opérateurs).

Au niveau d'un étage de transport, les contraintes peuvent être des :

- Contraintes sur les délais et fréquences de transport
- Contraintes sur les capacités des moyens (camions, ...).

Par ailleurs, la chaîne logistique est soumise à différents types d'aléas qui perturbent les performances du système. Il s'agit par exemples des aléas de production (pannes des machines, problèmes de qualité, ...) ou des aléas de transport (avances/retards de livraison).

Le pilotage des flux doit tenir compte des différents aléas en mettant en place des mécanismes pour sécuriser le système. Deux principaux leviers de sécurisation sont utilisés : les délais et les stocks. Nous aborderons ce point au paragraphe III.5.3.

III.3.5 Points de pilotage et décomposition en étages

Notons que les décisions de pilotage des flux ne sont pas prises systématiquement à chaque activité élémentaire d'une chaîne logistique. Elles sont prises à des points déterminés appelés *points de pilotage*. Ces derniers définissent une décomposition de la chaîne logistique en étages (ou mailles).

L'augmentation du nombre de points de décision accroît la finesse du contrôle mais en même temps elle augmente la complexité du pilotage. Il faut donc trouver le bon compromis et définir de manière judicieuse les points où décider du déclenchement des flux.

Les points de pilotage sont généralement positionnés :

- en cohérence avec la décomposition physique du process de production ;
- en amont d'activités à forte valeur ajoutée ;
- en amont d'activités impliquant une diversification des produits (différenciation physique) ou un partage de flux (différenciation géographique) ;
- en amont d'activités rendant les produits plus facilement périssables ou augmentant le risque d'obsolescence ;
- en amont de zones avec espaces de stockage physique limités.

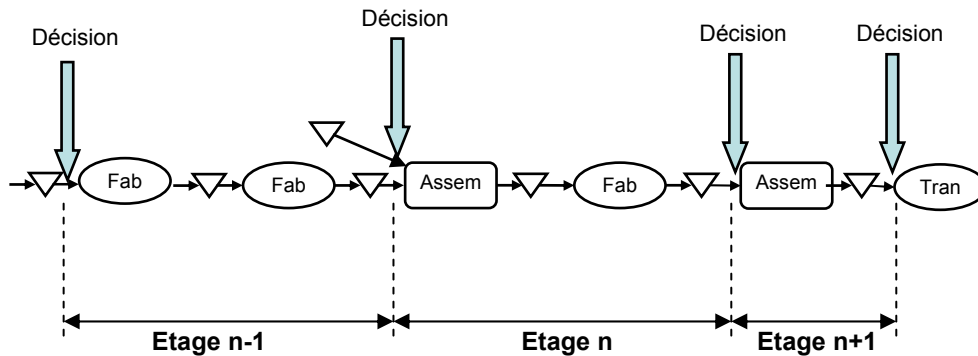


Figure III-4- Les points de pilotage de flux

La mise en place d'un système de pilotage des flux consiste donc d'une part, à déterminer la localisation des points de contrôle du flux et, d'autre part, à choisir les règles de pilotage, c'est-à-dire les conditions de passage de l'entité à l'étape suivante. Ces règles sont définies dans le cadre d'approches et méthodes de pilotage, nous les présentons dans les sections suivantes.

III.4 Différentes approches du pilotage des flux

Ainsi que nous venons de le voir, le pilotage des flux consiste à prendre des décisions pour déclencher des flux physiques à partir de flux d'information. L'information de base qui va servir au pilotage des flux est la demande. Il est assez naturel et intuitif de mettre en œuvre les flux en se basant sur l'information sur la demande étant donné que l'objectif de toute activité industrielle (ou de service) est bien de satisfaire un besoin client. En effet, une entreprise ne produit ni pour utiliser les machines, ni pour faire du stock : elle produit pour vendre [Baglin et al., 2001].

Il n'existe pas de réponse unique en termes de pilotage de flux. Différentes méthodes ont été développées en tenant compte des caractéristiques différentes des systèmes et de l'information disponible sur la demande. Nous les présentons ici.

III.4.1 Pilotage à la commande et pilotage par anticipation

On distingue fondamentalement, deux grandes approches de pilotage des flux :

- **Le pilotage des flux à la commande** (*make-to-order ou MTO*) : le « fabricant » attend la réception des commandes pour déclencher son activité de production. En d'autres termes, il ne produit que s'il y a une commande client ; il ne constitue aucun stock à l'avance. Se basant sur ce principe, il n'y a pas de prise de risque : tout ce qui est produit est vendu. Cette approche a pour avantage majeur d'éliminer les stocks de produits mais elle ne garantit pas une réactivité élevée. En effet, l'attente du client est au moins égale au temps nécessaire pour réaliser le produit. D'autres délais peuvent s'y ajouter : le produit peut attendre jusqu'à ce que les ressources de production se libèrent et terminent la commande précédente, le délai de transport, Le délai de livraison peut ainsi être plus ou moins long et cette méthode suppose donc que le client accepte d'attendre. L'avantage concurrentiel n'est pas seulement la capacité des entreprises à offrir des délais courts mais aussi leur capacité à respecter les délais énoncés.
- **Le pilotage des flux par anticipation** (*make-to-stock ou MTS*) : Le fabricant produit avant d'avoir reçu la commande du client et constitue un stock d'anticipation à partir duquel les clients vont être servis. Le fabricant fait le pari que la commande arrivera. On dit qu'il y a *production par anticipation*, ou *production sur stock*. L'avantage d'une telle approche est que les temps de réponse sont très courts (voire nuls) puisque le produit est déjà fabriqué et disponible dans le stock. Si ce mode de pilotage des flux représente une solution intéressante au problème de réactivité, il induit en contrepartie des coûts qui peuvent s'avérer très élevés. Tout d'abord, un coût de stock, qui, en fonction de la valeur du produit et de la quantité stockée, peut être considérable. La quantité stockée est donc un paramètre important à optimiser dans ce type de pilotage. Et ensuite, le coût lié au risque d'inventus et à l'obsolescence. Inversement au mode de gestion précédent, dans ce cas, le client n'accepte pas d'attendre. Si le produit n'est pas disponible, il va le chercher directement chez l'un des concurrents.

Il existe des situations industrielles pour lesquelles l'un ou l'autre de ces pilotages sont appropriés. Ainsi le mode de gestion à la commande est caractéristique des entreprises réalisant des produits spécifiques et complexes. Dans le cas d'un marché où la vente est perdue si le client ne trouve pas le produit immédiatement disponible, le pilotage par anticipation est adapté. Ce cas se présente typiquement pour les produits standards de grande consommation (ex. les produits de la grande distribution : lait, eau minérale,...).

Cependant, en complément de ces deux modes distincts (politique purement MTO ou politique purement MTS), il existe une solution alternative utilisée dans le milieu industriel et qui consiste à combiner les deux approches. Ce mode de pilotage, dit **hybride**, consiste à piloter la partie amont du processus (où l'information disponible sur la demande est très peu fiable, voire nulle) de production par anticipation et la partie aval (où l'on dispose d'une visibilité plus précise de la demande) à la commande. Cette approche a pour objectif de combiner les avantages des deux modes.

La première étape de la mise en place d'un tel pilotage consiste à trouver la bonne combinaison des deux types de production, c'est-à-dire à déterminer la frontière entre la production à la commande et la production par anticipation. Cette frontière ou point de basculement est appelée : **point de découplage (Decoupling point)**, voir Figure III-5.

Plus le point de découplage est décalé vers l'amont, moins les coûts induits par les stocks sont élevés. Inversement, plus ce point est décalé vers l'aval, plus la réactivité du système est forte. La localisation du point de découplage est donc choisie de manière à obtenir le meilleur compromis entre coût de stock et réactivité à la demande. La localisation du point de découplage est une problématique majeure dans le pilotage de flux hybride. Elle fera l'objet d'une analyse détaillée dans le chapitre VI où nous identifierons et étudierons les facteurs influant la localisation du point de découplage et proposerons une approche de localisation.

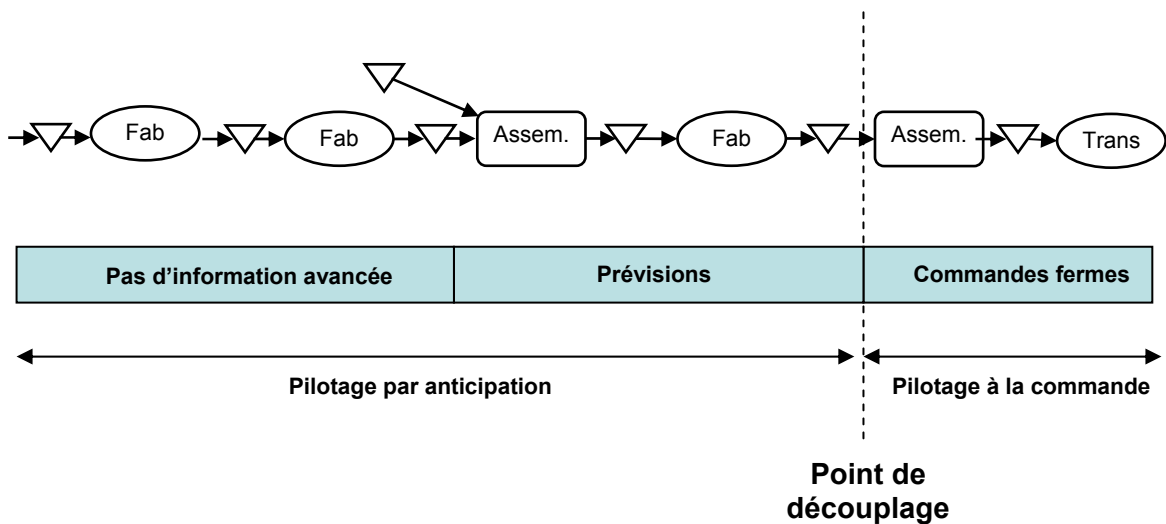


Figure III-5- Le point de découplage

Notons que les deux modes de pilotage fondamentaux (purement à la commande ou purement par anticipation) ne sont que deux cas particuliers de ce système et correspondent au cas où le point de découplage est placé, respectivement, à l'extrémité amont et à l'extrémité aval du système de production.

III.4.2 Pilotage par les besoins futurs et pilotage par renouvellement de consommation

Les besoins du client ne sont pas toujours connus ou, s'ils sont connus, le sont avec un degré de certitude plus ou moins grand et sur un horizon de visibilité plus ou moins long. Un fabricant de navires connaît les besoins de ses clients et reçoit des commandes plusieurs mois avant le début des travaux. Un constructeur automobile, comme nous l'avons vu au chapitre I, dispose de commandes fermes environ trois semaines à l'avance. Un magasin de vente au détail ne connaît pas à l'avance les besoins de ses clients, mais peut éventuellement disposer de prévisions. Partant de ce constat, on présente ici une classification des modes de pilotage des flux qui est complémentaire à la première (à la commande/par anticipation). Elle repose sur la nature de l'information utilisée pour piloter les flux.

Lorsque le gestionnaire dispose d'une information anticipée sur la demande (commandes ou prévisions) et qu'il l'utilise pour prendre les décisions de pilotage de flux, on dit qu'il se trouve dans un mode de *pilotage par les besoins futurs*. Il se base sur la connaissance plus ou moins certaine des demandes futures. Inversement, si le gestionnaire se trouve dans un cas où il n'a pas d'information avancée sur la demande ou que celle-ci n'est pas suffisamment fiable pour être exploitable, il est obligé d'adopter un mode de pilotage dans lequel il « réagit » à la demande au fur et à mesure qu'elle se produit. Se basant sur le comportement passé de la demande, le pilotage a pour principe de renouveler les produits consommés : on lance (en production ou en approvisionnement) pour les périodes à venir des quantités calculées en fonction des consommations des périodes passées. Ce type de gestion est appelé *pilotage par renouvellement de consommation*.

La classification des approches de pilotage des flux, présentée dans la Figure III-6, est celle que nous adopterons dans notre thèse et sera à la base de nos développements dans les chapitres suivants.

En pratique, dans une chaîne logistique, la fiabilité de l'information sur la demande diminue généralement de l'aval vers l'amont, d'où l'intérêt de combiner plusieurs modes de pilotage de flux en fonction de l'information disponible sur la demande.

Notons deux éléments importants qui contribuent au choix du mode de pilotage approprié :

- Ce n'est pas tant la valeur de l'horizon d'information sur la demande qui est fondamental mais le rapport qui existe entre cet horizon et le délai pour mettre à disposition le produit demandé. Si l'horizon de visibilité couvre le délai de

production, un pilotage à la commande est envisageable, dans le cas contraire, seule une production par anticipation est faisable ; pour envisager une production à la commande, il faut éventuellement travailler à améliorer les délais de réponse du fournisseur.

- La gestion des flux correspondants à la zone située en amont de la ligne de démarcation induit des risques qui peuvent être conséquents. Lorsque la production et les approvisionnements sont pilotés par une estimation prévisionnelle des commandes futures, il importe que ces prévisions ne s'écartent pas trop de la réalité observée. Si les quantités fabriquées à l'avance sont trop importantes, il risque de rester des invendus, ou des stocks dormants. Si elles sont trop faibles, c'est le risque inverse qui surgit : mauvais service au client, machines arrêtées par manque de matière ou de composants.

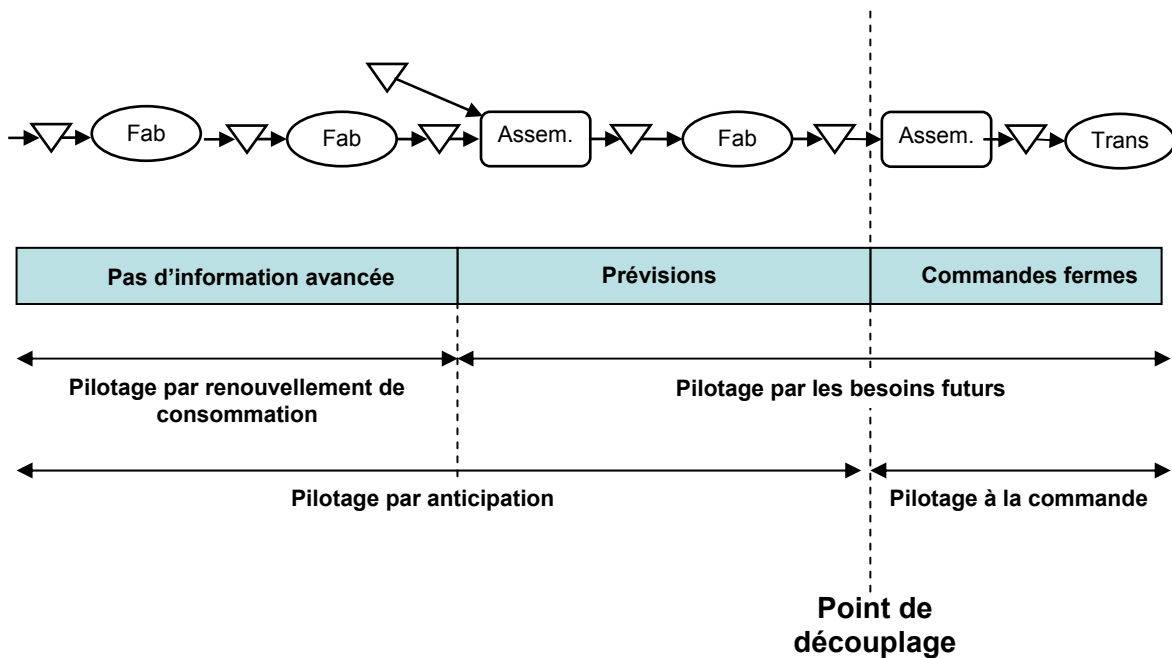


Figure III-6- Les modes de pilotage des flux

Remarque :

D'autres classifications des approches de pilotage de flux existent dans la littérature, lire [Babai, 2005] pour une analyse détaillée. Nous citerons ici l'une des plus répandues qui fait la distinction entre : pilotage à flux poussés et pilotage à flux tirés. Ce thème est abondamment abordé dans la littérature, lire par exemple [Hopp et Spearman, 2004].

L'examen des travaux dans la littérature montre que la définition des flux poussés et flux tirés n'est pas toujours la même suivant les auteurs. Ainsi, une première classification définit les flux tirés comme ceux qui sont déclenchés par les commandes des clients, ce qui

correspond au pilotage à la commande. Dans les flux poussés les produits sont poussés dans le stock par le gestionnaire de production avant que la commande n'arrive, ce qui correspond à un pilotage par anticipation.

Dans une seconde classification, c'est la manière de déclencher les flux en fonction de la consommation qui distingue les approches. Dans cette définition, les flux sont dits tirés lorsque la production est déclenchée par une consommation de l'étage aval. Cela correspond donc d'une manière générale aux méthodes de renouvellement de consommation. Les flux sont dits poussés lorsque la production se fait avant qu'une consommation ne se réalise. C'est le cas des méthodes de pilotage par les besoins futurs.

Ainsi, la définition des flux poussés et flux tirés diffère en fonction du repère qui est pris pour déclencher la production. Les flux peuvent être tirés par la demande, la consommation ou les prévisions. Pour notre part, lorsque nous parlerons de flux tirés, nous désignerons les flux tirés par la commande du client, soit le pilotage à la commande.

III.5 Les méthodes de pilotage des flux

Dans la section précédente, nous avons présenté les modes (ou approches) de contrôle de flux existantes. A chacun de ces modes correspondent plusieurs méthodes de pilotage telles que la gestion des stocks, la méthode MRP,... Nous présentons ici les principes de chaque méthode.

III.5.1 Les méthodes de pilotage par renouvellement de consommation

Quand l'information sur la demande n'est pas connue à l'avance ou n'est pas assez précise pour être exploitable, le gestionnaire de flux réagit à la demande au fur et à mesure qu'elle se produit. C'est le pilotage par renouvellement de consommation, qui repose sur le principe de déclenchement de la production et des approvisionnements en se basant sur le comportement passé de la demande. On trouve deux principales méthodes dans ce mode et qui sont : la gestion de stock et le kanban.

III.5.1.1 La gestion de stock

Dans cette méthode, on s'intéresse à la gestion d'un stock alimenté par un système d'approvisionnement qui peut être composé d'un ensemble d'activités de production et de transport. A certains moments, des commandes sont passées pour réapprovisionner les stocks. L'intervalle de temps séparant le moment où une commande est passée et la réception des produits est en général appelé délai de réapprovisionnement (que nous

noterons L). Il correspond au délai engendré par le lancement de la commande, la fabrication des produits et le transport.

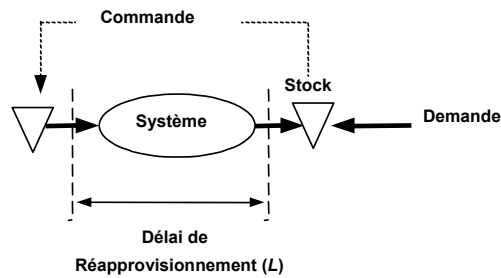


Figure III-7 : Principe de la gestion de stock

Pour décider quand et combien commander, il est nécessaire de connaître l'état du stock. Pour cela deux types de gestion existent :

- Le suivi continu : le suivi de l'état du stock se fait de manière continue et la décision de réapprovisionnement peut intervenir à tout instant.
- Le suivi périodique : le suivi de l'état n'est fait que de manière périodique et la décision de réapprovisionnement ne peut intervenir qu'à ces instants. Ce type de gestion est plus simple à mettre en œuvre que le premier mais il est moins réactif à l'évolution des stocks.

Les politiques de gestion de stock s'attèlent à répondre aux deux questions fondamentales : quand commander ? Combien commander ? Deux politiques de base existent :

- **Système à point de commande** : une quantité fixe Q est commandée chaque fois que la position du stock atteint un seuil minimum appelé *point de commande* (ou stock d'alerte) et noté r : c'est ce qu'on appelle dans la littérature la politique (r, Q) . Ce mode se caractérise par une quantité de commande fixe et un intervalle de réapprovisionnement variable.

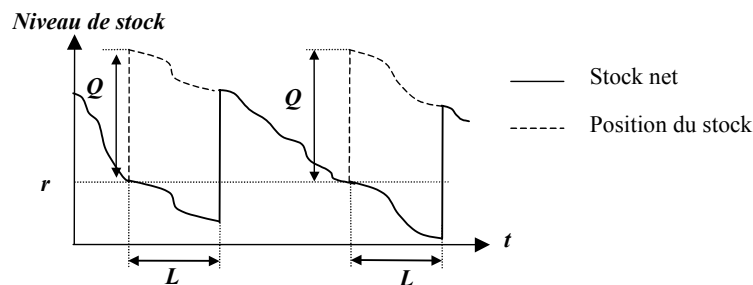


Figure III-8 : La politique (r, Q)

- **Système à reapprovisionnement périodique** : toutes les T unités de temps, une quantité variable est commandée de manière à ramener la position du stock à une valeur donnée, appelée *niveau de reapprovisionnement* ou encore *stock nominal* et noté S . Ce mode est appelé politique (T, S) . Il se caractérise par une quantité variable et un intervalle de réapprovisionnement fixe.

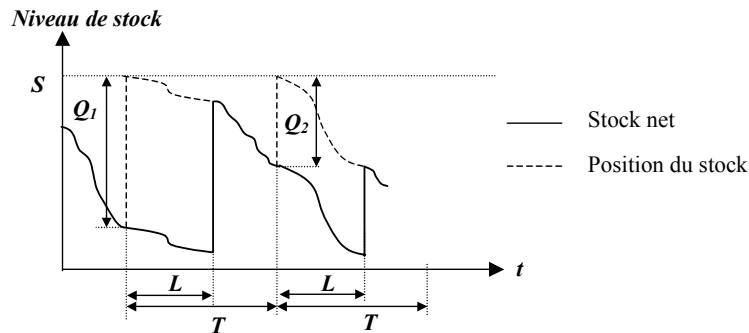


Figure III-9 : La politique (T, S)

D'autres politiques existent en combinant des réponses différentes aux questions « Quand ? » et « Combien ? ». Se référer par exemple à [Baglin et al., 2001] pour une description de ces politiques.

Une politique de gestion de stock efficace est une politique qui assure un service objectif au client à un coût minimal. Il est donc important d'identifier les coûts d'une politique de gestion de stock. En général, on considère quatre types de coûts : le coût d'acquisition, de détention, de passation de commande et le coût de rupture.

La quantité économique est la quantité commandée qui minimise la somme des coûts des stocks. Elle résulte donc d'un compromis :

- Les coûts de détention augmentent avec la quantité, il faudrait pour les réduire, multiplier les petites commandes,
- Les coûts de passation de commande augmentent avec le nombre de commandes, il faudrait pour les réduire, ne passer que de grosses commandes.

III.5.1.2 La méthode kanban et ses extensions

Les approches japonaises développées depuis les années 1960 et reposant sur un mode de fonctionnement en Juste-à-Temps²³, ont donné naissance à un système de pilotage de flux appelé kanban. Cette méthode est également associée dans la littérature au concept

²³ Le Juste-à-Temps est un principe d'organisation de la production visant la minimisation des stocks et encours de production.

de flux tirés que nous avons évoqué au paragraphe III.4.2. Lire par exemple : [Ohno, 1989].

La méthode kanban repose sur la logique de base suivante : chaque étape de production ou d'approvisionnement n'est lancée que si une pièce a été consommée en aval de cet étage. Le système devient alors tiré par l'aval et s'apparente à un système de rechargement de la consommation réelle des pièces.

a) Principe du kanban

La politique kanban associe à chaque ordre de fabrication ou approvisionnement une autorisation de production appelée kanban, traduction japonaise du mot étiquette. Les paramètres de contrôle de cette politique sont les nombres de cartes pour chaque étage i .

À l'état initial, le stock de l'étage i contient K_i pièces attachées à K_i kanbans. Lorsqu'une demande se présente au dernier étage (étage 2, dans la Figure III-10), si une pièce avec une carte est présente dans le stock, la demande est satisfaite et la carte est détachée pour être transmise en amont. Cette carte propage la demande au point de contrôle précédent. À ce niveau, si une pièce est présente, sa carte est détachée. Elle est remplacée par la carte qui a transmis la demande et la pièce est lancée en fabrication dans le dernier étage. La carte détachée est quant à elle transmise en amont, propageant à son tour la demande. Ce mécanisme peut remonter ainsi toute la chaîne. Cependant, s'il arrive qu'une pièce ne soit pas disponible à un étage, aucune carte n'est transmise. Les cartes de l'étage en question s'accumulent et l'information qui déclenche la production est bloquée à ce niveau de la chaîne.

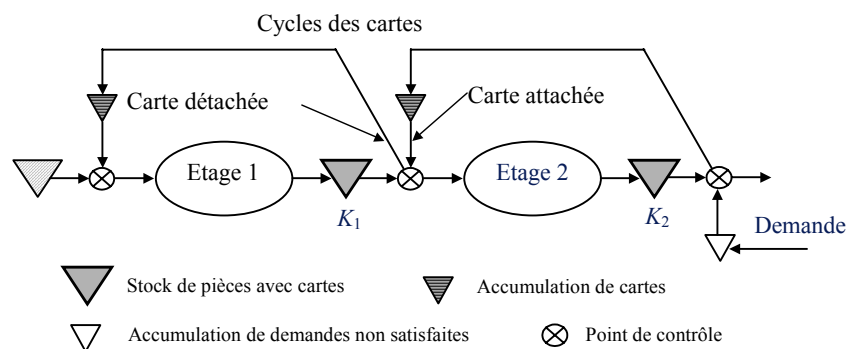


Figure III-10 : Principe de la politique kanban

En comparaison avec la gestion de stock classique, la politique kanban permet une meilleure coordination entre les étages, n'autorisant la fabrication à chaque étage que si une pièce a été effectivement consommée en aval de cet étage. Une conséquence intéressante de ce mécanisme est que le nombre de pièces en encours de fabrication est

limité par le nombre de cartes de chaque étage. L'inconvénient de cette politique est qu'elle est moins réactive à la demande vu les lancements séquentiels de la production dans les différents étages.

Beaucoup de travaux traitant de la politique kanban ont été développés depuis son apparition. Une revue détaillée de la littérature est donnée par [Berkley, 1992].

b) La mise en œuvre de la méthode kanban

La méthode kanban ne peut être mise en œuvre qu'à un certain nombre de conditions. En premier lieu, la demande du produit doit être relativement régulière. Si la demande est erratique, le temps de réaction des boucles kanban ne permettra pas de satisfaire la demande sans délai. Il faut ensuite que le système de production puisse réagir rapidement puisque les stocks intermédiaires sont limités. Les temps de changements de série doivent être courts : une des conditions de réussite est donc d'associer des techniques SMED²⁴ aux machines si les temps de reconfiguration le nécessitent. Il faut enfin organiser le système de remontée des informations : les étiquettes kanban doivent être transmises à l'étage amont dans un délai court afin de ne pas porter préjudice au temps de réactivité du système.

c) Extensions de la méthode

Certains travaux ont proposé des politiques qui sont des extensions de la méthode kanban : la politique kanban généralisé [Buzacott, 1989] et la politique kanban étendu [Dallery et Liberopoulos, 2000]. D'autres travaux ont aussi étudié des politiques hybrides de pilotage des flux qui combinent les politiques de gestion de stocks et les politiques basées sur le système kanban, lire [Liberopoulos et Dallery, 2003].

III.5.2 Les méthodes de pilotage par les besoins futurs

Il s'agit des méthodes qui exploitent la demande future ; qu'elle soit sous forme de commandes fermes ou prévisions suffisamment fiables pour être utilisées.

Avant de présenter les méthodes relatives à ce mode de pilotage, introduisons d'abord la notion de *plan directeur de production* ou *PDP*. C'est un planning qui, à partir de l'ensemble des informations commerciales, définit les quantités de produits finis à fabriquer et les dates de livraisons correspondantes. Le PDP ne peut être construit que si l'on dispose d'informations suffisamment fiables sur la demande. En général, la fiabilité des informations diminue avec l'éloignement dans le temps, il est donc important de déterminer avec soin l'horizon de visibilité du PDP.

²⁴ SMED - Single Minute Exchange of Die : concept de changement d'outil en moins de dix minutes.

III.5.2.1 La méthode MRP

Le développement de la méthode MRP – *Material Requirements Planning* – a été étroitement lié au développement des moyens informatiques dans les entreprises, car cette méthode nécessite des calculs lourds. Les premières applications de MRP se sont développées aux Etats Unis, dans les années soixante, initiées par J. Orlicky (voir [Orlicky, 1975]) qui travaillait alors pour la compagnie IBM. Cette méthode s’est fortement répandue depuis et aujourd’hui, tous les logiciels de GPAO (Gestion de Production Assistée par Ordinateur) comportent un module MRP. Plus récemment, la méthode a de plus été complétée par le MRP II – *Manufacturing Resource Planning* – planning des ressources de production, qui généralise le calcul des besoins à des ressources autres que les produits, en particulier aux capacités des machines et aux effectifs.

Le développement de cette méthode repose sur le constat que le gestion de production jusque là fondée exclusivement sur la gestion de stock classique peut générer des stocks importants dans certains cas. Les stocks élevés n’empêchent pas, néanmoins, les ruptures surtout lorsque le nombre de composants dans le produit fini est élevé. Le principal reproche fait à la gestion de stock est qu’elle ne tient pas compte directement de la dépendance des composants dans un produit et les stocks sont gérés de façon indépendante, ce qui n’est pas approprié dans le cas de produit complexes.

On retrouve une description de la méthode MRP dans la plupart des ouvrages de gestion de production, voir [Baglin et al., 2001], [Vollmann et al., 1992], [Eymery, 1997] et [Giard, 2003]. Nous décrivons ici les éléments essentiels de la méthode en mettant l’accent sur les paramètres qui sont pour nous d’un enjeu majeur dans la suite de nos travaux. Le MRP est la méthode sur laquelle se base largement la gestion de production chez Renault, que ce soit en usines de véhicules ou en usines de mécanique.

a) Objectifs de la méthode

La méthode se base sur l’existence d’un plan directeur de production qui définit les volumes à fabriquer pour les produits finis. Etant donné le PDP, la méthode MRP a pour rôle de déterminer pour chaque entité (matières premières, composants, produits intermédiaires et produits finis), les dates et les quantités desancements en production etancements de commandes d’approvisionnement, dans les différents étages de production.

L’objectif est de satisfaire le plan directeur de production tout en minimisant les coûts. On retrouve bien la définition du pilotage des flux (Cf. Définition 1.).

b) Principe

La méthode MRP se base sur le principe simple que les besoins d'un niveau inférieur de la nomenclature se déduisent exactement des niveaux supérieurs de la nomenclature, autrement dit, les demandes des composants sont dépendantes. Ainsi si pour fabriquer un produit A, on doit assembler 2 composants B et 1 composant C. Afin de fabriquer 100 produits A, on peut aisément calculer qu'il faut exactement 200 composants B et 100 composants C. Le même principe se répète à tous les niveaux de la nomenclature.

Le principe de calcul des quantités est une succession d'éclatement des besoins sur les niveaux de la nomenclature - en partant du programme de fabrication des produits finis (le PDP).

c) La détermination des dates de lancement

La méthode MRP détermine les dates de lancements des étapes de la chaîne logistique en prenant en compte des délais alloués constants pour chacune des activités de production ou d'approvisionnement. Les délais alloués sont appelés décalages ou *lead times*. On dit qu'on introduit le décalage entre la date à laquelle on veut disposer des produits élaborés et la date à laquelle on doit lancer la fabrication et donc à laquelle on a besoin des composants. Ce décalage est au moins égal au délai de réalisation de l'ordre de fabrication ou d'approvisionnement.

Précisons une notion fondamentale sur laquelle repose la MRP : le lancement des activités au plus tard par opposition au lancement des activités au plus tôt.

- Gestion au plus tard : on retarde le lancement de l'ordre de production le plus possible.
- Gestion au plus tôt : on lance un ordre de production dès la réception de la commande.

La MRP repose sur une logique de gestion au plus tard qui répond à la philosophie du juste-à-temps. Les avantages recherchés sont la réduction des coûts de stocks (puisque en théorie la pièce n'est pas stockée, comme elle est produite au plus tard, dès qu'elle est produite, elle est livrée au client aval) et la prise en compte de meilleures prévisions, car plus on attend, plus on est susceptible d'avoir les informations les plus rafraîchies.

d) Limites liées à l'application de la méthode

Les aléas de production incitent le gestionnaire à se protéger en anticipant les lancements et en produisant plus que le besoin net. Lorsque les aléas deviennent importants, les dates de disponibilité des composants deviennent difficiles à prévoir et, pour s'en protéger, les stocks augmentent et le système devient coûteux et difficile à gérer.

L'objectif de départ (viser un fonctionnement en juste à temps avec la quasi-suppression des stocks d'encours) est impossible à tenir.

Si l'on veut réduire les aléas, il faut que les efforts portent sur la recherche de la fiabilité générale du processus de production. Cela concerne les machines, les procédés de fabrication, le personnel, le respect des délais internes et des délais des fournisseurs. Si les aléas sont trop importants, on risque de s'enfermer dans un cercle vicieux qui cause l'échec de la méthode MRP [Baglin et al., 2001].

III.5.2.2 La gestion de stocks sur prévisions

Durant la dernière décennie, le pilotage de flux basé sur des prévisions de la demande occupe une place croissante dans la littérature. En général, les politiques de pilotage des flux sur prévisions sont des extensions des politiques de gestion de stock classiques (Cf. parag. III.5.1.1), associées à une approche de mise à jour des prévisions. Les paramètres des politiques de contrôle dépendent des méthodes de prévision utilisées.

Pour une description détaillée de ces méthodes et les principaux enjeux qui leur sont liés, se référer à [Babai, 2005].

III.5.3 Le stock de sécurité et le délai de sécurité

La définition de la couverture contre les aléas est une composante importante du paramétrage d'une méthode de pilotage de flux. Selon la méthode, un ou plusieurs leviers peuvent être actionnés pour obtenir une bonne couverture. De façon générale, on distingue :

Le délai de sécurité : il consiste à décaler davantage les besoins à un étage de la chaîne logistique pour que les produits soient disponibles un peu avant la date prévue. En pratique, ce levier n'est utilisable que si l'on dispose d'information anticipée sur les besoins ; il se traduira par un lancement « un peu plus tôt » de l'activité amont dont le temps d'écoulement est incertain.

Dans l'absolu, le délai de sécurité est un paramètre de la méthode MRP. Cependant, la littérature suggère en général de fixer les délais de pilotage en fonction des temps d'écoulement moyens et de se couvrir par du stock de sécurité. On trouve cependant dans [Vollmann et al., 1992], l'idée qu'un délai de sécurité devrait être employé pour se couvrir contre les incertitudes temporelles (le stock servant à se protéger des aléas sur les quantités). Buzacott et Shantikumar [Buzacott et Shantikumar, 1994], eux, montrent que le délai de sécurité doit être privilégié sur la partie de l'horizon de visibilité où la demande est connue avec certitude et, qu'au-delà (où elle n'est connue qu'en moyenne), stock et

délai de sécurité sont interchangeables. L'arbitrage entre stock et délai n'est donc pas trivial.

Le stock de sécurité : en général, le mot « stock » est indifféremment employé pour désigner des encours, des stocks en commande, stocks disponibles, la notion de stock de sécurité étant un peu noyée dans ces appellations. Il faut pourtant bien distinguer la détention *provisoire* de produits consécutive, par exemple, à une livraison en avance, ou à une inadaptation provisoire de la production à la demande (stocks conjoncturels) de la détention *volontaire* de produits pour se protéger contre des aléas (stocks structurels, ou stocks de pilotage).

Ainsi, le stock de sécurité en MRP est la quantité cible de produits qu'on souhaite détenir à la fin de l'horizon de visibilité ; si la réalité est conforme aux prévisions, alors le stock de sécurité sera effectivement égal au nombre de produits qui resteront.

Le stock de sécurité est un paramètre de pilotage des méthodes de renouvellement de consommation, où l'on ne dispose pas d'information anticipée de la demande.

Nous venons, au travers des sections précédentes de décrire les différentes approches et méthodes de pilotage des flux. L'application d'une méthode a pour résultante une performance du système, que l'on peut caractériser par un coût et un niveau de service. La section qui suit a pour objectif de présenter les approches d'amélioration des performances.

III.6 L'amélioration des performances

III.6.1 Deux grands leviers

La performance logistique se mesure par la *capacité du système à disposer des produits souhaités au moment voulu, avec le niveau de service objectif tout en minimisant les coûts*. La performance se caractérise donc par deux grandeurs : un **niveau de service** qui mesure la qualité de service offerte au client et le **coût** d'obtention de cette qualité de service.

Améliorer la performance logistique consiste à améliorer le couple (coût, qualité de service), voir Figure I-1. L'amélioration s'obtient en abaissant les coûts sans dégrader le taux de service (translation de la courbe de compromis vers le bas) ou en améliorant le taux de service sans dégrader les coûts (translation vers la droite) ou encore en agissant de concert sur les deux paramètres, c'est à dire obtenir une meilleure qualité de service tout en abaissant les coûts.

Plusieurs approches d'amélioration des performances ont été développées dans la littérature, par exemple : le Juste-A-Temps développé par Toyota (voir [Ohno, 1989], [Monden, 1993]) ou la production au plus juste (*Lean Manufacturing*, voir [Womack et al., 1991]) pour n'en citer que les plus célèbres.

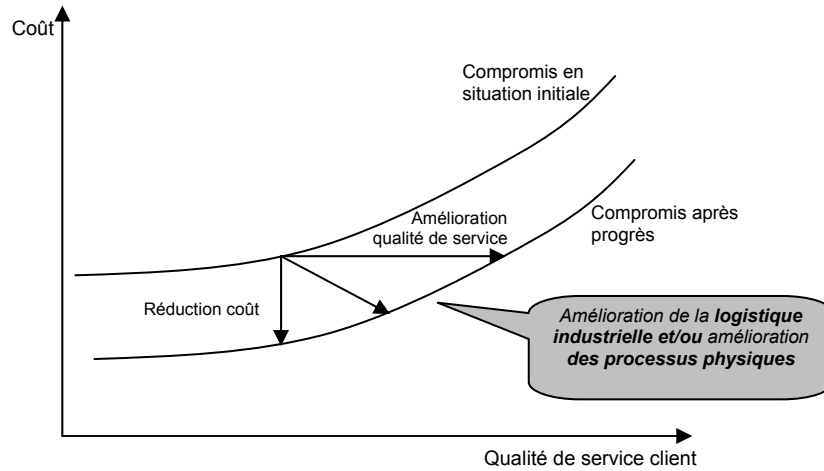


Figure III-11 : Le compromis qualité de service / coût

D'une manière générale, l'amélioration de la performance industrielle, s'obtient en agissant sur deux types de leviers :

- **L'action sur les processus physiques** : il s'agit d'améliorer la performance intrinsèque du système industriel en agissant sur l'outil industriel et les processus **physiques** de production ou de transport. Par exemple : améliorer la qualité, la fiabilité des moyens, les gammes de fabrication, la flexibilité, ... L'amélioration des processus physiques s'obtient par la mise en œuvre de méthodes connues du type : SMED (Single Minute Exchange of Die) pour la réduction des temps de reconfiguration des outils, TPM (Total Productive Maintenance) pour l'amélioration de la fiabilité des moyens, ... Une riche littérature existe sur ces méthodes (se référer aux ouvrages généraux traitant de la gestion de production, par exemple [Baglin et al., 2001]).
- **L'action sur la logistique industrielle**. Cette dernière s'obtient par l'optimisation de la gestion de la chaîne logistique aux différents niveaux de décision (stratégique, tactique et opérationnel).

L'action sur les processus physiques et l'action sur la logistique industrielle ne sont pas antinomiques. Bien au contraire, elles sont complémentaires. A un niveau donné de performance des processus physiques, on peut améliorer la logistique jusqu'à un niveau plafond que limitent les processus physiques. Par exemple, on peut abaisser le coût, en

réduisant le niveau de stock à la sortie d'un processus de fabrication, mais ce stock ne pourra pas être réduit au-delà d'un certain niveau si l'outil industriel tombe fréquemment en panne. En effet, dans ce cas, un stock de sécurité est nécessaire pour se couvrir contre les aléas de pannes. Afin d'aller plus loin dans la réduction de ce stock et donc du coût, il faudra d'abord améliorer la fiabilité des machines. D'une manière similaire, à une gestion des flux donnée, l'amélioration de l'outil physique conduit à l'amélioration de la performance du système jusqu'à une limite définie par le niveau de performance des processus logistiques en place. Pour obtenir une amélioration plus grande, il faut agir sur la logistique. On aura beau fiabiliser une machine, si on ne baisse pas parallèlement, dans nos paramètres de contrôle, le stock de sécurité au juste nécessaire, le coût du système restera élevé.

Afin d'illustrer notre propos, nous allons emprunter la célèbre image développée par Taichi Ohno, père de la philosophie du Juste-A-Temps chez Toyota. Il utilise l'analogie suivante : le fonctionnement du système industriel est comparé à un bateau navigant sur une rivière. Le niveau de l'eau de la rivière représente le stock industriel ; les aléas et contraintes physiques du système sont des rochers. Le niveau de l'eau couvre les rochers et permet au bateau d'avancer (les stocks couvrent les problèmes physiques et aléas). L'action sur les processus physiques consiste à réduire la taille des pierres et l'action sur la logistique consiste à réduire le niveau de l'eau (stock) au juste nécessaire par l'optimisation des flux.

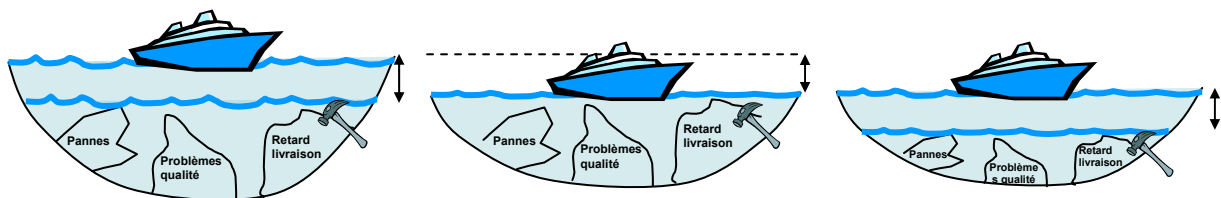


Figure III-12 : Deux leviers d'amélioration de la performance industrielle

La figure I-2 illustre le processus d'amélioration des performances. Le premier schéma (en partant de la gauche) représente le système à l'état initial : le niveau de l'eau couvre largement les rochers et le bateau avance. Le système fonctionne mais il est coûteux car les stocks sont importants. Une action d'amélioration est entreprise afin de réduire le niveau de l'eau au juste nécessaire, le résultat est représenté par le second schéma. Le stock a été baissé ce qui permet de réduire les coûts. Une réduction supplémentaire du niveau de l'eau ferait apparaître les rochers qui deviendraient des obstacles entravant l'avancée du bateau. Le troisième schéma représente le système après une action d'amélioration sur l'outil physique, les tailles des rochers ont été réduites et la performance intrinsèque du système améliorée ce qui ouvre de nouvelles marges de progrès sur la logistique

(réduction du niveau de l'eau). Et ainsi de suite, l'amélioration de la performance peut s'obtenir par boucles successives.

III.6.2 Plusieurs approches d'amélioration

Après avoir présenté les leviers d'amélioration, nous nous intéressons dans cette partie à la manière dont est conduit le changement sur le terrain. Il existe deux approches fondamentales : l'amélioration continue et l'amélioration par rupture.

III.6.2.1 L'amélioration continue

Elle correspond à la mise en œuvre de petits changements, graduels, fréquents et rapidement obtenus.

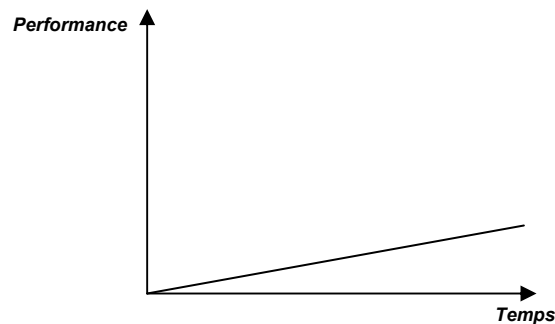


Figure III-13 : L'amélioration continue

La méthode la plus connue pour ce type de conduite du changement est le *Kaizen*²⁵. Cette approche a été introduite dans les années 90 par Masaaki IMAI [Imai, 1989]. Elle table sur l'amélioration des performances par petits pas en impliquant les acteurs directs des processus concernés. En ce qui concerne sa mise en œuvre, l'approche se base sur le concept, très classique de la roue de Deming. Il suggère une démarche itérative fondée sur quatre étapes successives connues sous l'acronyme de PDCA (*Plan - Do - Check - Act*) : 1/ prévoir et organiser 2/ exécuter 3/ Mesurer et vérifier et 4/ réagir pour améliorer. Lire [Deming, 1982].

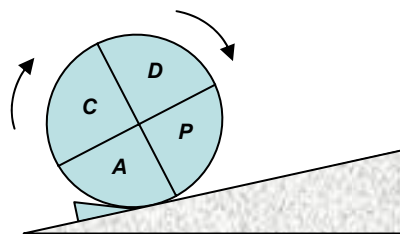


Figure III-14 : La roue de Deming

²⁵ L'expression Kaizen résulte de l'association de deux termes : « Kai » qui signifie changement et « Zen » qui signifie bon (au sens de mieux).

III.6.2.2 L'amélioration par rupture

Le second courant de progrès est celui de la transformation dite par rupture ou radicale. Cette approche, qui a pour objectif de réaliser un bon significatif de performance, correspond à la mise en place de grands changements, le plus souvent très ponctuels, en rupture importante avec le fonctionnement existant et terminés à l'issue d'un délai généralement long.

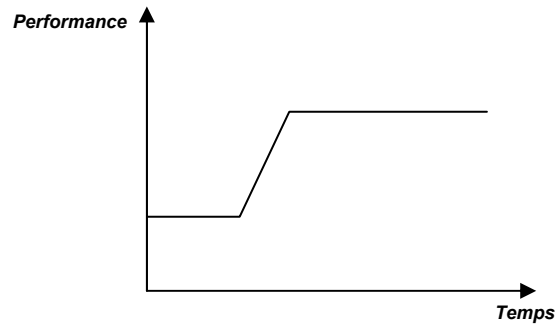


Figure III-15 : L'amélioration par rupture

L'amélioration par rupture passe par des actions plus centralisées que pour le cas du progrès continu, elles se font généralement par une organisation en projet et nécessitent un puissant leadership. L'amélioration par rupture se présente le plus souvent sous la forme du *reengineering*, que nous présentons au paragraphe III.6.3.

III.6.2.3 La combinaison des deux approches

Les deux approches d'amélioration : continue et par rupture ne sont pas mutuellement exclusives, elles sont très complémentaires. Ainsi il ne s'agit pas pour l'entreprise de privilégier une démarche au détriment de l'autre. L'alternance des deux approches apparait comme un moyen de progresser significativement mais également de favoriser l'assimilation du changement et sa pérennisation.

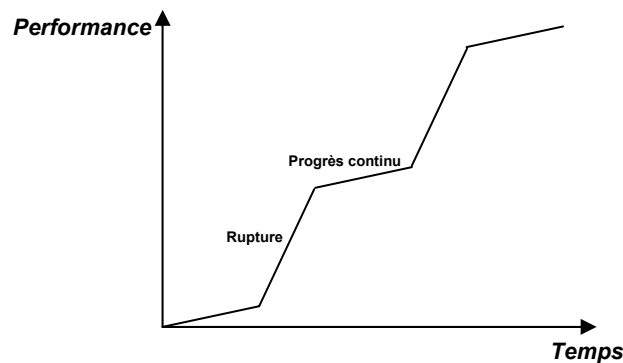


Figure III-16 : La combinaison de l'amélioration par rupture et l'amélioration continue

Dans notre problématique de reconception du pilotage des flux dans une relation client/fournisseur, il s'agit de réaliser une reconception en profondeur des modes de fonctionnement afin de réaliser un gain significatif de performance. Pour notre cas d'étude, il s'agit de réorienter la stratégie logistique des usines de mécanique : c'est donc une approche d'amélioration par rupture (ou reengineering) que nous allons conduire. Cependant, et comme nous le verrons, cette refonte des modes de pilotage nécessite que soit conduits conjointement des progrès continus sur les processus physiques, nous y reviendrons au chapitre VI.

Nous allons dans le paragraphe qui suit nous intéresser plus particulièrement au reengineering.

III.6.3 Le reengineering

Le reengineering a été conceptualisé et diffusé par Michael Hammer et James Champy à travers leur livre « Le reengineering de l'entreprise » [Hammer et Champy, 1993]. Les auteurs soutiennent la nécessité de réaliser des transformations radicales des modes de fonctionnement dans la mesure où l'environnement de l'entreprise change rapidement, au-delà de ce qu'autorise sa capacité d'ajustement, rendant les méthodes de pilotage et règles de performance obsolètes.

Le reengineering (ou *Business Process Reengineering* ou *BPR*) est défini comme une remise en cause fondamentale et une reconfiguration radicale des processus opérationnels de l'entreprise pour obtenir des gains significatifs dans les performances critiques que constituent aujourd'hui les coûts, la qualité, le service et la rapidité [Hammer et Champy, 1993].

Le principe qui sous-tend une action de reengineering est simple : l'organisation est entièrement orientée vers la satisfaction des besoins clients à travers la production de biens et de services destinés à ce dernier [Jacob, 1994]. Selon Davenport et Short [Davenport et Short, 1990], le reengineering analyse et structure les flux et processus dans et entre les organisations. L'action du reengineering repose sur la défragmentation et simplification des processus²⁶ [Giard, 2003].

Il est à noter que le reengineering est souvent associé à une action de mise en place ou refonte des systèmes d'information. En effet, la mise en place d'ERP nécessite souvent, au préalable, une remise en cause des processus existants.

²⁶ Un processus se définit comme une suite d'activités qui, à partir d'une ou plusieurs entrées, produit un résultat représentant une valeur pour le client.

Bien que le sujet soit assez récent, il existe une littérature très riche sur le BPR. [O'Neill et Sohal, 1999] proposent une revue de littérature des principaux travaux portant sur le reengineering.

Sous le vocable de reconception des processus ou de reengineering, se cachent souvent des contenus forts différents d'un auteur à l'autre. L'éventail des objectifs va d'opérations ponctuelles d'amélioration de la productivité, à la mise en œuvre de stratégies organisationnelles globales. Parmi les domaines d'application, le reengineering est utilisé pour la reconception de la gestion de chaînes logistique. Plusieurs travaux ont porté sur des cas d'études d'entreprises ayant engagé des projets de refonte de la gestion de leur chaîne logistique, lire par exemple : [Mohanty et Deshmukh, 2000], [Handfield et Nichols, 2002], [King et Phumpiu, 1996], [Changchien et Shen, 2002].

Un aspect qui est souvent évoqué dans la littérature est le risque lié à une action de reengineering. Michael Hammer et James Champy analysent les causes d'échecs. La cause la plus récurrente est la mise en place de systèmes d'information sans refonte stratégique des processus, dans ce cas le projet de système d'information ne fait qu'automatiser des modes de fonctionnements obsolètes, sans traiter la problématique de fond qui est la refonte des processus. L'autre cause qui revient souvent est la résistance au changement associée à un manque de communication dans le projet.

Dans ses travaux, G. Jacob [Jacob, 1994] met en exergue que la réussite d'une opération de reconception repose sur deux piliers étroitement entrelacés : une participation active des hommes et une méthode de travail. Il souligne que la méthode doit être utilisable par les cadres et dirigeants et ne pas constituer une méthode exclusive pour spécialistes.

Les méthodologies de conduite de reengineering sont étudiées dans [Kettinger et al., 1997]. Les auteurs identifient un nombre important de méthodologies développées par les consultants et entreprises. Elles reposent en général sur les étapes suivantes : initier le projet, diagnostiquer le système en place, reconcevoir les processus, les déployer et évaluer les performances du nouveau système.

Les travaux existants sur les méthodologies de conduite de reengineering s'attèlent le plus souvent à développer des outils d'analyse (qui vont de la cartographie des processus, à la simulation, au benchmarking, ...), mais n'offrent pas forcément un cadre global et structuré pour orienter, dans une démarche complète, la conduite d'un travail de reconception. Kettinger et al. [Kettinger et al., 1997] soulignent, de surcroît, que les approches existantes sont souvent développées pour un cadre spécifique et sont difficilement transposables à d'autres contextes.

L'objectif de notre travail est de proposer une méthodologie de conduite de reengineering dans le cadre d'une relation client/fournisseur dans une chaîne logistique. Nous tentons d'apporter une approche globale qui structure la réflexion de reconception à mener pour chacune des trois macro-étapes suivantes :

- le diagnostic de l'existant,
- la reconception de la relation client/fournisseur,
- la reconception du pilotage des flux du fournisseur.

La conduite de l'analyse va se baser sur les concepts fondamentaux de pilotage des flux présentés dans les sections précédents de ce chapitre.

III.7 Conclusions

Dans ce chapitre nous avons présenté les principales bases théoriques du pilotage des flux. Deux grandes approches se distinguent : le pilotage à la commande et le pilotage par anticipation. Le point de découplage est un concept fondamental qui permet de délimiter la frontière entre les deux approches dans une chaîne logistique.

Nous avons également présenté les différentes méthodes de pilotage de flux existantes et introduit deux principaux paramètres de contrôle : stock de sécurité et délai de sécurité. Ils sont utilisés pour couvrir le système contre les aléas.

Nous avons introduit les différents types d'information sur la demande et avons vu que l'information sur la demande occupait un rôle clé dans le choix des modes de pilotage.

Dans un second temps, nous avons introduit les approches d'amélioration des performances. Nous nous sommes en particulier intéressés à l'amélioration radicale par le reengineering.

Dans la seconde partie de notre mémoire, nous allons, en nous basant sur les concepts de pilotage de flux, proposer une démarche pour la conduite d'un reengineering du pilotage de flux dans une relation client/fournisseur d'une chaîne logistique.

Deuxième partie

REENGINEERING DU PILOTAGE DES FLUX DANS UNE RELATION CLIENT / FOURNISSEUR

Chapitre IV

L'ETAT DES LIEUX

IV.1 Introduction

Après avoir présenté, dans le chapitre précédent, les principales bases théoriques concernant le pilotage des flux et introduit le concept de reengineering, nous revenons dans ce chapitre à notre cas d'étude et la problématique associée.

Nous avons pour objectif de reconcevoir le pilotage de flux de la chaîne logistique mécanique en vue d'en améliorer les performances. La première étape préalable à toute action de progrès est l'analyse de l'existant. Nous présentons, dans ce chapitre une méthodologie que nous avons conçue et appliquée sur le terrain, pour la réalisation d'un diagnostic du pilotage des flux dans la relation client/fournisseur d'une usine de mécanique avec une usine de carrosserie montage.

IV.2 Objectifs de l'état des lieux

Dans notre problématique, il ne s'agit pas de partir d'une feuille blanche afin de concevoir un nouveau système qui n'existe pas encore ; l'objectif est de réaliser un reengineering d'une chaîne logistique opérationnelle. Avant d'entamer toute action de progrès, il est naturellement nécessaire de commencer par analyser le système en place.

C'est ainsi que la première phase de reconception du pilotage des flux des usines de mécanique (UM) a consisté à réaliser ce que nous appellerons : *l'état des lieux* (EDL). L'objectif de l'EDL est de comprendre les mécanismes de pilotage de flux actuellement appliqués. Plus qu'une simple description des modes de fonctionnement en vigueur, l'état des lieux se veut être un diagnostic du fonctionnement de la relation client/fournisseur. Les questions qui nous préoccupent sont de deux niveaux :

- *Niveau descriptif* : comment s'effectue aujourd'hui le pilotage des flux de la chaîne logistique mécanique ? Comment est gérée la relation client/fournisseur ?
- *Niveau analytique* : les modes actuels sont-ils adaptés ? Quels sont les points forts et les faiblesses ? Si des limites sont identifiées, quelles en sont les causes ?

L'état des lieux a aussi pour rôle de caractériser le système industriel et logistique. La caractérisation, comme nous le verrons plus loin, comprend différents aspects : la complexité des flux à gérer, le niveau de flexibilité du système, les contraintes, l'environnement amont et aval, ... Cette caractérisation du système est une composante importante de l'EDL car elle permet d'expliquer, au vu du contexte, les limites des modes de fonctionnements actuels. En effet, les performances des méthodes de pilotage pratiquées s'expliquent essentiellement par leur adéquation ou non aux caractéristiques du système piloté.

L'état des lieux, tel que nous venons de le décrire, permet de se construire une vision globale des mécanismes de pilotage des flux et d'en identifier les principaux points forts et faiblesses. Le contexte industriel et logistique est également caractérisé. L'état des lieux constitue ainsi une matière riche d'informations qui nous servira par la suite dans la définition d'une méthode de pilotage de flux plus adaptée au système et plus performante.

IV.3 Méthodologie de l'analyse de l'existant

[Handfield et Nichols, 2002] soulignent qu'avant de se lancer dans des programmes d'amélioration dans le cadre d'un reengineering de chaîne logistique, il est indispensable d'avoir d'abord une compréhension détaillée de la chaîne logistique actuelle et des processus qui lui sont associés.

En terme méthodologique, il existe un certain nombre de référentiels pour l'analyse des processus clés d'une chaîne logistique opérationnelle. On peut citer par exemple :

- Le référentiel logistique de l'ASLOG (Association Française pour la Logistique) : par le biais d'un questionnaire, ce guide propose une évaluation des pratiques d'une chaîne logistique [ASLOG, 2003].

- L'évaluation logistique Global EVALOG [Rouquet, 2004]. Sous forme de questionnaire associé au calcul d'un score, ce standard international permet l'auto-évaluation ou l'audit logistique de sites partenaires (usines, fournisseurs).
- Le référentiel AFNOR [AFNOR, 2000] définit une norme de système logistique et associe un référentiel d'audit.

Ces référentiels comportent bien une évaluation des processus logistiques, cependant, ils sont portés sur la méthodologie d'**audit**, c'est-à-dire qu'ils cherchent à évaluer l'exécution et le respect de modes de fonctionnement de référence, établis en amont. Le **diagnostic**, quant à lui, suppose une analyse du fonctionnement existant sans se référer à un modèle prédéfini [Lauras, 2004]. Le diagnostic est un travail de recherche de causes et d'effets, alors que l'audit permet, suite au déroulement d'un certain nombre de questions liés à des processus de fonctionnement, de positionner l'entreprise et de conclure sur la satisfaction ou non de règles et critères de fonctionnement.

Il n'existe pas, à proprement dit, de référentiel de conduite de diagnostic logistique. Si la littérature abonde de travaux sur les méthodes de gestion d'une chaîne logistique (Cf. chapitre III), il existe, à notre connaissance, très peu de travaux sur la méthodologie de diagnostic du pilotage d'une chaîne logistique opérationnelle. Nous avons identifié quelques travaux définissant une approche plus ou moins globale d'analyse de l'existant :

- R. B. Handfield et E.L. Nichols [Handfield et Nichols, 2002] utilisent l'expression « *understand the process as is* » pour désigner la phase de diagnostic d'un reengineering. Ils proposent le recours à des cartographies de processus pour décrire et analyser le système en place.
- M. Naim et al. [Naim et al., 2002] proposent une méthodologie de diagnostic appelée « *Quick scan* ». Développée au départ pour l'industrie automobile, elle a ensuite été étendue à d'autres secteurs. Plusieurs travaux traitent de l'application du *Quick Scan* à des cas d'étude, par exemple : [Basnet et Childerhouse, 2003], [Kao et al., 2005], [Banomyong et al., 2005].
- R. Barker et al. [Barker et al., 2000] proposent une méthodologie nommée « Terrain Scanning Methodology » qu'ils appliquent à la chaîne logistique du secteur du bâtiment.
- M. Lauras [Lauras, 2004] propose une méthodologie basée sur l'analyse statistique des données. Elle est appliquée au cas de l'industrie pharmaceutique.

Pour des références complémentaires sur les méthodologies de conduite de diagnostic de chaînes logistiques, se référer à [Basnet et Childerhouse, 2003].

D'une manière générale, l'approche de diagnostic comporte trois composantes principales : la collecte de l'information, l'analyse des données collectées et la formalisation/restitution des résultats. Les méthodes proposées dans la littérature s'intéressent, pour partie, à proposer des approches pour collecter les informations sur le terrain (enquêtes, interviews, ..), et pour partie, à proposer des supports d'analyse (analyse par réseaux bayésiens²⁷ pour [Kao et al., 2005], analyse statistique pour [Lauras, 2004], analyse par cartographie de flux pour [Handfield et Nichols, 2002], ...). Il manque, à notre sens, une approche qui structure ensemble les trois composantes du diagnostic et qui oriente dans un cadre cohérent, à la fois : le type de données clés à collecter, la méthode de collecte et structure les éléments fondamentaux de la réflexion à mener pour l'analyse du système.

Notre objectif, dans ce chapitre est de tenter d'apporter quelques éléments méthodologiques pour réaliser un diagnostic du pilotage de flux dans une relation client/fournisseur. Notre approche se veut fournir des éléments opérationnels détaillés tant au niveau descriptif, qu'analytique.

Notre propos repose sur une capitalisation des états des lieux que nous avons conduits au sein de plusieurs usines de mécanique chez Renault. Dans les sections qui vont suivre, nous décrivons les étapes de réalisation d'un EDL et identifions les différents acteurs impliqués. Nous décrivons également quelques uns des outils qui nous ont servi à préparer et réaliser les visites de terrain. Nous donnons également une synthèse des enseignements que nous a apportée l'application opérationnelle, au travers d'éléments méthodologiques qui ont aidé à améliorer et ajuster notre démarche au fur et à mesure.

En particulier, un élément fondamental auquel nous souhaitons apporter quelque éclairage est l'identification des informations clés à rechercher. En effet, lors d'une analyse de terrain, l'on se retrouve confronté à une masse colossale d'informations : un système de production est un ensemble complexe de ressources, d'acteurs et de processus en interaction. Comment ne pas se « perdre » dans cette masse d'informations ? Comment cibler en particulier les éléments essentiels qui contribuent à l'analyse du pilotage de flux ? Nous présenterons au travers du cas d'étude, les principaux paramètres qui ont été à la base de notre diagnostic.

Dans la seconde partie du chapitre, nous allons présenter une synthèse du diagnostic du pilotage des flux appliqué à notre cas d'étude. L'analyse réalisée fera ressortir les problématiques majeures qui sous-tendent le pilotage des flux de la relation usine de

²⁷ Le réseau bayésien est un outil de modélisation. Il est composé d'un graphe causal, dont les nœuds sont des variables et les arcs des relations de dépendance entre les variables. Chaque nœud est associé à une loi de probabilité.

mécanique / usine de véhicule de Renault. Les résultats de l'EDL serviront de base à la conduite du travail de reconception dans les chapitres V et VI.

IV.4 La conduite d'un état des lieux

IV.4.1 Les acteurs

Nous distinguons deux groupes d'acteurs directement impliqués dans la réalisation d'un EDL :

- 1 - **L'équipe transverse** : elle est composée de personnes rattachés au projet de re-engineering et appartenant à des métiers différents. Pour notre cas d'étude, l'équipe comprenait cinq à six personnes provenant des plusieurs Directions impliquées dans le projet Cible Logistique Mécanique. Il est intéressant de noter qu'une équipe pluridisciplinaire permet d'avoir différents angles de vue complémentaires lors des visites de terrain. Elle offre également l'avantage de permettre deux regards : un regard de spécialiste et un regard de « néophyte ». En effet, un acteur aura un regard neuf sur les modes de fonctionnement appliqués lorsque, durant la visite, des sujets en dehors de son périmètre d'expertise seront analysés. Ce regard neuf est catalyseur dans l'analyse car il est plus aisé pour un « néophyte » de se défaire des contraintes liées aux modes usuels en posant des questions critiques sur le système ou en envisageant des perspectives nouvelles. A ce sujet, il est indiqué dans [Hammer et Champy, 1993] que dans une action de reengineering, pour connaître ce qui est à changer, l'équipe doit comprendre des initiés, mais pour le changer vraiment, elle doit comprendre aussi un élément perturbateur. C'est le rôle des néophytes. L'équipe transverse a un pilote (nous avons rempli ce rôle dans le cadre de notre recherche) chargé de l'organisation et la coordination de la mission. Il est l'interlocuteur principal auprès de l'usine concernée au cours des différentes phases de l'EDL.
- 2 - **Les opérationnels** : il s'agit des personnes qui, dans l'usine, accompagnent la conduite de l'EDL. Cela va des responsables qui gèrent des périmètres métiers définis jusqu'aux opérationnels qui réalisent les processus élémentaires. Ces acteurs, comme nous allons le voir, interviennent à différents niveaux de l'EDL : l'organisation de la mission, l'accompagnement des visites de terrain, la réponse aux interviews et jusqu'à la validation des résultats.

IV.4.2 Le déroulement de l'état des lieux

Dans l'approche que nous avons adoptée, le déroulement en étapes est semblable dans sa logique globale à la méthode *Quick Scan* [Naim et al., 2002]. L'objectif final est néanmoins

différent. Si la méthode *Quick Scan* aboutit directement en fin de visite de terrain à la proposition d'un plan d'action d'amélioration. Notre approche, se limite dans sa phase de diagnostic à analyser le système et en faire ressortir les problématiques majeures. Notre but étant de définir une stratégie globale de pilotage, la proposition d'un plan d'action se fera suite à la conduite d'un travail complet de reconception du pilotage. Ce sera l'objet des chapitres V et VI.

Nous pouvons résumer le déroulement d'un EDL en cinq étapes principales : la préparation, la réalisation terrain, l'analyse, la consolidation et enfin la restitution des résultats. Ces étapes sont illustrées par la Figure IV-1.

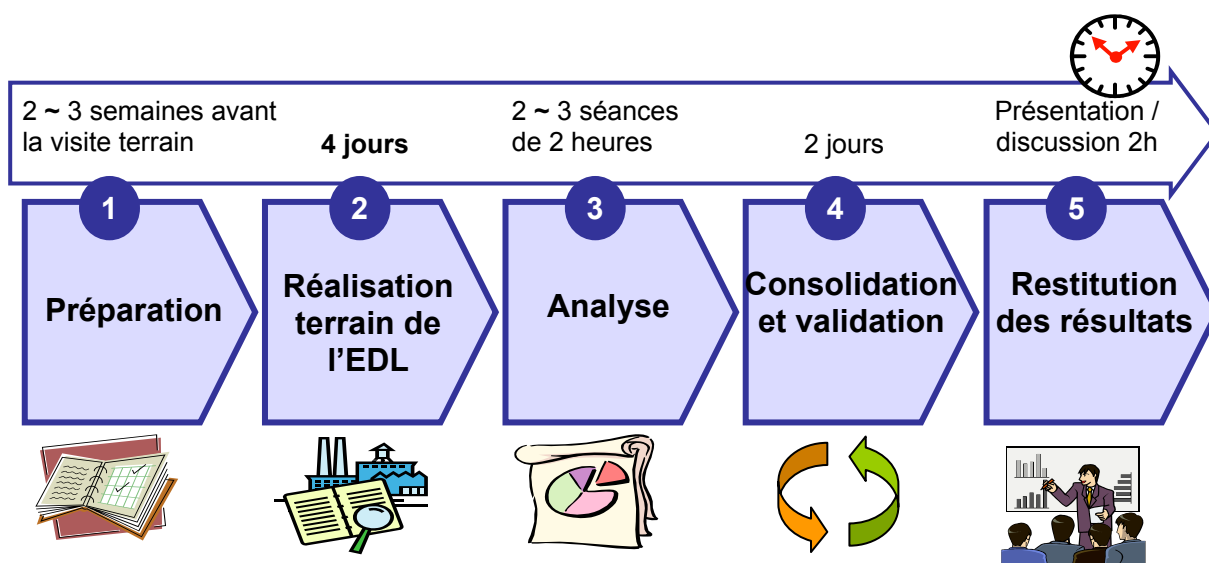


Figure IV-1 : Les étapes de la réalisation d'un état des lieux

Nous indiquons sur le schéma, la durée correspondant à chaque étape. Il est ainsi nécessaire de prévoir un délai d'environ deux semaines pour préparer l'état des lieux. Ce délai doit laisser une marge de temps suffisante aux opérationnels de l'usine afin d'organiser les visites et aménager leur disponibilité en temps. La réalisation a proprement dite de l'EDL sur le terrain se fait en 4 jours. La phase suivante d'analyse se réalise en plusieurs séances de travail. Il faut ensuite compter quelques jours de validation des résultats auprès des opérationnels interviewés et enfin une réunion avec les acteurs pour présenter les résultats.

Reprenons à présent les étapes une à une pour en décrire plus précisément le contenu.

IV.4.2.1 Etape 1 : la préparation

Clarification des objectifs

La préparation de l'EDL est une phase importante qu'il convient de ne pas négliger. Dans un premier temps, elle consiste à prendre contact avec les interlocuteurs de l'usine concernée

et expliquer le contenu de la démarche et les attendus. Il est nécessaire de communiquer clairement lors de cette phase sur les objectifs de l'EDL et éviter toute confusion avec d'autres démarches. En l'occurrence, l'EDL n'est pas un audit qui opère une évaluation et contrôle des écarts de fonctionnements par rapport à des processus de référence. Les participants montreront quelque réticence à évoquer ouvertement leurs difficultés et les faiblesses des processus qu'ils appliquent au quotidien, s'ils perçoivent l'état des lieux sous cet angle et se sentent quelque peu « évalués ». L'objectif d'un état des lieux est de **construire ensemble un diagnostic partagé** des modes de fonctionnement en faisant émerger les points forts et les difficultés dans le but d'identifier des pistes d'amélioration et proposer des modes plus performants. A l'inverse d'un audit, **les processus de référence ne sont pas encore connus, l'objectif est justement de contribuer à les concevoir.**

Choix du périmètre

Une fois les objectifs clarifiés, la phase de préparation se poursuit en choisissant avec les interlocuteurs du site le périmètre de l'état des lieux : quel (s) produit (s) ? Quelles lignes de fabrication ? Le choix du périmètre doit nécessairement se faire avec les opérationnels du site qui ont une meilleure idée, à la fois, des ateliers les plus représentatifs et des secteurs qui leur posent des difficultés et présentent des marges de progrès. Pour orienter le choix du périmètre, deux grandes lignes peuvent être retenues :

- Choisir un secteur représentatif en termes de complexité de flux : ni trop simple, ni présentant une complexité spécifique. Par exemple, pour un certain atelier du cas d'étude, le processus de production a été morcelé en tronçons implantés à des bâtiments différents, et ce en raison d'un manque de surfaces au moment de sa conception. Cette implantation morcelée génère une complexité importante de flux (croisements de flux, stocks dispersés, ...). Les problématiques résultantes sont très spécifiques à cet atelier et non représentatives d'un atelier « classique », et ne peuvent donc servir à une réflexion générale sur la logistique des usines de mécanique
- Prendre le flux entier. En particulier, pour les visites de terrain, prendre le flux de produits et composants depuis les aires de réceptions des matières premières jusqu'aux quais d'expédition des produits finis, en passant par toutes les étapes de production. Rappelons que l'EDL a pour objectif de dresser une vision globale du fonctionnement de la chaîne logistique étudiée.

Choix des interlocuteurs

Le périmètre de l'EDL ayant été choisi et une date fixée pour le déroulement de la mission sur le terrain, l'équipe transverse établit et transmet au site une proposition de planning détaillé. Cette proposition définit le déroulement de chaque journée et précise les différents

sujets qui seront abordés ainsi que les données et les documents à collecter. La proposition de planning s'accompagne d'une spécification précise du profil souhaité pour chaque interlocuteur à interviewer, en fonction des sujets.

Arrêtons-nous un moment sur cet aspect. Il est nécessaire de choisir avec pertinence le bon interlocuteur pour chaque sujet. Prenons un exemple : lorsqu'il s'agira d'analyser le processus de programmation des lignes, il sera intéressant de rencontrer le responsable général du secteur de programmation, qui donnera une vision globale des processus, de la tactique suivie et les interactions entre les différents secteurs d'activité. Mais il est aussi nécessaire de compléter cette vision par l'interview de l'opérationnel chargé de réaliser le processus de programmation pour un produit ou ligne de production donnés. Il a une connaissance détaillée du processus et le pratique au quotidien ; c'est donc la personne la mieux placée pour décrire les difficultés rencontrées, les aléas auxquels il est confronté, les différents variantes de fonctionnement, les cas particuliers, les modes dégradés mis en place en cas d'aléas,... D'une manière générale et comme nous le verrons un peu plus loin, lors de l'EDL nous naviguerons constamment entre deux niveaux de détail : la vision globale et la vision détaillée. Pour chacun de ces niveaux, il faut identifier le bon interlocuteur.

Par ailleurs, il est utile de noter que le choix des interlocuteurs peut être différent suivant la structure du site. Les organigrammes détaillés sont d'une grande aide pour identifier les bonnes personnes à interviewer. Ainsi, si on revient à notre exemple sur la programmation de la production, dans le cas d'un grand site avec différents produits et différentes lignes de production, il existe probablement un responsable général de la programmation et des chargés de programmation par type de produits ou groupes de produits. En revanche, pour un petit site avec un nombre plus restreint de produits, il existe peut-être un seul programmeur pour tous les produits. Il faut ainsi à chaque fois identifier la personne que l'on souhaite rencontrer.

Organisation des échanges

A noter que des premiers échanges d'information s'engagent dès cette étape de préparation. Pour notre cas d'étude, l'équipe transverse demandait à avoir des informations générales sur l'usine (produits, volumes, ...) ainsi que des schémas de flux afin de prendre connaissance de ces éléments avant la visite de terrain. Par ailleurs, le site ayant reçu le planning détaillé avec les sujets à traiter et documents à collecter, il arrive que certains interlocuteurs demandent plus de précisions sur tel point attendu ou tel document à fournir. C'est l'occasion d'avoir un premier échange.

Durant cette phase, l'équipe transverse se réunit en moyenne deux fois afin de :

- préparer le planning détaillé ;
- établir avec le site le choix du périmètre ;
- exploiter les premières informations et documents généraux disponibles (produits, volumes, types de lignes, ...) ;
- identifier en fonction des informations disponibles les points spécifiques auxquels une attention particulière doit être accordée lors des visites de terrain ;
- et enfin préparer le déplacement (transport, commodités, ...).

IV.4.2.2 Etape 2 : la réalisation sur le terrain

La mission sur le terrain débute par une séance de présentations où chaque participant précise ses missions et son rôle ; les objectifs de la démarche ainsi que le déroulement de la mission (planning détaillé) sont rappelés.

Plusieurs sources d'information

La réalisation de l'EDL consiste ensuite à mettre en œuvre le planning détaillé envoyé au préalable au site. Concrètement, la conduite de l'EDL se matérialise par une série de :

- *Visites de terrain* : visites de lignes de fabrication et zones logistiques (magasins, aires de stockage et d'expédition, ...) en prenant tout le périmètre du flux depuis la réception des matières premières jusqu'à l'expédition du produit fini.
- *Interviews des opérationnels* : les échanges portent sur la description des processus, les liens de chaque processus avec l'amont et l'aval, les aléas, le flux d'information, les points forts, les difficultés, ...
- *Des séances de debriefing* peuvent se faire en fin de journée avec les participants. L'équipe transverse restitue « à chaud » ses premières impressions et analyses. C'est un vivier d'échange intéressant qui permet une première consolidation des informations collectées lors de la journée et la confirmation de leur bonne compréhension. C'est également un moyen de mettre en confiance en montrant concrètement la nature de l'analyse effectuée. C'est aussi un moment qui privilégie l'échange entre les personnes des différents secteurs du site qui n'ont pas forcément souvent dans leur quotidien l'occasion de confronter leurs points de vue.

D'un point de vue méthodologique, lors de la réalisation des interviews, il est important de porter une attention à la qualité et complétude de l'information collectée. D'une part, on doit veiller à recueillir les informations qui permettent de décrire les processus tels qu'ils sont réellement pratiqués au quotidien et non une description de ce que « devraient » être les processus en théorie. Nous avons parfois été confronté au cas de figure où des opérationnels décrivent les processus tels qu'ils sont contenus dans des manuels « théoriques » mais qui sont différents de la pratique réelle pour un certain nombre de raisons (contraintes, évolution

des installations de production, ...). Il est donc nécessaire de clarifier ce point. D'autre part, la description initiale que fait l'interviewé porte le plus souvent sur le processus nominal appliqué (nous entendons par là, le processus en situation « normale »). Il faut compléter cette description en identifiant les variantes de fonctionnement ainsi que les modes spécifiques appliqués lors de l'occurrence d'aléas. Ces variantes seront autant de paramètres à prendre en compte lors de la réflexion à mener pour la reconception des flux.

Remarque :

- Nous soulignons l'importance d'utiliser la terminologie propre à l'entreprise. Les appellations et expressions techniques employées doivent, pour être accessibles, correspondre à la terminologie utilisée par les opérationnels des sites. A titre d'exemple, nous avons employé le terme « Programme de Montage Organes » qui est le terme consacré chez Renault pour désigner le Plan Directeur de Production de la méthode MRP. De plus, il est nécessaire de bien expliciter la terminologie technique employée. Souvent un même terme ou sigle est utilisé avec des définitions différentes entre métiers ou secteurs différents.

Au cours des visites de terrain, il est très utile que chaque interlocuteur formalise ses propres synthèses. D'abord parce que cela permet de confronter les différentes interprétations. Ensuite, parce qu'étant donné la durée de l'état des lieux -plusieurs jours- et des conditions des visites -les ateliers sont souvent bruyants-, il est peu probable que chaque membre puisse prendre la totalité des informations. Enfin, parce qu'il se peut qu'un membre ait l'occasion de faire un aparté avec un opérationnel, en marge de la visite, et de s'attarder plus longuement sur des certains points. Ainsi, les notes et points de vue de chacun sont très complémentaires et la pluridisciplinarité de l'équipe démultiplie l'efficacité de l'EDL.

Définition du niveau de détail :

D'un point de vue méthodologique, un aspect délicat à considérer est la définition du bon niveau de détail pour l'analyse. Cet aspect est au cœur de nombreuses réflexions dans la littérature, lire par exemple [Jacob, 1994]. Parmi l'ensemble des préconisations nous observons plusieurs tendances. Pour certains, l'analyse d'un processus ne doit pas entrer dans le détail et rester au niveau global. Pour d'autres, au contraire, l'analyse détaillée est nécessaire pour identifier les zones d'amélioration significatives. Pour d'autres encore, il n'est pas utile de trancher pour un niveau ou un autre, il est plus intéressant de pouvoir pratiquer une analyse multidirectionnelle et multi-niveaux. Les tenants de cette démarche argumentent qu'une analyse détaillée est le plus souvent une opération longue, consommatrice de temps et de ressources, qu'elle occulte fréquemment la vision globale et entrave la compréhension de la finalité. Elle doit donc être utilisée avec parcimonie. Certains

en concluent même que l'analyse détaillée est une des causes d'échec d'une opération de reengineering.

De notre point de vue, l'objectif de l'EDL est de se doter d'une vision globale du pilotage des flux de l'usine, il est ainsi inutile voire contreproductif de se « noyer » dans un niveau de détail technique qui ne sert pas forcément l'objectif de vision globale. A l'inverse, l'EDL ne doit pas se contenter de « survoler » les processus, les données collectées doivent être suffisamment précises et pertinentes afin d'analyser les performances actuelles et d'expliquer les forces et faiblesses des processus en place. Nous pensons donc qu'il est nécessaire de naviguer constamment entre deux niveaux de détail :

- *Un niveau « macroscopique »* : qui permet de comprendre les flux, les processus, les enchaînements et interfaces entre les maillons client/fournisseur de la chaîne logistique. Ce niveau doit permettre un survol rapide et exhaustif des processus d'où il sera possible de détecter les points structurants qu'il est nécessaire d'analyser plus en détail.
- *Un niveau « microscopique »* : on s'attardera plus finement sur les paramètres ou parties de processus qui, dans le survol macroscopique, auront été identifiés comme particulièrement influents sur les performances du système.

L'expérience terrain apporte beaucoup à la maîtrise du bon niveau de détail. Dans notre cas d'étude, l'équipe transverse a significativement progressé entre le tout premier état des lieux et les suivants. Elle a, au fur et à mesure, appris à traiter rapidement certains sujets qui permettent de se construire une idée globale, et a constitué une liste de points particuliers fortement structurants à analyser en détail.

IV.4.2.3 Etape 3 : l'analyse des données collectées

L'analyse démarre dès la réalisation de la mission en usine par le partage des points de vue lors des débriefings informels. L'analyse plus structurée se fait à la suite de la semaine de visite terrain. L'équipe transverse se réunit en deux ou trois séances de travail. En suivant la trame d'une grille d'analyse (Cf. parag. IV.4.3.1), les participants confrontent, point par point, les données qu'ils ont collectées et entament une description et analyse des modes de fonctionnement. Il est fortement conseillé que l'analyse se tienne juste après la réalisation terrain de l'EDL car les informations sont encore claires dans la mémoire des participants.

Les questions majeures de l'analyse

L'objectif de ce travail de groupe est d'analyser le pilotage de flux de l'usine concernée. Conformément aux concepts de pilotage de flux introduits dans le chapitre précédent, les questions qui guident notre réflexion s'articulent essentiellement autour des points suivants :

- *Quels sont les points de pilotage de la chaîne logistique ? En particulier, où se situe le point de découplage ?*
- *Quels sont les modes de pilotage appliqués à chaque étage de la chaîne logistique ? Comment sont-ils paramétrés ? En particulier, quels sont les paramètres de sécurisation (délai / stock) ?*
- *Quelles sont les informations sur lesquelles se basent les décisions de pilotage de flux (les décisions qui déclenchent une activité de production, approvisionnement ou transport) ? Quelle est la nature de cette information (commandes fermes, prévisions,...) ?*
- *Quelles particularités ont les flux physiques (flux directs, flux synchrones, ...) ?*
- *Quelles sont les contraintes à prendre en compte dans les décisions de pilotage des flux ? Sur ce point, il est important de faire un tri dans les informations collectées. A chaque contrainte exprimée par les opérationnels, il est nécessaire de se poser la question suivante : est-ce une « vraie contrainte » structurelle inhérente au système ou est-ce une « fausse contrainte » liée aux modes de fonctionnements en vigueur ou héritée des habitudes, et qu'on peut donc lever ?*

Ce sont ces questions fondamentales qui guideront la réflexion tout au long du **diagnostic**. La collecte de données sur le terrain, dans l'étape 2, doit donc se centrer sur la recherche des informations qui permettent de répondre à ces questions majeures. Nous illustrerons le type de données à collecter lorsque nous présenterons la synthèse de l'EDL du cas d'étude (section. IV.5).

Nous avons trouvé utile de démarrer l'analyse par la réalisation d'un schéma global des flux physiques. Ce schéma sert de base partagée de réflexion et est enrichi, au fur et à mesure, par l'adjonction des principaux flux d'information.

L'équipe passe en revue les éléments de sa grille d'analyse : chaque processus est décrit et analysé. Deux points sont à prendre en compte :

- La description doit être la plus complète possible en intégrant les différentes variantes de fonctionnement.
- La description doit être simple et autant que possible s'accompagner de supports visuels car les schémas facilitent considérablement la compréhension et sont un puissant outil de travail et de communication.

Dans une seconde étape, sont listés les points forts ainsi que les difficultés et aléas du processus à l'étude. Les participants partagent leurs points de vue sur les causes racines des dysfonctionnements. En conclusion, une synthèse globale est réalisée en décrivant l'enchaînement des flux physiques et les flux d'information aux différents étages de la chaîne logistique.

L'obtention d'une vision globale est l'une des valeurs ajoutées premières de ce travail. En effet, lors de la mission en usine, de nombreuses informations ont été collectées, des personnes de secteurs différents ont été interviewées et il s'agit pour l'équipe transverse de relier l'ensemble de ces informations parcellaires. Chaque opérationnel ayant pour vision une partie du pilotage des flux, centrée sur son périmètre d'activité, l'équipe transverse se livre à un véritable « jeu de puzzle » afin de corréliser les différents processus et identifier les interactions et enchaînements.

Notons qu'il est important de bien identifier les points forts du système à l'étude, et ceci pour au moins deux raisons. D'une part, c'est un élément de communication lors des restitutions de l'EDL : se borner à énumérer une liste de dysfonctionnements sera vite rébarbatif pour les interlocuteurs du site (qui sont d'ailleurs le plus le souvent conscients de ces dysfonctionnements) et peut générer un sentiment négatif. D'autre part, les points forts identifiés serviront de base pour concevoir les modes de fonctionnement améliorés.

L'analyse fera apparaître des questions complémentaires, des incompréhensions ou des divergences d'interprétation entre les participants. Ces points nécessitent des contacts téléphoniques ou par e-mail avec les interlocuteurs de l'usine pour clarifier avec eux les points d'incertitude.

Le livrable de l'étape d'analyse est un rapport formalisant une analyse détaillée du pilotage des flux du site. Ce rapport est transmis au site pour validation et sera ensuite présenté aux acteurs et exploité par le projet.

IV.4.2.4 Etape 4 : la consolidation et la validation

Une fois le rapport d'EDL rédigé, il est transmis aux interlocuteurs de l'usine afin qu'ils valident les informations contenues avant diffusion. C'est là l'occasion d'une nouvelle consolidation des résultats. Des modifications sont apportées au document pour intégrer les remarques, corrections et suggestions des opérationnels. Le rapport d'état des lieux est ensuite diffusé dans sa version finale aux membres du site et à l'équipe projet.

IV.4.2.5 Etape 5 : la restitution et la communication des résultats

La restitution des résultats se fait à deux niveaux :

- En usine : sous forme d'une réunion plénière à laquelle participent des représentants des différents départements. Les conclusions du rapport sont présentées et discutées avec les opérationnels.
- En comité de pilotage du projet de reengineering. L'objectif est d'arriver à partir de plusieurs états des lieux à définir les grandes lignes directrices du travail de reconception. Nous allons dans les chapitres V et VI présenter comment ont été exploités les résultats des EDL pour réaliser le reengineering du pilotage des flux des usines de mécanique.

IV.4.3 Les supports d'analyse

Divers types de supports peuvent être utilisés dans la conduite d'un EDL. La littérature est riche d'outils de visualisation des flux (diagrammes, cartographies, ...) et de méthodes d'analyse (arêtes de poissons, les « 5 pourquoi », ...). D'une manière générale, tout ce qui peut aider à décrire simplement des processus et des flux ou peut contribuer à structurer les sujets d'un diagnostic terrain peuvent être des supports utiles.

Dans notre cas d'étude, nous avons mis en place trois supports qui nous ont été utiles dans la conduite des EDL et qui ont contribué à structurer nos interviews et visites terrain ainsi que la formalisation des rapports écrits. Ces outils sont : la grille d'analyse, le planning détaillé et les diagrammes de flux.

IV.4.3.1 La grille d'analyse et l'agenda détaillé

La grille d'analyse définit et structure les différents thèmes à observer lors de la réalisation de l'EDL. Elle sert à structurer et animer les échanges lors des séances d'analyse de l'équipe transverse. Elle sert également de trame à la rédaction du rapport d'EDL. On a constaté un gain de temps appréciable par rapport à la toute première analyse conduite sans grille précise.

La grille d'analyse liste, de manière assez macroscopique, les thèmes à aborder lors d'un EDL. Elle définit le cadre général des échanges.

Nous présentons ici, à titre indicatif, la grille utilisée pour notre étude de cas (Figure IV-2). La structure générale nous semble être assez générique pour être transposable à d'autres secteurs d'activité. Cependant, les appellations, le découpage, les noms des rubriques,...doivent être adaptés à chaque contexte pour tenir compte de la terminologie propre de l'entreprise.

Notons que la grille peut tout à fait être structurée autrement, ce qui importe est de bien intégrer les questions fondamentales listées dans le paragraphe IV.4.2.3.

Notons aussi que la structuration de la grille a été modifiée et complétée à mesure de notre prise de recul sur les sujets abordés lors des EDL. **La grille reste un document « vivant » à enrichir par les différentes expériences de terrain.**

1.	<i>Caractéristiques générales</i>	_____
1.2	Le produit	_____
1.3	Le système industriel	_____
2.	<i>La logistique aval</i>	_____
2.1	Les clients	_____
2.2	L'expression des besoins clients	_____
3.	<i>La logistique interne</i>	_____
3.1	Les flux physiques	_____
3.2	Le pilotage des flux de production	_____
3.2.a	Le pilotage de l'étage N	_____
3.2.b	Le pilotage de l'étage N-1	_____
3.2.b	Le pilotage de l'étage 1	_____
4.	<i>La logistique amont</i>	_____
2.1	Le réseau de fournisseurs	_____
2.2	L'expression des besoins en composants et matières vers les fournisseurs	_____
5.	<i>Le système d'information</i>	_____
6.	<i>Les indicateurs de performance</i>	_____
7.	<i>Synthèse des résultats</i>	_____
7.1	Vision globale du pilotage des flux de la chaîne logistique mécanique	_____
7.2	Points forts et points à améliorer	_____
7.3	Potentialités de progrès	_____

Figure IV-2 : La grille d'analyse

La grille de la Figure IV-2 est structurée de la manière suivante :

- Une première partie traite de la caractérisation du contexte du système à l'étude : caractérisation du produit fabriqué et du système de production.
- La partie suivante aborde l'environnement aval de la chaîne logistique : quels sont les clients (nombre, localisation, temps de transport, ...) ? Comment expriment-ils leurs besoins en produits (nature de la demande, horizon de visibilité) ?
- La méthode de pilotage de flux appliquée aux différents étages de la chaîne logistique est étudiée en remontant les maillons de l'aval vers l'amont. Une fois le point de découplage localisé, à chaque étage, on se pose les questions suivantes : quelle est le mode de pilotage de flux appliqué, quelles sont les informations utilisées ? les contraintes ?
- La partie suivante aborde les éléments connexes au pilotage de flux et nous l'avons centrée sur deux thèmes :
 - o Le système d'information
 - o Les indicateurs de performance.

- La logistique amont décrit le réseau de fournisseurs et le mode de pilotage des approvisionnements.
- La dernière partie de la grille, comporte les conclusions de l'analyse : c'est une synthèse du fonctionnement global de la chaîne logistique avec une identification des points forts et limites des modes de fonctionnement en vigueur.

Le second support que nous avons utilisé est l'agenda détaillé. Il définit le planning et le déroulement de l'EDL, dans sa phase terrain. Il comprend plusieurs volets :

1. volet planning : définit les dates et plages horaires de réalisation de chaque visite terrain et interview.
2. volet grille d'analyse : reprend les éléments de la grille d'analyse en détaillant les différents sujets élémentaires à regarder et les organise suivant le moyen de les observer ou collecter : visites terrain ou interview par thème. Il spécifie également les documents ou données quantitatives et qualitatives à collecter pour chaque sujet élémentaire.
3. volet participants : définit pour chaque sujet le ou les participants souhaités du site industriel. Ces personnes accompagneront les visites terrain et/ou répondront aux interviews.

Etat des lieux pour le projet Cible Logistique Mécanique			
Site : usine de XYZ			
Participants centraux : XXX, YYY, ZZZ, ...			
Horaire	Sujets à traiter	Documents à collecter	Participants souhaités usine
1 ^{er} jour : jour/mois/année			
Matin	Visite des lignes d'assemblage Configuration de ligne (s) et fonctionnement <ul style="list-style-type: none"> - flux principal organes - flux secondaires : prépa, encyclages - Flux (FIFO ?) - gestion des CR, CJ, retouches (zone d'expertise) - modes d'approvisionnement postes - gestion de la diversité Gestion des POE <ul style="list-style-type: none"> - Réception - Stockage - Typologie de flux Gestion des PF <ul style="list-style-type: none"> - stocks PF - gestion des expéditions (préparation des images camions, ...) Points particuliers à observer : <ul style="list-style-type: none"> - mise en chaîne - baptême organes - faire schéma des flux : assemblage - Temps requis assemblage, usinage (fabrication, logistique) - Aspect organisationnel : périmètres fabrication / logistique 	- Plan d'implantation de l'usine - ...	- Mr X, chef d'atelier assemblage ... - Mme. Y, responsable du département logistique ... - ...
Après-midi	Programmation de la production <ul style="list-style-type: none"> - cycle mensuel de programmation - cycle hebdomadaire/journalier - clients - expression des besoins clients 		

	<ul style="list-style-type: none"> - principes de programmation/ordonnancement - principes d'expéditions/protocoles d'expéditions - contraintes d'optimisation de remplissage des camions - gestion des relances de produits rebutés - gestion des retouches 		
2 ^{ème} jour : jour/mois/année			
Matin		
Après-midi		

Tableau IV-1 : Extrait de l'agenda détaillé

IV.4.3.2 Les diagrammes de flux

Les diagrammes de flux sont, de notre point de vue, un outil indispensable à la réalisation de l'analyse de l'existant. Les diagrammes, comme l'ensemble des outils de visualisation des flux ou processus, sont des outils puissants qui offrent plusieurs avantages :

- Les diagrammes sont un outil de vulgarisation et de synthèse qui facilite grandement la compréhension.
- L'état des lieux fait appel à des participants d'horizons et de métiers différents ayant chacun son langage propre et une base cognitive liée à son métier ; les diagrammes constituent un langage commun permettant les échanges entre les différents participants.
- Les schémas pour être compréhensibles doivent être les plus simples possibles, ils incitent donc à prendre du recul afin de ne retenir que l'information essentielle et supprimer les détails secondaires.
- Enfin, les diagrammes de flux permettent de synthétiser sur un objet unique des informations disparates, interdisciplinaires et permettent donc de matérialiser des visions globales.

Ainsi, appréhender les flux physiques et les modes de pilotage mis en place dans l'usine sera facilité par l'utilisation de schémas de visualisation des flux.

Il existe plusieurs formalismes connus afin de représenter des processus ou des flux et qu'il est intéressant d'utiliser. Un exemple connu est celui des symboles normalisés ANSI²⁸ qui permettent de tracer des diagrammes et logigrammes plus ou moins complexes pour représenter des processus ou des flux. Pour notre part, nous avons adopté un formalisme très simple emprunté à la littérature sur les chaînes logistiques et décrit dans [Liberopoulos et Dallery, 1999]. Rappelons que nous nous intéressons aux flux physiques et flux d'information qui circulent le long d'une chaîne logistique.

Dans ce formalisme, une chaîne logistique est décrite comme une série de maillons clients/fournisseurs. Chaque étape élémentaire de la chaîne logistique, ou étage de

²⁸ ANSI : American National Standards Institute

production, est composé d'un stock d'entrée, une activité et un stock de sortie. L'activité pouvant être de production, de transport ou d'approvisionnement. Pour chaque étage de production, on représente les stocks par un triangle et l'activité par une ellipse comme l'illustre la Figure IV-3.

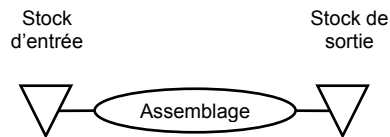


Figure IV-3 : Représentation d'un étage de production

Les flux physiques et d'information s'échangent entre les étapes. Notons qu'afin de simplifier les schémas, on ne représentera que le stock de sortie à chaque étape, qui représentera alors le stock de produits intermédiaires entre étapes (la somme des stocks : en sortie de l'étape amont et l'entrée de l'étape aval). La Figure IV-4 est une représentation d'une chaîne logistique à l'aide de ce formalisme.

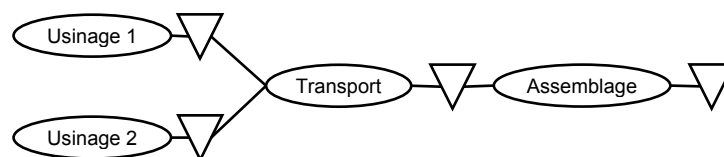


Figure IV-4 : Formalisme de représentation des flux physiques d'une chaîne logistique

Un avantage important de ce formalisme est qu'il permet de naviguer entre plusieurs niveaux de détail. Puisque nous pouvons agréger plusieurs étages de production en un seul étage. Ainsi, on peut avec ce même formalisme représenter toute une chaîne logistique étendue où les différents étages sont les usines, les fournisseurs et les clients. De la même manière, on peut se focaliser sur une chaîne locale d'une ligne d'assemblage composée d'une série de machines et transports intermédiaires.

Notons que cette représentation est purement « logique » : les stocks d'entrée et de sortie peuvent ne pas correspondre à un stock physique ; ou inversement correspondre à plusieurs stocks physiques dans des endroits différents. Le passage d'une entité d'une zone à l'autre est un passage purement logique et pas nécessairement physique. Par exemple, le stock de sortie d'une étape et le stock d'entrée de l'étape suivante peuvent correspondre au même magasin physique.

IV.5 Résultat de l'état des lieux appliqué au cas d'étude

Nous avons appliqué les principes décrits précédemment pour réaliser un état des lieux du pilotage des flux des usines de mécanique. L'objectif étant de :

- Comprendre le pilotage de flux actuel et d'en établir une vision globale à partager avec les différents acteurs.
- Apporter des éléments d'explication aux performances logistiques et aux causes de disparités entre sites (Cf. chap. II).
- Identifier et formuler les problématiques à travailler dans le cadre du projet CLM en vue de définir une méthode de pilotage adaptée.

Nous présentons ici une synthèse des principaux mécanismes de la logistique d'une UM. Notre objectif est double : d'une part, compléter notre apport méthodologique, en montrant au travers du cas d'étude le type d'informations que nous avons recherchées et l'exploitation que nous en avons faite ; d'autre part, nous introduisons ici les éléments qui vont intervenir par la suite dans notre travail de reconception.

Note de lecture :

La suite de ce chapitre peut avoir deux niveaux de lecture :

- Une lecture détaillée pour avoir un exemple concret de diagnostic de terrain, avec à l'appui les données clés analysées et les problématiques identifiées.
- Une lecture synthétique en s'intéressant uniquement aux encadrés de synthèse à la fin de chaque thème analysé. Ceci permet une lecture plus rapide tout en ayant pris connaissance des éléments nécessaires à la compréhension des chapitres suivants.

IV.5.1 Périmètre

Nous allons, dans cette partie, nous intéresser en particulier aux usines de moteurs. Néanmoins les mécanismes de pilotage de flux pour les autres types d'organes mécaniques (boîtes de vitesses et châssis) sont très similaires dans l'ensemble même s'il existe quelques problématiques spécifiques à prendre en compte.

Nous allons baser notre propos sur les états des lieux effectués sur les trois usines²⁹ suivantes :

²⁹ Les EDL ont, dans un second temps, lors de la phase de déploiement des nouveaux modes de fonctionnement définis par le projet CLM, été étendus à l'ensemble des usines de mécanique de l'entreprise.

- L'usine 1 : produit un petit moteur diesel. Réputé avoir des flux simples et efficaces, ce site présente des résultats de performance logistique au meilleur niveau du périmètre des usines de mécanique.
- L'usine 2 : produit plusieurs familles de moteurs et boîtes de vitesses, en particulier le moteur le plus diversifié (nous présentons la diversité au paragraphe IV.5.2.1) du groupe à cette période. Ce site a été choisi pour la complexité de ses flux : c'est un site de grande taille produisant des volumes importants et livrant une grande majorité des usines de véhicules du groupe.
- L'usine 3 : produit des moteurs dont la diversité s'accroît par des projets en cours à cette période. Il présente l'avantage d'avoir des installations relativement récentes, ce qui permet de mesurer l'évolution éventuelle des processus de pilotage de flux par rapport aux usines anciennes.

Le choix de trois sites aux caractéristiques différentes est motivé par la volonté d'avoir une vision la plus complète et la plus représentative possible des mécanismes de pilotage des flux.

La structuration de notre synthèse va suivre la grille proposée dans le paragraphe IV.4.3.1, Nous allons découper notre périmètre en logistique aval, interne et amont.

- La logistique aval : décrit le fonctionnement avec les clients et notamment le point fondamental de l'expression de la demande.
- La logistique interne : décrit les flux physiques à l'intérieur de l'usine de mécanique, et analyse le pilotage des flux de production.
- La logistique amont : décrit la gestion des approvisionnements externes auprès des fournisseurs.

Cette structuration est schématisée par la figure Figure IV-5.

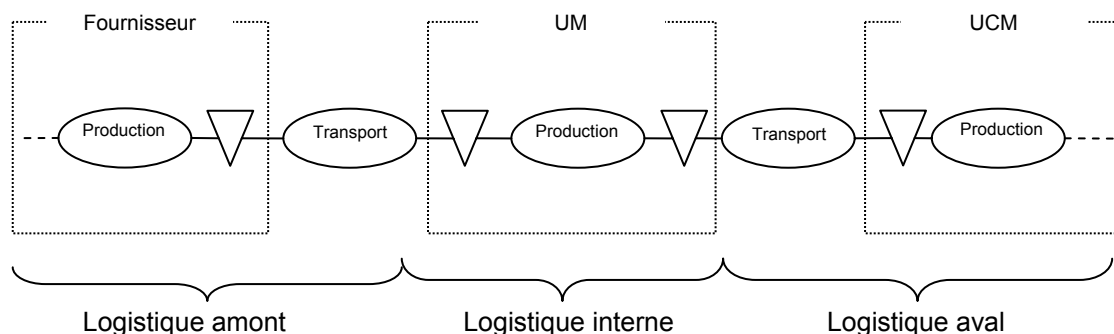


Figure IV-5 : Structuration de la synthèse de l'EDL

Note méthodologique

Rappelons que cette structuration offre juste un enchaînement logique et se ramène à une terminologie employée par l'entreprise (Cf. parag. IV.4.3.1). Les éléments étudiés peuvent très bien être structurés d'une autre manière. Ce qui importe est de bien intégrer les différents éléments de réflexion nécessaires à un diagnostic du pilotage des flux : la caractérisation du système, l'identification des informations utilisées, l'identification du point de découplage et des modes de pilotage appliqués à chaque étage de la chaîne logistique étudiée.

IV.5.2 Caractéristiques générales

Nous allons nous intéresser aux caractéristiques du produit et du système industriel d'une usine de mécanique. Les deux aspects pouvant impacter le choix des modes de pilotage.

IV.5.2.1 Caractéristiques du produit

Une usine de moteurs produit des moteurs finis et aussi des composants stratégiques. Il s'agit essentiellement des éléments connus sous l'appellation « 5C »³⁰ et qui sont : la culasse, le carter cylindres, la bielle, le vilebrequin et l'arbre à cames.

a) La diversité produit

Chaque type de moteur, produit sur une ligne, se décline en différentes références de moteurs finis³¹. La diversité désigne le nombre total de références de moteurs qu'il est possible de fabriquer. La diversité est différente d'une usine à l'autre : ainsi l'usine 1, produit un moteur dont la diversité, relativement réduite, s'élève à 50 références. L'usine 2, produit un moteur qui se décline en 120 références différentes et l'usine 3 produit un moteur qui se décline en une centaine de références différentes. Ainsi le niveau de diversité est un paramètre qui caractérise le contexte d'une usine de mécanique.

Note méthodologique

La diversité (ou variété) est un indicateur de la complexité de flux à gérer. [Baglin et al. 2001] souligne que la variété est en logistique synonyme de complexité.

b) La diversité et la demande

³⁰ L'appellation « 5C elements » fait référence au fait que les noms de ces pièces mécaniques, dans la terminologie anglaise, débutent tous par un C : crankshaft, cylinder-head, cylinder-block, conn rod, camshat.

³¹ Les sources de diversité sont multiples : le type d'énergie (essence, diesel), les options (avec climatisation, sans climatisation, avec direction assistée, sans direction assistée, ...), le véhicule sur lequel est monté le moteur (moteur monté sur la Clio, moteur monté sur la Mégane, ...), ...etc.

Les références de moteurs peuvent être classées en deux grandes catégories, en fonction du volume de la demande :

- Les références à fort volume (ou références courantes) : elles sont dites courantes car elles sont fréquemment demandées (quotidiennement) et les volumes correspondants sont relativement importants. Généralement, nous avons pu vérifier qu'environ 20% des références représentaient 80% des volumes demandés.
- Les références à faible volume : sont des références correspondant à de faibles quantités de demande. Certaines références ne sont pas toujours demandées par les clients, quelques références sont même demandées à des fréquences rares (tous les deux mois, par exemple). Ces dernières sont appelées « références exotiques ».

Ainsi la demande a une structure « pareto » : une petite partie des références représente une grande partie des volumes demandés (par opposition à une demande homogène où la demande est plus équilibrée entre les références). L'exemple de la Figure IV-6 montre les disparités des proportions de volumes demandés entre références courantes et références à faible volume. Le graphe des demandes cumulées (Figure IV-7) montre que plus de 50% des références représentent moins de 5 % de la demande totale.

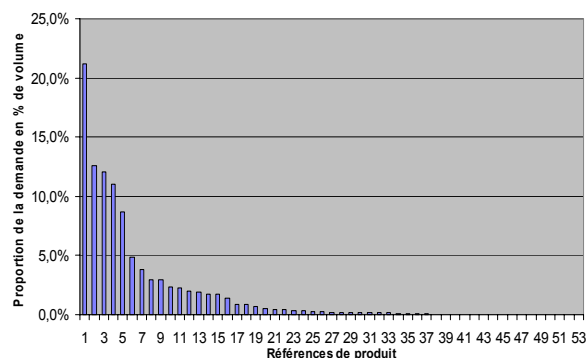


Figure IV-6 : Références à fort volume et références à faible volume (moteur F, 2003)

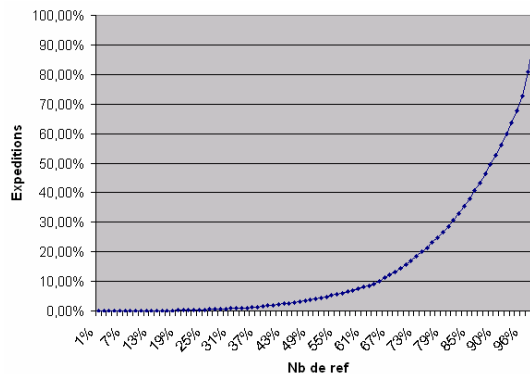


Figure IV-7 : Demande cumulée (moteur K, 2006)

Note méthodologique

Cette structure de la demande n'est pas anodine et influe sur le choix des modes de pilotage et notamment sur le positionnement du point de découplage. Ce dernier pourra être localisé différemment selon que le produit soit à fort volume ou à faible volume. Nous analyserons ce point dans le chapitre VI.

IV.5.2.2 Caractéristiques du système industriel

a) L'organisation des ressources

La littérature propose plusieurs classifications des systèmes industriels selon l'organisation des ressources. L'une des plus répandues consiste à classer les systèmes en trois grandes catégories : l'organisation en série unitaire, l'organisation en ateliers spécialisés et l'organisation en chaîne de production. Chaque système étant adapté au volume et au niveau de diversité à fabriquer. Voir, par exemple [Giard, 2003] pour une description des caractéristiques de chaque type.

Les UM produisent en série des volumes importants de produits, les ressources sont organisées en **chaînes de production**.

Le processus de production d'un moteur se décompose en lignes d'usinage où sont fabriqués les composants stratégiques et une chaîne d'assemblage final. La diversité du produit se crée le long du processus de fabrication de l'amont vers l'aval, comme le montre l'exemple de la Figure IV-8. L'essentiel de la diversité se crée à la fin du processus d'assemblage (nous y reviendrons au paragraphe IV.5.4.1).

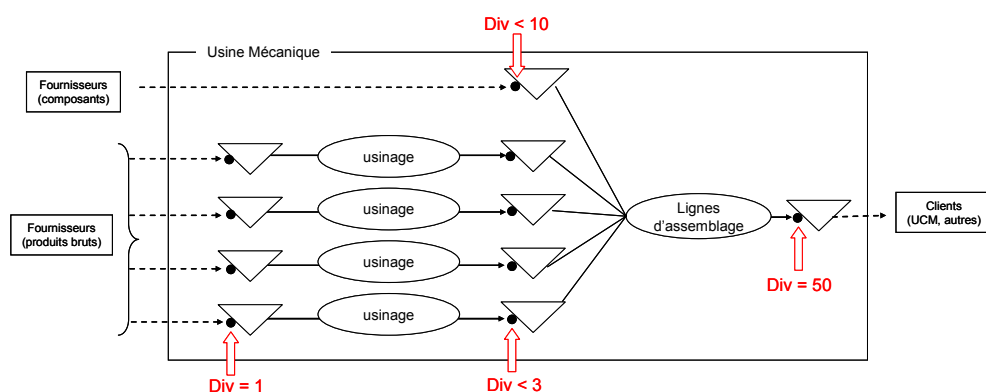


Figure IV-8 : Création de la diversité le long du processus de production. Cas d'un moteur à faible diversité.

b) Capacité et flexibilité

Le terme flexibilité désigne la capacité du système de production à s'adapter à des changements plus ou moins rapides de la demande. On distingue deux types de flexibilité :

- La *flexibilité au volume* (ou flexibilité quantitative) : C'est la capacité du système à réagir à la variation de la demande en termes de volume (quantités à livrer). La flexibilité au volume s'obtient par différents leviers : organisationnels (heures supplémentaires, main d'œuvre temporaire,...) ou physiques (changement de cadence,...).

- La *flexibilité au produit* (ou flexibilité qualitative) : c'est la capacité du système à traiter la variété de produits demandés. Afin de répondre à un changement de type de produit demandé, le système doit être capable de passer rapidement d'un type à l'autre. Un principal levier réside dans la réduction des temps de reconfigurations des ressources matérielles.

Comment se caractérise la flexibilité des usines de mécanique ?

La flexibilité au volume

Du point de vue du volume, la capacité instantanée du système de production d'une UM peut s'adapter à la hausse et à la baisse. Plusieurs leviers sont utilisés :

- L'organisation des équipes. Une ligne peut « tourner » à une, deux ou trois équipes ce qui permet des ajustements de volumes en fonction des besoins.
- Le temps de cycle de production : il peut être augmenté ou baissé afin d'ajuster la cadence de production.
- L'ouverture des lignes de production les samedis, dimanches permet d'augmenter la capacité. A l'inverse, la fermeture des installations pour journées non travaillées permet la baisse des capacités.

Ces ajustements à la hausse et à la baisse sont possibles jusqu'à une certaine limite. En effet, chaque levier est soumis à des contraintes. Il s'agit par exemple de contraintes législatives ou réglementaires liées aux accords sociaux de l'entreprise (un délai minimum de préavis avant la mise en places d'heures supplémentaires ou d'ouverture un samedi, un nombre maximum légal de jours de fermeture autorisés par an, ...). Nous avons pu remarquer qu'en fonction des contraintes législatives et sociales, le niveau de flexibilité possible peut différer d'un site à un autre, en particulier si les sites sont dans des pays différents. Se référer à [Calvet, 2006] pour une analyse détaillée de la flexibilité quantitative des UM.

La flexibilité au produit

Du point de vue de la flexibilité au produit, le système de production d'une usine de mécanique se caractérise par deux situations structurellement différentes entre les lignes d'assemblage et les lignes d'usinage.

Pour les lignes d'assemblage, il est possible de produire toutes les références d'un moteur sur une même ligne ; sur certaines lignes il est également possible de produire des

moteurs de familles³² différentes. La flexibilité des lignes d'assemblage est favorisée par le fait que les lignes sont manuelles. La flexibilité est cependant limitée par un certain nombre de contraintes :

- Certains postes peuvent nécessiter des changements d'outillage pour passer d'une référence d'organe à une autre, et il arrive que les temps de reconfiguration soient significatifs.
- Une contrainte fréquemment rencontrée dans les usines de mécanique est liée au mode d'approvisionnement des composants. Ainsi, lorsque toute la diversité d'un composant ne peut être disposée sur le bord de chaîne³³ pour des raisons d'espace, une partie de la diversité peut être disposée un peu plus loin du poste ; et lorsque la référence de produit change, il faut reconfigurer le bord de chaîne en ramenant l'emballage de la référence nécessaire au poste et en évacuant celui de l'ancienne référence. Ce temps de changement d'emballage constitue une contrainte de reconfiguration.
- Un autre type de contrainte est lié à l'engagement³⁴ des postes de travail en fonction du type de moteur produit. En effet, le nombre de pièces et accessoires à monter sur un moteur peut différer d'une référence à l'autre. C'est ainsi qu'on peut avoir des « moteurs riches » avec un nombre relativement élevé de composants, nécessitant par conséquence des temps opératoires plus longs ; et des moteurs plus simples avec moins de composants et donc des temps opératoires plus courts. Afin d'équilibrer dynamiquement les engagements des postes de travail, des contraintes d'ordonnement sont mises en place, par exemple, passer un moteur riche tous les x moteurs simples.

Pour l'usinage, la situation est sensiblement différente. Il existe deux types de lignes :

- Des lignes dites « rigides » qui ne produisent qu'un seul type de produit.
- Des lignes dites « flexibles » qui peuvent produire des pièces de types voire de familles différentes.

Cependant, ces lignes flexibles fortement automatisées présentent en général d'importants temps de reconfiguration. Les temps de reconfiguration, ou *temps de changement de rafales*³⁵

³² Les moteurs sont classés en familles. Par exemple : la famille K désigne les moteurs de la gamme (1400 à 1600 cc) et la famille F désigne les moteurs de la gamme (1800 à 2000 cc).

³³ Le « bord de chaîne » désigne l'espace de stockage des composants à assembler ; il est situé le long de la chaîne à proximité immédiate des opérateurs.

³⁴ L'engagement d'un poste mesure en quelque sorte son rendement. C'est le ratio du temps opératoire effectif par le temps de cycle de la ligne.

³⁵ Le terme « rafale » vient du fait que lorsque les temps de reconfiguration des machines sont importants, on produit par lots de taille importante, qu'on appelle « rafales »

dans la terminologie Renault, sont différents d'un type de produit à l'autre, et d'un type de ligne à l'autre. Le Tableau IV-2 montre l'étendue de la disparité sur des exemples.

		Temps de changement de rafale (minutes)	
Type de ligne	Type de pièce	Inter-famille (A-->B)	Intra-famille (A-->A)
Flexible	Arbre à cames	240	65
Flexible	Vilebrequin	180	180
Non flexible		-	180
Flexible	Culasses	10	0
Flexible ou non	Bielles	150	30
Flexible	Carter cylindres	20	0
Non flexible		60	30

Tableau IV-2 : Les temps de changement de rafales pour les lignes d'usinage

Ainsi si pour une ligne de culasses, il faut dix minutes pour passer d'une pièce de la famille A, vers une pièce de la famille B, il ne faut pas moins de quatre heures pour faire ce changement sur une ligne d'usinage d'arbre à cames. De plus, il est à noter que le temps de changement de rafale est différent lorsque l'on fait un changement au sein d'une même famille ($A \rightarrow A$) ou entre familles différentes ($A \rightarrow B$). Il peut aussi être différent en fonction du sens de changement ($A \rightarrow B$ différent de $B \rightarrow A$). La contrainte de temps de reconfiguration a pour conséquence une production par lots sur les lignes d'usinage.

Il est intéressant de remarquer que pour un même type de ligne et de pièce, les temps de changements de rafales peuvent être différents d'une ligne à l'autre ou d'une usine à l'autre. Cela nous amènera à nous interroger sur les causes de ces différences et les potentiels de progrès au chapitre VI.

Note méthodologique

La flexibilité est un second élément qui influe directement sur le choix de la localisation du point de découplage. Nous analyserons ce point au chapitre VI.

En synthèse :

Le produit d'une UM de mécanique se caractérise par un niveau de diversité différent selon le produit (de 50 à 180 références pour les moteurs) et une demande à structure pareto (certaines références correspondent à de faibles volumes de la demande et d'autres références correspondent à de forts volumes).

Le système industriel d'une usine de mécanique se caractérise par un niveau de flexibilité différent entre les lignes de production. La flexibilité des lignes d'assemblage peut être

limitée par des contraintes process (engagement, temps de reconfiguration) ou d'approvisionnement (reconfiguration de postes). La flexibilité des lignes d'usinage est limitée par les temps de reconfiguration pour passer d'un type de produit à un autre.

IV.5.3 La logistique aval

IV.5.3.1 Les clients

Chaque UM est fournisseur de plusieurs UCM différentes³⁶ et chaque cliente UCM a pour fournisseurs d'organes mécaniques, plusieurs UM différentes. En effet, un même type de moteur peut être monté sur des véhicules différents ; inversement, un modèle de véhicule peut se décliner sous différentes versions en fonction du type de moteurs (essence, diesel, ...). Nous soulignons ce caractère multi-client multi-fournisseur dans la relation UM/UCM car ce point, comme nous le verrons ultérieurement, a d'importantes conséquences sur les mécanismes de pilotage des flux.

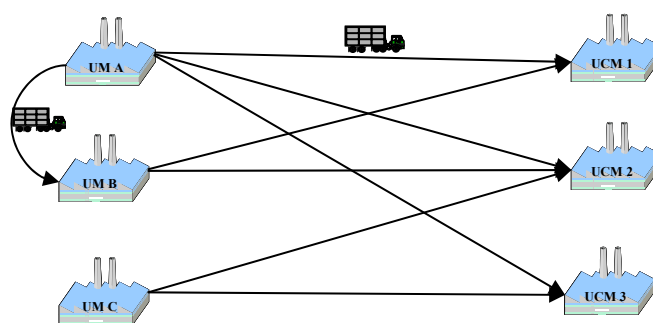


Figure IV-9 : Un réseau multi-clients / multi-fournisseurs

Le nombre de clients diffère d'une usine de mécanique à l'autre. L'usine 1 a sept clients ; l'usine 2 a pour sa part dix-sept clients. Le nombre de clients est un second facteur différenciant la complexité de flux à gérer entre usines.

Les localisations géographiques des clients sont aussi disparates. Une usine de mécanique en France, par exemple, peut aussi bien livrer des clients sur le territoire national qui sont à quelques heures de temps de transport, comme elle peut livrer des usines à l'étranger dont le délai de transport peut être de plusieurs jours voire semaines³⁷. Le délai de transport a un impact important sur les paramètres de pilotage de flux dans le contexte des UM. Il influence sur la visibilité dont dispose l'UM sur les besoins fermes de ses clients (Cf. IV.5.4.2 et chapitres V et VI).

³⁶ Si les usines de carrosserie montage sont les clientes principales d'une UM, elles ne constituent pas, à elles seules, tout le réseau client d'une UM qui comprend aussi : les autres UM (échange de pièces usinées), le magasin de pièces de rechanges, les ILN (International Logistic Network) qui sont des plateformes de gestion des flux internationaux d'approvisionnement et des clients autres que les usines Renault (Nissan, autres constructeurs,...).

³⁷ Dans le cas de livraisons internationales, les temps de passage en douane peuvent être très longs.

IV.5.3.2 La demande des UCM

a) Structure de la demande

On rappelle que les UCM ont un film ferme de 6 jours qui leur sert à piloter leurs flux et à exprimer leurs besoins en composants aux fournisseurs (Cf. Chap. I). Les besoins en organes mécaniques sont calculés quotidiennement et envoyés aux usines de mécanique sous la forme suivante (Figure IV-10) :

- Des commandes fermes (sur un horizon d'une journée à 5 jours) : ce sont les quantités d'organes à livrer par référence. C'est une réquisition ferme et non modifiable.
- Des commandes prévisionnelles (sur un horizon de trois semaines environ) : c'est une information prévisionnelle que transmet l'UCM sur les besoins journaliers par référence d'organe. Ces commandes prévisionnelles ne constituent pas une réquisition et peuvent être modifiées par l'UCM.
- Des prévisions volumiques hebdomadaires sur un horizon de trois mois environ.

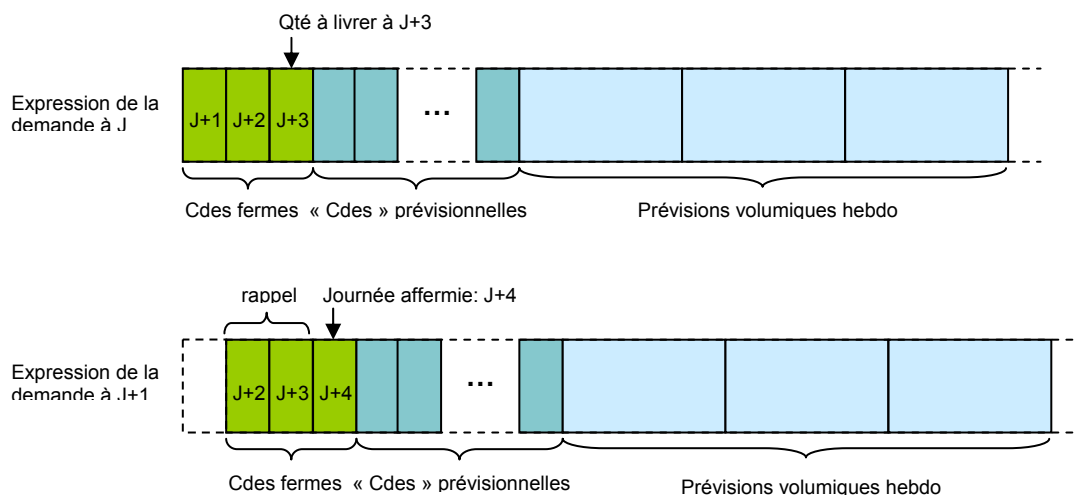


Figure IV-10 : L'expression de la demande UCM.

Le nombre de jours de commandes fermes dépend de la visibilité (ou préavis) que donne l'UCM à l'UM. Pour une visibilité « ferme » de trois jours, par exemple, chaque jour J , les livraisons fermes sont rappelées pour $J+1$ et $J+2$; la quantité à livrer pour $J+3$ est calculée (on dit que la journée $J+3$ est « affermie ») et exprimée. Au-delà des commandes fermes, les quantités sont prévisionnelles ; elles ne correspondent pas à des réquisitions de la part de l'UCM.

b) La longueur de l'horizon ferme ou délai client

La longueur de l'horizon ferme représente le délai dont dispose le fournisseur (UM) pour livrer la commande au client. Pour un horizon ferme de 3 jours, l'UM a un délai de 3 jours entre la date de réception du besoin et la date à laquelle elle doit livrer les organes sur le quai de livraison de l'UCM (Figure IV-11).

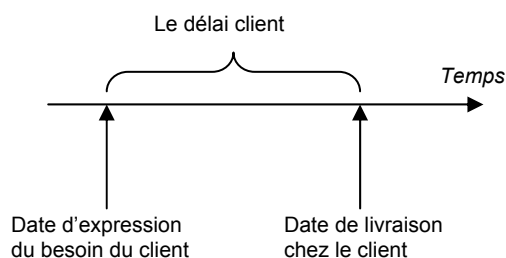


Figure IV-11 : Le délai client

Le délai client est différent selon le couple (UM, UCM). Les délais peuvent aller d'une journée à cinq jours. Ils sont parfois de moins d'une journée pour les liaisons dites synchrones où l'UCM transmet l'information correspondant à l'ordre de passage des véhicules sur la chaîne de montage, juste quelques heures avant la date de livraison.

Ce point nous interpelle : nous avons vu au chapitre I, que les usines de véhicules disposaient d'un film ferme de six jours, or les préavis donnés aux usines de mécanique sont inférieurs. Pourquoi ? C'est une question importante que nous analyserons en détail dans le chapitre V. Retenons pour l'instant qu'une UM en fonction du client, peut avoir **une visibilité sur la demande ferme qui va de moins d'un jour à cinq jours**.

c) Le profil de la demande

Nous nous sommes intéressés à un autre aspect lié à la demande du client : le profil de la demande. L'analyse des données de terrain et les échanges avec les opérationnels font état d'une demande UCM qui varie sensiblement d'une journée à l'autre. La variation est d'autant plus importante que l'on s'intéresse au « mix produit », c'est-à-dire la répartition des quantités demandées par référence de produit. La variation est jugée importante par les opérationnels au regard de la flexibilité quantitative des UM. Nous verrons, dans un premier temps (dans la suite de ce chapitre), les impacts de cette variation sur le pilotage des flux. Nous analyserons, dans un second temps (chapitre V), de manière détaillée l'amplitude de la variation et ses causes.

Note méthodologique

L'information sur la demande est un élément clé dans le choix des modes de pilotage (Cf. chapitre III), c'est pourquoi, lors de l'état des lieux, une attention particulière doit être apportée à l'analyse de l'information dont dispose le fournisseur pour piloter ses flux.

En synthèse :

Le réseau de clients d'une UM est composé d'usines de véhicules qui se situent à des distances de transport différentes.

La demande client reçue par une UM se caractérise par : 1/ des commandes fermes et des commandes prévisionnelles reçues à une fréquence quotidienne, 2/un délai client qui est différent en fonction de chaque couple (UM/UCM) et qui peut aller de moins d'une journée à cinq jours, 3/une variation volumique journalière significative.

IV.5.4 La logistique interne

IV.5.4.1 Les flux physiques

Une usine de mécanique reçoit de chez des fournisseurs extérieurs des *pièces brutes* qu'elle usine sur des **lignes d'usinage**. C'est la première macro-étape de production d'un organe mécanique. Dans la terminologie de Renault, les produits usinés sont appelés des *produits ouvrés usine (POU)*. Un second flux entrant dans une usine mécanique est celui des *produits ouvrés extérieurs (POE)*. Il s'agit de l'ensemble des composants provenant de chez des fournisseurs externes.

Les POU et POE sont assemblés sur une chaîne d'assemblage. C'est la seconde macro-étape de la fabrication d'un produit mécanique. La ligne d'assemblage moteur est composée d'une partie dite « bas moteur » et une partie « habillage ». On distingue en fin de ligne d'habillage, un tronçon final où sont montés les accessoires, qui sont en général des pièces qui génèrent de la diversité. A la fin de la ligne d'habillage, les moteurs sont enlevés du support sur lesquels ils étaient maintenus tout au long du process (on dit qu'ils sont décrochés). Les moteurs sont ensuite testés sur des bancs thermiques puis placés dans le stock de produits finis. A la date d'expédition, les moteurs sont chargés dans les camions puis transportés vers le client.

Remarques :

- Il arrive qu'une UM produise des *moteurs troncs* : ce sont des moteurs dont on a assemblé les composants de base et dont une partie des composants (les accessoires) sont montés directement en UCM. C'est notamment le fonctionnement adopté par les usines de Nissan. Cela repose sur le principe de la différenciation retardée ; les accessoires étant assemblés en usine de véhicule, la diversité est ainsi réduite en usine de mécanique. Nous reviendrons sur la différenciation retardée au chapitre VI.
- La pose des accessoires est l'étape du processus qui génère le plus de diversité.

L'approvisionnement des composants aux postes de travail

Les composants (qu'ils soient internes ou externes) acheminés vers la ligne d'assemblage peuvent aussi présenter une diversité. La gestion de l'approvisionnement au poste des pièces à diversité est une problématique importante. Deux approches sont utilisées :

- soit il est possible de disposer toute la diversité d'un composant au poste de travail ; les pièces sont en général disposées dans des petits bacs posés sur des étagères de meubles en bord de chaîne ;
- soit la diversité ne peut être entièrement disposée au poste par manque de place (c'est le cas des pièces volumineuses). Dans ce cas, différentes solutions d'approvisionnement sont adoptées :
 - o la reconfiguration du poste : cette solution a été évoquée au paragraphe IV.5.2.2. La diversité est disposée dans une zone à proximité du poste de travail. Au poste, n'est disposé que l'emballage de la référence de composants en cours de consommation. A chaque changement de diversité à monter, on doit reconfigurer le poste en évacuant l'emballage de l'ancienne référence et en amenant l'emballage de la nouvelle référence à monter. Ce mode présente l'inconvénient de générer une contrainte de lot de fabrication à l'assemblage induite par le temps de reconfiguration du poste.
 - o Afin de pallier les inconvénients de la première solution, d'autres modes d'approvisionnement ont été développés. A titre d'exemple : l'« encyclage » consiste à préparer les composants dans l'ordre du film de fabrication et à les livrer ainsi ordonnés au poste de travail. Aucune reconfiguration de poste n'est donc nécessaire. Cependant, cette solution nécessite de la surface et des ressources pour gérer la préparation.

Les EDL ont été l'occasion de faire émerger des problématiques telles que des implantations non optimisées, la complexité de certains flux, ... qui sont autant de voies de progrès sur l'efficacité des flux physiques. Nous n'allons pas nous attarder sur ce point, car le cœur de notre problématique est l'amélioration du pilotage des flux. Cependant, nous

évoquerons au chapitre VI, la complémentarité entre l'amélioration du pilotage des flux et l'amélioration des processus physiques.

A présent que nous avons décrit les caractéristiques générales du système, l'environnement aval (clients et demande) et les flux physiques à gérer, intéressons nous à la manière dont sont pilotés ces flux.

Note méthodologique

|| C'est donc à partir de ce point que nous allons aborder l'analyse du pilotage des flux de l'UM.

IV.5.4.2 Le pilotage des flux de production

Pour analyser le pilotage des flux de production, nous allons d'abord nous intéresser à l'information utilisée pour déclencher les décisions de flux. Nous identifierons ensuite le point de découplage de la chaîne logistique mécanique. Cela nous permettra d'appréhender les modes de pilotage appliqués à chaque étage : l'assemblage puis l'usinage.

a) L'information utilisée

L'information dont dispose l'UM pour piloter ses flux est celle qui a été décrite au paragraphe IV.5.3.2. L'information sur la demande est composée de commandes fermes et de commandes prévisionnelles. Les prévisions volumiques hebdomadaires vont moins nous intéresser dans cette partie, elles servent à la programmation moyen terme, qui est en dehors de notre périmètre.

Nous allons nous intéresser à la fiabilité de l'information disponible. La Figure IV-12 montre l'origine des informations transmises par l'UCM à l'UM :

- Les commandes fermes sont théoriquement issues de la traduction du film ferme de véhicules en un besoin en organes mécaniques. Ces commandes sont exprimées de manière ferme et donc constituent une information certaine pour l'UM.
- Les commandes prévisionnelles quant à elles sont issues du film prévisionnel de l'UCM. Nous avons vu au chapitre I, que ce film était composé à la fois de commandes fermes des clients finaux mais aussi de pseudo-lancements. L'information comporte donc de l'incertitude. Nous avons également vu que plus on s'éloignait dans le temps et moins le film comportait de commandes fermes. Par conséquent, plus on s'éloigne dans le temps et moins l'information donnée dans les commandes prévisionnelles est fiable pour l'UM.

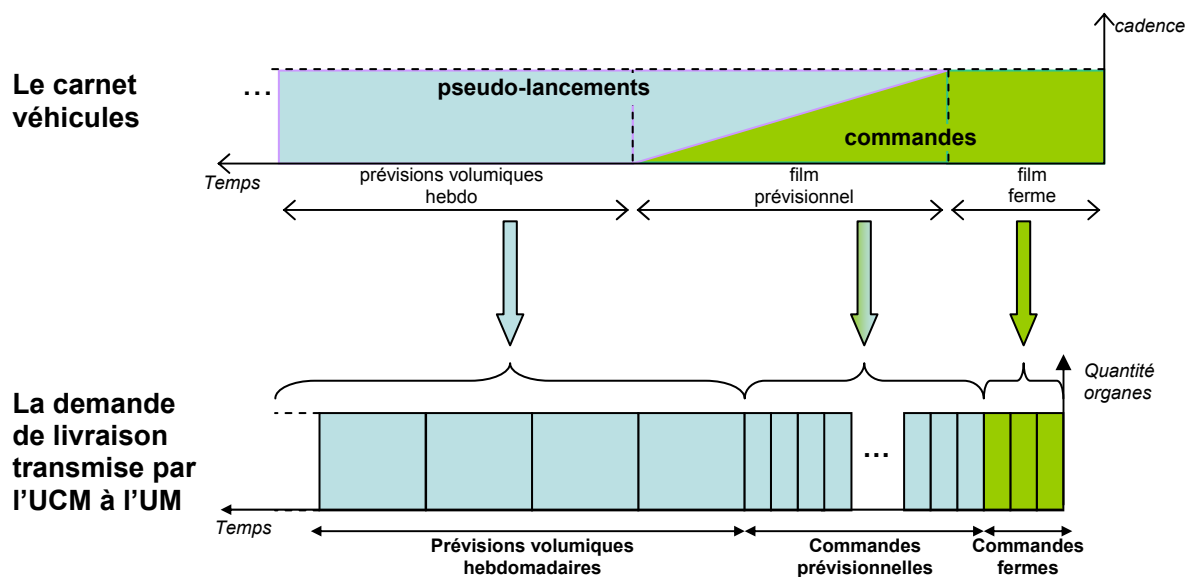


Figure IV-12 : Origine de l'information sur la demande

b) Le point de découplage

Le point de découplage (PDD) délimite la frontière entre les activités pilotées à la commande et les activités pilotées par anticipation (Cf. chapitre III). Afin de localiser le PDD des UM, nous avons comparé le délai client (qui correspond à la longueur de l'horizon ferme) avec les délais internes de l'UM et le délai de transport de l'UM vers l'UCM. Trois cas de figures de base sont possibles (Figure IV-13) :

- **Premier cas, noté PDD1** : le délai client couvre l'étage de transport mais ne couvre pas les délais internes de production de l'UM. C'est le cas majoritairement rencontré. Dans ce cas, le point de découplage se situe à l'entrée de l'étage d'expédition. Ainsi l'expédition est gérée à la commande et les étages amont de production de l'UM sont gérés par anticipation.
- **Deuxième cas, noté PDD2** : le délai client couvre le délai de transport et le temps d'écoulement sur la ligne d'assemblage. Ainsi l'assemblage et les étages en aval sont pilotés à la commande et les processus en amont par anticipation.
- **Troisième cas, noté PDD3** : Le délai client couvre le délai de transport et les délais internes de production (assemblage et usinage). L'ensemble du processus de production de l'UM est piloté à la commande.

Remarque importante :

Chaque UM peut se trouver dans une combinaison des cas de base en fonction de chaque client UCM. En effet, nous avons vu que les délais clients étaient différents par UCM. Ainsi

une même UM peut avoir un délai client court avec une UCM et se trouver avec un point de découplage dans le cas PDD1, et avoir à la fois un délai client plus long pour une autre UCM et se trouver avec un PDD dans le cas 2. Nous analyserons les variantes de points de découplage dans le chapitre VI.

Retenons pour l'instant, que presque la totalité des UM se trouvent dans le cas PDD1, c'est-à-dire un pilotage des flux de production par anticipation. **Seule l'usine 1** (voir périmètre, page 89), se trouve dans le cas PDD2, à savoir un pilotage de l'assemblage à la commande.

Le cas PDD3, est quant à lui très rare dans la pratique et concerne seulement quelques lignes d'usinage de l'UM 1. Nous allons donc, dans la suite, nous attarder surtout sur les cas PDD1 et PDD2.

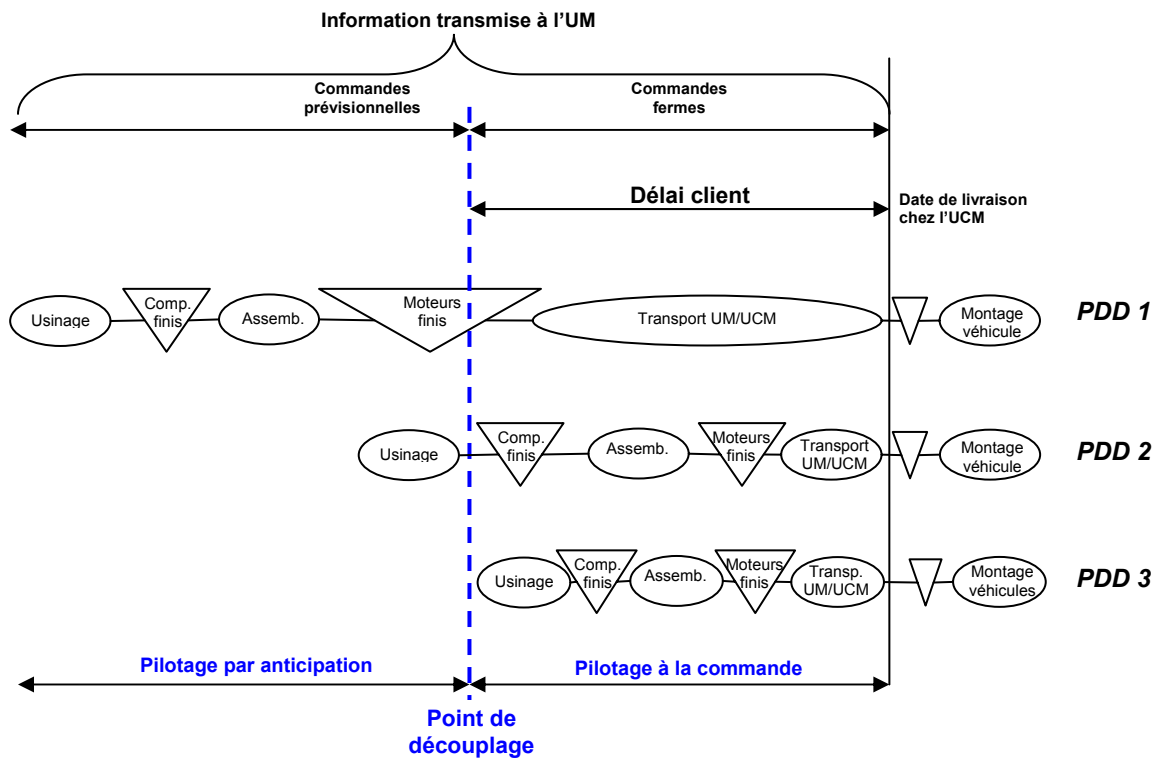


Figure IV-13 : Le point de découplage de la chaîne logistique mécanique

A présent que le point de découplage est identifié, nous allons voir quels sont, dans le détail, les modes de pilotage appliqués à chaque étage de production (nous procéderons de l'aval vers l'amont : c'est-à-dire que nous analyserons l'étage d'assemblage, puis l'étage d'usinage). Nous aborderons ensuite la gestion des approvisionnements dans le paragraphe IV.5.5.2.

c) La programmation des lignes d'assemblage

La *programmation de la production* désigne l'activité de définition des volumes à produire sur le court terme. Elle a pour résultante l'établissement d'un programme d'assemblage qui définit, pour chaque référence de moteur, les quantités à produire par jour.

Le principe :

Les usines de mécanique sont dotées d'un progiciel de gestion intégrée de la production. Ce progiciel se base sur la **méthode MRP** (Cf. chap. III).

En partant de l'information sur la demande client, et en considérant les décalages de transport et de production, les besoins en organes à livrer aux UCM sont traduits en un programme d'assemblage, appelé Programme de Montage Organes (ou PMO). L'éclatement des besoins par la nomenclature permet ensuite de calculer les besoins en composants internes et externes. Les besoins de composants externes sont transmis aux fournisseurs via EDI. Le principe global est illustré par la Figure IV-14.

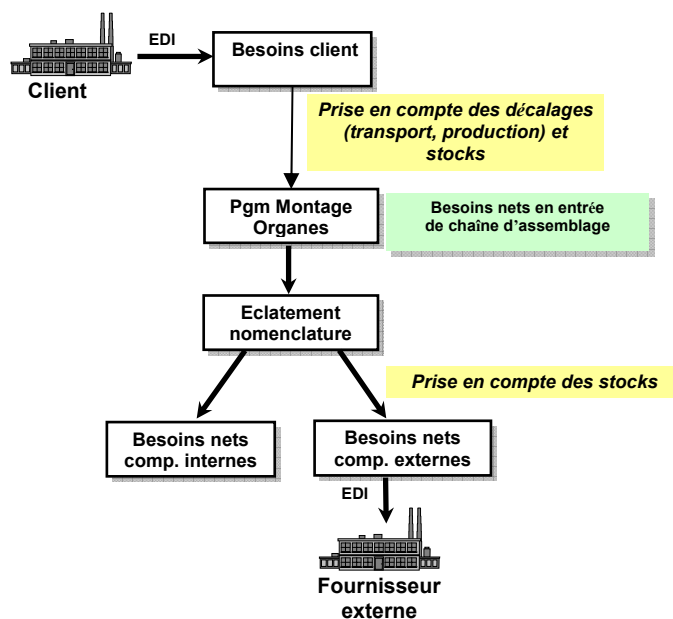


Figure IV-14 : L'application de la méthode MRP dans les UM.

La nature de l'information sur la demande utilisée pour établir le PMO dépend de la localisation du point de découplage.

Cas du pilotage de l'assemblage par anticipation.

Dans le cas PDD1 de la Figure IV-13, le point de découplage est situé à l'étage d'expédition. Ainsi, l'assemblage est piloté par anticipation. L'information utilisée est constituée des commandes prévisionnelles. C'est donc une information incertaine.

Dans la pratique, les UM relèvent une incertitude importante sur les quantités d'organes à livrer prévues dans les commandes prévisionnelles des UCM. L'incertitude porte, pour partie, sur la quantité globale mais surtout, et en grande partie, sur les quantités par référence (ce qui correspond au mix de produits).

Face à une diversité de produits élevée, le manque de fiabilité de l'information prévisionnelle n'est pas sans causer un certain nombre de difficultés pour les UM :

- Si pour les références courantes, les UM ne prennent pas beaucoup de risque en produisant par anticipation, c'est moins le cas pour les références à faible volume. En effet, deux cas de figures peuvent se produire : soit les quantités anticipées sont inférieures à la demande réelle et l'UM encourt ainsi un risque de rupture ; soit les quantités anticipées sont trop importantes et il subsiste des stocks d'organes invendus. C'est ainsi que l'on a constaté l'existence de stocks morts correspondant à des organes produits par anticipation n'ayant jamais été demandés par les clients. Rappelons que la structure de la demande est pareto, et qu'environ 80% des références sont à faible volume. La problématique est donc importante.
- Pour pallier l'incertitude sur la demande, les UM mettent en place d'importants stocks de sécurité. Les stocks d'organes terminés sont de l'ordre de 2 à 4 jours de consommation client.
- L'assemblage connaît des ruptures d'approvisionnements des composants internes et externes à fréquence quotidienne, nous analyserons les causes dans la suite du chapitre. Ces ruptures ont des répercussions sur la réalisation du programme d'assemblage et donc sur le taux de service vers les UCM.

Cas du pilotage de l'assemblage à la commande

Pour l'usine 1, la comparaison du délai client avec la somme du temps de transport et des délais internes de l'usine, montre que le point de découplage se situe à l'amont de l'étage d'assemblage (PDD2 et PDD3, dans la Figure IV-13). En d'autres termes, l'usine utilise l'information sur les commandes fermes des clients afin de piloter la production de la ligne d'assemblage. C'est un pilotage à la commande.

La logique de programmation de l'assemblage se base sur la méthode MRP. L'information utilisée est fiable en quantités et dates de livraison.

L'examen des modes détaillés, montre, par ailleurs, que l'usine se couvre contre les aléas en utilisant comme paramètre des délais de sécurité. Elle avance donc la date de lancement de la production de la ligne d'assemblage afin de tenir compte :

- des délais de retouches si un problème de qualité est détecté sur un moteur ;
- du délai de relance et production d'un nouveau moteur, si un organe est rebuté suite à un problème de qualité sévère.

Ce mode de fonctionnement évite à l'usine 1 de maintenir un stock de sécurité pour chacune des références de moteur. Cela suppose, néanmoins, d'avoir des délais de retouche et de relance de produit qui sont réactifs et compatibles avec le délai client.

Notons aussi que, comme l'information utilisée pour construire son programme d'assemblage est certaine, l'usine 1 n'a pas besoin, contrairement aux autres usines, d'une couverture de sécurité pour pallier une incertitude prévisionnelle.

Problématique de la variation de la demande client

Nous avons évoqué au paragraphe IV.5.3.2, que la demande des UCM se caractérise par une variation qui peut dépasser les limites de flexibilité à court terme d'une UM.

Etant donné l'incertitude sur les commandes prévisionnelles, cette variation n'est pas connue à l'avance par les UM et est souvent encaissée à la dernière minute. Si ces variations sont à la hausse, l'usine risque de ne pas assurer la commande, d'où la constitution de stocks de sécurité pour pallier les risques de variation. Si ces variations sont à la baisse, et étant donné les limites de flexibilité en volume, l'usine va continuer à produire sa quantité journalière ce qui va gonfler les stocks. Nous analyserons en détail la problématique de la variation des commandes UCM dans le chapitre V. Retenons pour l'instant que cette variation, qu'elle soit à la hausse ou à la baisse, induit des stocks de moteurs finis dans les UM.

En synthèse :

Dans le cas d'un pilotage par anticipation, l'établissement du programme d'assemblage se base sur les commandes prévisionnelles des UCM. Les UM ont recours à des stocks de sécurité afin de pallier à la fois les aléas de production et l'incertitude prévisionnelle. Les UM enregistrent dans la pratique des ruptures d'approvisionnements de composants internes et externes. Le pilotage par anticipation est l'approche en vigueur dans la grande majorité des UM.

Dans le cas d'un pilotage à la commande, l'établissement du programme d'assemblage se base sur les commandes fermes des UCM. Ce mode est en vigueur dans l'UM 1. Cette dernière utilise des délais de sécurité afin de se couvrir contre les aléas de production (retouches qualité et rebuts).

La variation de la demande client induit des stocks de moteurs finis en UM.

d) L'ordonnancement des lignes d'assemblage

Le principe

Une fois que les quantités journalières à produire sont définies dans le PMO, l'étape suivante consiste à déterminer l'ordre précis de lancement des ordres de fabrication sur la ligne d'assemblage. C'est l'activité d'*ordonnancement*.

L'ordonnancement a pour résultante la construction d'un *film d'assemblage*. A partir des quantités par références issues du PMO, un progiciel d'ordonnancement a pour rôle de définir, pour une journée de production J, l'ordre de fabrication des organes en prenant en compte les contraintes de la ligne d'assemblage.

Les contraintes à prendre en compte

Les contraintes d'ordonnancement sont générées par les contraintes process et d'approvisionnement décrites dans le paragraphe IV.5.2.2. Les contraintes se traduisent par des tailles de lots minimums à respecter, par exemple : 6, 48, 120, Les tailles de lots minimums sont différentes d'une ligne d'assemblage à l'autre et d'une usine de mécanique à l'autre.

La taille de lot influe sur le niveau de stock de moteurs finis. En effet, si le client demande 12 organes du type A et que le taille de lot minimum est de 24, la moitié des organes produits ne correspond pas à une demande du client et donc se retrouve dans le stock. D'autre part, si un organe est rebuté pour défaut de qualité, il faut pour le remplacer, relancer une rafale de 24. Il restera donc 23 organes dans le stock. Etant donné le niveau de diversité d'un moteur, l'impact de ces tailles de lot n'est pas négligeable.

Il est intéressant de noter que pour, l'usine 1, la ligne d'assemblage ne comporte pas de contraintes de taille de lot minimum. Les organes peuvent être produits à l'unité. Ceci est dû à deux éléments : d'une part la diversité de composants à gérer est plus faible et d'autre part, pour les quelques composants qui présentent de la diversité des solutions d'approvisionnements aux postes, de type encyclage, ont été adoptés de manière à éviter toute contrainte de reconfiguration. Ce contexte présente plusieurs avantages : l'usine peut

produire exactement les quantités demandées par les clients et lorsqu'un moteur est rebuté, elle peut le remplacer unitairement.

L'ordonnancement dans le cas d'un pilotage par anticipation

Dans le cas d'un pilotage de l'assemblage par anticipation, les usines établissent le film de fabrication le plus tard possible de manière à tenir compte des dernières expressions de besoins rafraîchies par les UCM. Ainsi, dans la pratique, le film d'assemblage est construit **une équipe à une journée** avant le lancement en fabrication.

Partant des quantités à produire le jour J, le système informatique d'ordonnancement génère un film de production théorique. Celui-ci n'est souvent pas utilisé en l'état et est remanié manuellement suivant ce processus :

- Un test de « fabricabilité » est réalisé afin de vérifier la disponibilité des composants; les composants non disponibles sont listés et transmis au service d'approvisionnement.
- Le service d'approvisionnement gère la liste des composants manquants : les fournisseurs sont contactés pour connaître leurs disponibilités en stocks et leurs délais de production. En fonction des possibilités de réponse des fournisseurs (disponibilités en stock, délai d'approvisionnement), des commandes urgentes leur sont transmises afin d'approvisionner les composants manquants.
- les contraintes d'approvisionnement sont prises en compte et le film de fabrication est remanié en décalant les ordres d'assemblage en fonction de la date de réception des composants manquants.
- Un nouveau test de fabricabilité est réalisé et d'autres composants peuvent être manquants dans le nouveau film. Le service d'approvisionnement intervient de nouveau et ainsi de suite, le processus est itéré jusqu'à obtenir un film « réalisable ».

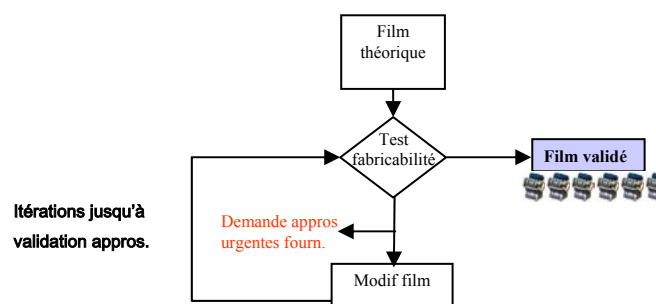


Figure IV-15 : l'ordonnancement dans le cas d'un pilotage par anticipation

Ce mode de fonctionnement appelle plusieurs remarques :

- Ce mode de fonctionnement montre qu'il y a quotidiennement un écart entre les quantités de composants qui ont été approvisionnées et les besoins de la ligne d'assemblage.
- Les approvisionnements des composants manquants sont gérés en mode d'urgence par des demandes de livraison spéciales (DLS) qui viennent en complément des commandes envoyées aux fournisseurs par voie « normale » (nous y reviendrons au paragraphe IV.5.5.2). Les commandes urgentes génèrent des surcoûts de transport.
- Les quantités réelles à produire sur la ligne d'assemblage ne sont connues qu'à la « dernière minute ». En pratique, moins d'une journée avant le lancement en fabrication. Cette visibilité courte impacte la gestion des approvisionnements de composants externes la gestion de la production des composants internes (usinage).

Notons que pour les composants internes (les pièces usinées), une problématique similaire existe. Pour certains organes, une réunion de « mise en chaîne » avec les responsables des différentes lignes d'usinage a lieu quotidiennement. Elle consiste à confronter le film de fabrication avec les disponibilités des pièces internes. Les manques sont identifiés et le film de fabrication est remis en cause et modifié pour ne lancer que les quantités d'organes pour lesquels les composants internes sont disponibles.

En conclusion, à chaque journée de production, on ne produit pas forcément ce qui est prévu dans le PMO, on produit les quantités qu'il est possible de produire, compte tenu de la disponibilité des composants. Les quantités qui n'auront pas pu être produites dans la journée, par manque de pièces, impacteront le taux de service de l'UM vers l'UCM.

L'ordonnancement dans le cas d'un pilotage à la commande

L'usine 1 qui pilote l'assemblage à la commande présente un fonctionnement sensiblement différent. Le film de fabrication est construit à partir du PMO qui lui-même est construit à partir des commandes fermes des UCM. Le film est établi et figé **deux jours** avant le lancement de la production.

La longueur de film ferme de deux jours, est utilisée par l'usine pour piloter ses approvisionnements et la production des lignes d'usinage.

L'ordonnancement se fait automatiquement à l'aide du système informatique. En l'absence de contrainte de lot, la séquence des ordres de fabrication correspond aux quantités à livrer aux clients dans l'ordre de départ des camions de livraison (Figure IV-15).

Contrairement aux autres usines, le test de « fabricabilité » n'est utilisé que pour suivre les aléas éventuels des fournisseurs (retards de livraisons, ...). Il n'y a pas de boucle itérative

avec le service des approvisionnements. Cela indique que les composants nécessaires pour réaliser le film sont « théoriquement » disponibles, sauf en cas d'aléas.

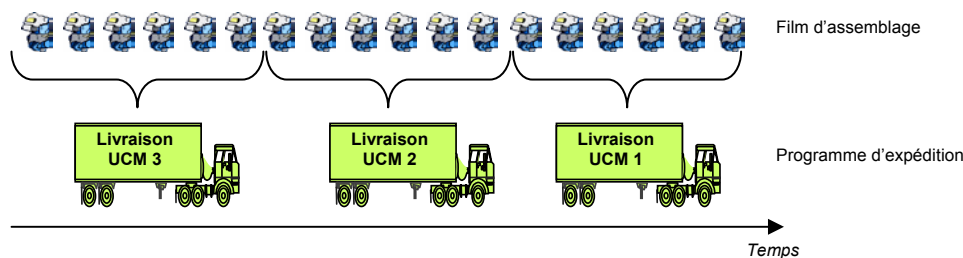


Figure IV-16 : La logique d'ordonnement dans le cas de l'usine 1

En synthèse,

L'activité d'ordonnement permet de construire le film d'assemblage : c'est la suite ordonnée des ordres de fabrication.

Dans le cas du pilotage par anticipation, les UM établissent le film moins d'une journée avant la date de lancement en fabrication. Le processus de construction du film ferme repose sur une boucle itérative avec le service approvisionnements afin de gérer les composants manquants. Le recours à des approvisionnements urgents génère des coûts importants de transport.

Dans le cas du pilotage à la commande pour l'usine 1, le film d'assemblage est établi deux jours avant la date de lancement en fabrication. Le film de deux jours sert à piloter les approvisionnements en composants internes et externes.

e) La programmation des lignes d'usinage

Après avoir vu comment est piloté l'étage d'assemblage, nous allons remonter d'un étage en amont pour analyser le pilotage de l'usinage des composants internes.

L'information utilisée

L'étage d'usinage dispose pour son pilotage de l'information relative au programme d'assemblage (le PMO)³⁸. Chaque ligne d'usinage dispose ainsi des quantités journalières d'organes qui sont prévues sur la ligne d'assemblage sur un horizon d'une semaine environ.

En fonction de la localisation du point de découplage, l'information dont dispose l'usinage est plus ou moins fiable. Dans les cas de base décrits par la Figure IV-13, on avait considéré les trois cas :

³⁸ Notons que l'étage d'assemblage est le client de l'étage d'usinage.

- PDD1 : l'assemblage et l'usinage sont pilotés par anticipation.
- PDD2 : l'assemblage est piloté à la commande et l'usinage par anticipation.
- PDD3 : l'assemblage et l'usinage sont pilotés à la commande.

Dans les deux premiers cas, l'usinage est piloté par anticipation et l'information utilisée est relative aux commandes prévisionnelles des UCM. C'est donc une information incertaine.

Le troisième cas concerne quelques lignes de l'usine 1. Il s'agit des lignes dont le temps d'écoulement est compatible avec l'horizon ferme dont dispose l'UM. L'information utilisée provient des commandes fermes UCM. C'est donc une information fiable.

Le pilotage par anticipation

Deux modes de pilotage sont utilisés par les UM pour gérer, par anticipation, les volumes à produire sur les lignes d'usinage :

- Le pilotage par les besoins futurs en utilisant la méthode MRP sur prévisions : les besoins de la ligne d'assemblage (PMO) sont traduits en composants en passant par la nomenclature des moteurs. Ce mode est utilisé dans les cas 1 et 2.
- Le mode de renouvellement de stocks : dans ce cas l'usinage est piloté sans utiliser l'information prévisionnelle sur la demande. La production est gérée à l'aide d'une méthode de gestion de stocks classique de type (T, S) où chaque jour on lance des quantités de produits de manière à ramener le stock de composants à un niveau objectif S. Ce mode est utilisé essentiellement dans le cas du PDD1.

Dans les deux modes de pilotage, l'UM met en place des stocks de sécurité afin de gérer, d'une part, l'incertitude liée à la demande prévisionnelle et, d'autre part, les aléas de production.

Cependant, notons que dans le mode de pilotage par MRP sur prévisions, le cas PDD1 utilise des informations qui sont plus éloignées du besoin ferme dans le temps, en comparaison avec le cas PDD2 (Figure IV-17). Par conséquent, les informations utilisées dans le cas PDD1 sont moins fiables et les stocks de sécurité mis en place pour pallier l'incertitude sont plus importants. Cela explique, pour partie, des stocks de composants moins élevés dans le cas de l'usine 1 (qui rappelons le se trouve dans les configurations PDD2 et PDD3)

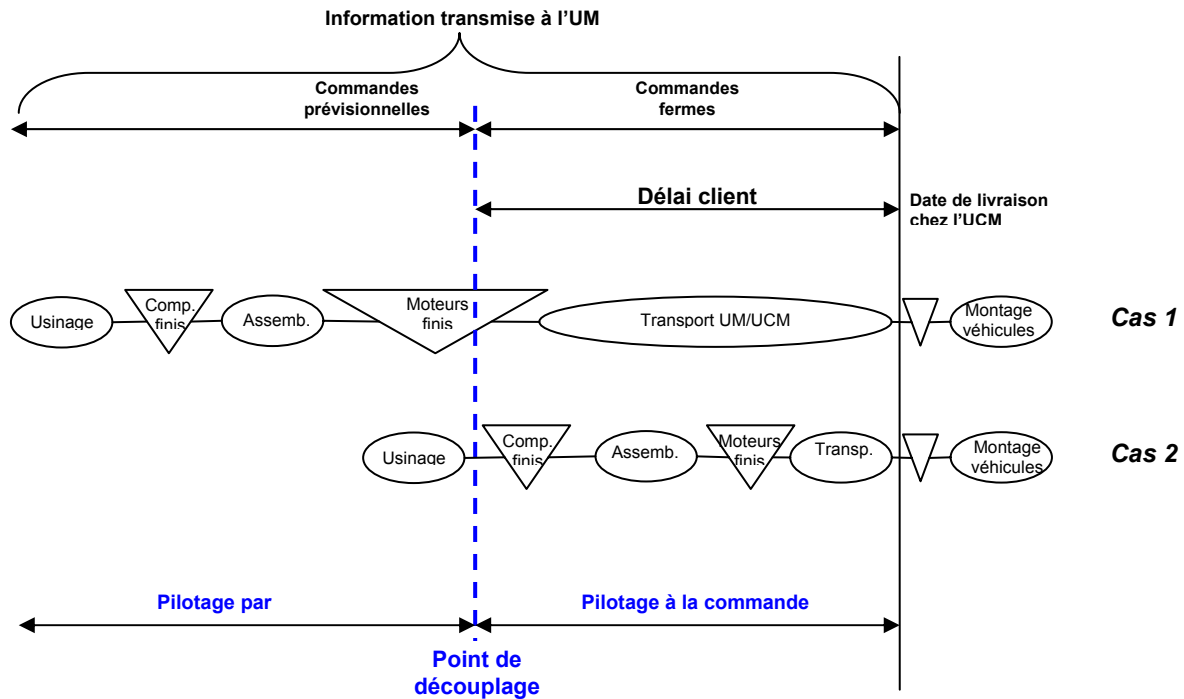


Figure IV-17 : PDD et pilotage de l'usinage

Le pilotage à la commande

Ce cas concerne l'usine 1 uniquement. Rappelons que cette dernière construit et fige un film ferme de deux jours. Par conséquent, les quantités prévues dans le programme d'assemblage (PMO) sont fermes sur un horizon de deux jours. Cet horizon permet un pilotage de l'usinage à la commande.

Dans cette configuration, il n'y a donc pas de stock de sécurité pour couvrir une incertitude prévisionnelle. Il subsiste un stock de sécurité pour couvrir les aléas de production (pannes, ...).

La production par lots

Les lignes d'usinage ont des temps de reconfiguration qui peuvent aller de quelques minutes à plusieurs heures (Cf. parag. IV.5.2.2). Par conséquent, la production des lignes d'usinage se fait par lots. Les lots pratiqués sont disparates d'une ligne à l'autre et peuvent aller de quelques heures de production à plusieurs jours voire semaines (dans certains cas où les temps de reconfiguration sont particulièrement longs). Nous reviendrons sur cette problématique au chapitre VI.

Les tailles de lots se répercutent sur les niveaux de stocks de composants finis. Plus les tailles de rafales sont importantes relativement aux quantités demandées par la ligne d'assemblage et plus le stock est important.

Les stocks de pièces usinées terminées

Les niveaux de stocks de composants usinés terminés sont majoritairement élevés (pour le cas PDD1, représentatif de la majorité des UM) et les temps d'écoulement traduisent quantitativement ce constat. Alors que le temps d'écoulement process d'une ligne d'usinage est d'environ quatre heures, le temps d'écoulement total³⁹ d'une pièce depuis le stock de brut jusqu'à sa consommation en ligne d'assemblage est en moyenne supérieur à quinze jours. Ainsi, la pièce passe plus de quatorze jours en moyenne en attente dans des stocks.

Plusieurs éléments concourent à l'existence de stocks élevés :

- Contrairement aux lignes d'assemblage, les lignes d'usinage sont des lignes fortement automatisées et les problèmes de pannes de machines sont relativement fréquents. Des stocks de sécurité sont mis en place pour pallier les problèmes de fiabilité des lignes.
- Les tailles de lots, évoquées précédemment, peuvent augmenter significativement le niveau de stock de composants finis.
- Le système de management favorise une culture du volume. L'indicateur principal utilisé est le rendement opérationnel⁴⁰ des installations. Pour maximiser le rendement, il faut réduire au minimum le temps de non production des installations. Ainsi, la logique appliquée est de réduire le nombre de changement de rafales, ce qui augmente davantage les tailles de lots. La conséquence est un grossissement du stock de composants internes.
- Pour les pièces livrées à d'autres usines de mécanique, il est à noter que les variations de volumes demandés sont importantes. Les UM mettent ainsi des stocks de sécurité pour pallier aux variations.

Les stocks de pièces usinées terminées sont majoritairement à des niveaux élevés et cependant nous avons vu que des ruptures d'approvisionnements vers l'assemblage se produisent (Cf. l'ordonnancement des lignes d'assemblage). Comment expliquer cela ? De notre point de vue, nous pensons que les stocks de sécurité ont été dimensionnés de manière à couvrir l'incertitude liée au volume global pour un composant interne. Ils n'ont pas été dimensionnés pour couvrir l'incertitude par référence de composant. Or, l'incertitude liée au mix produit est plus importante que celle liée au volume global. Ainsi, pour un stock de sécurité de trois jours par exemple, le jour J, il y a bien des composants dans le stock mais pas forcément de la référence x demandée par la ligne d'assemblage.

³⁹ Le temps d'écoulement d'une ligne d'usinage : est le temps que met une pièce pour parcourir le process de production depuis la réception de la pièce brute et jusqu'à la livraison du composant fini à la ligne d'assemblage.

⁴⁰ Le rendement opérationnel est le rapport de la quantité réellement produite par une ligne par rapport à la quantité théorique que peut produire la ligne.

En synthèse,

Les lignes d'usinage sont majoritairement pilotées par anticipation. Deux modes coexistent : 1/ MRP sur prévisions et 2/ renouvellement de consommation par gestion de stock.

La couverture sur l'incertitude prévisionnelle se fait par stock de sécurité. Dans le cas PDD1 qui repose sur une information prévisionnelle moins fiable que le cas PDD2, les UM mettent en place des stocks de sécurité plus importants.

La production des lignes d'usinage se fait par « rafales ». La longueur des rafales a un impact sur le niveau de stock de produits finis.

L'usine 1, qui possède un programme et film d'assemblage fermes sur un horizon de deux jours, utilise cette visibilité pour piloter certaines lignes d'usinage à la commande.

IV.5.5 La logistique amont

IV.5.5.1 Les fournisseurs

Le réseau amont d'une usine de mécanique est composé des fournisseurs qui produisent et livrent les quelques 300 à 350 pièces qui composent un moteur.

Comme pour le réseau des clients, le réseau amont présente des fournisseurs à des localisations géographiques différentes, ce qui génère des temps de transports disparates.

IV.5.5.2 Le pilotage des approvisionnements

L'information utilisée et les modes de pilotage

Le calcul des besoins, comme nous l'avons vu se base sur la méthode MRP et l'information utilisée dépend du pilotage. Deux cas de figure sont possibles en fonction de la localisation du point de découplage (Figure IV-18) : pilotage des approvisionnements par anticipation (PDD1') et pilotage des approvisionnements à la commande (PDD2').

Dans le cas du *pilotage des approvisionnements par anticipation*, le calcul des besoins en composants se fait à partir d'une information prévisionnelle sur les commandes des UCM. Des écarts sont donc susceptibles d'apparaître entre les besoins calculés de manière prévisionnelle et les besoins réels de la ligne d'assemblage. Pour pallier ces écarts :

- l'UM met en place des stocks de sécurité.
- Cependant, dans la pratique, les stocks de sécurité en place ne suffisent pas à couvrir l'incertitude prévisionnelle : on observe des ruptures quotidiennes de pièces (Cf.

l'ordonnancement des lignes d'assemblage). L'UM mécanique a recours à des demandes d'approvisionnements urgentes. Celles-ci génèrent des surcoûts de transport.

Dans le cas du *pilotage des approvisionnements à la commande*, le calcul des besoins en composants se base sur les commandes fermes des UCM. L'information utilisée étant fiable, les stocks de sécurité se limitent à la couverture des aléas d'approvisionnements (aléas de transport, problèmes de fiabilité des fournisseurs). Ce mode d'approvisionnement est adopté par l'usine 1 avec les fournisseurs dont les délais de transport sont compatibles avec l'horizon ferme dont dispose l'UM.

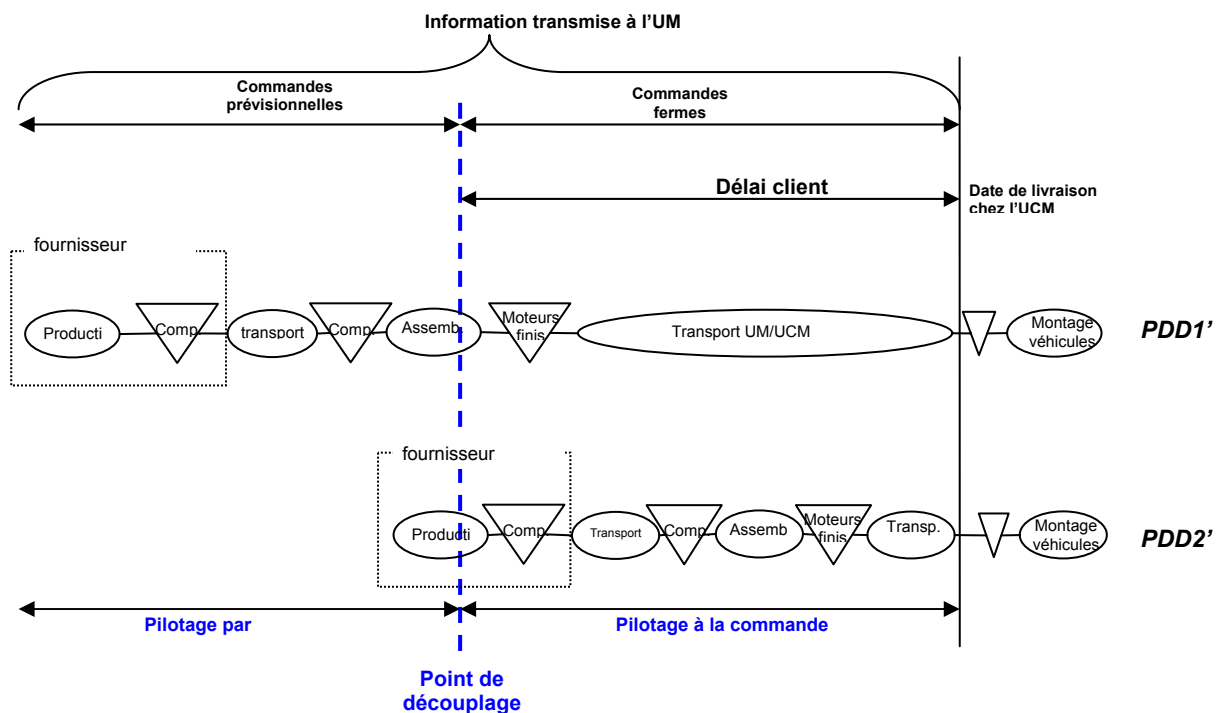


Figure IV-18 : Le pilotage des approvisionnements

L'expression de besoins en composants vers les fournisseurs

L'UM exprime ses besoins aux fournisseurs suivants deux modes (Figure IV-19) :

- Les demandes de livraison journalières (DLJ) : l'UM exprime quotidiennement ses besoins en composants aux fournisseurs. Chaque jour J, l'UM transmet à son fournisseur les commandes fermes en composants à livrer en J+X. X étant le délai que donne l'UM à son fournisseur. L'expression de la demande comprend également des commandes prévisionnelles et des prévisions hebdomadaires volumiques. La commande ferme constitue une réquisition.

- Les demandes de livraison hebdomadaires (DLH) : transmises une fois par semaine, elles définissent les quantités journalières à livrer la semaine suivante. Par exemple, chaque lundi l'UM transmet à son fournisseur sa commande d'organes à livrer la semaine suivante. La commande constitue une réquisition.

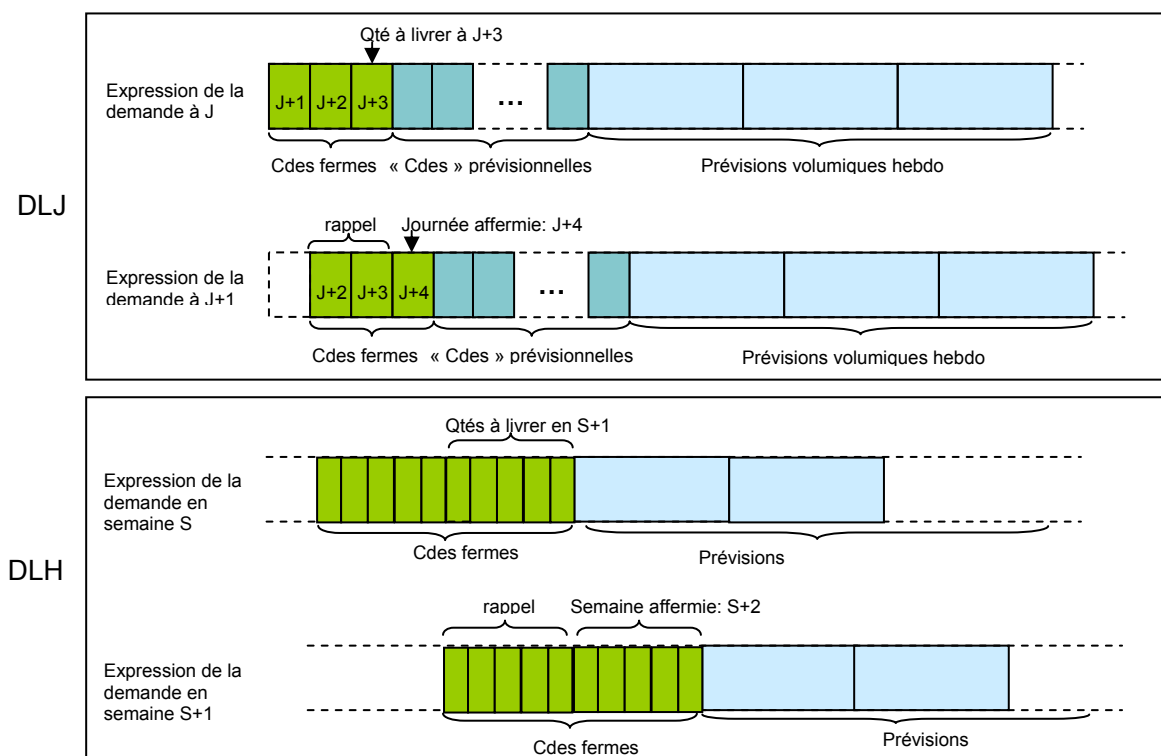


Figure IV-19 : L'expression de besoin vers les fournisseurs

Du point du pilotage des flux ces deux modes comportent des différences :

- Vu du fournisseur, la DLH offre en pratique plus de visibilité aux fournisseurs sur le besoin ferme de l'usine de mécanique⁴¹.
- Vu de l'UM, le calcul et l'expression des besoins dans le cas d'une DLH repose sur une information disponible en début de semaine S, concernant les besoins prévisionnels des UCM la semaine S+1. Or, les UCM rafraichissent quotidiennement les informations transmises aux UM, la DLH ne tient pas compte de ces rafraichissements qui vont arriver en cours de semaine S. La DLH se base donc sur une information moins fiable que la DLJ. Par ailleurs, dans le cas de la DLJ, l'UM a la possibilité de réajuster les commandes de manière journalière, dans la DLH, qui n'est transmise qu'une fois par semaine, l'UM n'a pas la possibilité de modifier les quantités

⁴¹ Les préavis donnés dans les DLJ sont en général inférieurs aux deux semaines de visibilité que donne systématiquement une DLH (rappel de la semaine en cours et affermissement de la semaine suivante, Figure IV-19)

demandées. Elle ne peut que recourir à des demandes urgentes qui génèrent des coûts de transport.

Vu des UM, et dans le contexte d'une information incertaine, la DLJ semble être un mode d'expression plus souple qui permet de tenir compte d'une information rafraîchie sur les besoins des UCM. Pourtant, on note qu'environ 80% composants sont commandés avec des demandes hebdomadaires et seulement 20% se font en commandes journalières.

En synthèse,

Les approvisionnements de composants externes sont majoritairement pilotés par anticipation par la méthode MRP.

Les UM « tentent » de se couvrir contre l'incertitude prévisionnelle par la mise en place de stocks de sécurité. Cependant, dans la pratique, des ruptures de composants se produisent et le recours à des demandes d'approvisionnement urgentes est quotidien.

IV.5.6 Synthèse de l'état des lieux du cas d'étude

Au travers de l'état des lieux, nous avons caractérisé le contexte industriel des usines de mécanique et avons analysé les principaux mécanismes de pilotage des flux. Du point de vue du contexte, plusieurs éléments sont à retenir dont : la diversité de produits finis, les limites de flexibilité quantitative et la variation de la demande.

Du point de vue du pilotage des flux, l'analyse a montré qu'il y a deux cas de figure majeurs en fonction de la visibilité sur la demande ferme des UCM.

Le premier cas est représentatif de la majorité des usines de mécanique. Il s'agit d'un pilotage de la production et des approvisionnements par anticipation. Le point de découplage de la chaîne logistique mécanique se situe à l'étage d'expédition des produits finis.

L'information utilisée repose sur les commandes prévisionnelles des UCM. Dans un contexte de diversité importante couplée à une incertitude prévisionnelle élevée, le mode de pilotage par anticipation génère des difficultés qui se reflètent en performance : taux de service et coût de stock.

Une approche de pilotage différente est appliquée par l'usine 1. Le point de découplage se situant en amont de la ligne d'assemblage, le pilotage de l'assemblage et une partie des approvisionnements en composants externes se fait à la commande. L'usinage est quant à lui

piloté soit par anticipation (mais sur la base d'une information plus fiable), soit à la commande.

Du point de vue des performances, l'usine 1 enregistre des taux de service conformes aux objectifs. Les niveaux de stocks de moteurs finis sont les plus faibles comparativement aux autres usines. L'usine subit, de plus, très peu de ruptures de composants internes et externes.

Plusieurs éléments concourent à expliquer cette performance différente :

- Un contexte favorable : l'usine présente une complexité inférieure aux autres usines du point de vue du nombre de références de moteurs à gérer. Moins la diversité est importante et moins l'impact de la variation et l'incertitude de la demande sont importants.
- Par ailleurs, le principal client de l'usine (qui représente plus de 50% de la demande) se situe à seulement quelques heures de transport, ainsi le délai effectif dont dispose l'usine 1 (délai client - délai de transport) lui assure une visibilité suffisante pour piloter l'assemblage à la commande.
- Le contexte favorable ne suffit cependant pas à expliquer la performance ; la logique de production à la commande semble plus adaptée au contexte d'une usine de mécanique, qui fabrique un produit coûteux avec de la diversité et une demande variable.

La problématique de fond à laquelle sont confrontées les UM est la visibilité restreinte sur la demande ferme des clients. Nous avons vu que la visibilité donnée par les UCM allait de moins d'une journée à cinq jours. Pourtant, selon la politique Nouvelle Distribution, les UCM disposent d'un film ferme de six jours. Au vu du contexte et au vu de la performance logistique de l'usine 1, il semble qu'une plus grande information avancée sur la demande bénéficierait aux UM en leur permettant de mieux organiser leurs flux. Cela nous amène à conclure à la nécessité de repenser la relation UCM/UM.

L'écart entre l'information dont disposent les UCM (6 jours de film ferme) et l'information transmise aux UM est donc un sujet important que nous étudierons au chapitre V, afin d'identifier des voies potentielles de progrès.

Les EDL ont ainsi montré que les mécanismes de pilotage de flux actuellement appliqués ne sont pas adaptés au contexte des usines de mécanique. Ils nécessitent d'être repensés de manière à mieux répondre aux caractéristiques de la chaîne logistique mécanique.

IV.6 Discussion sur la méthodologie de l'Etat des Lieux

Nous venons de voir le résultat de l'application de la démarche d'état des lieux pour l'analyse du pilotage des flux de notre cas d'étude. La démarche offre plusieurs avantages :

- elle permet de se construire une vision concrète car elle est basée sur une analyse de terrain avec les opérationnels ;
- elle permet dans un laps de temps relativement court de se doter d'une vue globale du système et d'identifier les principaux dysfonctionnements ;
- elle ne nécessite pas une connaissance à l'avance des modes de fonctionnements de l'usine ; le regard neuf constitue même un avantage ;
- la méthode est transférable en termes de savoir faire. Nous avons pu vérifier que d'autres EDL ont été conduits et pilotés par d'autres membres de l'équipe projet.

Le principal inconvénient est que l'EDL nécessite une connaissance tacite importante des modes de pilotage de flux. En effet, si la démarche est facilement transférable en termes de méthode de conduite sur le terrain, les connaissances des modes de pilotage de flux nécessaires à l'analyse du fonctionnement nécessitent une formation relativement approfondie des participants.

L'expérience terrain montre que l'amélioration de la méthode de conduite d'une analyse de l'existant, passe par la recherche de leviers d'efficacité sur deux points principaux :

- définir le bon niveau de détail permettant de se doter d'une vision à la fois globale et précise ;
- savoir cibler les informations clés - au sens du pilotage des flux - à rechercher dans la masse d'informations complexes que constitue un système industriel.

IV.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous nous sommes intéressés à la première étape d'un travail de reconception : l'analyse de l'existant. Nous avons proposé quelques éléments méthodologiques afin de conduire un état des lieux sur le terrain. En particulier, nous avons abordé une problématique prépondérante dans un diagnostic terrain : la définition du niveau de détail adéquat. Cela passe par l'identification des informations clés, au sens du pilotage des flux, sur lesquelles se focaliser de manière à servir efficacement l'objectif de reconception.

Dans notre cas d'étude, l'état des lieux a permis de procéder à un diagnostic du fonctionnement actuel des usines de mécanique Renault. Notre objectif était de comprendre et décrire les mécanismes de pilotage de flux et de les mettre en regard des caractéristiques du système industriel. Nous avons établi une vision globale du fonctionnement de la chaîne logistique mécanique : c'est un pilotage par anticipation, seule l'expédition est gérée à la commande. Cette méthode de pilotage, dans le contexte des usines de mécanique, montre des limites de performance. Nous avons établi une synthèse des faiblesses des modes de pilotage actuels ainsi que les inconvénients qu'ils génèrent sur le système.

L'état des lieux intervient doublement. Dans un premier temps et comme nous venons de le voir, pour l'analyse du fonctionnement actuel. Dans un second temps, l'état des lieux constituera une riche base d'informations à laquelle on se rapportera constamment dans la réflexion de reconception du pilotage des flux. C'est ce que nous allons voir concrètement dans les chapitres qui suivent.

Chapitre V

RECONCEPTION DE LA RELATION CLIENT/FOURNISSEUR

V.1 Introduction

A présent que le diagnostic du pilotage actuel des flux est établi et que le besoin de repenser les processus logistiques en place est partagé par les acteurs, notre objectif est de mener un travail de reconception du pilotage en vue d'améliorer les performances. Nous allons nous appuyer sur les résultats de l'état de lieux pour conduire notre réflexion.

Les questions que nous nous posons à ce stade, sont d'ordre « technique » : *quelle méthode de pilotage de flux serait performante et adaptée au contexte industriel de la liaison client/fournisseur considérée ?* Elles sont également d'ordre « méthodologique » : *comment allons nous procéder pour réaliser cette reconception ?* L'objectif de ce chapitre et du suivant est d'apporter des éléments de réponse à ces questions. Nous décrivons pas à pas la méthodologie que nous avons développée pour réaliser le reengineering du pilotage des flux du cas industriel.

V.2 Démarche de reengineering du pilotage des flux dans une relation client / fournisseur

V.2.1 Une reconception en deux phases

Le pilotage des flux consiste à définir pour chaque entité (produits, composants, matières brutes) et à chaque étape de la chaîne logistique : quand et en quelle quantité lancer l'activité. Cette dernière peut être une activité de production, de transport ou d'approvisionnement. **Définir une méthode de pilotage des flux performante (Cf. chapitre III) consiste à choisir les modes de gestion de flux qui permettent de satisfaire un niveau de service attendu par le client tout en minimisant les coûts.**

Notre problème est le suivant : étant donné le système actuel, dont la performance et les caractéristiques ont été analysées dans la phase de diagnostic (Cf. l'état des lieux, chapitre IV), comment reconcevoir le pilotage des flux de la relation client/fournisseur afin d'améliorer la performance ?

Le problème peut-être décomposé en deux questions :

- Quelle relation client/fournisseur « cible » ?
- Comment piloter les flux de manière à satisfaire efficacement la relation C/F ?

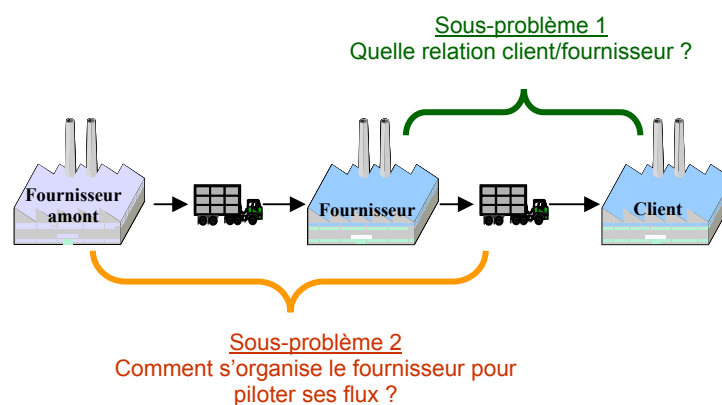


Figure V-1 : Les deux phases de reconception du pilotage des flux.

A partir de cette décomposition, notre démarche de reconception se dessine. Nous proposons de procéder en deux étapes :

- **Etape 1** : reconcevoir la relation client/fournisseur (c'est l'objet de ce chapitre)
- **Etape 2** : reconcevoir le pilotage des flux du fournisseur en vue de satisfaire la relation client/fournisseur définie à l'étape 1 (ce sera l'objet du chapitre VI).

V.2.2 Pourquoi d'abord redéfinir la relation avec le client ?

Pour pouvoir choisir les modes de pilotage, une première étape particulièrement structurante est de définir avec précision les termes de la **relation client/fournisseur** (C/F). Pourquoi ?

D'abord, parce que la satisfaction du client est la première préoccupation d'une entreprise. Et pour arriver à satisfaire le besoin client, il faut connaître exactement ses attentes, ses critères de satisfaction et les critères sur lesquels il juge la performance du fournisseur. Ainsi la qualité n'est plus aujourd'hui la seule attente d'un client, le service offert est en quelque sorte un « package » qui comprend d'autres aspects : délai, réactivité, fiabilité dans les livraisons, modes de transport et d'emballage, fractionnement des quantités,... qui sont des aspects concurrentiels.

Ensuite, parce que le fournisseur est directement impacté, dans son organisation et gestion internes, par les termes du service attendu. En effet, le fournisseur pilotera différemment ses flux s'il doit livrer le client par volumes fractionnés à la journée ; qu'il ait un délai alloué par le client plus ou moins court, que la demande soit exprimée de manière ferme ou modifiable,... le fournisseur a besoin de ces informations pour évaluer la manière de s'organiser pour satisfaire le client. Ces éléments seront discutés dans notre analyse.

Enfin, il convient, pour le fournisseur, de bien maîtriser les mécanismes de fonctionnement avec les clients afin de les servir de manière durablement fiable et rentable [Eymery, 1997]. En analysant les conséquences du fonctionnement avec les clients sur son propre fonctionnement interne, le fournisseur pourra proposer « les plus » qui lui seront réellement utiles en lui permettant d'acquérir des atouts en tant que fournisseur. Il pourra, en outre, cibler avec pertinence les aspects sur lesquels il portera des actions de progrès.

Clarifier le besoin attendu par le client est un prérequis important. Cependant, il ne suffit pas pour définir la relation client/fournisseur. L'autre composante de la réflexion est d'établir le bon compromis entre les besoins « réels » du client et les possibilités de les satisfaire de manière efficace. En effet, si un client particulièrement exigeant sur la prestation occasionne au fournisseur des coûts supplémentaires pour y répondre, il est possible que ce dernier répercute ces coûts sur le prix. Mais il est possible qu'en cherchant ensemble une solution qui convienne bien aux deux parties, l'on puisse éviter certains éléments de l'exigence qui sont en réalité de la « sur-contrainte » : tout ce qui occasionne des coûts n'est peut être pas nécessaire. En prenant conscience des contraintes de l'un et l'autre, on peut essayer d'évoluer vers de meilleures solutions globales.

Intégrer ces principes pour bâtir les termes de la relation C/F devient d'autant plus nécessaire que l'on se trouve dans le cas d'une chaîne multi-acteurs. En effet, si les deux maillons étaient pilotés par un seul acteur, celui-ci prendrait naturellement en compte l'ensemble des contraintes, que ce soit sur le maillon amont (fournisseur) ou le maillon aval (client). Dans le cas multi-acteurs, chaque intervenant aura sous sa responsabilité le pilotage d'un périmètre et cherchera donc à optimiser ses propres opérations en fonction de ses contraintes. Une mauvaise coordination des différents maillons peut entraîner la mise en place d'optima locaux, qui additionnés peuvent générer des situations différentes d'un optimum global.

Une approche collaborative

Dans [Despottin-Monsarrat, 2004], il est évoqué que la gestion d'une chaîne logistique multi-acteurs pose un problème de décision distribuée où les contextes et les objectifs propres aux différents acteurs de la chaîne diffèrent, malgré les intérêts communs qu'ils partagent du fait qu'ils participent tous à la production d'un même produit. Pour résoudre ce problème de décision et parvenir à un compromis satisfaisant, les acteurs doivent *coopérer*.

Les attendus de la coopération sont une minimisation des risques, une réduction de l'incertitude ainsi qu'un accroissement de la performance industrielle [Campagne et Sénéchal, 2002]. Les bénéfices du mode collaboratif sont discutés notamment dans [Cachon et Zipkin, 1999]. Un attrait majeur est la réduction des coûts sur la chaîne logistique. Dans [Despottin-Monsarrat, 2004] il est souligné que les coûts proviennent en grande partie des stocks que chaque acteur est amené à immobiliser pour absorber les fluctuations de son environnement et de ses partenaires. Un des leviers de la coopération est un meilleur partage de l'information. En acceptant de coopérer, chaque acteur met à disposition des autres une information plus détaillée de son état et éventuellement de ses prévisions. Il possède en retour une vision plus riche de son environnement. Il peut ainsi mieux anticiper ses fluctuations externes et les absorber. Il peut donc espérer bénéficier d'une diminution des niveaux de ses stocks, d'une meilleure utilisation de sa capacité de travail et globalement d'une meilleure organisation interne moins perturbée.

Nous allons dans ce chapitre, appliquer les principes de coopération et de recherche d'optimisation globale dans la redéfinition de la relation client/fournisseur.

On verra dans les sections qui suivent, qu'il s'agit d'aboutir à un véritable **co-engagement client/fournisseur**. Chacun devant garantir une partie des termes de la relation afin de fonctionner efficacement.

V.2.3 Objectifs des chapitres V et VI

Nous allons, pas à pas, identifier les différents choix structurants à établir pour redéfinir une méthode de pilotage de flux. Nous baserons notre propos sur l'étude de cas ; nous nous en extrairons régulièrement pour apporter quelques généralisations.

Soulignons ce point : notre objectif n'est pas forcément d'apporter une réponse tranchée à tous les choix élémentaires qui se posent pour le cas d'étude. Un groupe projet est en place et œuvre par le biais de différents groupes de travail à réaliser des études détaillées sur les questions que nous allons évoquer. L'objectif de nos travaux est d'apporter des éclairages à la fois méthodologiques et analytiques. Nous tentons d'apporter des éléments de réponse à plusieurs questions : *quels sont les choix déterminants à effectuer ? Dans quel ordre ? Quels sont les principaux paramètres influant chaque choix ?*

Nous nous arrêterons en particulier, dans le chapitre VI, sur le choix déterminant de la localisation du point de découplage et proposerons une méthode itérative pour le localiser.

V.3 Reconception de la relation client / fournisseur : objectifs

Plusieurs aspects décrivent le fonctionnement attendu de la relation C/F, c'est ce qui est appelé par certains auteurs *la logistique de la prestation*. Pour une liste détaillée des caractéristiques, lire [Eymery, 1997]. Nous allons nous intéresser, en particulier, aux éléments structurants qui impactent les choix du pilotage des flux.

Comme nous l'avons vu dans le chapitre III, l'information sur la demande constitue un facteur clé dans les décisions de gestion des flux ainsi que dans le choix même des méthodes de pilotage. Etant donné ce rôle déterminant, la demande sera l'élément central que nous étudierons afin de reconcevoir la relation C/F.

Nous allons dans ce chapitre **analyser puis redéfinir** plusieurs aspects de la demande client :

- le délai client et la visibilité fournisseur ;
- la forme détaillée de l'expression de la demande ;
- la variation de la demande ;
- la prise en compte des contraintes du fournisseur dans la demande.

Les choix retenus sur ces différents aspects définiront en majeure partie les termes de la relation client/fournisseur et le co-engagement qui en découle.

Pour chaque aspect, nous présenterons les choix possibles, analyserons les impacts sur le pilotage de flux et appliquerons le raisonnement à notre cas d'étude. Notre analyse n'a pas la prétention d'être exhaustive, il existe très probablement d'autres variantes de fonctionnement et notre approche peut être enrichie. Nous avons cependant essayé d'intégrer les choix qui nous paraissaient les plus structurants.

V.4 Le délai client et la visibilité fournisseur

Le degré de certitude (ou fiabilité) avec lequel le fournisseur connaît les besoins futurs est directement lié à la nature de la demande (Cf. parag. III.3.3). L'information est fiable lorsqu'il s'agit de commandes fermes ; elle est par définition certaine car non modifiable ni en quantité, ni en date de livraison. L'information présente une incertitude sur la date et/ou la quantité lorsqu'il s'agit de commandes prévisionnelles ou prévisions.

Ainsi vu du fournisseur et selon le cas, il se voit disposer d'une certaine visibilité sur les commandes fermes - c'est ce que nous appellerons *horizon ferme* - et/ou d'une information prévisionnelle plus ou moins fiable sur un *horizon prévisionnel*. Le reste de l'échéancier temporel sera dépourvu d'information sur la demande future ; le fournisseur ne disposant que de données statistiques sur le comportement passé de la demande. L'horizon temporel composé des informations fermes et prévisionnelles détermine l'intervalle temporel sur lequel le fournisseur pourra potentiellement opter pour un pilotage par les besoins futurs (Cf. chapitre III). En particulier, l'horizon ferme délimite l'intervalle temporel sur lequel il pourra opter pour un pilotage à la commande.

La nature de la demande et l'horizon de visibilité définissent l'information anticipée sur la demande. Nous avons déjà défini au chapitre IV, la nature de l'information reçue par une UM de la part de ses clients UCM. Nous allons à présent nous intéresser à l'horizon de visibilité ferme.

V.4.1 La visibilité ferme donnée au fournisseur

Plusieurs travaux dans la littérature se sont intéressés à la problématique générale de l'apport de l'information anticipée de la demande et l'impact de l'incertitude. Par exemple : [Hariharan et Zipkin, 1995] étudient l'influence de l'information anticipée sur la performance d'un système mono-étage sans capacité piloté à partir d'une politique base stock. Ils montrent notamment que le délai client a un impact symétrique du temps d'écoulement sur la performance. [Gallego et Özer, 2001] étudient les politiques de contrôle optimales d'un système similaire avec information avancée sur la demande. Leurs études numériques montrent que la performance s'accroît significativement lorsque la visibilité augmente.

Dans notre cas d'étude, l'état des lieux a montré que la visibilité sur les besoins fermes des clients étaient différents en fonction du couple (UM, UCM). Ces délais majoritairement courts contraignent les usines de mécanique à piloter par anticipation. Dans un contexte d'incertitude élevée de la demande prévisionnelle, associée à une forte diversité de produit fini, nous avons vu que le mode de pilotage par anticipation posait des difficultés dans la gestion des flux des UM. L'impact est mesurable par les niveaux de stocks et les taux de service vers les clients (Cf. chapitre II). Les conclusions de l'état des lieux nous amènent à penser qu'un pilotage à la commande serait plus adapté pour le contexte des UM. Cependant, pour que ce mode de pilotage soit faisable, il faudrait être en mesure de déplacer le point de découplage de la chaîne logistique mécanique vers l'amont. Une visibilité plus grande sur la demande ferme des clients est nécessaire.

Nous allons dans les paragraphes qui suivent analyser la visibilité ferme et identifier des leviers pour l'augmenter.

V.4.1.1 Vers un délai client négocié

Le délai client constitue l'horizon ferme du fournisseur. C'est l'un des paramètres fondamentaux de localisation du point de découplage (nous étudierons en détail la localisation du PDD au chapitre VI).

Définition 3. Le délai client est l'intervalle de temps, requis par le client, entre la date d'émission de la commande et la date de livraison.

On emploie aussi, dans la terminologie de l'entreprise, le terme de « **préavis** » pour désigner le délai client. Dans la suite de notre travail, nous utiliserons indifféremment les termes « délai » et « préavis » pour désigner l'horizon ferme dont dispose le fournisseur dans l'expression de la demande du client.

[Eymery, 1997] propose de distinguer deux délais :

- le délai souhaité par le client ;
- et le délai accepté sur lequel s'engage le fournisseur.

Une « négociation » peut avoir lieu pour retenir d'un commun accord le délai qui conviendrait aux deux parties et qui permettrait de faire fonctionner la relation C/F sur de bonnes bases. En effet, si le client impose un délai trop court, le fournisseur risque soit de ne pas pouvoir honorer toutes les commandes à temps (ce qui impacte le taux de service), soit d'y répondre en maintenant des stocks élevés (ce qui impacte le coût). Arriver à un compromis sur un délai accepté par les deux parties permettrait au client d'avoir un taux de service fiable et au fournisseur d'optimiser ses coûts et son pilotage.

Vu du client, le choix d'un délai est un compromis entre la souplesse qu'il veut conserver pour piloter ses flux et la visibilité qu'il donne au fournisseur. Plus le client tardera à transmettre l'information aux fournisseurs, plus il aura de souplesse pour gérer ses flux internes en cas d'aléas : modification du programme de fabrication, Dans l'autre cas (préavis plus long), c'est une production à la commande qui est privilégiée en donnant un délai suffisant au fournisseur pour piloter ses flux.

Partant de ces éléments, nous allons rechercher pour notre cas d'étude, s'il est possible d'obtenir une visibilité supplémentaire de la part du client en vue d'améliorer la relation C/F.

Nous allons commencer par étudier la situation actuelle des délais appliqués puis nous proposerons des leviers d'amélioration.

V.4.1.2 Des délais indépendants

Chaque UCM possède plusieurs fournisseurs d'organes mécaniques (UM). Pour faire simple, raisonnons sur le cas suivant : si l'UCM choisit d'établir un délai unique qu'elle applique à l'ensemble de ses fournisseurs (Figure V-2), alors vu des fournisseurs, et selon les cas, ce délai couvre une partie plus ou moins longue de leur chaîne logistique. Dans certains cas (fournisseurs 1 et 2), ce délai va couvrir le temps de transport plus le délai de production, ce qui permet au fournisseur de piloter sa production à la commande. En revanche, dans le cas du fournisseur 3, qui a un temps de transport plus long, le délai couvre uniquement le délai de transport mais ne donne pas de visibilité au fournisseur pour gérer sa production à la commande, il va donc la piloter par anticipation.

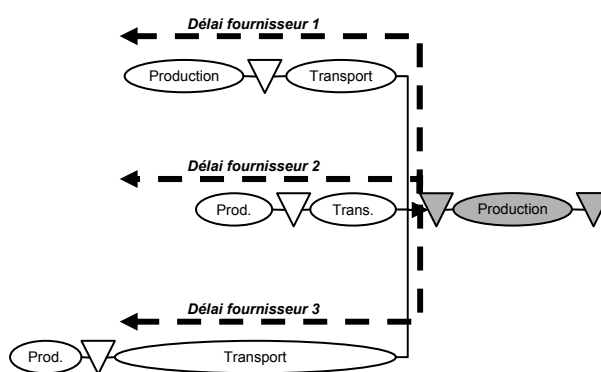


Figure V-2 : Délais indépendants

Dans la pratique, les UCM n'appliquent pas un délai strictement identique par fournisseur (nous étudierons en détail le mode de calcul dans le parag. V.4.2.1). Cependant, la formule du calcul du délai ne tient compte que des paramètres internes de l'UCM et ne prend pas en compte le délai nécessaire au fournisseur pour couvrir son délai de production.

Les conséquences sont similaires au cas de délais strictement identiques. Nous dirons que les UCM appliquent des **délais indépendants** du contexte de chaque fournisseur.

Ce mode de fonctionnement est bâti sur une logique d'« optimisation locale » du pilotage de l'UCM. En effet, pour garder plus de souplesse en cas d'aléas internes, les UCM préfèrent transmettre l'information aux fournisseurs au plus tard. Or, les délais courts restreignent la visibilité des UM pour organiser leurs flux ce qui affecte la performance de la chaîne logistique mécanique.

Un levier d'amélioration serait de prendre en compte la visibilité nécessaire au fournisseur dans la définition du délai. C'est ce que nous appellerons l'application de délais dépendants.

V.4.1.3 Des délais dépendants

Le client peut choisir une logique différente pour définir les préavis. Il peut choisir de donner à chaque fournisseur le délai qui lui permettrait de couvrir l'étage de transport et l'étage de production. Ce choix favorise la production à la commande. Les préavis seront dans ce cas différents d'un fournisseur à l'autre. Mais vu des fournisseurs, ils auront tous la même visibilité et la même marge de manœuvre pour piloter leurs flux.

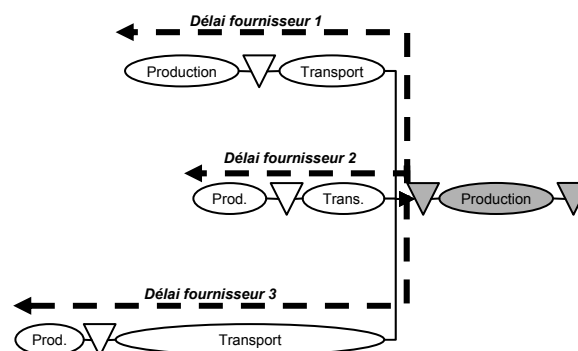


Figure V-3 : Délais dépendants

Remarque :

Pour notre cas d'étude, c'est le premier mode qui est appliqué dans la majeure partie des liaisons UM/UCM : une expression de besoin indépendante qui ne tient compte que des paramètres internes de l'UCM. A noter cependant, que pour certaines liaisons avec des clients lointains (délai de transport supérieur à une semaine), les UCM concernées appliquent un mode d'expression de besoin différent : demandes de livraisons avec un préavis long (2 à 3 semaines). Il s'agit dans ce cas d'un délai dépendant mais qui ne tient compte que du délai de transport. Il est intéressant de remarquer que pour ce type de liaisons lointaines, l'UCM, pour émettre sa commande ferme au fournisseur, a utilisé une

information prévisionnelle sur ses propres besoins (le film véhicules est ferme sur seulement six jours). Ainsi, l'UCM pilote ce type de liaisons par anticipation (et non à la commande comme elle le fait avec les autres liaisons).

Dans le cas des délais dépendants, l'UCM a donné à chaque fournisseur (UM), exactement le délai qui lui était nécessaire afin de piloter ses flux de production. On peut remarquer, cependant, que le délai donné au fournisseur 3 (Figure V-3) est supérieur en valeur absolue au délai donné aux fournisseurs 1 et 2. Cela signifie que l'UCM possède une réserve d'information qu'elle n'a pas transmise à ces deux fournisseurs. Supposons à présent, que l'UCM donne le délai le plus long (délai du fournisseur 3) également aux fournisseurs 1 et 2. Ceux-ci auront plus de marge de manœuvre et pourront utiliser l'information avancée pour piloter à leur tour leurs flux amont.

Ainsi, un second levier serait de donner à chaque fournisseur, la visibilité maximum dont dispose l'UCM.

V.4.1.4 Des délais maximums

Si l'UCM partage avec chaque fournisseur la visibilité complète qu'elle a sur le besoin ferme, certains fournisseurs auront la possibilité d'utiliser cette visibilité complémentaire pour piloter leurs flux amont (Figure V-4).

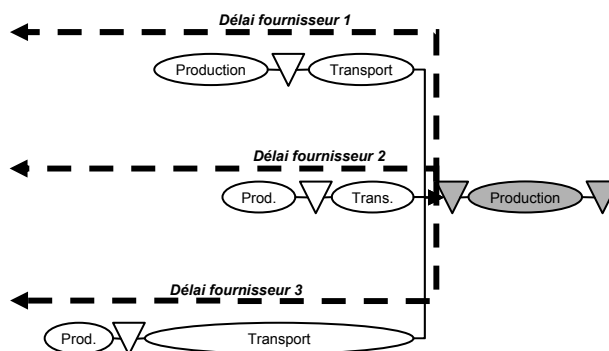


Figure V-4 : Délais maximums

Levier

Dans cette partie, nous avons étudié différentes logiques de définition des délais des fournisseurs. La première logique (délais indépendants) ne tient pas compte des contraintes de chaque fournisseur. Ce mode peut générer une visibilité fournisseur insuffisante pour piloter les flux efficacement. La logique des délais dépendants, en revanche, tient compte des délais de production des fournisseurs et la visibilité donnée est ajustée à chaque cas. Ce mode est favorable à une production à la commande. La logique des délais maximums privilégie le

partage de la totalité de l'information disponible sur le besoin ferme. Dans ce mode, on tient compte du fait que le fournisseur a lui aussi des flux amont à optimiser.

Après avoir analysé les logiques de détermination des délais donnés aux fournisseurs, nous allons étudier dans la section suivante, la longueur effective du délai que peut donner l'UCM à chaque UM.

V.4.2 La longueur du délai client

Les UCM disposent suivant la politique Nouvelle Distribution d'un film ferme de 6 jours. Or, les délais donnés aux UM vont de moins d'une journée à cinq jours. Pourquoi les délais donnés sont-ils inférieurs aux six jours de visibilité ferme ? Nous allons étudier cette question dans les paragraphes qui suivent.

V.4.2.1 Analyse du délai actuel

a) La formule théorique de calcul du délai donné à chaque fournisseur

Pour répondre à la question posée, nous commencerons par examiner le mode de calcul du délai client. Le délai (ou préavis) donné par une usine de carrosserie montage à une usine de mécanique est calculé en fonction de trois paramètres :

- La longueur du film ferme de l'UCM : elle est théoriquement de six jours.
- Le décalage temporel interne de l'UCM : c'est le temps que passe un organe mécanique dans une UCM depuis l'instant où il est livré et jusqu'à l'instant où le véhicule (sur lequel il est assemblé) sort de la chaîne de montage. Le décalage interne correspond donc au temps de distribution (de la réception de l'organe en gare routière jusqu'à sa livraison au poste de consommation sur la chaîne de fabrication, en passant pas un stockage éventuel), et au temps d'écoulement sur la ligne de production.
- Le décalage du premier transport : C'est le délai entre l'heure d'arrivée du premier camion à l'usine et l'heure de début de production de la chaîne de montage. Pourquoi ce décalage est-il pris en compte ? Si la journée de fabrication débute à 5h30 et que le tout premier camion de livraison de pièces n'est planifié qu'à 10h, il faudra nécessairement que les pièces à monter entre 5h30 et 10h aient déjà été approvisionnées. Elles doivent donc avoir été livrées par le dernier camion de la journée industrielle⁴² précédente, et ce au plus tard un peu avant 5h30 (en prévoyant le temps de déchargement et d'acheminement vers le point de consommation sur la chaîne).

⁴² Une journée industrielle se définit en fonction de l'organisation en équipes. Pour une usine travaillant en trois équipes, par exemple, la journée industrielle débute à 5h30 et se termine à 5h30 le lendemain.

Ainsi la formule de calcul du délai est la suivante :

Délai donné pour un fournisseur i = Longueur du film ferme véhicule – arrondi supérieur [décalages horizontaux internes UCM + Décalage du premier transport]⁴³.

Remarque :

Notons que la formule fait intervenir l'arrondi supérieur du total des décalages. Cela s'explique par le fait que le client UCM exprime ses demandes de livraison en journées entières (2 jours, 3 jours, ...). Ainsi, pour un film ferme de 6 jours en UCM et des décalages internes de 0,4 jours, le préavis exprimé au fournisseur sera de 5 jours ; bien que l'UCM dispose en réalité d'un peu plus de 5 jours et demi de commandes fermes sur les organes.

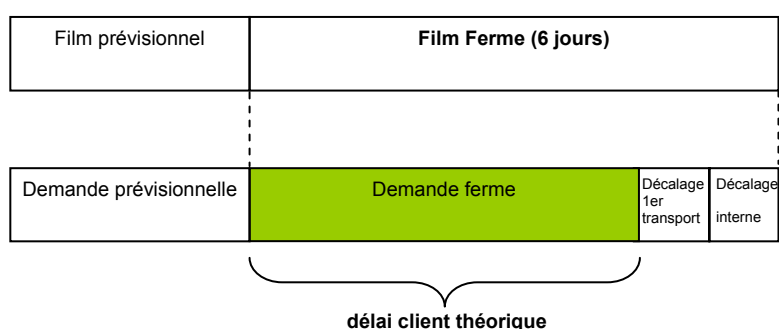


Figure V-5 : Calcul du délai

Qu'en est-il de l'application de cette formule dans les liaisons UM/UCM ?

b) Les délais appliqués

Un travail a été conduit pour analyser l'application de la formule de calcul des préavis sur les liaisons UM/UCM. Les préavis théoriques ont été comparés avec les préavis effectivement appliqués par les UCM. Le comparatif est montré sur quelques exemples du Tableau V-1.

Liaison	préavis théorique	préavis actuel	Différence (théorique – actuel)
Douai → Cléon	4	3	+ 1
Douai → Le Mans	4	3	+ 1
Douai → STA	3	3	0

Tableau V-1 : Exemples de préavis client

⁴³ Dans la pratique, la formule considère le nombre de jours de commandes fermes, au-delà de la dernière journée « affermie ». Ainsi, le terme « préavis » correspond à la totalité de la longueur de l'horizon ferme auquel on retranche une journée. Ce n'est qu'une question de terminologie et par souci de simplification, nous raisonnerons directement sur la totalité de l'horizon ferme.

Cette première analyse montre qu'il existe pour certaines liaisons un écart entre le préavis théorique et le préavis réel appliqué. En particulier, il existe des préavis réels inférieurs au résultat du calcul théorique. Cela signifie que pour ces liaisons, l'UCM, après établissement de son film de fabrication de six jours, ne transmet pas directement l'information sur les besoins en composants à son fournisseur. Elle retient l'information pendant un certain délai avant de déclencher la commande ferme. Ce fonctionnement est illustré par la Figure V-6.

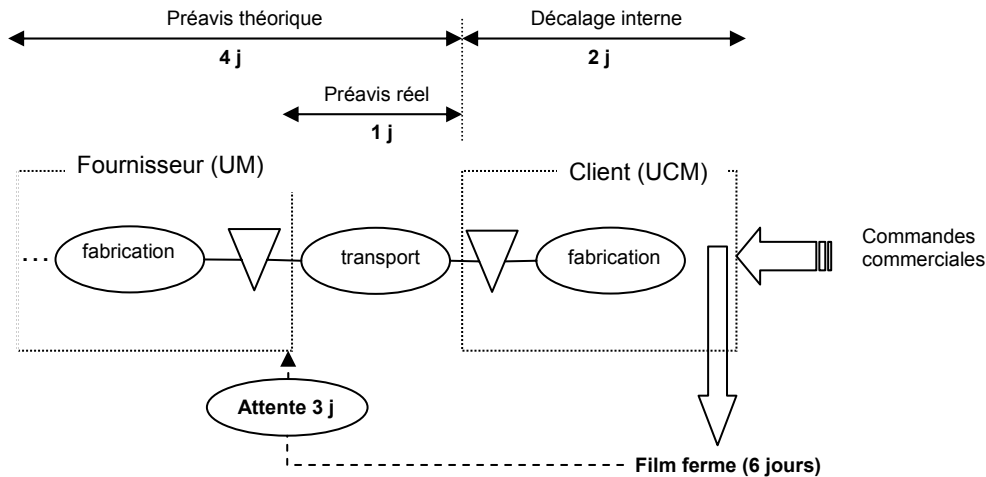


Figure V-6 : Analyse du délai client

Dans l'exemple de cette figure, le client retient l'information pendant trois jours avant de la transmettre au fournisseur.

Nous allons partir de cette analyse pour rechercher les leviers d'amélioration du délai donné au fournisseur.

V.4.2.2 Identification des leviers d'allongement de la visibilité du fournisseur

a) Suppression du délai de rétention

Le délai de rétention est essentiellement dû à la volonté de l'UCM de garder de la souplesse pour gérer ses aléas et dysfonctionnements internes (pannes, problèmes d'approvisionnements, ...). Elle peut ainsi modifier son film de fabrication si des aléas se produisent. Cependant, en appliquant ce mode de fonctionnement, l'UCM réduit la visibilité de l'UM et nous avons vu auparavant les difficultés que cela crée pour piloter les flux mécaniques. Le manque de visibilité affecte, entre autres, le taux de service vers l'UCM ce qui augmente les aléas qu'elle a à gérer. C'est un cercle vicieux.

Entre une situation où le fournisseur subit tout le poids des aléas UCM et une situation où l'UCM n'a pas du tout de souplesse, il doit bien exister une situation de compromis qui permet de répartir le délai de visibilité disponible de manière à améliorer le pilotage global.

Nous avons vu que l'UCM dispose d'un levier intéressant lui permettant d'absorber une partie des perturbations causées par les aléas : le tristock. En effet, si celui-ci est utilisé d'une manière similaire à ce que fait Nissan, il permet de reconstituer, à l'entrée de la ligne de montage, le film de fabrication initialement construit six jours avant (Cf. chap. I). Ainsi, les perturbations du film ferme entre la date de construction administrative et l'entrée de la ligne d'assemblage peuvent être résorbés. Il reste à gérer les dysfonctionnements après le tristock (c'est à dire la ligne de montage) en dimensionnant la sécurisation au juste nécessaire.

Ainsi un premier levier est identifié : afin d'augmenter le délai client donné aux UM : l'application effective de la règle théorique de calcul du préavis permet de gagner en visibilité.

Levier

|| *Supprimer ou, tout au moins, réduire les délais de rétention de l'information sur la demande permet de faire bénéficier le fournisseur d'une meilleure visibilité sur la demande.*

La suppression des délais de rétention permettra d'augmenter les délais donnés aux UM. Cependant, on voit dans le Tableau V-1, que la visibilité théorique reste inférieure aux six jours de film ferme. Nous allons donc pousser l'analyse du délai plus loin.

b) Optimisation des paramètres de calcul du délai

Dans un second temps, l'analyse a porté sur les valeurs des paramètres de la formule (décalage horizontal, décalage premier transport, longueur du film ferme). Les résultats révèlent plusieurs voies de progrès.

Le décalage interne

Le décalage interne est théoriquement le temps que passe un organe depuis la zone de réception jusqu'au montage véhicule : dans la pratique ce délai est de quelques heures. Cependant, les décalages réellement documentés pour calculer le délai sont parfois plus longs : plusieurs jours. Cela est dû aux stocks de sécurité en organes que mettent les UCM pour se couvrir contre les aléas des UM. L'UCM n'ayant pas confiance en la fiabilité de son fournisseur (fiabilité au sens du taux de service) se sécurise en maintenant un stock d'organes, ce qui réduit le délai qu'elle donne et donc réduit la visibilité du fournisseur. Et moins ce dernier a de visibilité, moins il arrive à s'organiser efficacement pour produire et livrer les besoins de l'UCM, ce qui affecte sa fiabilité (taux de service). On entre dans la spirale inflationniste des stocks. L'idée est donc d'inverser cette logique en mettant en place un système profitant aux deux parties, par l'augmentation du préavis. Cela passe par l'abaissement du stock d'organes en UCM.

Le décalage de premier transport

Le décalage premier transport est lié à l'heure programmée de l'arrivée du premier transport du matin. Il est intéressant de noter que pour certaines liaisons, il suffit de décaler cet horaire de peu pour augmenter le préavis d'une journée supplémentaire. En effet, la formule du préavis fait appel à l'arrondi supérieur. Si par exemple la somme des décalages internes est de 1,05 jours, l'arrondi supérieur est de 2. Ainsi, pour un film ferme de 6 jours, le délai donné au client est $6-2 = 4$ jours.

Il suffirait de décaler l'heure de transport de 0,05 jour, soit environ une heure, pour ramener l'arrondi à 1 et gagner une journée entière de visibilité. Le délai passerait de 4 à 5 jours. C'est un potentiel d'optimisation non négligeable.

La longueur du film ferme

Il est très intéressant de noter que pour certaines UCM, le carnet de commandes véhicules comporte des journées entières de commandes de clients finaux (ce sont donc des commandes fermes) au-delà des six jours du film de fabrication. Ainsi, il serait possible d'envisager d'allonger le film ferme à plus de six jours, ce qui résulterait en un délai supplémentaire pour les UM. Ce levier constitue un chantier important en cours d'étude.

Leviers

En analysant les paramètres intervenant dans le mode de calcul du délai client, nous avons identifié deux nouvelles voies pour améliorer la visibilité donnée au fournisseur.

Le premier levier consiste à optimiser les décalages de production et d'approvisionnement du client : en réduisant au strict nécessaire les stocks de sécurité de moteurs et en optimisant les horaires de transport.

L'exploitation de la totalité de l'information ferme disponible est un second levier.

c) Autres leviers

L'examen du processus d'expression des commandes fermes des UCM a révélé un autre levier de progrès : en raison de délais de traitement informatique liés à la compilation des besoins des clients dans les systèmes d'information, le délai donné par le client n'est pas celui réellement perçu par l'usine de mécanique. En effet, les délais informatiques « consomment » une journée de visibilité avant que l'information sur les commandes fermes des clients ne soient effectivement exploitables par les UM. Ce phénomène est connu sous l'appellation d'« effet cascade », en référence à l'enchaînement des traitements informatiques. Un meilleur enchaînement des dates de traitements permet de supprimer ce délai et de

gagner ainsi systématiquement une journée de visibilité. Cette action a été déployée dans l'entreprise.

Levier

Tout délai consommant de la visibilité, constitue une piste potentielle à optimiser afin d'augmenter la visibilité du fournisseur.

Partant des différents leviers identifiés dans cette section, il est possible d'envisager l'augmentation du préavis client dans le cas d'étude. Un gain potentiel est identifié entre le préavis actuel et le préavis « optimum » que pourrait donner le client. Un chantier a été engagé dans ce sens dans le cadre du projet Cible Logistique Mécanique. Ainsi presque 50% des liaisons UM/UCM ont été identifiées comme « optimisables ». Ce travail a nécessité un échange et communication avec les UCM afin de leur présenter les avantages de l'approche et les convaincre de l'intérêt réciproque de l'augmentation des délais donnés aux UM.

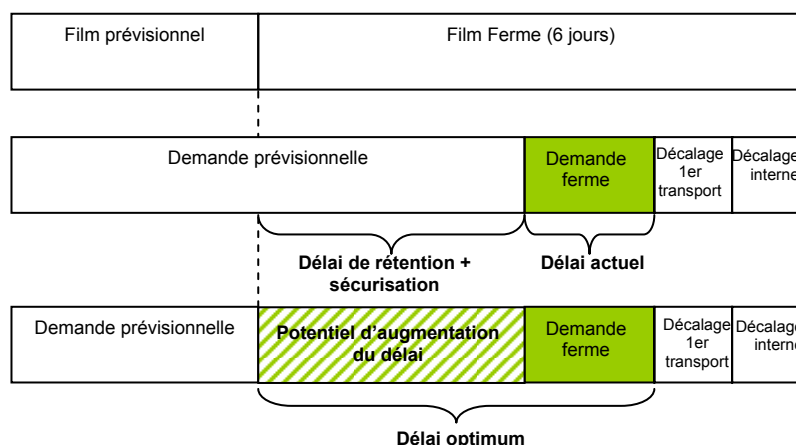


Figure V-7 : Optimisation du délai client

Cette partie nous a permis de mesurer l'intérêt d'analyser le délai du client et d'identifier les leviers pour le redéfinir de manière à optimiser la visibilité donnée au fournisseur.

V.5 Forme détaillée de l'expression du besoin client

Si le délai client est l'élément majeur qui intervient dans le choix structurant du point de découplage et donc des modes de pilotage, d'autres aspects de la demande peuvent également intervenir dans les choix que fait le fournisseur pour organiser ses flux. Nous allons nous intéresser à deux de ces aspects : la décomposition temporelle et l'ordre des produits dans la demande.

V.5.1 La décomposition temporelle de la demande

Le client peut exprimer la demande en décomposant son besoin sur des plages élémentaires de temps plus ou moins fines. Il peut choisir d'exprimer son besoin en volume global à la journée ou à la semaine, comme il peut choisir de définir plus précisément le volume dont il a besoin par tranches horaires de 4 heures ou 2 heures,... La Figure V-8 donne des exemples de décomposition temporelle. On dit aussi qu'on a fractionné les quantités.

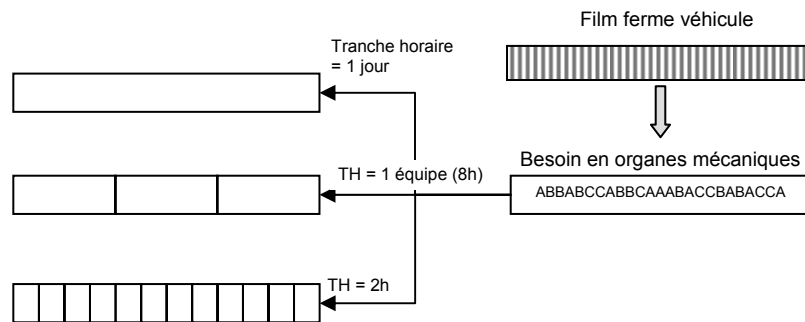


Figure V-8 : Décomposition temporelle de la demande

Le choix de la décomposition temporelle n'est pas sans impact sur le pilotage des flux. Examinons les deux cas suivants :

- **Cas 1 : expression de besoin à la journée.** Le fournisseur connaît le volume total de chacune des références de produit qu'il doit livrer au client pour un jour « J ». Ne sachant précisément parmi les différentes références celles qui seront consommées en début de journée de celles qui seront consommées en fin de journée, le fournisseur doit avoir produit et livré l'ensemble des références demandées avant le début de la journée industrielle « J ». Le fournisseur prend ainsi en compte un décalage égal à un jour complet pour positionner ensuite les dates de lancement de ses activités internes. Ainsi, si le préavis total donné par le client est, par exemple, de trois jours, soit 72 heures, le délai effectif dont dispose le fournisseur pour produire et livrer est de 72 heures auxquels on retranche un jour de décalage, soit 48 heures de marge de manœuvre.
- **Cas 2 : expression de besoin par tranche horaire de 4 heures.** Le fournisseur ayant une connaissance plus détaillée du besoin client peut s'organiser pour produire et livrer les références demandées pour chaque tranche horaire. Le décalage que prend en compte le fournisseur est de 4 heures. En reprenant, l'exemple d'un préavis de 3 jours, le fournisseur dispose à présent d'une marge de manœuvre égale à 3 jours

moins le décalage de 4 heures, soit 68 heures. Il a donc un délai plus grand que dans le cas 1.

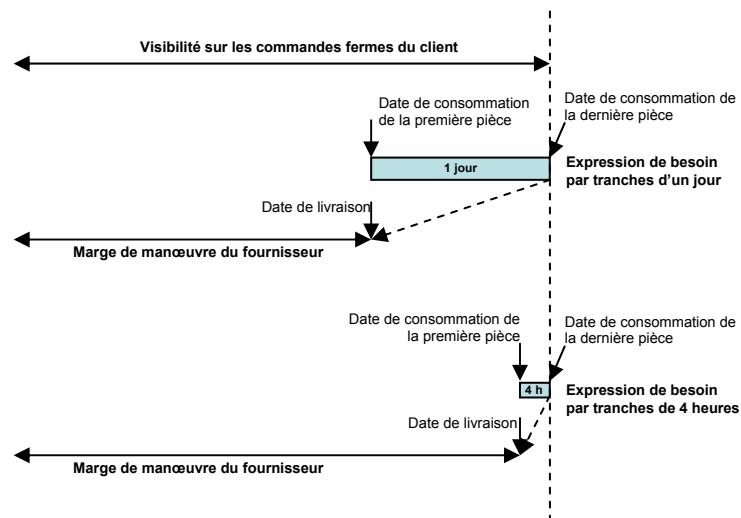


Figure V-9 : Impact de la décomposition temporelle sur la marge de manoeuvre du fournisseur

Ainsi, vu du fournisseur, plus le découpage temporel est fin, plus le décalage qu'il doit prendre en compte est petit et plus il gagne en marge de manoeuvre. La décomposition temporelle a donc un impact direct sur le délai effectif dont dispose le fournisseur pour gérer ses flux, et influe par conséquent sur la localisation du point de découplage.

Levier

|| L'augmentation de la finesse de la décomposition temporelle dans la commande du client, permet au fournisseur de gagner en délai effectif disponible pour livrer les commandes.

V.5.2 L'ordre des produits dans la demande

L'ordre est un autre paramètre détaillé de l'expression de besoin. Le client peut exprimer sa demande en volume global par tranche horaire, sans autre précision. Le fournisseur est ainsi libre d'organiser les produits à expédier dans l'agencement qui lui convient : regroupement par références, ou plusieurs références mixées dans un même emballage,

Le client peut aussi demander que les organes lui soient livrés dans un ordre précis, qui correspond à l'ordre de production dans sa chaîne de fabrication. Ce cas de figure est connu sous le nom de livraison synchronisée. Le client requiert une livraison des composants en « juste à temps » et en séquence, ce qui lui permet de diminuer ses stocks et les surfaces nécessaires. Pour satisfaire cette exigence, le fournisseur devra intégrer la contrainte d'ordre dans la gestion de ses flux : il peut, par exemple, choisir de produire les composants

exactement dans l'ordre qui lui a été demandé. Une autre solution serait de lancer la fabrication indépendamment de l'ordre requis mais de prévoir un poste de travail en fin de ligne de production pour mettre les composants dans l'ordre requis.

Le mode d'expression de la demande avec ordre a donc un impact direct sur l'organisation des flux du fournisseur.

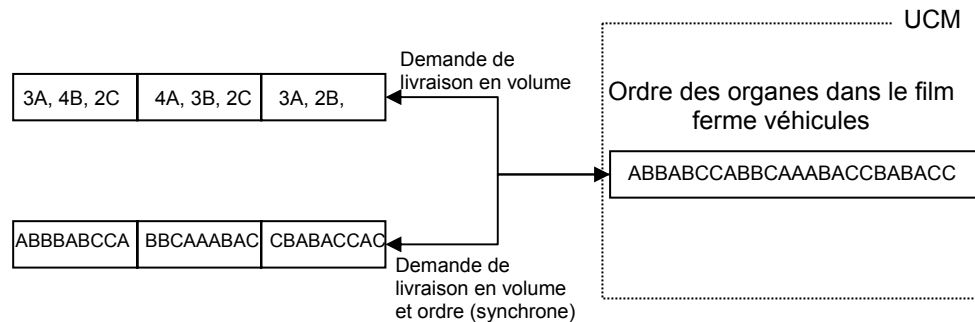


Figure V-10 : Expression de besoin avec ou sans ordre.

Dans notre cas d'étude, le mode en place est une expression de quantités globales sans précision d'ordre. L'intérêt d'envisager une liaison synchronisée (du type L3PS, décrite dans le chapitre I) entre UM et UCM est en cours d'étude. Nous y reviendrons pour apporter une analyse complémentaire dans le chapitre VI.

V.6 La variation de la demande

L'élément suivant que nous allons étudier et qui présente un impact important sur le pilotage est la variation de la demande. La gestion des flux est d'autant plus simple que les flux sont réguliers et stables et d'autant plus compliquée que de fortes variations dans la demande interviennent. En effet, il faut alors fréquemment revoir l'organisation des ressources, des volumes de production, des transports, des stocks et surfaces, ... L'influence de la variabilité de la demande sur la dégradation de la performance d'une chaîne logistique a fait l'objet de plusieurs travaux dans la littérature. En particulier, certains auteurs ont montré que la variabilité de la demande augmente les coûts de stockage des systèmes de production. Lire par exemple, [Jemai, 2004] qui analyse l'influence de la variabilité sur la performance d'un étage de production piloté par anticipation.

La demande est caractérisée par un profil. Il dépend, à moyen terme, de la saisonnalité et, à court terme, d'une plus ou moins grande concentration des commandes dans le temps. Différents types de profils peuvent exister : faible saisonnalité et fortes variations, fortes saisonnalité et faibles variations, pas de saisonnalité mais fortes variations, profil stable,...

Etant donné l'impact sur la gestion des flux, il convient d'analyser la variation de la demande en volume global. Il est aussi souvent nécessaire d'étudier la variation du volume par famille voire par référence de produit. En effet, il arrive parfois que le volume global soit stable, mais que des variations importantes aient lieu dans le « mix », c'est-à-dire la répartition des produits par référence.

La variation de la demande, une fois caractérisée, est confrontée avec les possibilités d'ajustement capacitaire du fournisseur. La flexibilité au volume n'est pas sans limite. En effet, on n'embauche pas 50 personnes du jour au lendemain et, une fois embauchées, on ne peut pas réduire l'effectif sans délai et sans coût. La flexibilité au volume s'obtient par la mise en place de leviers du type : heures supplémentaires, ajout ou suppression d'équipes, journées de fermeture,... (Cf. chap. IV).

La recherche d'un équilibre entre ce que demande le client comme variation et la réponse que peut réellement faire le fournisseur en termes de flexibilité, dans des conditions efficaces et rentables, est une composante importante de la définition de la relation C/F. Il est fortement souhaitable que cet aspect soit clairement négocié et établi. En effet, il n'est de l'intérêt ni du client, ni du fournisseur d'imposer ou de s'engager sur des variations plus importantes que les capacités réelles d'ajustement. Une demande dont la variation dépasse les limites de flexibilité capacitaire affecte la performance du fournisseur et résulte, soit en un taux de service non satisfaisant, soit en la mise en place de stocks ce qui impacte les coûts.

Remarque :

Nous verrons dans le chapitre VI, que la variation de la demande a un impact significatif sur le positionnement du point de découplage et par conséquent sur les choix des méthodes de pilotage des flux.

V.6.1 La variation observée

La variation de la demande peut être observée à différents niveaux de finesse :

- La variation du volume d'une année à l'autre a des répercussions sur les investissements en capacités.
- Les variations des volumes mensuels et hebdomadaires interviennent dans la gestion des capacités à moyen terme (définition du nombre d'équipes, ...).
- La variation journalière intervient quant à elle dans la programmation des volumes de production journaliers et la gestion de la flexibilité à court terme (heures supplémentaires, ...).

Dans les décisions de pilotage des flux de notre cas d'étude, c'est la variation journalière qui va nous intéresser plus particulièrement et, dans une moindre mesure, la variation hebdomadaire.

L'état des lieux (chapitre IV) a fait émerger un constat récurrent, évoqué par les opérationnels des usines de mécanique, quant à la forte variation volumique des demandes des UCM. Cette variation, qui dépasse régulièrement la flexibilité à court terme des UM, cause des difficultés dans la gestion des volumes à produire. La conséquence est souvent la mise en place de stocks importants. Nous présenterons un peu plus loin un exemple concret afin de donner un ordre de grandeur de l'amplitude des variations subies.

L'amplitude des variations nous amène à nous interroger sur leur origine. A priori, il nous semblerait assez surprenant que la demande du client final (émanant du réseau commercial) change avec une amplitude de l'ordre de 20%, 40% et plus entre les choix de types de moteurs. Pourquoi est-ce que d'un jour à l'autre, le choix du client final entre un moteur diesel et un moteur essence, par exemple, varierait autant ? Si le lundi la tendance du marché est d'avoir 60% de diesel et 40% d'essence, pourquoi la proportion du marché s'inverserait-elle le mardi ? Il doit probablement exister des variations de proportions sur le moyen ou long termes mais la variation court terme nous semble excessive. Ce n'est qu'une idée intuitive, encore faut-il analyser les données commerciales. Néanmoins, la disparité des niveaux de variations d'une UM à l'autre et d'un client UCM à l'autre, nous conforte dans cette intuition. Cela nous amène à penser à un phénomène connu dans la littérature sous le nom de « bullwhip effect ». Ce phénomène est observé dans les chaînes logistiques : la variation de la demande s'amplifie de l'aval vers l'amont, de telle manière qu'à l'amont de la chaîne logistique l'allure ne ressemble plus beaucoup à la demande du client final.

Nous présentons dans un premier temps les causes de variation étudiées dans la littérature puis reviendrons à l'analyse de notre cas d'étude.

V.6.2 La distorsion de la demande ou effet « bullwhip »

Le *bullwhip effect* ou effet « coup de fouet » est l'amplification de la variation de la demande, c'est-à-dire une distorsion de l'information lorsque cette information traverse la chaîne logistique depuis le marché jusqu'aux fournisseurs de matières premières. Un article de référence sur ce phénomène est [Lee et al., 1997]. La Figure V-11 donne un exemple de distorsion de la demande dans une chaîne logistique. Plus on s'éloigne de la demande du consommateur final, plus la distorsion est importante et rend les prévisions de commandes difficiles.

La distorsion de la demande provoque une dégradation de la performance de la chaîne logistique. Les principales conséquences sont des stocks excessifs, des risques élevés de ruptures de produits, des niveaux de service dégradés vers les clients, une difficulté à gérer les capacités industrielles, des programmes de fabrication non respectés, ... Les niveaux de stocks de sécurité sont globalement élevés pour faire face à des fluctuations importantes si l'on veut maintenir un taux de service satisfaisant.

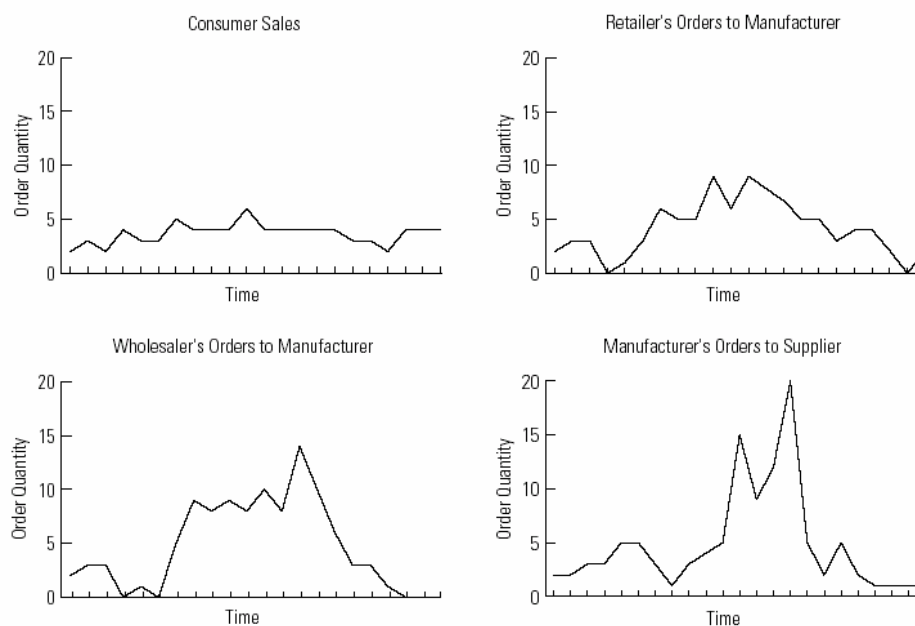


Figure V-11 : La distorsion de la demande ou effet « bullwhip » ; source [Lee, 1997].

Plusieurs facteurs peuvent être à l'origine du « bullwhip effect », dont par exemple :

- La taille des lots et la fréquence d'approvisionnement : Afin de réduire les coûts de passation de commande, au lieu de réapprovisionner le stock de façon régulière et à fréquence élevée, on commandera par quantités importantes espacées dans le temps. Cette approche relevant d'une optimisation locale contribuera à amplifier les fluctuations de la demande « perçue » par les étages en amont. Un autre exemple est lié aux règles d'optimisation des transports : pour privilégier des camions pleins, les demandes sont groupées.
- Les processus de prévisions : face à une soudaine hausse de la demande du client final, chaque maillon peut réagir par rapport à sa perception immédiate et en fonction de l'information dont il dispose. Cela induit un phénomène d'amplification naturelle au fur et à mesure de la remontée dans la chaîne logistique, résultant de décisions de réapprovisionnement cherchant à chaque stade à se protéger contre une augmentation qui pourrait être durable. La hausse de la demande du client final qui a provoqué ces décisions en chaîne n'est peut être en réalité qu'une hausse ponctuelle et non durable.

Le faible partage de l'information, associé aux décisions prises sans tenir compte des conséquences sur l'étage amont génère la distorsion.

D'autres causes sont identifiées dans la littérature : les hausses de prix, l'anticipation de situation de pénuries, ... Lire [Lee et al, 2000 a], [Chen et al., 2000], [Lee et al., 2000 b] pour une analyse détaillée des causes.

En résumé, dans une chaîne logistique « cloisonnée », les acteurs ont souvent une vision déformée de la demande, qui, rendue imprévisible, nécessite la mise en place de stocks importants pour garantir un taux de service satisfaisant. Les ordres de réapprovisionnements seront alors, à leur tour, difficilement prévisibles pour les fournisseurs du fournisseur. Pour contrer cet effet, les principaux moyens d'action sont un meilleur partage de l'information sur la demande et la coordination de la planification le long de la chaîne logistique.

Etant donné l'impact important que peut avoir l'amplification de la variation de la demande sur la performance d'une chaîne logistique, nous allons analyser, pour notre cas d'étude l'allure de la demande, afin d'identifier des facteurs potentiels de distorsion. L'objectif étant d'intégrer des leviers de suppression de la distorsion (si elle existe) dans la reconception des termes de la relation client/fournisseur.

V.6.3 Analyse du cas d'étude

V.6.3.1 Processus de traitement de la demande

D'une façon macroscopique, nous pouvons schématiser les grandes étapes de traitement de la demande comme le montre la Figure V-12 (depuis le client final, jusqu'à l'usine de mécanique). La demande finale émanant du réseau commercial est reçue par l'UCM et un film de fabrication véhicules est construit. Celui-ci est ensuite traduit en un besoin en composants (en appliquant la méthode MRP) et les commandes d'organes mécaniques (moteurs) sont transmises aux fournisseurs.

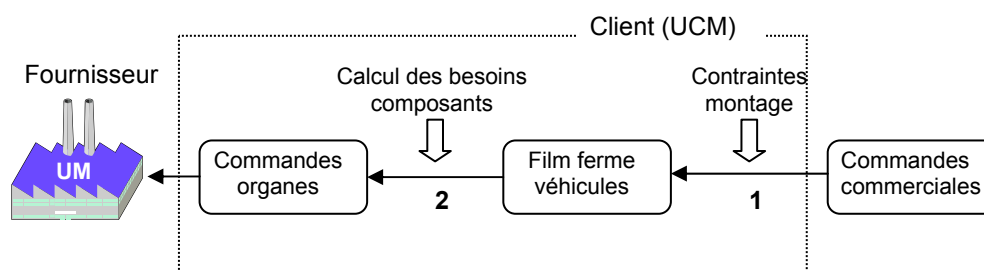


Figure V-12 : De la demande commerciale à la commande d'organes

Ainsi on identifie dans le processus au moins deux traitements de la demande : les points 1 et 2 du schéma. Nous allons étudier successivement la variation de la demande suite à chacun de ces deux traitements.

V.6.3.2 La variation du besoin organes dans le film véhicules

Nous allons d'abord nous intéresser au profil de variation des besoins en moteurs à la fin du premier traitement. Ce sont les besoins en organes qui découlent strictement de la traduction du film de fabrication véhicules en un besoin de moteurs.

Rappelons qu'une UM est multi-clients, ainsi pour mesurer l'amplitude de la variation de la demande en organes issue du traitement 1, il faut compiler les besoins organes de l'ensemble des UCM clientes d'une usine de mécanique. Le graphique de la Figure V-13, montre le résultat pour une UM. Notons que les points en rouge sont à écarter de l'analyse : ces chutes de besoins correspondent au fait que l'usine travaille en une seule équipe le samedi au lieu de trois équipes le reste de la semaine.

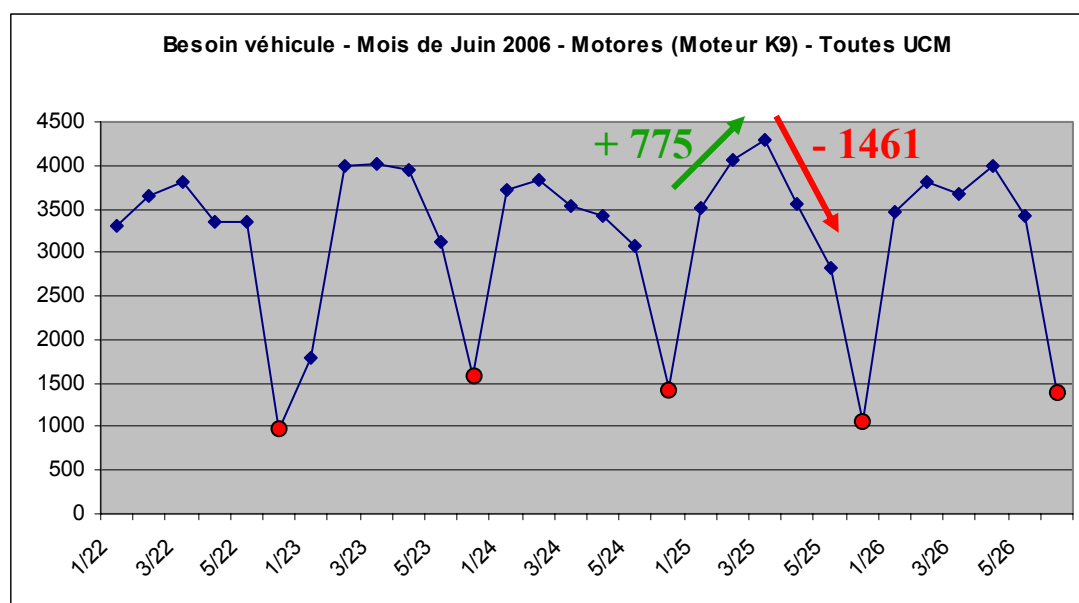


Figure V-13 : Variation de la demande client (commandes organes) - [Calvet, 2006]

Ce graphique est révélateur de la situation difficile que vivent les UM. Sur la période observée, la capacité de l'usine est de 3900 moteurs/jour. Ainsi les variations journalières observées sont de l'ordre de +22% et -34% sur un à deux jours, ce qui est élevé au regard des flexibilités possibles des usines de mécanique. De plus, étant donné la faible visibilité sur les demandes fermes des clients et l'incertitude élevée des commandes prévisionnelles, les UM ne peuvent anticiper ces variations et elles les encaissent au dernier moment.

L'origine des variations est l'application de contraintes de fabrication pour la construction du film ferme véhicules : les commandes des clients finaux sont déplacées dans le temps, ce qui modifie le profil de la demande pour chaque type de moteur. L'exemple de la Figure V-14 illustre ce raisonnement. Le schéma du haut représente la demande telle qu'elle émane des clients finaux. Le besoin correspondant par un certain type de moteur est représenté. Il est supposé stable : 2 moteurs par jour. Le schéma du bas représente le film de fabrication de véhicules après ordonnancement. On suppose que la contrainte de fabrication suivante est appliquée : il faut produire un véhicule rouge tous les deux véhicules bleus. L'application de cette contrainte a pour résultat un film véhicules qui, traduit en un besoin en moteurs du type considéré, résulte en des besoins journaliers variables dans le temps : 2, 3, 1.

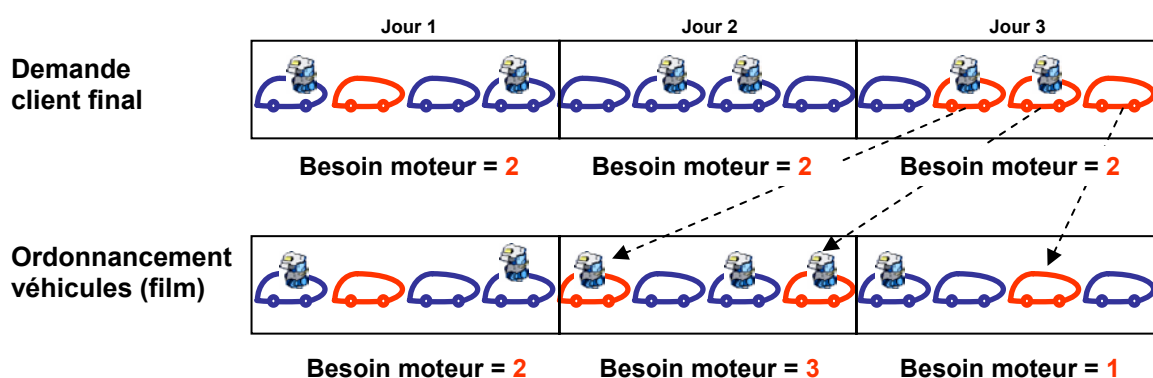


Figure V-14 : La distorsion par l'ordonnancement

L'application de contraintes de fabrication peut générer une distorsion de la demande en organes. Nous étudierons dans le paragraphe V.7 des leviers afin de limiter la variation de la demande à ce niveau du processus de traitement des besoins.

La variation que nous venons d'étudier concerne les demandes cumulées des besoins en moteurs tels qu'ils sont issus de l'étape 1 (Figure V-12). Correspondent-ils strictement à ce qui est reçu par les UM dans les commandes fermes d'organes (soit après le traitement 2)?

V.6.3.3 Mise en évidence de la distorsion liée au calcul des besoins organes

La Figure V-15 compare, pour une UM, les volumes hebdomadaires d'organes qui lui sont commandés et les besoins issus du programme de fabrication des véhicules. Les données montrent qu'il existe des écarts entre ce qui est commandé et le besoin réel de l'usine de véhicules. Les écarts ne sont pas négligeables, sur la première semaine du graphique, les UCM ont presque 2500 moteurs de plus que le besoin réel issu du programme de fabrication, ce qui correspond à environ 60% d'une journée de fabrication de l'UM.

Ainsi, entre les besoins strictement issus du film véhicules et les commandes d'organes, les processus de programmation génèrent une distorsion. L'analyse des commandes séparément par UCM, montre de plus que pour certaines UCM la distorsion est très faible et pour d'autres, elle est significative. Ainsi, on est amené à penser que certains modes de programmation tendent à augmenter l'amplitude de la variation de la demande.

Dans la figure, DL signifie demande de livraison. C'est ce que reçoit l'UM comme commande d'organes (correspond au résultat du traitement, que nous avons noté 2). PDFV : signifie programme de fabrication véhicule (ce qui correspond au traitement 1).

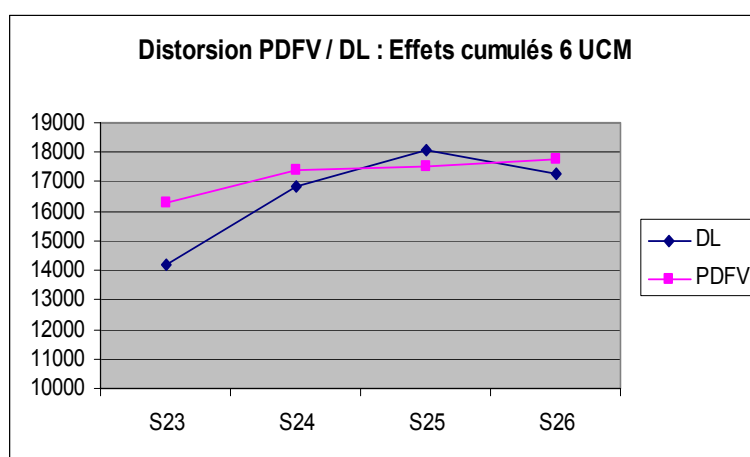


Figure V-15 : Distorsion entre les besoins de moteurs issus du film véhicules et les commandes reçus par les UM [Calvet, 2006]

V.6.3.4 Des leviers pour la réduction de la distorsion

L'analyse révèle plusieurs causes de distorsion, nous en citerons quelques unes :

- L'optimisation des coûts de transports : afin de maximiser le chargement des moyens de transport, les besoins en organes peuvent être regroupés en décalant les besoins dans le temps (avance / retard des commandes).
- Le paramétrage du système de gestion de production. Le paramétrage du stock de sécurité, par exemple, induit une sur-commande par rapport aux besoins du film véhicules (Figure V-16). La comparaison des paramétrages entre usines montre des disparités dans les règles appliquées. Les effets cumulés de distorsion de l'ensemble des UCM sur une UM sont non négligeables et des effets particuliers significatifs sont à noter pour certaines UCM.
- L'arrondi d'emballages : Les UM livrent les moteurs dans des emballages de 6. Chaque emballage ne peut contenir qu'un seul type de moteur (on dit que les emballages sont mono-produit). Les UCM intègrent dans leur expression la contrainte d'emballage et expriment ainsi des quantités par référence de moteur en multiple de la

quantité par emballage. Supposons que l'UCM ait besoin de 10 moteurs de la référence A ; si la capacité d'un emballage est de 6 moteurs, elle commandera une quantité de 12 moteurs au lieu de 10. La sur-quantité commandée modifie la demande réelle du client final.

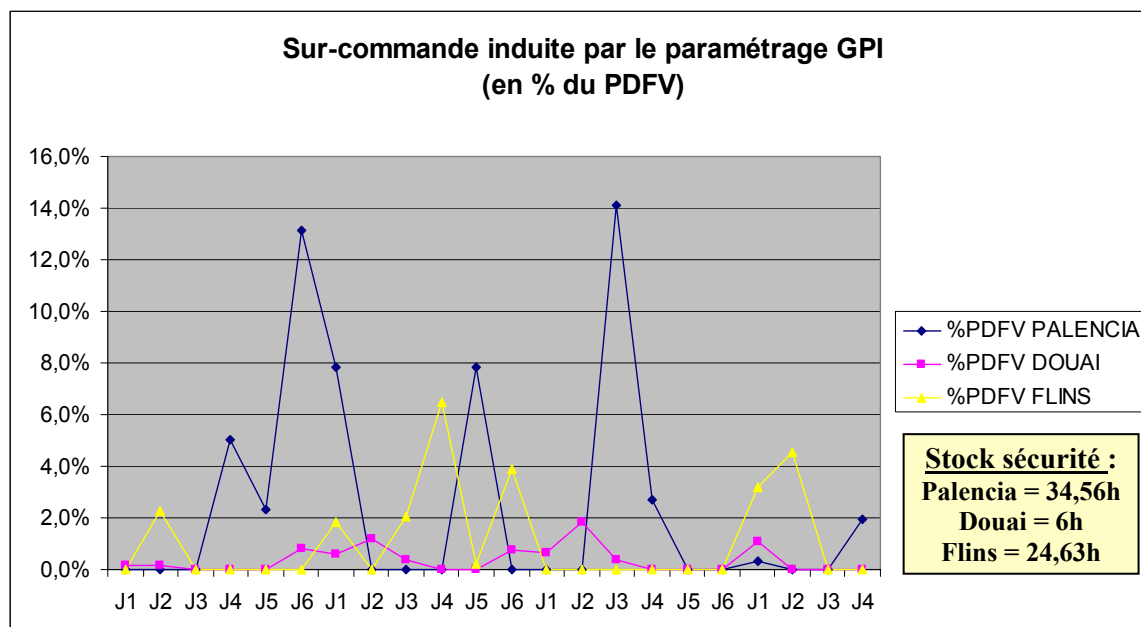


Figure V-16 : Sur-commande induite par les stocks de sécurité - [Calvet, 2006]

Ainsi, l'analyse montre qu'il y a bien un phénomène d'amplification et que les causes de distorsion peuvent être multiples. La réduction de la distorsion passe par la recherche de leviers d'amélioration sur les causes identifiées. Pour certaines causes, comme le paramétrage des modes de production, des actions immédiates peuvent être envisagées par la mise en place de règles de gestion. Pour d'autres, des solutions sont plus difficiles à mettre en œuvre et nécessitent des compromis entre plusieurs secteurs d'activités. C'est le cas pour la contrainte d'optimisation des coûts de transport ; étant donné la dimension internationale du constructeur, les coûts liés aux flux internationaux constituent des enjeux importants.

L'analyse est à pousser plus loin, d'autres causes potentielles de variation méritent d'être explorées :

- La constitution de flottes : nous avons remarqué que la demande reçue par une usine de boîtes de vitesses automatiques était particulièrement variable (avec des pics à 90% de variation volumique journalière) en comparaison avec des usines de boîtes manuelles, cela s'explique en partie par la constitution de flottes dans le programme véhicules, c'est-à-dire de lots de N véhicules avec boîte de vitesses automatique. Il serait intéressant d'étudier les possibilités de lissage des commandes relatives à ces flottes.

- Certaines boîtes de vitesses sont fabriquées dans deux usines différentes. Ainsi, le besoin correspondant au film ferme de véhicules est réparti entre les deux usines par la programmation centrale. Il serait intéressant d'analyser les règles de répartition appliquées et de voir l'impact possible sur la variation de la demande.

Levier

Nous avons identifié plusieurs causes possibles de distorsion : les contraintes d'ordonnancement de la fabrication, le paramétrage des modes de pilotage (en particulier, le stock de sécurité), les contraintes d'optimisation des transports, les tailles de lots induites par des quantités par emballage et les règles de programmation (répartition de volumes). L'atténuation de la variation passe par la recherche de solutions adaptées à chaque cas.

V.7 Prise en compte des contraintes de flexibilité du fournisseur dans l'expression du besoin client

Nous venons de voir des pistes potentielles pour limiter la distorsion dans le processus de traitement des besoins en organes mécaniques. Ces leviers agissent sur la distorsion issue du processus de commande (point 2 dans la Figure V-12) mais nous avons vu que le besoin issu du film ferme de véhicules était lui aussi variable (traitement 1, Figure V-12). Les enjeux étant importants sur la performance du pilotage de flux des UM, nous allons étudier les moyens de limiter cette variation.

Le besoin en organes découle de la construction du film de fabrication véhicules. Ce dernier est établi à l'aide d'un système informatique qui, en croisant des contraintes capacitaires et des contraintes d'engagement des postes de fabrication, propose un film véhicules. Dans la construction du film, il n'existe pas de contrainte limitant la variation du volume d'organes mécaniques, les ordres de fabrication véhicules sont donc placés dans le film d'une manière indépendante des contraintes des UM.

Il est intéressant de noter que ce n'est pas le mode de fonctionnement utilisé par d'autres constructeurs. En effet, un benchmarking avec une usine de Toyota a montré qu'une contrainte de flexibilité était appliquée, la variation journalière admissible entre une UM et ses clients UCM est limitée à 10% [Renault, 2006]. De la même manière, Nissan intègre des contraintes de flexibilité dans la construction du film véhicules, lorsque la contrainte est saturée pour une journée de fabrication, le volume est reporté sur les journées suivantes.

L'idée serait d'envisager la mise en place d'une contrainte similaire dans la construction du film ferme véhicules chez Renault de manière à prendre en compte les limites de flexibilité des UM et ainsi limiter la variation journalière.

Techniquement, comment mettre en place une telle contrainte ?

Prenons le cas simple d'une liaison UM/UCM. L'idée est d'appliquer un filtre pour tenir compte des contraintes du fournisseur UM. L'UCM ayant déjà par ailleurs un filtre sur les contraintes de fabrication. La logique est illustrée par la Figure V-17.

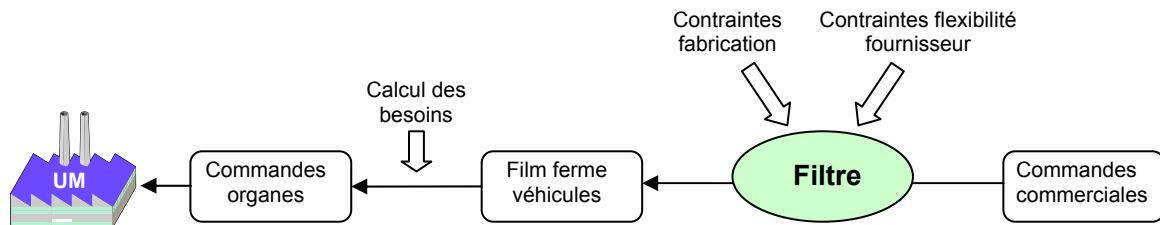


Figure V-17 : La prise en compte des contraintes du fournisseur

Cependant, une usine de mécanique est multi-clients. La contrainte doit donc être respectée par l'ensemble des UCM. Deux configurations de base sont possibles pour l'intégration de la contrainte, nous les examinons dans ce qui suit.

V.7.1 Filtre décentralisé

On peut envisager d'appliquer exactement le schéma précédent pour chaque usine. Ainsi chaque UCM possède son propre filtre et construit son film en respectant la contrainte de flexibilité.

Cependant, il faut répartir la contrainte entre les usines. Il n'est pas dans notre périmètre d'analyser en détail le type de contrainte à mettre en place (sur le volume global, ou sur le « mix », contrainte à la hausse de volume, contrainte à la baisse, ...). Imaginons, pour faire simple, que la contrainte est de ne pas dépasser de plus de 10% la capacité de l'UM. Ainsi, si l'usine a une cadence de 1000 organes par jour, elle peut en utilisant sa flexibilité court terme, absorber au maximum un volume de 1100 organes, soit 100 moteurs en plus. Cette contrainte peut être répartie entre les UCM. Supposons que l'UM a deux clients. Chaque UCM intègre une contrainte à la hausse de 50 moteurs maximum.

Cette approche a l'avantage d'être relativement simple à mettre en œuvre. En revanche, l'inconvénient est qu'on risque de ne pas utiliser pleinement la capacité de l'usine de mécanique. En effet, supposons que l'UCM 1 a un besoin de 80 moteurs, en appliquant la contrainte, elle en commande 50 et doit reporter les 30 organes restants sur la journée suivante. Supposons que cette même journée, l'UCM 2 n'a pas de besoin de dépassement de capacité, elle ne commande pas de surplus. L'usine de mécanique reçoit donc un dépassement global de 50 moteurs, il lui reste ainsi une réserve capacitaire de 50 qui aurait

pu être utilisée par l'UCM 1 pour couvrir tout son besoin. On voit dans ce cas, qu'on n'assure pas une optimisation globale.

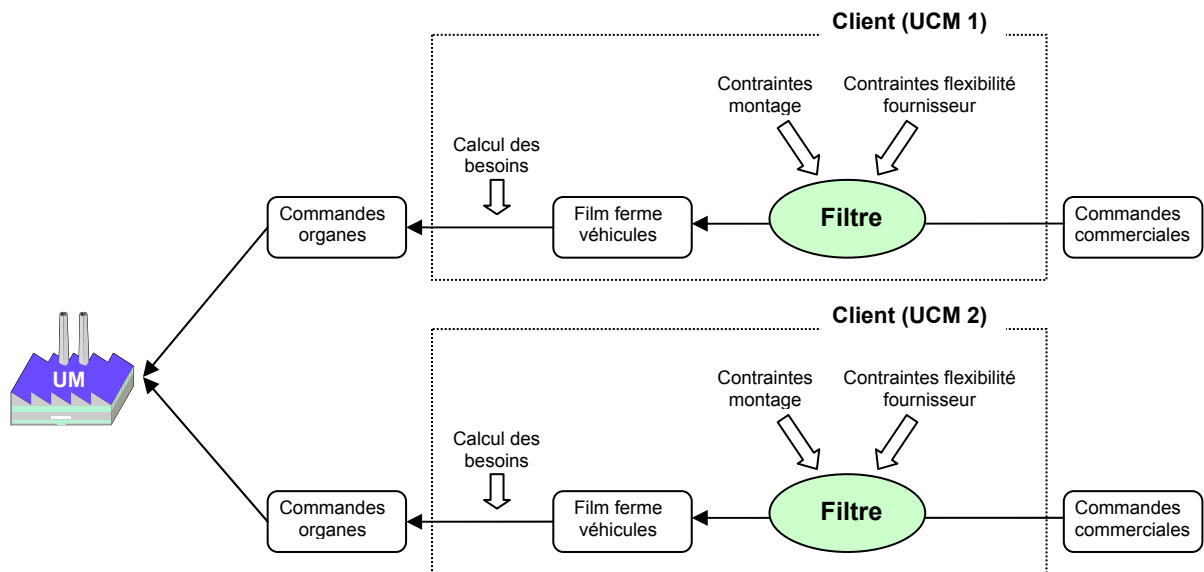


Figure V-18 : Filtre décentralisé

V.7.2 Filtre centralisé

Pour pallier l'inconvénient de la première solution, on peut envisager de mettre en place un filtre centralisé, de manière à gérer la cohérence globale. Il persistera un filtre propre par usine pour gérer les contraintes de chaque ligne de montage.

Cette solution offre l'avantage d'optimiser l'utilisation des capacités. Cependant sa mise en œuvre est plus compliquée car elle nécessite la mise en place d'une gestion centrale pour l'ensemble des liaisons UM/UCM.

Les solutions (filtre centralisé / filtre décentralisé) sont donc à étudier en prenant en compte la complexité de mise en œuvre pour l'entreprise.

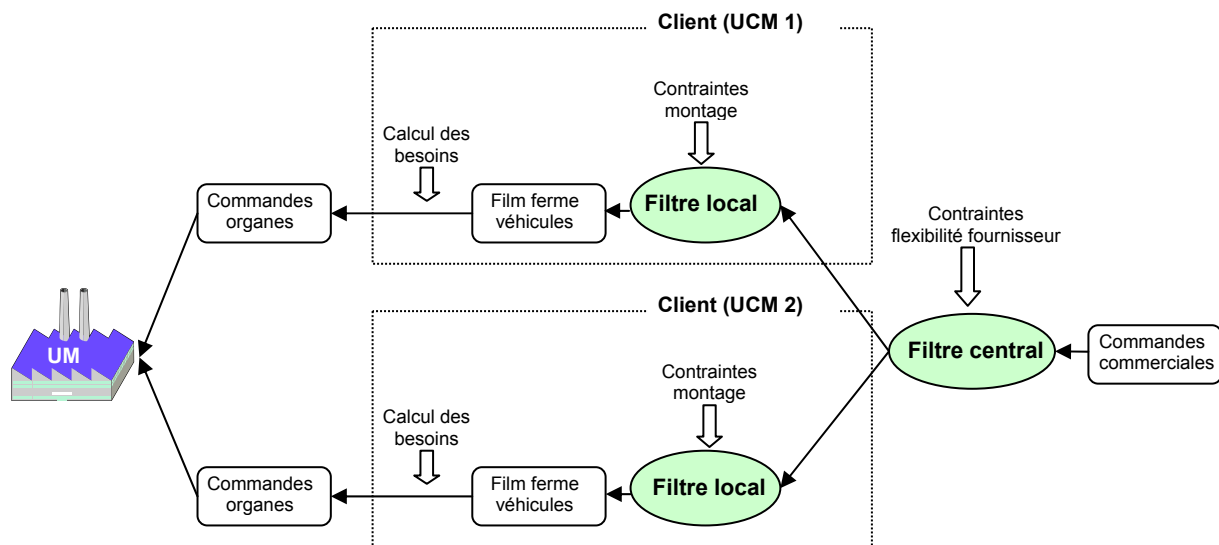


Figure V-19 : Filtre centralisé

Levier

Un levier d'amélioration de la relation client/fournisseur est la prise en compte des limites de flexibilité du fournisseur dans l'expression de la demande du client. Deux configurations de bases sont possibles : la mise en place d'un filtre décentralisé ou la mise en place d'un filtre centralisé.

V.8 Le co-engagement client/fournisseur

Nous venons de voir que la relation client/fournisseur comprend, outre l'engagement classique du fournisseur à garantir un taux de service objectif, des éléments sur lesquels s'engage également le client et qui concernent essentiellement l'expression du besoin (délai client, contraintes de flexibilité, ...). C'est donc un co-engagement client/fournisseur dans la recherche d'une performance globale.

Les termes de la relation C/F sont pour partie prévus dans des contrats écrits, et pour partie informels. Qu'elles soient écrites ou non, elles gagnent à être clairement définies et mesurées par des indicateurs appropriés.

V.9 Conclusions

La définition des termes de la relation client/fournisseur est une mise en application des principes de gestion d'une chaîne logistique dans la recherche d'une optimisation globale. Le cas d'étude illustre bien, on partait d'une situation où chaque acteur optimisait ses opérations propres. En particulier, certains choix du client, dans ses modes de gestion, ne

prenaient pas en compte les conséquences sur la performance du fournisseur. Nous avons identifié plusieurs leviers permettant une meilleure prise en compte des contraintes des deux parties en vue d'un meilleur pilotage global.

Cette étape est primordiale dans le travail de reengineering engagé. Si nous nous étions restreint à essayer d'améliorer uniquement les opérations du fournisseur, nous aurions peut-être trouvé quelques voies de progrès mais nous aurions été limités face aux contraintes majeures de la relation client/fournisseur : manque de visibilité sur les commandes fermes et forte variation de la demande.

Une fois les bases du co-engagement des acteurs établies, nous avons matière à travailler sur la reconception du contrôle des flux du fournisseur.

Notons que les éléments qui ont été étudiés dans ce chapitre sont généralisables aux fournisseurs des UCM, autres que les usines de mécanique. Les leviers proposés nous semblent, par ailleurs, assez génériques pour être transposés à d'autres secteurs d'activité que l'industrie automobile.

Chapitre VI

RECONCEPTION DE LA METHODE DE PILOTAGE DES FLUX DU FOURNISSEUR

VI.1 Introduction

Le chapitre précédent a permis d'établir les bases du fonctionnement de la relation client/fournisseur. Les éléments définissant le co-engagement ont été discutés. Ils vont directement impacter les choix que fait le fournisseur pour organiser ses flux.

L'objectif dans les sections qui vont suivre est de définir une méthode de pilotage des flux qui satisfasse la relation C/F de manière efficace, c'est-à-dire qui garantit le niveau de service à moindre coût.

Les questions qui vont préoccuper le fournisseur, à ce stade du processus de reconception, peuvent être résumées ainsi⁴⁴ :

- *Où localiser le point de découplage entre les activités pilotées à la commande et les activités pilotées par anticipation ?*
- *Quels sont les points de pilotage de la chaîne ?*
- *Quelles approches utiliser pour piloter les différents flux (renouvellement de consommation, pilotage par les besoins futurs, ...) et quelles informations utiliser ?*

⁴⁴ Ce sont les mêmes questions qui avaient guidé notre réflexion dans la phase de diagnostic (Cf. l'état des lieux, chapitre IV)

- *Comment paramétrer les méthodes de pilotage des flux ? (ex. délais de sécurité, stocks de sécurité, ...)*
- *Quelles particularités doivent avoir les flux physiques ? (ex. flux synchrones, ...)*

La méthodologie que nous proposons s'attèle à apporter des éléments de réponse à ces questions en suivant une logique qui va :

- *De l'aval vers l'amont* : on raisonnera en partant de l'aval de la chaîne logistique étudiée et on remontera vers l'amont. C'est la satisfaction du besoin client qui va orienter nos choix tout au long des maillons de la chaîne.
- *Du global au détail* : nous commencerons par traiter les questions globales les plus structurantes (ex. point de découplage) puis aborderons progressivement des niveaux plus détaillés (ex. choix des modes de pilotage, paramètres).

Notons que, dans ce chapitre, nous allons recourir à quelques modélisations et analyses quantitatives simples pour étudier les propriétés des paramètres définissant la localisation du point de découplage.

Remarque importante :

Nous avons introduit, dans le chapitre III, les deux grands leviers d'amélioration des performances : l'amélioration de la logistique et l'amélioration des processus physiques. Dans notre thèse, nous allons nous intéresser, en particulier, à l'amélioration des performances par l'action sur le pilotage des flux. Bien que nous ne développerons pas les moyens d'agir sur les processus physiques, nous identifierons, à chaque fois que cela sera nécessaire, les problèmes physiques constituant des freins à une conduite plus poussée de l'optimisation des flux et préconiserons des leviers de progrès. Notre approche de reconception se veut ainsi rester globale en exploitant la complémentarité des deux approches (action sur la logistique / action sur la performance physique).

VI.2 Le point de découplage

VI.2.1 Objectifs et enjeux

La première question fortement structurante à laquelle nous allons nous intéresser est la localisation du point de découplage. Comme défini précédemment, le point de découplage délimite, dans une chaîne logistique, la frontière entre les deux grandes approches de pilotage de flux : le pilotage à la commande et le pilotage par anticipation.

Nous avons présenté, dans le chapitre III, les principes, avantages et inconvénients des deux familles de pilotage des flux : à la commande et par anticipation. Nous avons vu que

pour certains types d'entreprises l'un ou l'autre mode était optimal, et le choix s'imposait d'une manière assez simple. Pour d'autres entreprises, le choix est moins trivial et il est souvent nécessaire d'adopter un mode hybride qui combine à la fois le pilotage à la commande et le pilotage par anticipation.

Qu'en est-il de notre étude de cas ? Quelle est l'approche de pilotage la plus adaptée pour gérer les flux de la chaîne logistique mécanique ?

Nous avons établi, en conclusion des états des lieux (Cf. chapitre IV), que le point de découplage se situait à l'étape de livraison des produits. Ainsi toute la chaîne de production mécanique est pilotée par anticipation, seule la livraison au client se fait à la commande. Nous avons vu que cette méthode de pilotage présentait des inconvénients importants : les usines de mécaniques supportent des stocks élevés de produits finis et composants associés à des coûts élevés. Les taux de service vers le client ne sont toutefois pas satisfaisants et les ruptures de composants fréquentes.

Les caractéristiques du système industriel des usines de mécanique : gestion d'un produit coûteux à forte diversité, associé à une demande variable et une information prévisionnelle peu fiable, nous font penser qu'il serait intéressant d'envisager un mode de pilotage à la commande. En effet, plusieurs avantages sont escomptés :

- Produire au juste nécessaire les références de moteurs réellement attendues par les clients (UCM), aurait pour conséquence une baisse des stocks de produits finis et des coûts associés.
- Une meilleure gestion du programme de production des moteurs finis permettra par ricochet une meilleure gestion et coordination des volumes de pièces à usiner et la réduction des stocks de composants internes.
- les deux points précédents permettraient de mieux définir les besoins en pièces externes à approvisionner de chez les fournisseurs et de limiter ainsi les risques de rupture et les stocks.
- D'une manière générale, la connaissance suffisamment à l'avance des besoins fermes des clients donnerait aux usines de mécanique une marge de manœuvre afin de mieux organiser leurs flux ce qui, sur la base des points précédents, devrait contribuer à une amélioration du taux de service et une réduction des coûts.

Nous avons, par ailleurs, établi que le client s'exprimait par commandes fermes avec un certain préavis, conférant aux UM un horizon de visibilité ferme. Nous avons vu que cet horizon pouvait être augmenté en exploitant plusieurs leviers (Cf. chapitre V). Les UM bénéficient donc d'une information anticipée sur les demandes fermes des clients, ce qui permet d'envisager la faisabilité d'une production à la commande.

La question qui va nous préoccuper dans les sections qui suivent est de savoir si ce mode de pilotage est techniquement réalisable dans les usines de mécanique et si oui, quelles étapes de la chaîne logistique il serait intéressant de piloter à la commande. En d'autres termes, *où doit-on localiser le point de découplage dans la chaîne logistique mécanique ?*

Nous allons dans ce qui suit nous intéresser à la problématique générale de localisation du PDD. Après un aperçu de l'état de l'art, nous formulerons le problème puis identifierons et analyserons les principaux facteurs impactant la localisation. Nous proposerons ensuite une démarche afin de définir le PDD dans une chaîne logistique. Nous reviendrons enfin à notre cas d'étude pour établir le PDD des usines de mécanique.

VI.2.2 Le point de découplage dans la littérature

Les réflexions en rapport avec la problématique du point de découplage sont relativement anciennes et s'inscrivent, en partie, dans les travaux traitant de la différenciation retardée ou « *postponement* ». Ces travaux s'intéressent au déport des opérations créant la différenciation du produit vers l'aval de la chaîne logistique de manière à réduire les risques et coûts. Un article fondateur sur le sujet est [Bucklin, 1965]. Le point de découplage en tant que concept a été introduit bien plus récemment par Hoekstra et Romme [Hoekstra et Romme, 1992] en lien avec les travaux de la *Philips Logistics School*.

Le *point de découplage* (PDD) ou « *customer order decoupling point* », appelé aussi *point de pénétration de commande* ou « *Order penetration point* » est défini comme le point qui indique jusqu'où pénètre la commande client dans la chaîne logistique. En d'autres termes, le point de découplage sépare la partie de la chaîne logistique dont les activités sont pilotées par les commandes fermes des clients de la partie pilotée par les prévisions [van Donk, 2001]. [Olhager, 2003] le définit comme l'étape de la chaîne de valeur où un produit particulier est lié à une commande client spécifique. Selon ce même auteur, le concept occupe un intérêt de plus en plus stratégique étant donné l'intensification, ces dernières années, des réflexions liées à la mise en place de politiques de gestion de production à la commande versus sur stock.

Dans [Hoekstra et Romme, 1992] sont définies cinq configurations de base pour une chaîne logistique selon la localisation du PDD. Ces configurations sont illustrées par la Figure VI-1. La principale propriété relative au positionnement du point de découplage est le rapport entre le délai du fournisseur pour satisfaire une commande et le délai acceptable par le client.

La problématique de localisation du PDD a été très peu traitée dans la littérature. On relève, néanmoins, un certain nombre de travaux qui se sont intéressés aux facteurs qui

influent le choix du PDD. Dans [Hoekstra et Romme, 1992] sont analysés les critères qui « poussent » le PDD vers l’amont ou l’aval de la chaîne logistique. Ces éléments, classés en deux groupes : critères requis et contraintes, sont résumés dans la Figure VI-2. Dans [Olhager, 2003], les facteurs sont catégorisés suivant des caractéristiques du marché, du produit et des processus de production. D’autres classifications des facteurs sont proposées dans [van Donk, 2001], [Huisken et al., 2003], [Roos, 2000] et [Axelsson et Jeifetz, 2003].

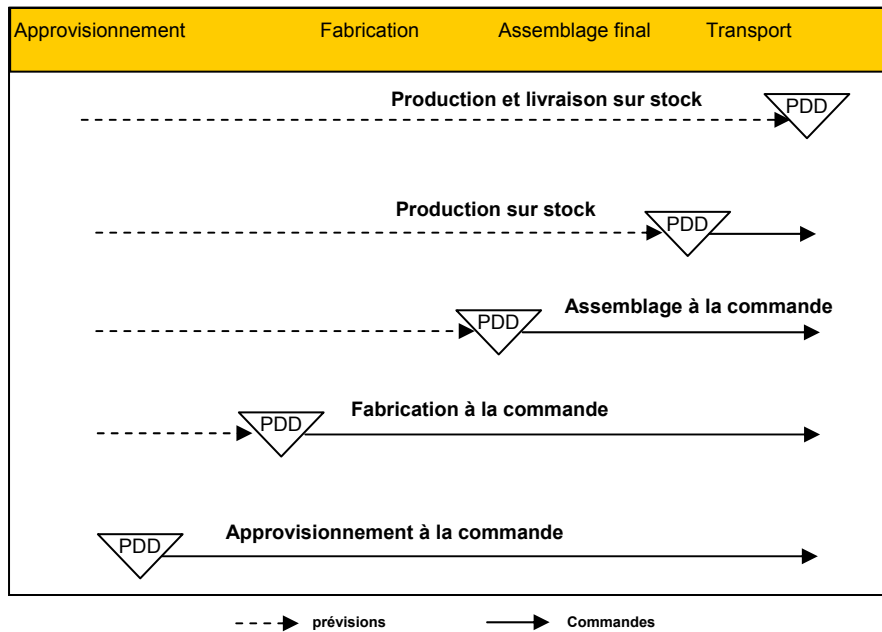


Figure VI-1 : Les différentes positions du PDD selon [Hoekstra et Romme, 1992]

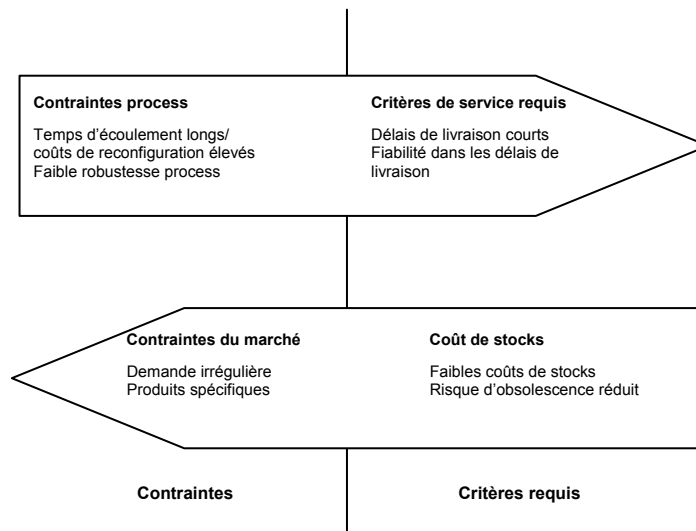


Figure VI-2 : Critères influant sur la localisation du point de découplage selon [Hoekstra et Romme, 1992]

Ces travaux traitent essentiellement de l’intérêt du positionnement du PDD d’un produit à un point donné, selon différents critères. Cependant, une fois l’intérêt de piloter à la

commande telle partie de la chaîne démontré, il manque une approche permettant d'établir explicitement la faisabilité technique de la localisation du PDD au point considéré.

Dans les sections qui vont suivre, nous allons nous intéresser à la faisabilité de la production à la commande en étudiant le délai client et le délai fournisseur et nous proposerons une démarche de localisation du PDD.

VI.2.3 Problème de localisation du point de découplage

Nous allons étudier deux questions qui sous-tendent la problématique du "PDD :

- Une première question d'ordre stratégique est de positionner le PDD dans la chaîne logistique. Où doit-on localiser le PDD ?
- Une seconde question d'ordre tactique : une fois déterminée la position du PDD dans la chaîne logistique, comment utiliser l'information sur la demande pour piloter les activités en aval du PDD ? En particulier, à quelles dates doit-on lancer les activités pilotées à la commande ?

Nous allons définir plus précisément ces deux questions. Nous ferons appel à des formulations de probabilités qui nous aideront à apporter quelque éclairage à la problématique.

VI.2.3.1 Question stratégique : localisation du PDD

Nous avons vu dans le chapitre III, que la performance du pilotage de flux se mesure par la capacité à garantir un niveau de service au client tout en minimisant le coût. Dans le problème de localisation du PDD, nous nous intéressons donc à la question suivante :

Où localiser le point de découplage de manière à garantir l'objectif de taux de service pour le client tout en minimisant les coûts ?

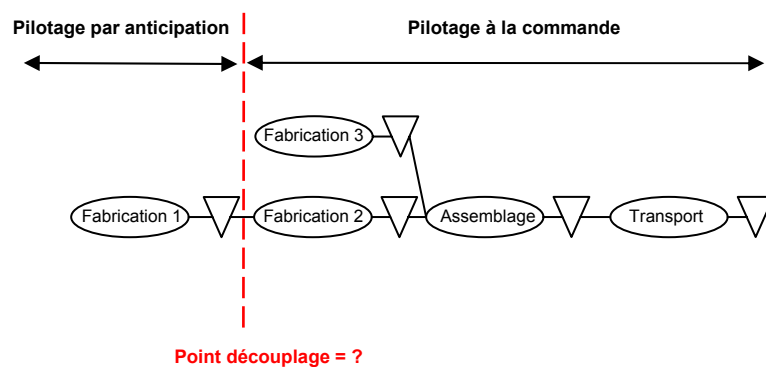


Figure VI-3 : Le point de découplage

Plus le fournisseur décale le PDD vers l'amont et moins il a de stocks ce qui réduit ses coûts. Cependant, son taux de service diminue. A l'inverse, plus il déplace le PDD vers l'aval et plus son taux de service est important mais son coût s'en trouve augmenté. La recherche d'un contrôle optimal du pilotage est celle du meilleur compromis coûts / service.

Le niveau de service vis-à-vis du client se mesure par un taux de service qui représente généralement la proportion de demandes satisfaites dans un délai donné. La contrainte de niveau de service est exprimée en fonction d'un taux de service objectif négocié :

Proportion moyenne de demandes satisfaites dans le délai > taux de service objectif

Prenons les annotations suivantes :

- β_{obj} : le taux de service objectif. Il représente le pourcentage moyen de commandes livrées dans le délai client ;
- D_C : le délai du client, il est supposé constant ;
- D_F : le délai du fournisseur, c'est le délai que met le fournisseur pour satisfaire une commande. C'est une variable aléatoire ; soient d_F sa fonction de distribution et F sa fonction de répartition.

Une commande est servie dans le délai, si $D_F < D_C$. La proportion moyenne de commandes servies dans le délai client est : $p = \text{Probabilité} (D_F < D_C)$.

Donc, la contrainte de taux de service peut être formulée comme suit :

$$P(D_F < D_C) > \beta_{obj}$$

Ainsi à un point donné de la chaîne logistique, la faisabilité de la production à la commande dépend de la question suivante : est-ce que la probabilité de livrer les commandes dans le délai client est supérieure au taux de service objectif ? Si la réponse est oui, cela signifie que l'on peut localiser le PDD à ce point. En effet, le fournisseur peut produire à la commande tout en garantissant le taux de service objectif. **Nous venons ainsi de caractériser la faisabilité technique du positionnement du PDD à un endroit donné de la chaîne logistique.**

En considérant un point de la chaîne, le délai fournisseur est la somme des délais des étages pilotés à la commande depuis ce point et jusqu'à la livraison chez le client. La Figure VI-4 illustre le problème de localisation du PDD. Dans cet exemple, lorsque l'on considère le dernier étage aval, on voit que le fournisseur a un délai D_F (représenté par une fonction de distribution d_1) qui permet de garantir un taux de service élevé. Le fournisseur peut donc localiser le PDD à ce point et piloter l'étage 1 à la commande. Si l'on considère les deux

derniers étages (1 et 2), on voit que le délai fournisseur est plus long. Il y a un risque de dépassement du délai client. Pour que le PDD puisse être localisé à cet endroit de la chaîne, il faudrait que la probabilité de dépasser le délai client, qui est représentée par l'aire hachurée sous la courbe, soit inférieure à $1 - \beta_{obj}$. Si l'on considère maintenant les trois étages 1, 2 et 3, on voit que le délai fournisseur dépasse souvent le délai du client et piloter à la commande à partir de ce point résulterait en un mauvais taux de service. Le PDD ne peut donc être localisé à cet étage. **Nous venons de décrire la logique qui nous permet de statuer explicitement sur la possibilité de localiser le PDD à un point.**

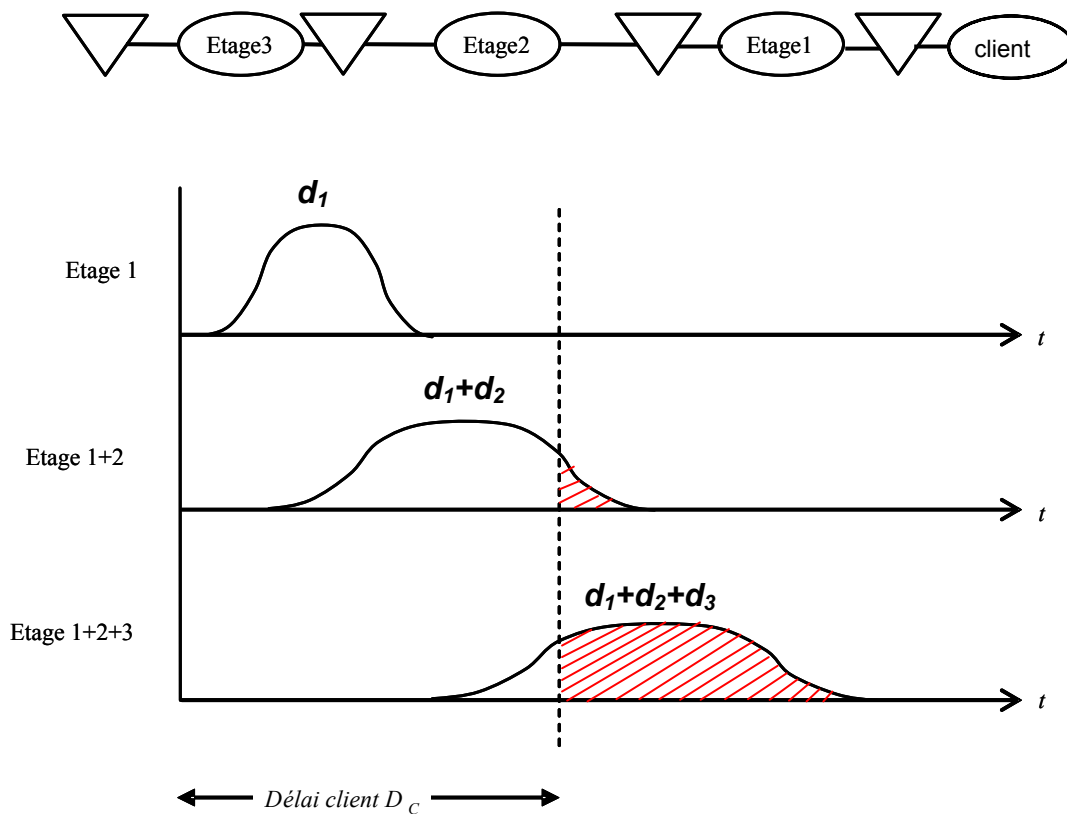


Figure VI-4 : Le problème de localisation du PDD

En synthèse, le problème stratégique de localisation du point de découplage revient à déterminer le point de la chaîne logistique qui permet de piloter à la commande les étages en aval de ce point tout en vérifiant la contrainte de niveau de service : $P(D_F < D_C) > \beta_{obj}$.

VI.2.3.2 Question tactique : la date de lancement

Une fois le point de découplage établi à un point, la question suivante qui se pose est de paramétrer le mode de pilotage à la commande, et notamment de définir les dates de lancement des activités.

Considérons le PDD à un étage de la chaîne logistique, la question posée est : *à quelle date doit-on lancer l'activité à cet étage afin que la pièce soit livrée avec un coût minimum tout en garantissant le niveau de service objectif ?*

Plus le fournisseur lance sa production tôt et plus il a de chance de respecter le délai client et donc il augmente son taux de service. Cependant, il augmente ses coûts de stockage par la même occasion. Afin de minimiser le coût, le fournisseur aura intérêt à lancer la production au plus tard, de manière à minimiser le délai de stockage des produits mais cela dégrade son taux de service. Ainsi pour optimiser sa performance, le fournisseur cherchera à lancer l'activité le plus tard possible sous contrôle du taux de service objectif à garantir.

Le fournisseur dispose d'un délai client D_C . Afin de minimiser ses coûts de détention de stock, il ne va pas lancer la production dès réception de la commande, il va attendre un délai L (délai de rétention) avant de déclencher l'activité de production au plus tard (Figure VI-5).

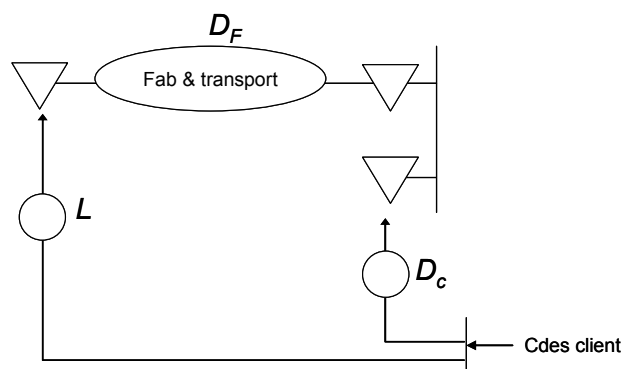


Figure VI-5 : La logique de production au plus tard

Le délai fournisseur est illustré par la Figure VI-6. L'aire hachurée sous la courbe est la probabilité que le délai total de mise à disposition ($L+D_F$) soit supérieur au délai client. Le fournisseur va donc jouer sur L pour « déplacer » (latéralement) la courbe de telle sorte que (D_C étant donné) cette aire soit égale à $1 - \beta_{obj}$. S'il augmente L alors le taux de service diminue; s'il baisse L , alors ses coûts de détention de stock augmentent.

Si D_C étant donné, β_{obj} augmente alors il devra déplacer la courbe vers la gauche, c'est-à-dire diminuer L et donc avancer la date de lancement.

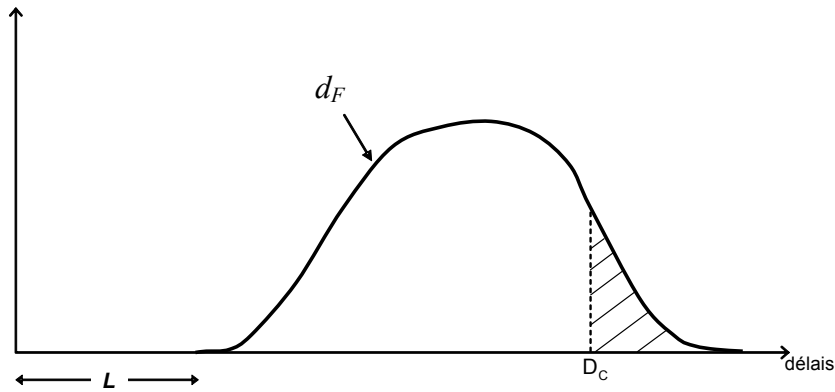


Figure VI-6 : La notion de date de lancement

Définir la valeur de L , permet d'établir la date de lancement. Le délai minimum nécessaire au fournisseur est celui qui lui permet de garantir tout juste le niveau de service :

$$D_{F \min} = F^{-1}(\beta_{obj}) \quad \text{E. VI-1}$$

Le délai de rétention maximum L_{max} est donc :

$$L_{max} = D_C - D_{F \min} = D_C - F^{-1}(\beta_{obj}) \quad \text{E. VI-2}$$

Donc, si T est la date de livraison au client. La date de lancement au plus tard est $T - D_{F \min}$ ou encore $T - D_C + L_{max}$, ($T - D_C$) étant la date de réception de la commande.

Pour un objectif de service donné, nous venons de voir que les problèmes stratégique et tactique relèvent de deux paramètres principaux : le délai client et le délai du fournisseur. En particulier, l'augmentation du délai du client « tire » le PDD vers l'amont, l'accroissement du délai du fournisseur tire le PDD vers l'aval. Nous allons dans ce qui suit nous intéresser aux deux paramètres.

VI.2.4 Le délai client

Le délai client est le délai qu'accepte le client d'attendre avant d'être livré. C'est l'intervalle de temps séparant la date de passation de commande par le client et la date requise de livraison des produits. C'est un paramètre préalablement défini dans le cadre de la relation client/ fournisseur (Cf. chap. V). Dans la suite de notre réflexion, nous allons donc le considérer comme une donnée d'entrée.

Remarque :

Il est intéressant de noter que la formulation proposée pour le problème tactique du fournisseur (date de lancement au plus tard) peut aussi être utilisée afin de définir le délai client minimum nécessaire pour piloter une relation C/F à la commande.

En effet, du point de vue du client, se pose le problème suivant : *quel est le délai qu'il lui faudrait donner au fournisseur pour un pilotage à la commande ?*

Si on considère la fonction de répartition F du délai fournisseur, le fournisseur peut piloter à la commande les étages pour lesquels il a une visibilité D_C et un taux de service client β_{obj} tels que $D_C > F^{-1}(\beta_{obj})$. Notre propos est illustré par la Figure VI-7.

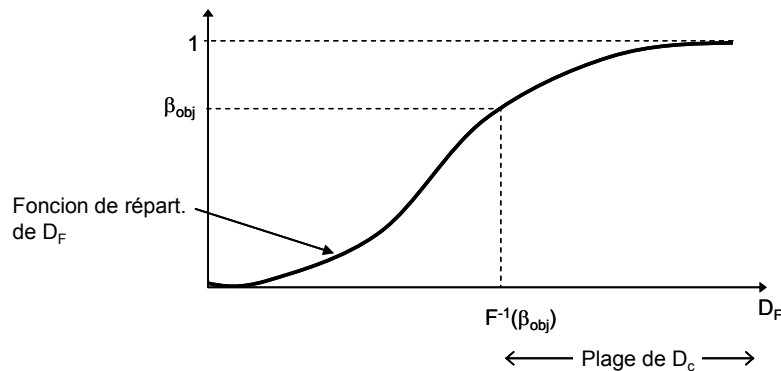


Figure VI-7 : Le délai client et le PDD

Le délai client minimum nécessaire afin de pouvoir piloter à la commande est $D_{C_{min}} = F^{-1}(\beta_{obj})$. Il est intéressant de voir sur cette courbe que c'est une fonction croissante de β_{obj} ; cela signifie que le client ne peut pas à la fois diminuer la visibilité qu'il transmet au fournisseur et demander un taux de service plus important (à coût constant) : les deux paramètres sont liés.

Le problème ainsi posé n'est plus d'ordre tactique, c'est un problème stratégique dans le cadre de la définition d'une relation client/fournisseur.

VI.2.5 Le délai fournisseur

Le délai du fournisseur est la somme de ses délais internes. Plus précisément, c'est la somme des délais des étages de production et de transport qui composent sa chaîne logistique depuis le premier étage piloté à la commande (point de découplage) et jusqu'à la livraison du produit au client. En amont du point de découplage, le délai est en principe nul puisque l'étage client est servi à partir d'un stock d'anticipation.

Définition 4. Le délai fournisseur est la somme des délais successifs des activités (ou étages) pilotées à la commande.

Le délai fournisseur n'est souvent pas une donnée triviale, il peut dépendre de plusieurs paramètres plus ou moins complexes et varier en fonction des situations. Notre objectif dans cette partie est d'identifier les paramètres principaux qui influent le délai fournisseur. Pour ce faire, nous allons considérer un étage de la chaîne logistique et nous intéresser au temps que passe un produit à cet étage, c'est ce qui est appelé le *temps d'écoulement*.

Définition 5. Le délai passé par un produit entre le point d'entrée et le point de sortie d'un étage est appelé le *temps d'écoulement* à cet étage.

Afin d'appréhender le temps d'écoulement à un étage nous avons bâti un raisonnement qui le décompose en temps élémentaires distincts.

Le temps d'écoulement d'un produit (ou pièce) à un étage est *au minimum* égal au délai incompressible de « traversée » de l'étage. C'est par exemple, le temps de cycle pour une machine ou le temps de transport pour un étage d'approvisionnement, ... Pour une chaîne de production, c'est la somme des temps de cycles des machines successives plus les temps de transfert (convoyage) du produit entre les machines. Nous appellerons ce temps d'écoulement minimum : *délai nominal* et nous le noterons D_n . Il sera considéré comme constant dans la suite de nos travaux⁴⁵.

En l'absence de tout aléa ou contrainte, le temps passé par un produit à un étage élémentaire est exactement égal au temps d'écoulement nominal. Cependant, il arrive qu'un produit dépasse ce temps nominal d'un délai plus ou moins long. C'est le cas par exemple d'une pièce sur laquelle on aura détecté un défaut de fabrication et qu'il faudra retoucher. La pièce aura ainsi passé, à l'étage de production considéré, un délai total qui est égal au délai nominal plus le temps supplémentaire de l'opération de retouche. Nous appellerons ce délai supplémentaire, le *temps d'écoulement additionnel*. Nous le noterons : D_a .

⁴⁵ Dans la réalité, le délai nominal process n'est pas strictement constant. En effet, s'il s'agit d'une machine, le temps de cycle peut avoir une variation naturelle due à la précision de la machine. Si c'est un poste manuel, l'opérateur ne mettra pas forcément le même temps de cycle au dixième de minute près pour chaque pièce. Par ailleurs, entre pièces différentes, les temps de cycles peuvent être différents. Ces variations sont de très faible amplitude en comparaison avec le temps d'écoulement total sur une chaîne de fabrication. Les temps de cycle dans une ligne d'assemblage mécanique sont mesurés en centièmes de minutes, alors que les temps d'écoulement que nous allons étudier se mesurent généralement en heures voire en jours. C'est pourquoi, nous considérerons les variations de temps de cycle comme négligeables dans la suite de nos travaux.

Définition 6. Le délai nominal est le temps minimum de traversée d'un étage en l'absence d'aléas et de contraintes du système.

Définition 7. Le délai additionnel est le temps d'écoulement, au-delà du délai nominal, passé par un produit dans un étage.

Ainsi, à chaque étage élémentaire i de la chaîne logistique, le temps d'écoulement d'un produit (ou délai fournisseur à cet étage) noté $D_{F(i)}$, se décompose ainsi :

$$D_{F(i)} = D_{n(i)} + D_{a(i)}, \quad (D_{a(i)} \text{ pouvant être nul}) \quad \text{E. VI-3}$$

La Figure VI-8 illustre ce raisonnement.

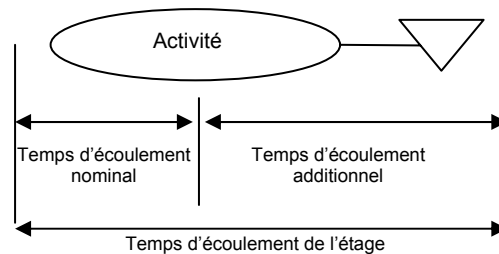


Figure VI-8 : Le temps d'écoulement à un étage de la chaîne logistique.

Le délai fournisseur total est la somme des délais des étages pilotés à la commande :

$$D_F = \sum_1^N D_{F(i)} = \sum_1^N (D_{n(i)} + D_{a(i)}), \quad (N \text{ étant le nombre d'étages pilotés à la commande depuis le point de découplage à la livraison au client}) \quad \text{E. VI-4}$$

Notons qu'en toute généralité, les délais supplémentaire $D_{a(i)}$ peuvent être dépendants. Par exemple, si une machine est arrêtée à un étage en aval, elle peut bloquer les processus en amont et générer des temps d'attente. De la même manière, une machine arrêtée, peut causer une pénurie de pièces dans les étages en aval⁴⁶.

Intéressons nous à présent au temps d'écoulement additionnel. Quels sont les facteurs susceptibles de rallonger le délai fournisseur au-delà du délai nominal process ?

⁴⁶ Une panne machine a un effet qui se propage le long d'une chaîne de fabrication suivant ce qu'on appelle des phénomènes de blocage et famine. Le comportement des postes successifs peut se résumer ainsi : lorsqu'une machine s'arrête, elle n'enverra plus de pièce vers le poste en aval, celui-ci continuera de fonctionner jusqu'à épuiser les pièces en encours entre les deux machines. Le poste aval se retrouvera en arrêt pour absence de pièce (*état de famine*). Le poste amont de la machine en panne, quant à lui, continuera à produire des pièces jusqu'à saturer l'encours entre les deux machines. La machine amont sera ainsi bloquée et s'arrêtera (*état de blocage*). Ce phénomène peut être étudié en utilisant par exemple une modélisation par files d'attente ou la simulation.

Nous considérons qu'une chaîne logistique peut être décrite par une succession d'étages de production et de transport. Les autres types d'activités (approvisionnement,...) pouvant toujours être ramenés à un étage de production ou de transport ou une combinaison des deux. D'après le raisonnement précédent, en l'absence de tout aléa, le temps d'écoulement d'un produit à un étage est égal :

- au temps process nominal pour un étage de production ;
- au temps de transport nominal pour un étage de transport.

En nous appuyant sur l'observation du système de production des usines de mécanique, nous avons identifié les facteurs qui influent sur le temps d'écoulement à un étage. Ces facteurs sont listés dans le tableau qui suit :

	Etage de production	Etage de transport
Temps d'écoulement nominal	<ul style="list-style-type: none"> • Temps process nominal 	<ul style="list-style-type: none"> • Temps transport nominal
Temps d'écoulement additionnel	<ul style="list-style-type: none"> • Problèmes de qualité • Aléas ressources (pannes, ...) • Temps de reconfiguration (non flexibilité des moyens) • Contrainte de capacité • Erreur de produit • Indisponibilité pièces • Désynchronisation avec l'atelier aval 	<ul style="list-style-type: none"> • Problèmes de qualité • Aléas sur le délai de transport (panne, embouteillage, ...) • Contrainte de capacité (fréquence ou lot) • Erreur de produit • Désynchronisation avec l'atelier aval

Tableau VI-1 : Les facteurs impactant la valeur du temps d'écoulement à un étage de la chaîne logistique

Ainsi un temps d'écoulement additionnel peut être généré par divers paramètres. Afin d'appréhender le comportement du délai du fournisseur, nous allons décrire chaque élément du Tableau VI-1 et analyser ses conséquences sur le temps d'écoulement et la localisation du PDD. Nous proposerons également des leviers pour réduire ces temps additionnels. Certains leviers relèvent d'une amélioration des processus physiques. Nous exploiterons donc la complémentarité entre l'amélioration de la logistique et l'amélioration des processus physiques pour augmenter la performance de la chaîne logistique (Cf. parag. III.6.1).

VI.3 Analyse des facteurs influant le délai fournisseur

Nous commencerons par analyser les facteurs impactant le délai fournisseur pour un étage de production puis aborderons ceux affectant un étage de transport.

VI.3.1 Pour un étage de production

VI.3.1.1 Les aléas sur les ressources

On produit en utilisant des ressources matérielles : les machines. Les aléas sur les machines se matérialisent par des pannes (ou défaillances). Elles causent l'indisponibilité de la ressource pendant un temps durant lequel la machine s'arrête de produire.

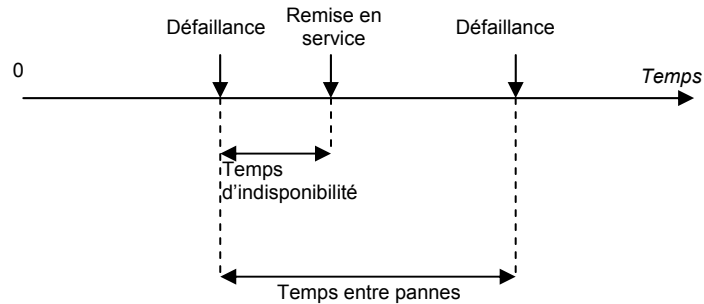


Figure VI-9 : Les cycles de panne et fonctionnement d'une machine

Lorsqu'une panne se produit, la machine se trouve en arrêt pendant une durée qui comprend : le temps avant détection (entre le moment où la machine s'est arrêtée et le moment où la panne est détectée), le temps de réparation et le temps de relance de la machine. Le délai total de l'arrêt est appelé *durée d'indisponibilité (Down Time)*. Durant ce délai, le produit devant subir une opération sur la machine reste en attente, il est retardé dans son cheminement le long du processus de production. Le délai additionnel généré par la panne de la machine est plus ou moins long suivant la nature de la panne. A noter que la panne n'impacte pas uniquement la pièce sur la machine arrêtée, elle peut, en fonction de la durée d'indisponibilité, générer un retard sur les pièces suivantes (nous analyserons ce point en détail dans la section VI.5).

Le délai fournisseur à un étage soumis à des pannes machines, est donc égal à un délai constant (le délai nominal) plus un délai additionnel aléatoire (le temps d'indisponibilité lié aux pannes).

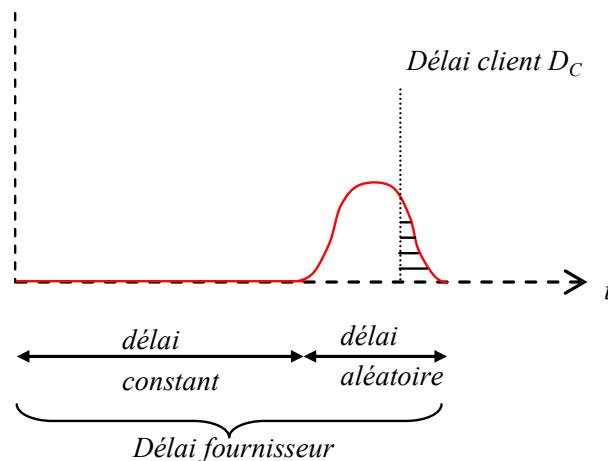


Figure VI-10 : Le délai fournisseur à un étage soumis à un aléa occasionnant un délai additionnel

En collectant des données de terrain sur les pannes passées, il est possible de caractériser le délai additionnel d'indisponibilité par un taux de panne ($1/(\text{nombre moyen de pièces entre deux pannes})$) et une distribution des durées d'indisponibilité. A titre d'exemple, la Figure VI-11 représente la répartition des durées d'indisponibilité pour un centre d'usinage de culasses. Dans cet exemple, 80% des pannes observées occasionnent une durée d'indisponibilité inférieure à 5 minutes.

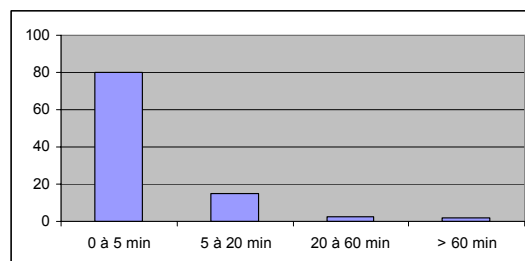


Figure VI-11 : Proportions de pannes par durée d'indisponibilité pour un centre d'usinage de culasses.

Les durées d'indisponibilité affectent donc directement le délai du fournisseur et par conséquent influent sur la localisation du PDD.

Levier

Pour réduire le délai fournisseur, un levier est de travailler sur la fiabilité des machines (il existe des approches connues, du type TPM, voir chapitre III).

En parallèle, la réactivité du processus de traitement lors de la détection d'une panne et l'optimisation des délais de réparation sont des leviers pour la réduction du délai total d'indisponibilité.

VI.3.1.2 Les problèmes de qualité

Les problèmes de qualité se matérialisent par des défauts constatés sur les produits. Ils peuvent être dus à différentes causes : défaut de fabrication, défaut sur un composant provenant de chez un fournisseur externe, chute du produit,...

Afin d'appréhender les conséquences des problèmes de qualité sur le délai du fournisseur, revenons à notre cas d'étude. Dans les usines de mécanique, on classe communément les problèmes de qualité en trois catégories : Les rebuts, les retouches et les blocages de qualité. Nous allons analyser successivement l'impact de chaque type de problème sur le délai du fournisseur.

a) Les rebuts

Les rebuts sont des produits sur lesquels on a constaté un défaut de qualité non réparable (soit le défaut est irréversible, soit il entraîne un coût de retouche trop élevé).

Si l'on se trouve dans un mode de pilotage strictement à la commande, la conséquence du rebut d'un produit, est la relance en production d'un nouvel organe afin de remplacer le produit rebuté. Ainsi le produit commandé aura passé un temps d'écoulement qui est égal au temps d'écoulement nominal (temps process de la ligne) ajouté au temps additionnel lié au défaut qualité. Le délai additionnel correspond au temps de détection et de relance d'un nouvel ordre de fabrication plus le temps de parcours de la ligne par le produit relancé.

Le délai additionnel D_a dépend donc du temps de relance. Ce dernier peut présenter plusieurs cas de figures suivant les modes de fonctionnement en vigueur pour l'ordonnancement de la production :

- Si l'organisation en place a pour règle de relancer prioritairement un ordre de fabrication (OF) pour remplacer un produit rebuté, l'OF sera inséré en premier dans le film de fabrication et « doublera » les autres OF prévus dans le programme. Le délai supplémentaire subi par le produit rebuté sera approximativement égal à D_n et son temps d'écoulement global sera égal à $2 \times D_n$ (il peut, en réalité, être inférieur à $2 \times D_n$ si le défaut est détecté avant la fin de la ligne).
- Si, en revanche, le traitement des ordres de fabrication pour produits rebutés n'est pas prioritaire, le délai attendu sera plus long puisqu'il faut rajouter le temps d'attente avant relance, ce qui est schématisé dans Figure VI-13 par une file d'attente où d'autres ordres de fabrication sont prioritaires. Ce cas peut se présenter par exemple pour les lignes produisant par lot, la relance d'un produit de type A doit se faire après avoir terminé le lot en cours du produit B. Faire un changement d'outil uniquement

pour lancer la pièce rebutée ne serait pas rentable dans le cas de temps de reconfiguration non négligeables. Ainsi le délai du fournisseur sera égal à $2 \times D_n + D_t$, D_t étant de délai passé dans la file d'attente.

En notant q le taux de rebut (égal à : $1/(\text{nombre moyen de pièces entre deux rebuts})$), les deux modes de fonctionnement sont schématisés par la Figure VI-12 et la Figure VI-13.

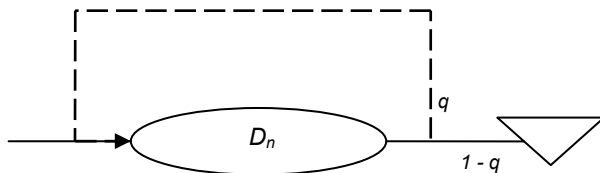


Figure VI-12 : Problème de rebut avec relance prioritaire

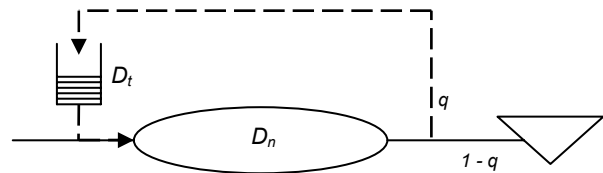


Figure VI-13 : Problème de rebut avec relance non prioritaire

Il est intéressant de noter que plusieurs facteurs peuvent contribuer au rallongement du délai additionnel causé par les rebuts :

- Le mode de relance des rebuts : d'après l'analyse précédente, la relance non prioritaire est moins avantageuse que la relance prioritaire ;
- La réactivité du temps de relance : Par exemple, si la ligne produit en 3 équipes, alors que le bureau de production qui gère le film de fabrication travaille en 2 équipes (équipe de nuit non travaillée), lorsqu'un rebut est détecté durant l'équipe de nuit, il faudra attendre l'ouverture du bureau de production le matin avant de pouvoir relancer un produit. C'est un délai additionnel non négligeable.
- Les contraintes de reconfiguration (tailles de lots).

b) Les retouches

Les produits retouchés sont les produits sur lesquels on a identifié un défaut de qualité réparable. Il existe deux types de retouches : les retouches courtes et les retouches longues.

Les retouches courtes se font directement sur le poste de travail dans la ligne de production. Cela consiste en général à refaire une opération qui ne se serait pas correctement déroulée la première fois et aurait généré le défaut. Le temps de retouche est dans ce cas faible (ne dépasse pas quelques minutes) et se limite en général à refaire l'opération ratée qui dure un temps de cycle. Les temps de cycle pour une ligne d'assemblage mécanique sont en général inférieurs à une minute.

On peut approximer le délai fournisseur par $D_n + T_{cy}$, T_{cy} étant le temps opératoire de la machine, il représente le délai additionnel généré par une retouche courte. La Figure VI-14 illustre ce cas, q étant le taux de retouche.

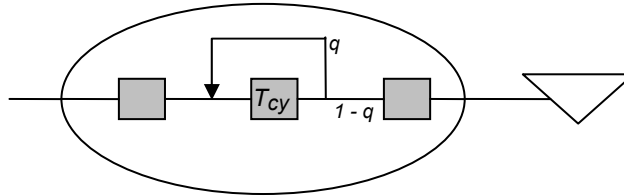


Figure VI-14 : Problème de qualité – retouche courte.

Dans le cas des *retouches longues*, le produit est sorti du flux principal, à la fin de la ligne en général, pour subir une opération de retouche dans une zone dédiée. La retouche peut durer de quelques minutes à quelques heures en fonction de la nature du défaut et de l'organisation de la zone de retouche (fréquence de traitement des retouches, heures de travail, ...).

En notant, q le taux de retouche longue, la Figure VI-15 représente le comportement du délai du fournisseur lorsqu'une retouche longue se produit. Le délai du fournisseur est égal à $D_n + D_R$, D_R étant le temps additionnel de retouche.

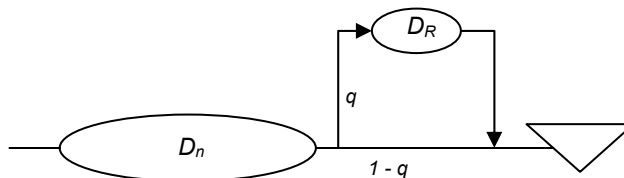


Figure VI-15 : Problème de qualité – retouche longue.

c) Les blocages qualité

Lors de la détection d'un défaut de qualité jugé important et qui nécessite une expertise approfondie, le Service Qualité peut décider de bloquer le lot de produits concerné (voire arrêter la ligne de production si le problème est grave) durant le temps nécessaire à l'analyse du défaut.

Le délai additionnel (D_A) se comporte de la manière suivante :

- Dans le cas du blocage d'un lot, le comportement est équivalent à une retouche longue ; à la différence que ce n'est pas un seul produit qui est concerné mais un lot de N pièces. Le temps additionnel correspond au temps total d'expertise.

- Lorsque la mesure est prise de bloquer momentanément la machine, le comportement du système est similaire à celui d'une panne. La machine devient une ressource indisponible pendant le temps que dure l'expertise qualité. Ainsi, en plus du lot de pièces bloquées, les pièces arrivant devant la machine pendant qu'elle est arrêtée subissent aussi un retard.

Que le délai additionnel soit dû à une retouche, un rebut ou un blocage de qualité, il peut dans chaque cas être caractérisé par un taux d'occurrence et une distribution du temps additionnel, d'une manière similaire à ce que nous avons présenté pour les problèmes de pannes.

Leviers

En conclusion de cette partie, on voit que les problèmes de qualité ont un effet non négligeable sur le temps d'écoulement.

L'optimisation du délai fournisseur nécessite que soient mis en place des modes réactifs de gestion des problèmes de qualité. Pour les problèmes de rebuts, des leviers possibles sont : la mise en place de règles de relance prioritaire, des temps d'ouverture cohérents entre le service d'ordonnancement et l'atelier de production, la suppression des contraintes de reconfiguration (tailles de lots),... L'optimisation du délai du fournisseur passe aussi par des temps réactifs de retouche et d'expertise qualité.

Par ailleurs, une voie de progrès certaine est d'agir sur la source même du problème, en travaillant sur l'amélioration du niveau de qualité du système pour réduire le taux d'occurrence des problèmes de qualité.

VI.3.1.3L'indisponibilité de pièces

A un étage de production, la fabrication d'un produit peut être retardée lorsqu'un composant n'est pas disponible. Ainsi sur une ligne d'assemblage, s'il manque des composants d'un certain type, les moteurs correspondants ne pourront être assemblés. Les organes devront attendre que la pièce soit approvisionnée, ce qui génère un délai additionnel.

Différentes causes d'indisponibilité sont envisageables : retard dans le délai de transport pour une pièce approvisionnée en externe, problème de production chez le fournisseur, problème de production en interne pour une pièce produite dans l'usine, commande insuffisante de pièces,....

Quelle que soit la cause à l'origine de l'indisponibilité, les conséquences sur le système sont un délai supplémentaire dans le temps d'écoulement. D'une façon analogue à ce que

nous avons présenté pour les durées de pannes, on peut caractériser ce phénomène par l'analyse de la fréquence des pénuries de pièces et la distribution des durées d'indisponibilité.

VI.3.1.4 Les temps de reconfiguration (non flexibilité des moyens)

Lorsqu'une ligne est entièrement flexible au produit, c'est-à-dire que l'on peut fabriquer des pièces de différents types sans que cela ne nécessite de réglage des machines, on peut théoriquement lancer une pièce quel que soit son type dès que le client la demande. En revanche, pour une ligne non flexible, le lancement en production d'un ordre de fabrication sera soumis à des contraintes d'optimisation des tailles de rafales (production par lot) pour tenir compte du coût de reconfiguration.

La logique de production par lot se résume ainsi (Figure VI-16.) : on règle les machines pour la pièce de type A puis on produit une rafale de la pièce A ; ensuite, on règle les machines pour la pièce B et on produit une rafale de B et ainsi de suite pour les autres types de pièces. Lorsqu'une rafale est en cours de production pour un type de pièce donné, les autres pièces sont servies au client à partir du stock constitué lors des rafales antérieures.

Ainsi lorsqu'une pièce est lancée en production, son temps d'écoulement sera égal au temps de réglage plus le temps nominal process. De plus, si la demande de la pièce arrive alors qu'un autre type de pièce a déjà été lancé en production, la pièce devra également attendre que le lot lancé soit terminé. Dans le pire des cas, plusieurs autres lots auront été programmés, et la pièce devra attendre le temps de réglage et de production de chaque lot.

Le délai additionnel va dépendre du niveau de la diversité, des temps de changement de rafale et du pilotage retenu (ordre et tailles des rafales).

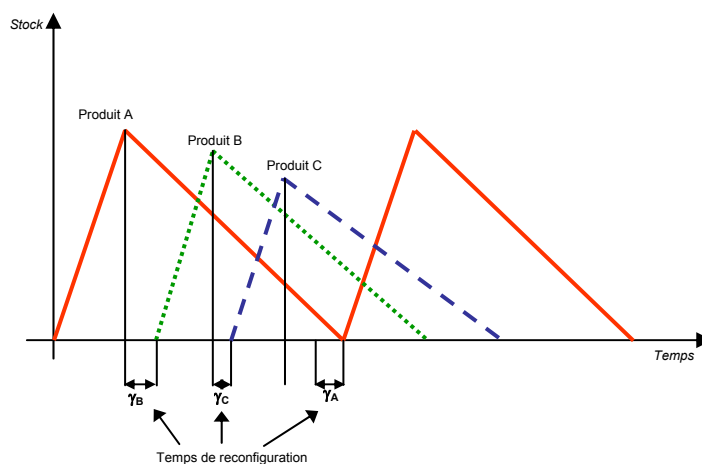


Figure VI-16 : La production par lot.

Levier

Un important levier physique pour réduire le délai fournisseur est l'amélioration de la flexibilité des moyens par la réduction des temps de reconfiguration. Cela passe par des méthodes de type SMED (Cf. chapitre III). En parallèle, des règles de réduction des tailles de lots doivent être mises en place. En effet, le délai fournisseur ne peut être amélioré si les temps de reconfiguration sont réduits mais que le mode de pilotage maintient des tailles de lots importantes.

VI.3.1.5 Les erreurs de produit

On entend par erreurs de produit, le problème suivant : livrer, à un étage, un produit de type A au lieu du type B demandé. Plusieurs causes peuvent être à l'origine du problème : une erreur dans l'emplacement de stockage du produit, une erreur dans l'identification de l'emballage ou du produit, erreur de livraison du fournisseur,

Les erreurs de produit génèrent un temps d'écoulement additionnel qui correspond au temps de détection puis de réapprovisionnement de la pièce correcte.

Levier

Un levier pour minimiser voire supprimer les erreurs de produits est de mettre en œuvre des systèmes d'identification des pièces (tels que les codes à barre ou étiquettes RFID⁴⁷) et des modes de gestion rigoureux des emplacements de stockages de pièces.

VI.3.1.6 Les contraintes de capacité de production et la variation de la demande

Si la capacité de production était « infinie » (ou, dans la pratique, largement surdimensionnée par rapport à la demande), quel que soit le volume demandé par le client, il serait produit dans la journée. Dans la réalité, et pour des raisons évidentes de coûts, les capacités sont limitées et dimensionnées au plus juste. Si la demande présente une variation telle que par moments le volume demandé dépasse la capacité, le gestionnaire peut gérer les dépassements de capacité en avançant la production sur des journées où la demande est inférieure à la capacité : c'est le lissage de production. Ce dernier occasionne des temps d'écoulement additionnels. En effet, une pièce qui aura été lancée en avance de production pour raison de lissage, attendra ce délai d'avance dans le stock avant d'être livrée au client.

Sur l'exemple de la Figure VI-17, une pièce à livrer le vendredi peut avoir été fabriquée le mercredi pour des raisons de lissage. La pièce restera en attente du mercredi au vendredi (date de livraison au client) ; son temps d'écoulement additionnel est de deux jours.

⁴⁷ RFID : Radio Frequency IDentification.

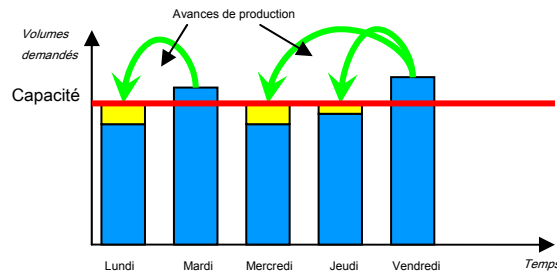


Figure VI-17 : Contraintes de capacité et lissage de production

Le temps d'écoulement additionnel lié aux contraintes de capacité dépend de l'amplitude de la variation de la demande et du niveau des dépassements ponctuels de capacité qu'elle engendre.

Levier

La variation de la demande, lorsqu'elle dépasse la flexibilité à court terme du fournisseur, peut fortement dégrader le délai du fournisseur. La réduction de la variation de la demande est donc une problématique importante. Nous avons proposé des leviers au chapitre V.

VI.3.1.7 La désynchronisation entre maillons de la chaîne logistique

Lorsque deux étages successifs ne sont pas ouverts dans les même temps d'ouverture, on parlera de désynchronisation des étages. Par exemple, lorsqu'une ligne d'usinage travaille en trois équipes par jour (3*8) et que l'étage d'assemblage travaille en deux équipes (2*8) ; ou lorsqu'une ligne d'usinage travaille 6 jours par semaine alors que la ligne d'assemblage travaille 5 jours par semaine.

Cette désynchronisation entre étages, peut selon les cas avoir un impact sur la localisation du point de découplage. Nous allons l'étudier au travers d'un exemple.

Cas de deux étages synchronisés

Considérons d'abord le cas de deux étages de production synchronisés. L'étage aval (assemblage) et l'étage amont (usinage) produisent 5 jours par semaine et ont une cadence identique : $P = 12$ produits/jour. Nous supposons de plus que le délai client donné par l'étage aval est d'une journée. Au début de chaque journée industrielle, l'étage amont reçoit la commande des quantités de produits à livrer le lendemain matin. Il dispose donc d'une journée pour satisfaire la commande.

La Figure VI-18 illustre le programme de fabrication de chaque étage. Ainsi, chaque jour, l'étage d'usinage produit les 12 organes qui ont été demandés par l'assemblage et les livre le

lendemain en début de journée. Le délai client d'une journée permet de piloter l'usinage à la commande.

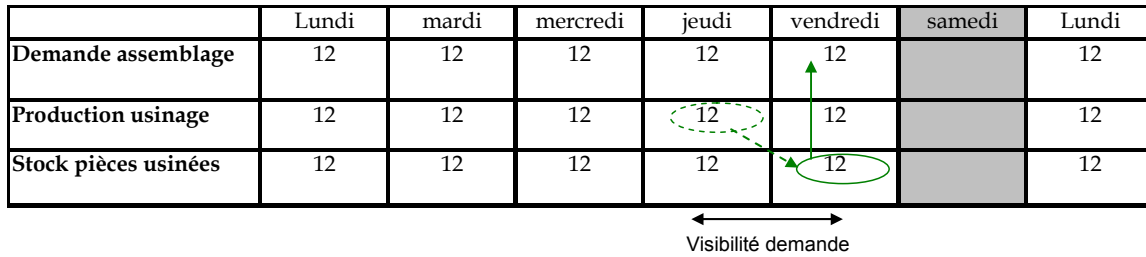


Figure VI-18 : Programme de fabrication pour deux étages synchronisés

Cas où l'étage amont travaille en 6 jours et l'étage aval en 5 jours

Supposons à présent que l'étage aval (assemblage) a une cadence de production $P_A = 12$ moteurs/jours et travaille 5 jours/semaine. L'étage amont (usinage) a une cadence de production de $P_U = 10$ pièces/jour et travaille 6 jours/semaine. Nous supposons comme dans l'exemple précédent que le délai client donné par l'étage aval est d'une journée.

Le programme de fabrication des deux étages ainsi que les stocks de pièces usinées en début de journée industrielle sont indiqués dans Figure VI-19.

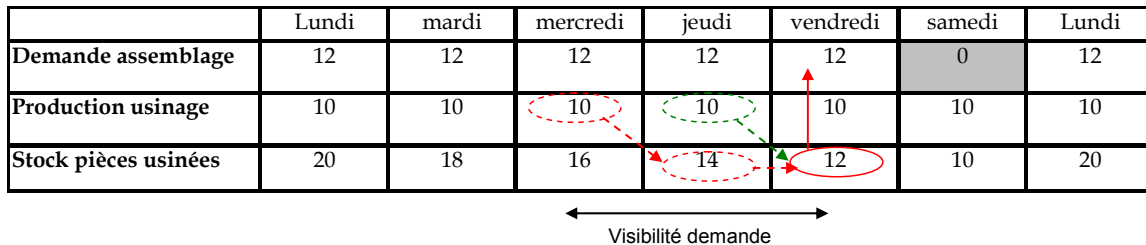


Figure VI-19 : Programme de fabrication pour deux étages désynchronisés

Considérons la journée du vendredi. Le niveau de stock en début de matinée est de 12 pièces, ces pièces seront livrées à l'étage d'assemblage pour honorer la commande reçue la veille au matin. Sur la base de quelle information ont été produites ces 12 pièces ? 10 pièces auront été produites la veille et il subsiste deux pièces qu'il aura fallu usiner le mercredi et stocker jusqu'au vendredi matin. Le délai client étant seulement d'une journée, ces pièces auront donc été produites par anticipation (l'information sur la commande ferme n'étant pas encore arrivée). De ce fait, l'étage d'usinage n'est donc pas piloté à la commande car le délai du client ne couvre pas le délai du fournisseur à l'étage d'usinage.

Pour que l'étage puisse être piloté à la commande, il faudrait un délai client de deux jours minimum.

Cet exemple montre donc que la désynchronisation entre maillons d'une chaîne logistique peut avoir un impact sur le positionnement du PDD. Le décalage de capacité entre maillons « consomme » de la visibilité sur l'horizon ferme du client.

Levier

La désynchronisation des étages de la chaîne logistique peut avoir un impact sur la position du point de découplage. L'amélioration de la synchronisation des capacités passe par la recherche du bon compromis entre le coût des installations et la performance (coût et délai) du pilotage des flux du fournisseur.

VI.3.2 Pour un étage de transport

L'analyse de certains facteurs influant un étage de transport est très similaire au cas d'un étage de production. C'est le cas notamment pour les erreurs de produits et la désynchronisation avec l'étage aval, se référer aux paragraphes VI.3.1.5 et VI.3.1.7.

VI.3.2.1 Les problèmes de qualité

Pour un étage de transport, les problèmes de qualité peuvent se matérialiser par des incidents de chute ou chocs de produits en cours de transport. Le délai fournisseur additionnel occasionné par ce type de problème correspond au temps de détection puis de réapprovisionnement d'un produit de remplacement.

Si l'étage amont est piloté à la commande, ce délai correspondrait au temps nécessaire pour la détection, programmation, production et livraison d'un nouveau produit pour remplacer celui défectueux. Cela conduirait a priori à un délai additionnel important.

Levier

Le fournisseur peut limiter les risques d'occurrence des problèmes de qualité en cours de transport, en prenant des mesures de protection des produits par des emballages adaptés.

VI.3.2.2 Les aléas sur le délai de transport

Le temps de transport est soumis à des aléas : embouteillages, pannes, déviation, ... qui génèrent des délais additionnels par rapport au délai de transport nominal. Comme pour ce qu'on a vu précédemment pour les facteurs influant un étage de production, afin d'analyser le comportement du délai du fournisseur, les aléas sur le délai de transport peuvent être caractérisés par un taux d'occurrence et une distribution du délai additionnel occasionné.

VI.3.2.3 Les contraintes de capacité, de fréquence et de lot

Si à chaque fois qu'une pièce est produite, il se trouve un moyen de transport de capacité suffisante disponible sans délai afin de réaliser la livraison, aucun temps additionnel n'est généré. Dans la réalité, ce cas est difficilement envisageable et afin d'optimiser le coût, plusieurs organisations de base sont possibles comme le montre la Figure V-2.

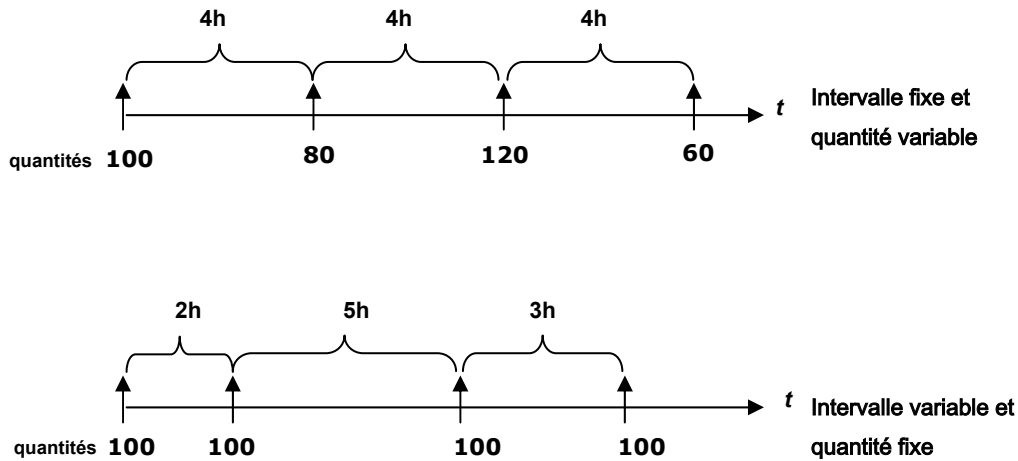


Figure VI-20 : Organisation des transports

Dans le premier cas : c'est un approvisionnement par intervalle de temps fixe et quantité variable. L'intervalle fixe est défini par une fréquence de livraison. Supposons par exemple que la fréquence soit de 8 transports par jour, ce qui pour une journée ouvrée 24 heures, correspondrait à une livraison toutes les 3 heures. Une pièce produite qui sort de la chaîne de fabrication doit attendre que le prochain transport arrive. Dans le cas idéal, la pièce arrive juste à l'heure prévue pour le transport suivant et donc elle ne subit pas de délai additionnel. Dans le pire des cas, elle arrive alors que le transport précédent vient tout juste de partir, elle donc attendre un délai additionnel de 3 heures avant d'être expédiée.

Dans le second cas : c'est un approvisionnement par quantité fixe et intervalle variable. Le gestionnaire se fixe pour objectif d'optimiser le remplissage des camions et n'expédie que des camions pleins. Si la demande des différents clients n'est pas lissée dans le temps, cela génère des intervalles variables. Dans ce cas, c'est la quantité fixe qui va impacter le délai du fournisseur. En effet, une pièce produite devra attendre que la quantité de produit soit atteinte pour être livrée.

Une autre variante de fonctionnement serait que le fournisseur fixe une quantité minimum à livrer par transport (ce qui correspondrait par exemple à une contrainte de taux de remplissage minimum d'un camion). Le délai additionnel supporté par une pièce correspond au maximum au délai de constitution de la quantité minimum.

Ainsi, qu'il soit régi par la fréquence ou la quantité, le délai additionnel impacte directement le délai du fournisseur et donc la faisabilité de la production à la commande. En

effet, si la fréquence de livraison est d'une fois par jour, le fournisseur devra prévoir un décalage d'une journée dans la date de lancement de ses activités et consomme ainsi un jour de visibilité dans le délai du client ; si en revanche la fréquence est plus grande, toutes les deux heures par exemple, le décalage ne consomme plus que deux heures de visibilité dans le délai du client. Il y va de même pour la contrainte de quantité.

Levier

Les règles de transport impactent le délai du fournisseur. Des leviers d'amélioration existent tels que l'augmentation des fréquences de livraison et la réduction des lots de transport (par exemple, par la mise en place de tournées d'approvisionnement qui permettent de mettre plusieurs produits dans un camion et donc de réduire la quantité nécessaire par produit pour assurer la contrainte de remplissage).

VI.4 Démarche de localisation du point de découplage

A présent que les facteurs influant le délai du fournisseur ont été étudiés, revenons à la problématique de localisation du PDD.

VI.4.1.1 La juxtaposition des facteurs

De l'analyse que nous venons de réaliser, il ressort que le délai fournisseur à un étage de la chaîne logistique est composé d'un délai nominal et d'un délai additionnel. Ce dernier peut être dû à divers facteurs. Certains de ces facteurs sont déterministes (comme le cas des désynchronisation entre étages) ou très récurrents (cas d'une demande variable). D'autres facteurs sont aléatoires et arrivent d'une manière plus rare (les pannes, les problèmes de qualité, ...). C'est pourquoi nous proposons de décomposer le délai fournisseur à un étage en :

- un délai nominal
- un délai additionnel pour facteurs déterministes ou récurrents
- un délai additionnel pour facteurs aléatoires rares.

Dans la suite de notre analyse, nous allons prendre comme hypothèse que les facteurs rares ont de très faibles probabilités d'occurrence de manière qu'il ne puisse se produire plus d'un facteur à la fois (c'est-à-dire que si un produit rencontre une panne, il ne va pas en même temps subir un retard pour indisponibilité de pièce ou un problème de qualité). Ainsi on peut représenter le délai du fournisseur à un étage comme l'illustre la Figure VI-21.

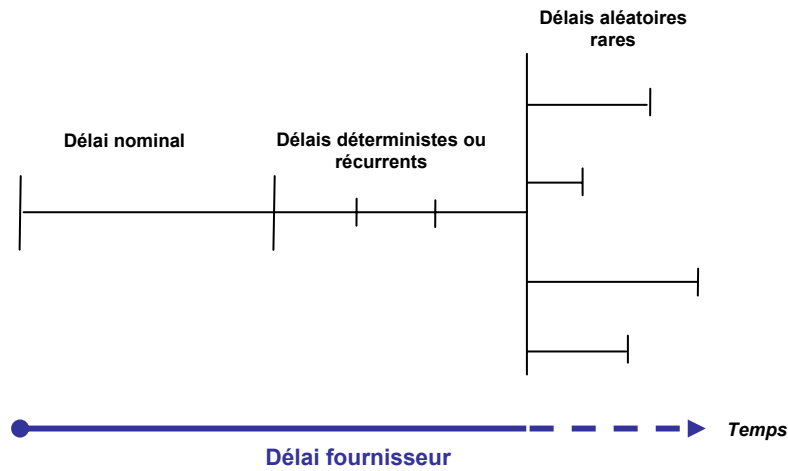


Figure VI-21 : Le délai du fournisseur à un étage

Un produit lancé dans un étage va passer un temps d'écoulement qui est égal au délai nominal plus le délai additionnel dû aux facteurs déterministes systématiques. Il va dans la majeure partie des cas passer, en plus, un délai additionnel dû à des facteurs récurrents. Dans certains cas rares, le produit va subir un aléa qui lui fera passer un temps additionnel supplémentaire qui dépend de la nature de l'aléa.

En associant à chaque facteur rare, une probabilité d'occurrence et une distribution du temps additionnel qu'elle génère, le délai du fournisseur se comporte comme le montre la Figure VI-22.

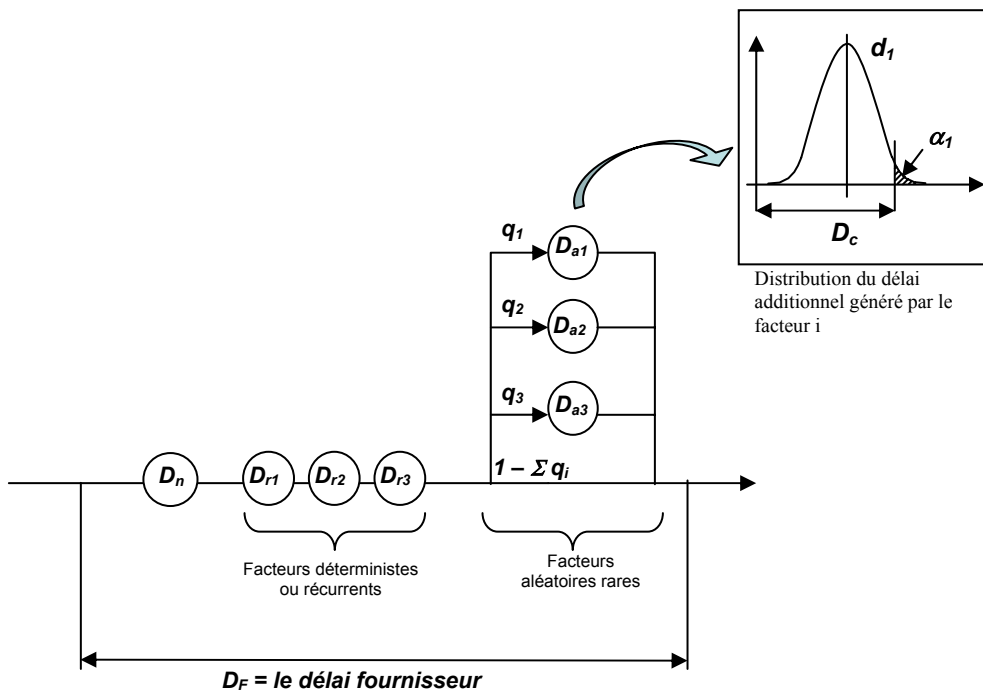


Figure VI-22 : Le comportement du délai fournisseur

Rappelons que le délai fournisseur total sera quant à lui égal à la somme des délais des étages pilotés à la commande depuis le point de découplage jusqu'à la livraison chez le client.

VI.4.1.2 Approche itérative

Connaissant à présent le délai du client et le profil du délai fournisseur, nous proposons une approche itérative pour localiser le PDD. Considérons une chaîne logistique composée de plusieurs étages, telle que celle représentée par la Figure VI-23.



Figure VI-23 : Chaîne logistique à N étages

Le principe de la méthode est le suivant : à l'étape initiale nous fixons le point de découplage à l'extrémité aval de la chaîne logistique étudiée, à l'entrée de l'étage 1. Nous considérons cet étage comme étant piloté à la commande et analysons la question stratégique. Deux possibilités en résultent :

- Si $P(D_F < D_C) < \beta_{obj}$, c'est-à-dire que l'on ne peut assurer le taux de service en pilotant l'étage à la commande, alors on conclut que le point de découplage ne peut se situer à l'entrée de cet étage et la chaîne étudiée est pilotée par anticipation.
- Si $P(D_F < D_C) > \beta_{obj}$, cela signifie que l'on peut techniquement piloter l'étage à la commande tout en assurant le taux de service objectif, alors le PDD est positionné à cet étage.

Si le pilotage à la commande est réalisable à l'étage 1, on se décale d'un étage vers l'amont, soit à l'entrée de l'étage 2, et on reproduit l'analyse précédente. Le délai fournisseur est la somme des délais des étages 1 et 2. Là encore deux cas de figures :

- Soit $P(D_F < D_C) < \beta_{obj}$, alors on conclut que le point de découplage ne peut se situer à l'entrée de l'étage 2 et le point de découplage se situe donc à l'étage amont (étage 1).
- Soit $P(D_F < D_C) > \beta_{obj}$, alors le PDD est positionné à l'entrée de l'étage 2.

Si on se trouve dans le second cas, on se décale à nouveau d'un étage en amont et ainsi de suite, on reproduit l'analyse de manière itérative jusqu'à tomber sur un étage « n » où la production à la commande n'est pas réalisable étant donné le taux de service objectif. Le

PDD est alors positionné à l'étage « n-1 », c'est-à-dire le dernier étage où la production à la commande était réalisable.

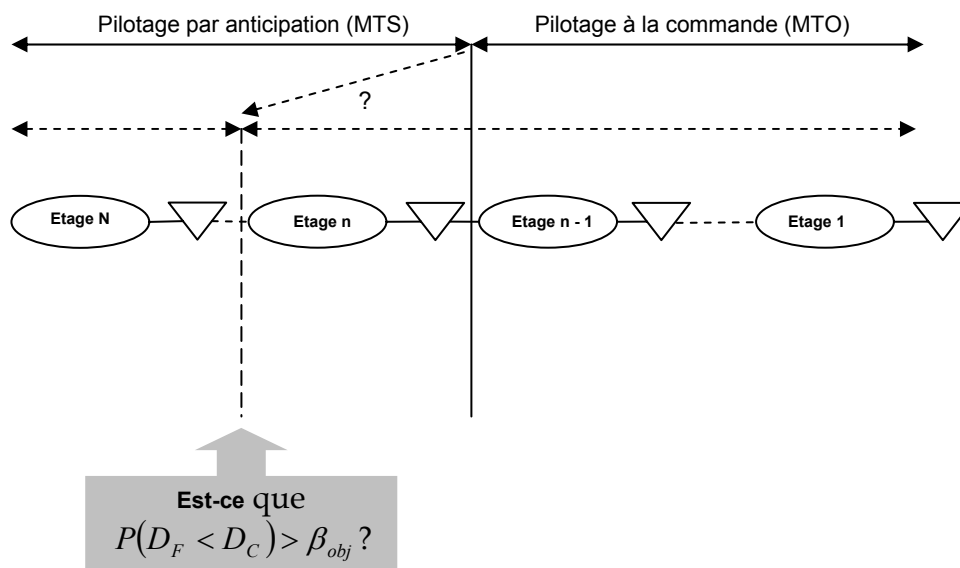


Figure VI-24 : Démarche itérative de localisation du PDD

VI.4.1.3 Autres paramètres à prendre en compte pour la localisation du PDD

Il est à noter que l'approche itérative que nous venons de proposer, permet de localiser le PDD techniquement possible, à savoir le point le plus en amont de la chaîne logistique où un pilotage à la commande est faisable. Cependant, cela ne veut pas dire qu'il faut nécessairement positionner le PDD à cet endroit. En effet, l'analyse doit être complétée en considérant l'intérêt de piloter un étage à la commande.

Prenons le cas d'un étage avec très peu de diversité et une demande stable dans le temps, le gestionnaire pourra dans ce cas décider, pour simplifier sa gestion, de piloter par anticipation sans qu'il ne prenne beaucoup de risque sur les coûts ou ruptures. Il peut par exemple, faire un programme une fois par mois, sans que ce programme ne soit trop perturbé, alors qu'une production à la commande nécessite généralement des fréquences de rafraîchissent des programmes plus importante. Ainsi, au cas par cas, la pertinence d'envisager la production à la commande à un étage doit être étudiée. Pour ce faire différents paramètres peuvent être pris en compte (Cf. parag. VI.2.2). Pour notre cas d'étude les éléments qui nous semblent les plus pertinents à considérer sont :

- La diversité produit : il est plus intéressant de piloter à la commande un produit à forte diversité car la production par anticipation peut générer des stocks importants.

- La valeur du produit : il est intéressant d'envisager une production à la commande lorsque le produit est cher et génère donc un coût de stockage important (le raisonnement est aussi valable pour un produit rapidement périssable).
- La variation de la demande : si la demande est très stable, on ne prend pas beaucoup de risque à produire par anticipation ; à l'inverse, dans le cas d'une demande erratique, la production à la commande peut être plus avantageuse.

Les trois conditions précédentes se retrouvent dans notre cas d'étude : diversité, produit coûteux et demande variable, d'où l'intérêt d'envisager un pilotage à la commande. Nous verrons cependant, que pour les lignes d'usinage, le contexte peut être différent d'une ligne à l'autre, nous analyserons ce point à la section VI.6.

VI.5 Localisation du PDD pour une chaîne logistique soumise à un facteur aléatoire (les pannes)

Dans cette section, nous allons étudier en détail le problème de localisation du PDD pour une chaîne logistique soumise à des pannes machines. Nous aborderons dans un premier temps la question stratégique du positionnement puis dans un second temps la question tactique de définition des dates de lancement.

VI.5.1.1 Cas d'une pièce isolée

Commençons d'abord par considérer le cas simple où, lorsqu'une panne se produit, une seule pièce est impactée par la panne (la pièce qui se trouve sur la machine). Nous allons étudier le cas d'une seule machine puis le cas de plusieurs machines successives.

a) Pour un étage

Considérons l'étage le plus en aval de la chaîne logistique. Cet étage est composé d'une machine.

Soient :

- β_{obj} : le taux de service client objectif.
- β_{eff} : le taux de service effectif, c'est-à-dire le taux de service moyen réalisé par le système.
- D_C : le délai du client.
- q : le taux de pannes, $q = 1/(\text{nombre moyen de pièces entre deux pannes})$.
- α : la probabilité que le délai du fournisseur dépasse le délai du client lorsqu'une panne se produit.

- D_F : le délai du fournisseur.

Notons que dans ce cas le délai nominal est égal au temps de cycle de la machine.

Est-ce que le point de découplage peut être situé à l'entrée de cet étage ? Pour y répondre, calculons le taux de service effectif :

$$\beta_{eff} = P(D_F < D_C) = 1 - q\alpha \quad \text{E. VI-5}$$

Si $\beta_{eff} > \beta_{obj}$, alors la production à la commande est réalisable à cet étage et le PDD peut être localisé à l'entrée de cette activité.

b) Généralisation à plusieurs étages

Supposons à présent que nous avons plusieurs étages successifs (ou plusieurs machines successives).

Soient :

- q_i : le taux de panne de la machine i , $q_i = 1/(\text{nombre moyen de pièces entre deux pannes})$.
- α_i : la probabilité que le délai du fournisseur dépasse le délai du client lorsqu'une panne se produit sur la machine i .
- β_{eff} : le taux de service effectif, c'est-à-dire le taux de service moyen réalisé par le système.

Notons que dans ce cas le délai nominal est égal à la somme des temps de cycles des machines successives

La probabilité que le délai du fournisseur dépasse le délai du client lorsqu'une panne se produit sur la machine i est : $q_i\alpha_i$. Nous considérons que les probabilités de pannes sont très faibles et qu'on ne peut avoir plus d'une panne à la fois, la probabilité que le délai du fournisseur dépasse le délai du client est la somme des probabilités de dépassement pour les différentes machines, soit $\sum q_i\alpha_i$. Ainsi :

$$\beta_{eff} = P(D_F < D_C) = 1 - \sum q_i\alpha_i \quad \text{E. VI-6}$$

VI.5.1.2 Cas général

Nous avons d'abord raisonné sur le problème simple qui suppose qu'à chaque panne, une seule pièce est impactée. Dans la réalité, lorsqu'une panne se produit, ce n'est pas seulement

la pièce qui est directement sur la machine qui est impactée, mais plusieurs pièces en amont peuvent être retardées en fonction de la durée d'indisponibilité de la machine. En effet, supposons que la cadence d'arrivée des pièces devant la machine soit d'une pièce chaque minute, et supposons qu'une panne s'est produite entraînant l'arrêt de la machine pendant une heure. La première pièce qui est sur la machine subira ce retard d'une heure, mais aussi toutes les pièces qui arriveront devant la machine alors que celle-ci est arrêtée.

Si la capacité de la machine correspond à un *taux de production* (nombre de pièces produites par unité de temps) qui est exactement égal au *taux de la demande*, ce retard se répercutera sur toutes les pièces en amont, le système ne rattrapera jamais ce retard.

Dans la pratique, la capacité est dimensionnée de manière à dépasser la demande moyenne. Ainsi lorsqu'une panne se produit dans le système, le taux de production est momentanément réglé au dessus du taux de demande de manière à pouvoir récupérer le retard induit par la panne (heures supplémentaires, augmentation de la cadence, ouverture d'une équipe supplémentaire le samedi, ...). En fonction de la durée de panne et de la différence entre capacité et demande, le retard sera rattrapé dans un délai plus ou moins long.

Illustrons cela par un exemple. Dans la Figure VI-25, la courbe du haut représente le taux de production de la machine, et la courbe du bas représente le nombre de pièces perdues (c'est-à-dire non produites parce que la machine est en panne).

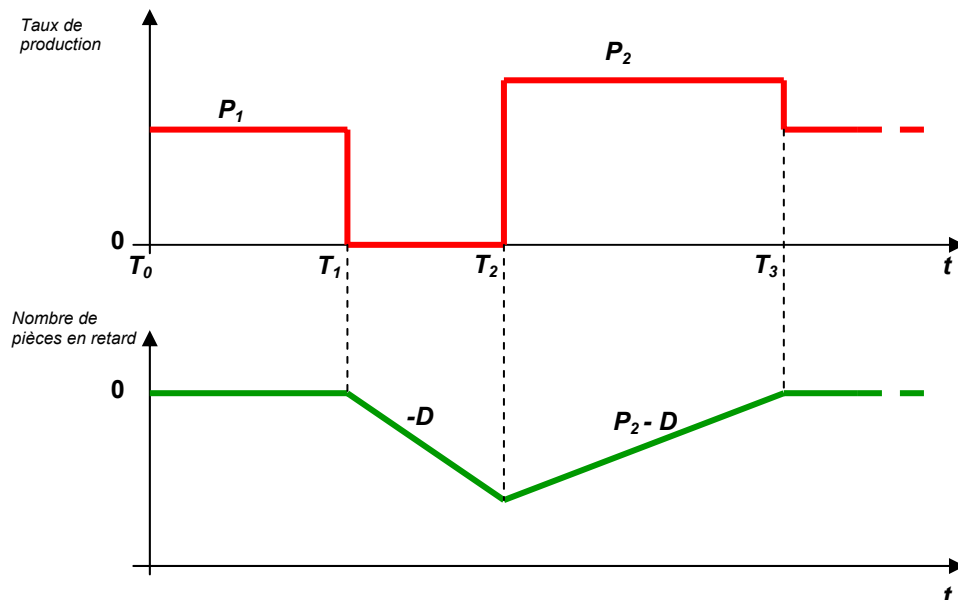


Figure VI-25 : Perte et rattrapage des volumes de produits suite à une panne

De T_0 à T_1 , la machine produit avec un taux de production P_1 qui correspond au taux de demande D . A T_1 , occure une panne qui va durer $(T_2 - T_1)$. Pendant cet intervalle de temps, la

machine est à l'arrêt, elle ne produit plus alors que les demandes continuent d'affluer avec un taux D ; le système « perd » donc des pièces comme le montre le graphe du bas. A T_2 , la machine réparée est remise en marche mais afin de rattraper la quantité de pièces en retard, le taux de production est augmenté à un niveau supérieur au taux de la demande. De T_2 à T_3 , le système produit plus vite que les demandes n'arrivent, jusqu'à rattraper totalement le retard à l'instant T_3 . Le système est ensuite remis en situation normale (c'est-à-dire revient à un taux de production P_1 qui est égal au taux de la demande).

Qu'en est-il du comportement du délai du fournisseur ? Entre les instants T_1 et T_3 , les pièces produites dépassent le délai nominal. Le délai du fournisseur est donc égal au délai nominal plus un délai additionnel. A partir de T_3 , le système revient à la normale et le délai fournisseur est de nouveau égal au délai nominal.

Nous appellerons *marge*, la différence entre le délai client et le délai fournisseur nominal : $M = D_C - D_n$, C' est la marge de manœuvre du fournisseur en cas d'aléa.

Lorsqu'une panne se produit, si le délai d'attente d'une pièce (ou délai additionnel) est inférieur à la marge, cela signifie qu'elle sera livrée dans le délai client. Si le délai d'attente de la pièce dépasse la marge, alors la pièce sera livrée en retard et le taux de service s'en trouvera affecté.

Afin de calculer le taux de service effectif du système, nous cherchons donc à calculer le nombre moyen de pièces qui subissent un retard dépassant la marge M .

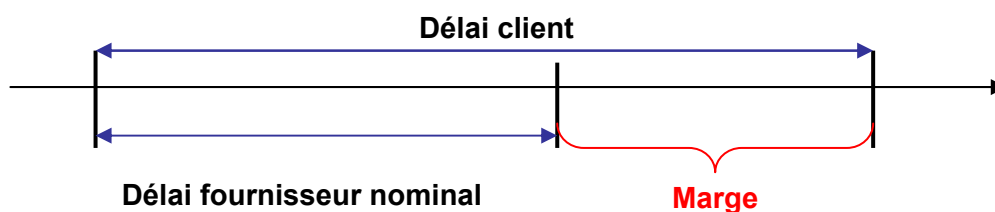


Figure VI-26 : La marge du fournisseur

Prenons par exemple une marge de 5h et supposons qu'une panne se produit et qu'elle dure 8 heures. La Figure VI-27 illustre le comportement du système. De T_1 à T_2 , la machine ne produit plus de pièces et le système cumule donc du retard par rapport à son délai nominal. Tant que le délai de 5 heures n'est pas atteint (c'est-à-dire que la marge n'est pas consommée), l'effet de la panne n'est pas perçu par le client. En effet, si la panne durait 2 heures, par exemple, le taux de service du fournisseur ne serait pas dégradé puisque le fournisseur aura livré les pièces dans le délai client. En revanche, à partir d'une durée de panne de 5h, le fournisseur prend du retard dans les livraisons et le taux de service s'en trouve affecté.

A T_2 , une fois réparée, la machine est remise en marche. La première pièce produite par la machine aura subi un délai additionnel égal à 8 heures, la pièce suivante un peu moins (puisqu'elle sera arrivée devant la machine plus tard que la première pièce),... jusqu'à la $i^{\text{ème}}$ pièce qui aura subi un délai additionnel de 5 heures. A partir de cet instant, le fournisseur commence à nouveau à livrer dans le délai client. Le système reviendra totalement à la normale lorsque le délai additionnel des pièces produites sera nul.

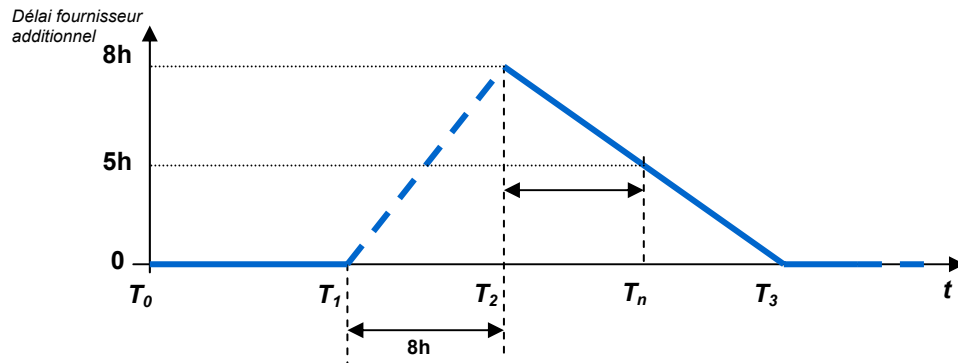


Figure VI-27 : Le dépassement de la marge du fournisseur

Calculons le nombre moyen de pièces dont le délai dépasse les 5 heures de marge et qui affectent donc le taux de service. C'est le nombre de pièces produites entre les instants T_2 et T_n .

Soient :

- n : le nombre de pièces qui dépassent le délai client.
- T_p : le temps opératoire, ou temps de cycle entre les instants T_2 et T_3 . C'est le temps nécessaire pour produire une pièce sur la machine.
- T_D : le temps entre deux demandes.
- T_R : le temps d'indisponibilité de la machine (8h dans notre exemple).
- M : la marge du fournisseur, c'est le délai client moins le délai nominal du fournisseur (5h dans notre exemple).
- α : la probabilité que le délai du fournisseur dépasse le délai du client lorsqu'une panne se produit.

Ainsi le taux de production P_2 (entre les instants T_2 et T_3), qui est le nombre de pièces produites par unité de temps est :

$$P_2 = \frac{1}{T_p} \quad \text{E. VI-7}$$

Et le taux de demande D , qui est le nombre de pièces demandées par unité de temps, est :

$$D = \frac{1}{T_D} \quad \text{E. VI-8}$$

Etant donné qu'à partir de l'instant T_2 , le système produit plus vite que les demandes n'arrivent, alors le système gagne un temps égal à $T_D - T_P$ par pièce.

Pour rattraper le délai client, le système doit gagner un temps égal à $T_R - M$.

Durant cet intervalle de temps, le nombre de pièces qui auront dépassé le délai client est donc :

$$n = \frac{T_R - M}{T_D - T_P} \quad \text{E. VI-9}$$

M, T_D, T_P sont des constantes et sont des données d'entrée. Le nombre de pièces en retard n dépend donc du délai d'indisponibilité qui est une variable aléatoire que nous noterons t associée à une fonction de distribution $p(t)$. Ainsi :

$$n(t) = \frac{t - M}{T_D - T_P}, \text{ avec } P(n = n(t)) = P(t). \quad \text{E. VI-10}$$

Récapitulons le comportement du système :

Lorsqu'une pièce est lancée dans le système :

- soit il n'y a pas de panne sur la machine, avec une probabilité $1 - q$; et donc la pièce passe à l'étage client avec un délai qui est égal au délai nominal.
- soit la machine subit une panne, avec une probabilité q . Deux cas de figures sont possibles :
 - Soit la durée de panne est inférieure à la marge M , avec une probabilité $1 - \alpha$, et donc aucune pièce n'est affectée par le retard, soit : $n = 0$.
 - Soit la panne dure plus que la marge M , avec une probabilité α . Le nombre moyen de pièces affectées est \bar{n} .

Le taux de service effectif est donc :

$$\beta_{eff} = 1 - q \cdot \alpha \cdot \bar{n} \tag{E. VI-11}$$

Avec $q \cdot \alpha \cdot \bar{n} < 1$, ce qui signifie, dans la pratique, qu'on prend l'hypothèse que les pannes sont suffisamment rares pour que les effets d'une panne (pièces en retard) soient totalement résorbés avant l'occurrence d'une nouvelle panne.

En supposant la fonction de distribution discrète du temps d'indisponibilité (exemple, Figure VI-28), la moyenne conditionnelle \bar{n} (nombre moyen de pièces retardées sachant que le délai d'indisponibilité est supérieur à M) se calcule de la manière suivante :

$$\bar{n} = \frac{\sum_{t=M}^{\infty} P(t) \frac{t - M}{T_D - T_P}}{\sum_{t=M}^{\infty} P(t)} \tag{E. VI-12}$$

Si β_{eff} est supérieur à β_{obj} alors le point de découplage peut être localisé à cet étage.

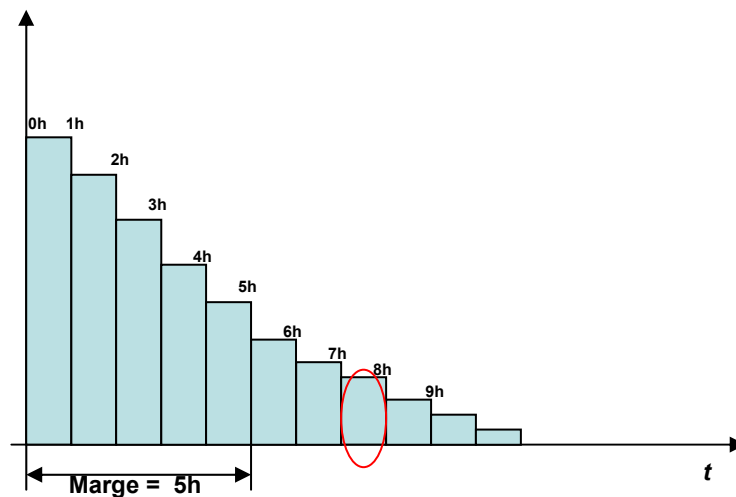


Figure VI-28 : Distribution du temps d'indisponibilité

Cette formule montre que \bar{n} qui est le nombre moyen de pièces subissant un retard pénalisant (au sens du taux de service) dépend de la valeur de : $T_D - T_P$. Ce qui signifie que plus on accélère le taux de production par rapport aux taux de la demande et moins le taux de service est dégradé car le système rattrape son retard de livraison plus vite. On peut aussi déduire que plus on a de réserve de capacité par rapport au niveau moyen de la demande et plus on a la possibilité de rattraper rapidement les retards dus aux aléas.

Cette propriété est intéressante pour analyser les systèmes réels. Revenons à notre cas d'étude, les lignes d'usinage des usines de mécanique fonctionnent souvent à capacité saturée dans la semaine : ces lignes produisent en 3 équipes et donc fonctionnent 24h par

jour. Si une panne se produit, le système n'a pas d'autre choix que de rattraper son retard en mettant en place des heures supplémentaires durant le week end. Cela signifie que le système prend un temps relativement long avant de pouvoir rattraper son retard sur les délais. Pour y pallier les UM mettent en place d'importants stocks de sécurité de pièces usinées terminées.

Il est intéressant de noter que les constructeurs Nissan et Toyota ont un fonctionnement différent. Les installations d'usinage sont conçues de manière à produire en deux équipes par jour. Ces équipes sont disjointes, c'est-à-dire que l'organisation des temps de travail et d'arrêt est la suivante : 8h de production pour la première équipe suivies de 4h d'arrêt. Ensuite, 8h de production pour la seconde équipe suivies de 4h d'arrêt. Cela signifie que les installations d'usinage, dans ce cas, disposent potentiellement de 4 heures après chaque équipe pour mettre en place des heures supplémentaires et augmenter la capacité journalière de production. Cela permet de rattraper plus rapidement tout retard de délai consécutif à une panne. Ce mode de fonctionnement est donc plus intéressant du point de vue des délais et des coûts de stocks.

Après avoir analysé la question stratégique de localisation du point de découplage, nous allons à présent étudier la question tactique.

VI.5.1.3 La date de lancement

a) Pour un seul étage et une pièce isolée

Nous considérons un étage composé d'une machine et soumis à l'aléa des pannes. On suppose que lorsqu'une panne se produit, une seule pièce est impactée.

La question tactique est de savoir à quelle date au plus tard lancer la production de la pièce sur la machine tout en garantissant le taux de service objectif.

S'il n'y avait pas d'aléa, la date de lancement serait exactement égale à la date de livraison moins le délai nominal. Cependant, la machine est soumise à l'aléa des pannes, et il se peut que dans certains cas le délai entraîné par la panne dépasse le délai du client.

Considérons un taux de pannes q , et une distribution du temps d'indisponibilité de la machine d_i . Nous avons deux cas de figures en fonction du taux de pannes q :

- Soit $q < 1 - \beta_{obj}$, cela signifie que le taux moyen de pièces qui subissent une panne et qui sont donc susceptibles de dépasser le délai du client est inférieur à $1 - \beta_{obj}$. Le taux de service objectif est donc respecté. Dans ce cas, il n'est pas nécessaire de considérer

un délai de sécurité (sauf si $\beta_{obj} = 100\%$) et la date de lancement correspond à un décalage de D_n .

- Soit $q > 1 - \beta_{obj}$ et là il faut dimensionner un **délai de sécurité** (L_S) de manière à se couvrir contre l'aléa pannes (L_S).

Dimensionnons le délai de sécurité L_S . On a : $\beta_{eff} = 1 - q\alpha$. Pour assurer le taux de service objectif, on doit avoir au minimum : $\beta_{eff} = \beta_{obj}$, donc :

$$\alpha_{max} = \frac{1 - \beta_{obj}}{q} \quad \text{E. VI-13}$$

Et donc,

$$L_S = F^{-1}(\alpha_{max}) \quad \text{E. VI-14}$$

La Figure VI-29 illustre le mode de calcul.

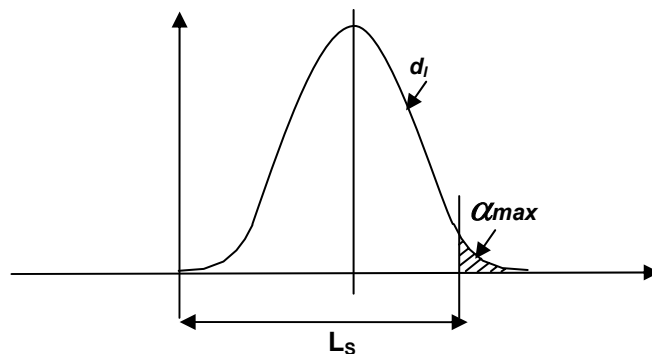


Figure VI-29 : Le calcul de la date de lancement

Remarque :

La prise en compte du taux de service objectif dans le dimensionnement du délai de sécurité montre que dans la pratique, il convient d'analyser la distribution des durées de pannes de manière à déterminer la couverture de sécurité juste nécessaire. En effet, s'il arrive que des pannes de 2 jours se produisent mais qu'elles soient suffisamment rares pour ne pas risquer d'affecter le taux de service objectif, il n'est pas nécessaire de mettre en place un délai de sécurité de deux jours !

b) Généralisation à n étages (ou n machines) pour une pièce isolée

Considérons à présent que l'on a plusieurs machines en série et calculons la date de lancement au plus tard sur la machine la plus en amont.

On a vu précédemment que :

$$\beta_{eff} = 1 - \sum q_i \alpha_i \quad \text{E. VI-15}$$

Pour garantir le taux de service objectif, il faut au minimum que $\beta_{eff} = \beta_{obj}$, ce qui correspond à :

$$\sum q_i \alpha_i = 1 - \beta_{obj} \quad \text{E. VI-16}$$

Afin de déterminer les valeurs des α_i qui satisfont l'équation 16, et en l'absence de toute autre information, nous proposons de procéder à une répartition de $(1 - \beta_{obj})$ entre les différentes machines. C'est à dire qu'on définit le non taux de service maximum toléré pour chaque machine, de manière à ce qu'au global des N machines on assure le taux de service objectif β_{obj} .

Par exemple, soit $\beta_{obj} = 0,99$. Donc, le maximum de non taux de service toléré sur le total des machines est 0,01.

On suppose qu'on a 3 machines. Chaque machine i peut tomber en panne et son délai d'indisponibilité a une probabilité α_i de dépasser le délai client.

Pour dimensionner le délai de sécurité à mettre pour chaque machine, on répartit la tolérance de non taux de service $(1 - \beta_{obj})$ sur les 3 machines. On choisit, par exemple (arbitrairement) de la répartir de manière égale entre les 3 machines. Cela signifie que pour chaque machine : $q_i \alpha_i = \frac{1}{3} \times (1 - \beta_{obj})$. Ce qui permet de déduire ensuite le délai de sécurité L_i nécessaire pour chacune. L'exemple est montré dans le Tableau VI-1.

Le délai de sécurité du système total doit nous permettre de couvrir les aléas de pannes des 3 machines. On prend donc le maximum des délais de sécurité, pour être sûr que chaque machine ne dépasse pas $\frac{1}{3} \times (1 - \beta_{obj})$ en non taux de service ; soit dans notre exemple : $L_s = 5$ heures. Donc si les produits doivent être livrés à 18h, et que le délai nominal du

process composé des 3 machines est de 2 heures. La date de lancement au plus tard est $18 - (2+5) = 11$ heures.

Machine	1	2	3
$q_i \alpha_i$	$\frac{1}{3} \times 0,01$	$\frac{1}{3} \times 0,01$	$\frac{1}{3} \times 0,01$
Le délai de sécurité qui permet d'assurer un taux de service de $(1 - q_i \alpha_i)$ est : $L_i = F^{-1}(1 - q_i \times \alpha_i)$	5h	1h	3h

Tableau VI-2 : Exemple de calcul de date de lancement au plus tard

Remarque :

Pour trouver une solution réalisable, nous avons réparti arbitrairement le non taux de service de manière égale entre les machines. On pourrait améliorer le choix du délai de sécurité en modifiant de manière itérative la répartition de $(1 - \beta_{obj})$ sur les machines, en procédant par tâtonnement jusqu'à trouver une répartition qui permette d'équilibrer les délais de sécurité calculés. Par exemple, au lieu d'avoir des délais de 5h, 1h et 3h respectivement ce qui nous oblige à prendre un délai de sécurité de 5h pour le système, on pourrait chercher à se rapprocher d'un délai de sécurité identique entre les machines, supposons que ce soit environ 3h, ce qui permettrait de réduire le délai de sécurité à mettre en place pour le système (3h au lieu de 5h).

c) Cas général

Lorsque plusieurs pièces peuvent être impactées par une panne, le problème de détermination de la date de lancement revient à trouver le délai de sécurité L_s qui correspond à α tel que :

$$q \cdot \alpha \cdot \bar{n} = 1 - \beta_{obj} \quad \text{E. VI-17}$$

$$\Rightarrow \alpha \cdot \bar{n} = \frac{1 - \beta_{obj}}{q} \quad \text{E. VI-18}$$

\bar{n} étant le nombre moyen de pièces qui dépassent le délai du client lorsqu'une panne se produit, voir l'équation (14).

α et \bar{n} dépendent tous deux de L_s . Une façon d'approximer L_s est de résoudre l'équation 18 en procédant par itérations successives en utilisant la méthode de dichotomie.

Le principe est illustré par la Figure VI-30. A chaque itération, on fixe L_s et on calcule les valeurs de α et \bar{n} correspondantes.

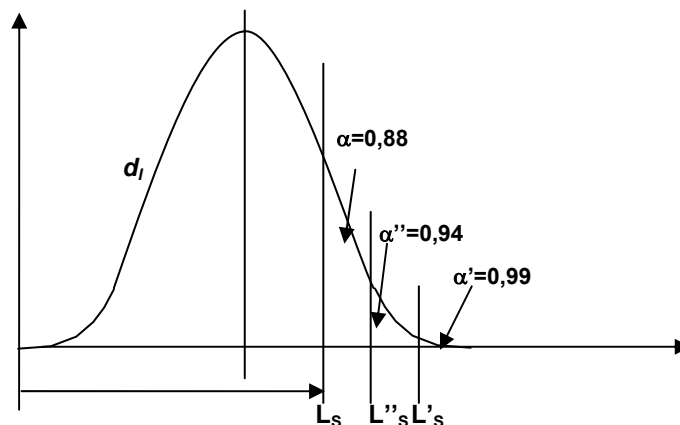


Figure VI-30 : Approximation par dichotomie

VI.6 Le PDD dans la chaîne logistique mécanique

Revenons à présent à notre cas d'étude et au problème de localisation du PDD de la chaîne logistique mécanique.

VI.6.1 Localisation du PDD

Dans la phase d'état des lieux (chap. IV) nous avons identifié le PDD initial de la chaîne logistique mécanique : il se situe majoritairement à l'entrée de l'étage d'expédition vers les clients, les étages en amont (production et approvisionnements) sont gérés par anticipation. La phase de reconception de la relation client/fournisseur a permis d'analyser la structure de la demande du client et d'identifier des actions concrètes pour augmenter la visibilité ferme donnée au fournisseur. On peut ainsi escompter un délai client de 5 jours (au lieu de délais allant de moins d'un jour à cinq jours initialement).

Partant des 5 jours de délai client, notre réflexion à présent, consiste à localiser le PDD qui permet de piloter la chaîne logistique mécanique à moindre coût tout en garantissant un taux de service élevé.

Nous avons vu que le PDD dépend de deux paramètres majeurs : le délai du client et le délai du fournisseur. L'augmentation du délai client « tire » le PDD vers l'amont. L'accroissement du délai fournisseur tire le PDD vers l'aval.

Déplacer le PDD de la chaîne logistique mécanique vers l'amont revient donc à allonger le délai client ou raccourcir le délai fournisseur, ou les deux conjointement. Etant donné les

temps d'écoulement longs dans les UM (en majorité > 10 jours depuis la réception des pièces brutes et jusqu'à l'expédition du moteur fini), même en ramenant les délais clients à 5 jours, cet horizon de visibilité ne permet pas de couvrir un large périmètre des activités internes de l'UM. D'autant que, rappelons le, les 5 jours d'horizon ferme doivent également couvrir l'étage de transport entre une UM et une UCM, ce qui laisse une visibilité moindre au fournisseur afin de piloter les flux internes. Notre réflexion de reconception va donc également porter sur la réduction des délais internes pour mieux exploiter la visibilité ferme donnée par les clients.

Ainsi, nous avons appliqué l'approche itérative proposée dans le paragraphe 0 pour étudier la possibilité de localiser le PDD successivement dans les différents étages de la chaîne logistique mécanique, comme l'illustre la Figure VI-31. Nous avons en même temps et à chaque étage étudié les leviers possibles pour réduire le délai du fournisseur, en nous basant sur l'analyse réalisée dans la section VI.3.

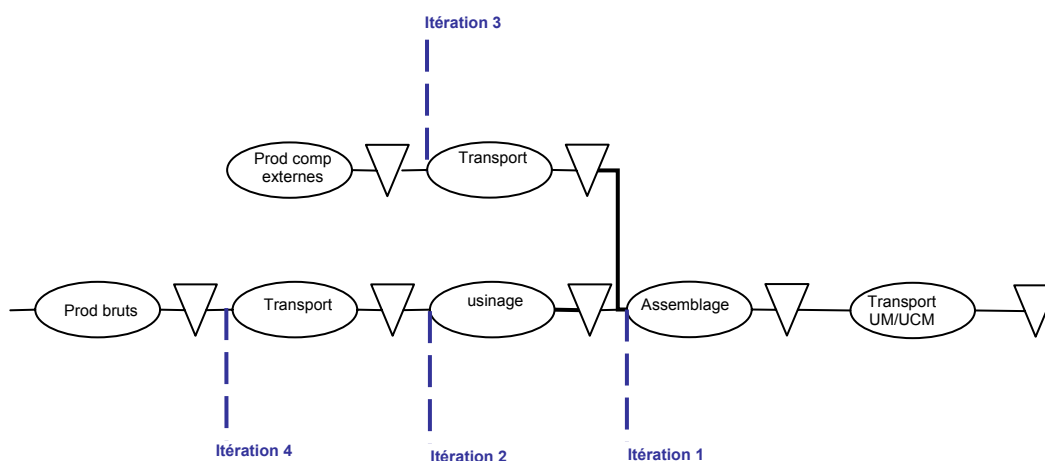


Figure VI-31 : Démarche itérative de localisation du PDD dans la chaîne logistique Mécanique

Nous présentons ici une synthèse des principaux résultats obtenus par l'analyse de données opérationnelles.

Itération 1 : Assembler à la commande ?

Le délai de l'étage d'assemblage est composé du délai nominal process de la ligne et qui est d'environ trois heures plus un certain nombre de délais additionnels liés à différents facteurs, identifiés dans la Figure VI-32.

Il est intéressant d'un point de vue méthodologique, de noter qu'une analyse systématique des différents décalages à un étage permet de comprendre le comportement du délai du fournisseur et d'identifier les décalages sur lesquels des progrès sont à réaliser.

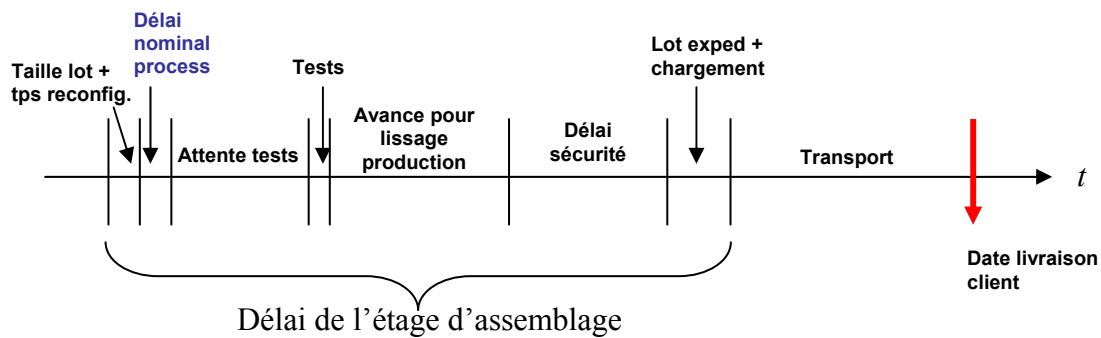


Figure VI-32 : Les décalages de l'étape d'assemblage

L'analyse des données opérationnelles (durées de pannes, temps de retouches,...) conduisent à conclure que le PDD peut être localisé à l'étape d'assemblage. Le délai fournisseur est compatible avec le délai client, sous contrôle du taux de service objectif. L'assemblage des moteurs peut être piloté à la commande en utilisant les commandes fermes des UCM.

L'analyse des décalages permet d'identifier les éléments sur lesquels des actions de progrès sont nécessaires afin d'améliorer le délai du fournisseur. Il s'agit essentiellement des facteurs suivants :

- Les délais additionnels liés aux problèmes de qualité (temps de retouche, temps de relance des produits rebutés et temps de blocage de qualité). Les données de terrain montrent que les délais additionnels peuvent aller de quelques heures à quelques jours en fonction des modes de fonctionnements en place. Plusieurs leviers d'amélioration ont été analysés au paragraphe VI.3.1.2.
- Les contraintes de capacité et la variation de la demande : la variation des demandes des clients (UCM) par rapport à la flexibilité capacitaire à court terme des UM est une problématique majeure. Les délais additionnels induits sur l'étape d'assemblage sont importants et se comptent généralement en jours. Il existe plusieurs leviers pour réduire l'amplitude de la variation, se reporter au chapitre V.
- Les tailles de lots : comme évoqué dans l'état des lieux (chapitre IV), des contraintes de tailles de lots dans les lignes d'assemblage sont majoritairement dus aux modes d'approvisionnement des composants à diversité. La recherche de solutions d'approvisionnement adaptées, du type encyclage, devrait permettre d'améliorer le délai fournisseur à l'étape d'assemblage.
- Les fréquences de transport vers les clients : la fréquence de transport vers les clients UCM a un impact sur les délais additionnels (cf. parag. VI.3.2.3). L'augmentation des fréquences de transport est un levier non négligeable (cela passe par une étude

d'optimisation globale qui prend en compte les objectifs de réduction des temps de transport et les objectifs de réduction des délais internes de l'UM).

- Problématique des bancs de tests thermiques : à la fin du processus de fabrication d'un moteur, des tests de qualité sont réalisés sur des bancs thermiques. Pour certaines UM, les bancs n'ont pas la même cadence de traitement que la cadence de sortie des moteurs de la ligne d'assemblage. Les bancs sont opérationnels 6 jours par semaine alors que la ligne d'assemblage est opérationnelle 5 jours par semaine. Un délai supplémentaire dû à la désynchronisation (assemblage / tests) est généré (Cf. parag. VI.3.1.7). Un levier de progrès est la mise en cohérence des capacités des bancs avec la ligne d'assemblage.

Le raccourcissement du délai fournisseur à l'étage d'assemblage passe donc par différents leviers. Ce raccourcissement est important pour la faisabilité de la production à la commande à cet étage mais aussi pour permettre d'envisager le PDD à des étages en amont.

Itération 2 : Usiner à la commande ?

Nous avons reproduit la même analyse sur l'étage d'usinage. Le délai nominal process d'une ligne d'usinage est d'environ 3 heures. Le temps d'écoulement total, en intégrant les différents délais additionnels est de plusieurs jours (couramment de 2 à 12 jours, et plus dans un certain nombre de cas). Plusieurs facteurs concourent à générer des délais additionnels :

- Les temps de reconfiguration : Ils représentent le principal facteur de délai dans les lignes d'usinage des UM. Les temps de reconfiguration vont de quelques minutes à plusieurs heures, en fonction des lignes (Cf. chapitre IV). Pour des lignes avec des temps de reconfiguration de plus d'une heure, les tailles de rafales sont grandes (de quelques heures de production à plusieurs jours), ce qui résulte en délais additionnels importants. La faisabilité de la production à la commande à cet étage passe par des actions de fond sur la réduction des temps de reconfiguration. Des chantiers ont été lancés dans le cadre du projet CLM et les premiers résultats sont encourageants : des gains de 30% à 70% dans les temps de changement de rafales ont pu être réalisés avec très peu (voire pas) d'investissements.
- Les aléas sur les ressources machines (pannes) : les lignes d'usinage sont très automatisées et sont donc sujettes au risque de pannes. Les données opérationnelles montrent que les pannes machines sont une problématique pénalisante. Pour se couvrir contre les durées d'indisponibilité qui peuvent varier de quelques minutes à plus d'une journée, le délai de sécurité à paramétrer est important. L'amélioration de la fiabilité des installations est donc un enjeu important pour la faisabilité de la production à la commande à l'étage d'usinage.

Notons qu'il existe un facteur supplémentaire rallongeant le délai en usinage : la désynchronisation avec l'atelier aval. Les lignes d'usinage, pour des raisons de coûts d'investissement, ont une capacité dimensionnée pour 6 jours de travail par semaine, alors que les lignes d'assemblage travaillent 5 jours par semaine. Comme analysé au paragraphe VI.3.1.7, cette désynchronisation entre usinage et assemblage occasionne un délai fournisseur plus long. Il est cependant difficile de lever ce temps additionnel, en effet, les installations d'usinage sont coûteuses et le dimensionnement des capacités doit relever d'une rentabilité globale intégrant les coûts d'investissements initiaux et les coûts d'exploitation (coûts de stocks entre autres).

Les temps de reconfiguration et la fiabilité des installations sont différents d'une ligne à l'autre et d'une usine à une autre, il en résulte un positionnement du PDD différent selon les cas : on peut piloter à la commande les lignes avec un délai fournisseur compatible avec la visibilité ferme. En revanche, les lignes avec des temps de reconfiguration longs et d'importants problèmes de pannes, ne peuvent être pilotées à la commande étant donné leurs temps d'écoulement. Voir Figure VI-33.

De notre point de vue, et en exploitant l'analyse faite en VI.4.1.3, il nous paraît plus intéressant d'orienter les efforts de raccourcissement des délais fournisseurs en priorité vers les lignes avec : forte diversité, demande instable et produit coûteux. Ces sont les lignes qui présentent un plus grand intérêt à passer à une production à la commande.

Itération 3 : approvisionner les composants externes à la commande ?

A cet étage, la faisabilité de la production à la commande dépend du temps de transport entre le fournisseur de composants et l'UM. Pour des fournisseurs proches, le pilotage à la commande de l'approvisionnement est envisageable. Il peut être particulièrement intéressant pour les composants avec une grande diversité et un besoin variable.

Itération 4 : approvisionner les pièces brutes à la commande ?

Etant donné les délais internes de production d'une UM (somme des délais d'usinage et d'assemblage), il est difficilement envisageable de mettre le PDD à l'étage d'approvisionnement des pièces brutes. Néanmoins, les pièces brutes étant des produits généralement à très faible diversité, il nous semble moins intéressant d'envisager la production à la commande.

En synthèse, pour notre cas d'étude, on voit qu'on peut envisager de remonter le PDD en amont. L'assemblage peut être piloté à la commande. L'usinage, quant à lui, peut au cas par cas soit être piloté à la commande ou par anticipation. Les différentes variantes de localisation du PDD sont illustrées par la Figure VI-33.

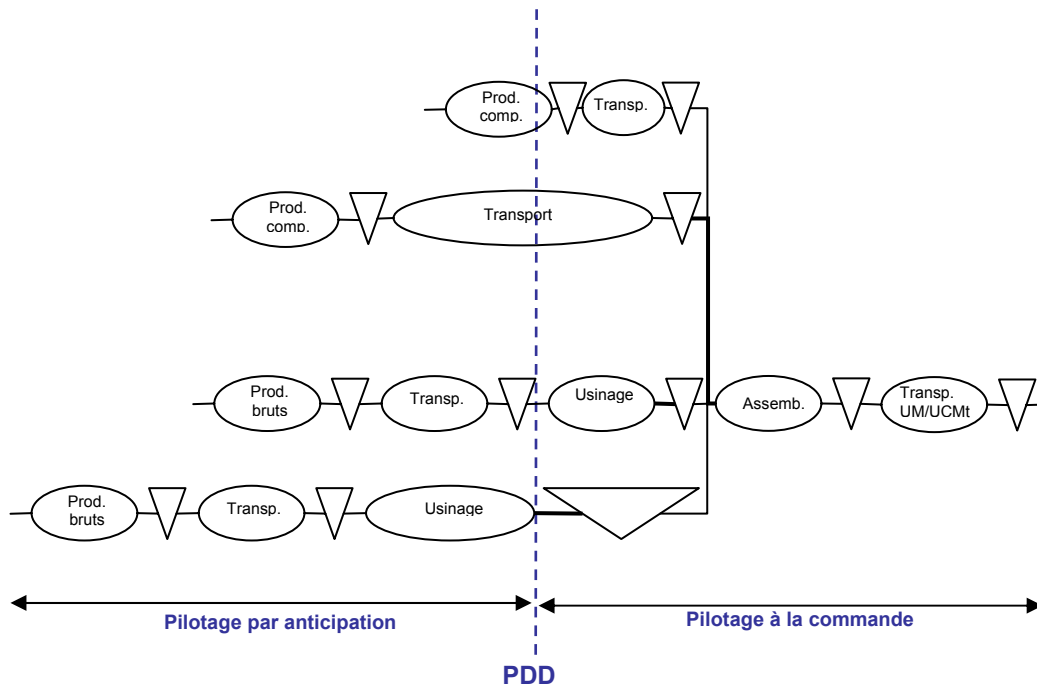


Figure VI-33 : Le PDD dans la chaîne logistique mécanique

VI.6.2 Segmentation du PDD

Comme nous venons de le voir, le point de découplage n'est pas forcément unique pour une même usine. Il peut avoir une localisation multiple en fonction de différents paramètres de segmentation :

- **La segmentation par le client :** En fonction du temps de transport, la visibilité qui reste à l'UM pour piloter ses flux internes, peut résulter en un pilotage de la production à la commande pour un client donné, et un pilotage par anticipation pour un autre client.
- **La segmentation par la flexibilité :** en fonction du temps de reconfiguration, certaines lignes d'usinage peuvent être pilotées à la commande et d'autres par anticipation.
- **La segmentation par le produit :** il est intéressant de noter un autre type de segmentation possible. Nous avons vu (chapitre IV) que les références de moteurs avaient pour certaines une demande avec volume important (références dites courantes) et d'autres une demande avec faibles volumes (références rares). Il peut être intéressant de piloter à la commande les produits à faible volume (et donc qui présentent plus de risque sur les quantités lorsque l'on produit par anticipation) et une production par anticipation pour les références courantes à fort volumes. Cette problématique est étudiée dans [Hadj Youssef, 2003].

VI.7 Les modes de pilotage détaillés

Une fois le choix structurant du point de découplage établi, l'étape suivante consiste à définir les modes détaillés de pilotage de flux à chacun des étages de la chaîne logistique (Cf. méthodes de pilotage de flux dans le chapitre III). Il s'agit de définir pour chaque étage la méthode de pilotage de flux la plus adéquate (MRP, kanban, ...) et de paramétrer chaque mode (délai de sécurité, stock de sécurité, tailles de lots, ...).

Nous allons dans cette partie, donner quelques pistes de réflexion concernant le choix des modes de pilotage de flux en amont et en aval du PDD pour notre cas d'étude et esquisser la réflexion sur un mode de pilotage particulier : le flux synchrone.

VI.7.1 Les modes de pilotage en amont et en aval du PDD

Le PDD de la chaîne logistique mécanique dépend de la segmentation liée au client (éloignement géographique) et à la flexibilité des lignes d'usinage. Les modes de pilotage vont dépendre de la localisation du PDD.

Cas où l'assemblage et l'usinage sont pilotés à la commande

Comme présenté au chapitre IV, le système informatique de gestion de la production de des UM repose sur la méthode MRP. Ainsi, dans le cas du pilotage à la commande, le programme de fabrication de la ligne d'assemblage sera construit à partir des commandes fermes des clients. Suivant le principe de MRP, les besoins en composants internes seront calculés en utilisant la nomenclature de produit. Ces besoins serviront à construire le programme de fabrication sur les lignes d'usinage.

Du point de vue de la couverture en sécurité, il nous paraît plus intéressant d'utiliser des délais de sécurité pour la ligne d'assemblage, étant donné la forte diversité de produit. L'utilisation de stocks de sécurité impliquerait d'avoir un stock pour chacune des 50 à 180 références de moteurs finis.

Cas où l'assemblage est piloté à la commande et l'usinage par anticipation

L'assemblage est piloté à la commande. Comme dans le cas précédent, l'information utilisée pour définir les quantités et dates de lancement des ordres de fabrication de la ligne d'assemblage sont les commandes fermes des UCM.

L'usinage quant à lui est piloté par anticipation. Se pose pour l'UM le choix du mode approprié :

- Soit un pilotage par les besoins futurs en utilisant les prévisions (MRP sur prévisions, gestion de stock sur prévision)
- Soit un pilotage par renouvellement de consommation en utilisant l'information sur le comportement passé de la demande (gestion de stock classique, kanban).

Le choix de l'un ou l'autre des modes dépend de l'information disponible sur la demande (Cf. chapitre III). Les UM disposent dans l'expression quotidienne des besoins des UCM des commandes fermes (sur un horizon de quelques jours) et des commandes prévisionnelles journalières (sur un horizon de plusieurs semaines). L'UM dispose donc d'une information prévisionnelle sur la demande future des UCM. Nous serions donc amenés à penser qu'il serait intéressant d'utiliser cette information prévisionnelle pour piloter les besoins de l'usinage. Néanmoins, cette information prévisionnelle présentant de l'incertitude, il nous paraît important que les UM analysent au cas par cas la fiabilité des commandes prévisionnelles transmises par les UCM.

Dans notre analyse de l'expression du besoin du client (chapitre IV), nous avons montré que les commandes prévisionnelles étaient construites à partir du film prévisionnel véhicule de chaque UCM. Le film prévisionnel comportant des commandes fermes de clients finaux et des pseudo-lancements qui sont des prévisions de commandes de véhicules. Ainsi, plus ce film véhicules prévisionnel comporte des commandes fermes et plus l'information est *a priori fiable* et donc « exploitable » par les UM.

Si l'UM conclut à une très grande incertitude sur les commandes prévisionnelles des UCM, lui engendrant de gros risques dans la production par anticipation, une autre alternative à étudier est la possibilité que l'UM réalise ses propres prévisions. Ces dernières pouvant être réalisées sur les besoins en composants (il est plus facile de faire des prévisions sur 10 références de vilebrequins plutôt que 120 références de moteurs finis).

Le choix des modes de pilotage passe donc par l'analyse des informations dont dispose l'UM sur les besoins futurs.

VI.7.2 Le flux synchrone

Le flux synchrone (ou L3PS dans la terminologie de l'entreprise, cf. chapitre I) entre une usine de mécanique et une usine de véhicules, consiste à livrer les organes dans l'ordre de leur passage sur la ligne de montage de véhicules, conformément à l'information anticipée (commande ferme) envoyée plusieurs jours à l'avance par l'UCM.

Par l'adoption du flux synchrone, les UCM escomptent une réduction de stocks, surfaces et manutention. En effet, prenons l'exemple d'une liaison entre une UCM et un fournisseur

qui lui livre un composant présentant une grande diversité de produit (les sièges, les planches de bord, ...). Dans un pilotage non synchrone, le fournisseur livre à l'UCM les quantités nécessaires du composant mais dans un ordre indépendant de l'ordre de passage sur les véhicules. Dans la pratique, chaque type de pièce est livré dans un emballage propre. Pour ensuite livrer les composants dans l'ordre nécessaire au poste de consommation de la ligne de montage, l'UCM va avoir un poste de préparation qui va fonctionner de la manière suivante : ce poste disposera d'au moins un emballage de chaque référence prévue à monter le jour J ; en suivant l'ordre du film de fabrication, le préparateur prend les pièces nécessaires et les dispose ordonnées dans un emballage qui va être livré à la chaîne de montage, Figure VI-34.

Dans le cas d'une livraison synchrone, les composants arrivent de chez le fournisseur déjà ordonnés suivant la séquence de fabrication des véhicules. Il n'est plus nécessaire de réaliser une opération de préparation, d'où les gains de surface (aire de préparation et stockage) et de manutention.

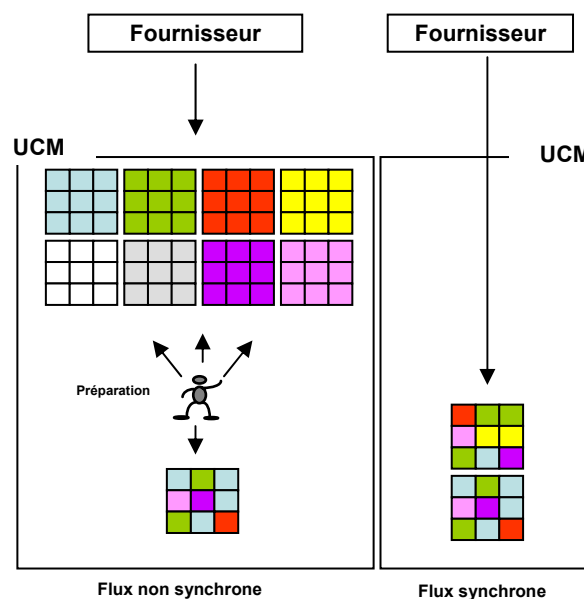


Figure VI-34 : Comparaison des flux synchrone et non synchrone

Pour les liaisons UM/UCM ce type de pilotage est à l'étude. Plusieurs paramètres sont à prendre en compte pour mesurer l'intérêt de piloter cette liaison en flux synchrone :

- L'aspect multi-fournisseurs. Une UCM monte des moteurs provenant d'UM différentes. Ainsi, même si chaque UM livre les moteurs du type qui la concerne dans l'ordre, il subsistera le besoin pour l'UCM de mettre les moteurs provenant des différentes UM dans l'ordre de montage comme le montre la figure ci-dessous.

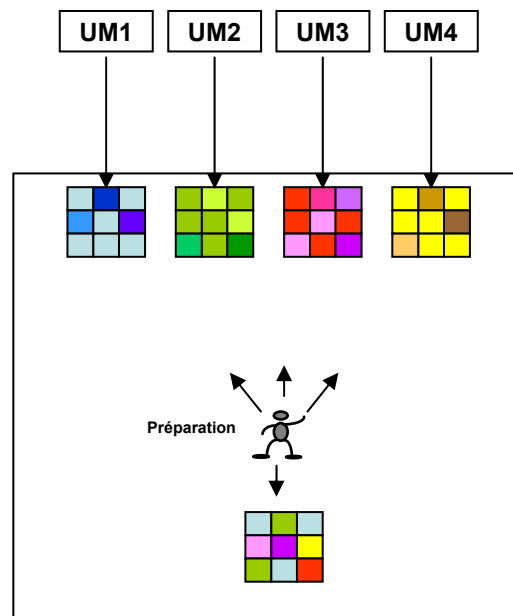


Figure VI-35 : Le flux synchrone entre UM et UCM

- Les emballages des UM sont mono-produits, c'est-à-dire qu'on ne peut mettre dans un emballage qu'une seule référence de moteur. Ce qui signifie que pour que le schéma de la Figure VI-35 soit réalisable, il faudrait que les UM changent les emballages d'organes en emballages multi-références. Ce qui implique un investissement financier important.

Le choix de passer au flux synchrone relève donc d'une étude d'opportunité et de rentabilité globale sur la liaison UM/UCM.

Dans le cas où ce mode est adopté, se pose pour les UM le choix de la manière d'organiser les flux pour livrer les moteurs suivant l'ordre requis. On peut imaginer plusieurs solutions :

- L'UM pourrait produire exactement dans l'ordre demandé par l'UCM, on parlera de *production synchrone*. Il lui faudra cependant pour cela avoir une ligne d'assemblage parfaitement flexible pouvant passer de la production d'un moteur de type A à un moteur B, sans aucun temps de reconfiguration.
- L'UM peut aussi continuer à produire dans un ordre différent de ce qui est demandé par l'UCM et prévoir, en aval de l'assemblage, un poste où les moteurs sont mis dans les emballages suivant l'ordre demandé par l'UCM. On parlera de *livraison synchrone*.

Finalement, le flux synchrone n'est qu'un cas particulier du pilotage à la commande, puisque la mise en ordre des produits repose sur une information ferme. La mise en ordre peut se faire à différents points de la chaîne logistique mécanique. Nous proposons ainsi

d'introduire la notion de *point de synchronisation*, qui délimite la frontière entre les activités pilotées suivant un ordre requis par le client et les activités pilotées sans ordre (Figure VI-36). Le point de synchronisation devant nécessairement se trouver en aval du point de découplage.

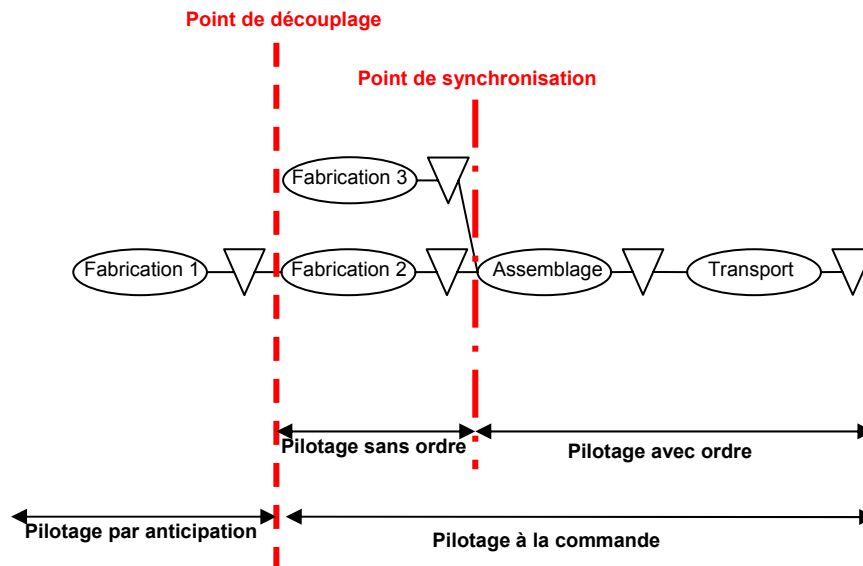


Figure VI-36 : Le point de synchronisation

VI.8 Préoccupations connexes

La conduite de la réflexion de reengineering soulève d'autres problématiques connexes. Nous en évoquons quelques unes ici :

- **Un système d'information adapté** : la modification des processus peut nécessiter que les systèmes d'information soient modifiés à leur tour de façon à les adapter aux nouveaux modes de fonctionnement.
- **Des indicateurs de performance appropriés** : la mise en place d'indicateurs appropriés doit accompagner le déploiement des nouveaux modes de fonctionnement. Par exemple, s'il a été retenu une livraison par volumes fractionnés à la journée, un taux de service qui suit les commandes livrées par tranche horaire peut être judicieux à mettre en place ; si l'on doit produire en synchrone, un indicateur de respect de la séquence demandée pourrait être considéré,...
- **La différenciation retardée** : Comme nous l'avons souligné dans le chapitre IV, une des composantes de la complexité des flux à gérer provient du niveau de diversité du

produit. Une problématique qui a été abondamment étudiée dans la littérature est la différenciation retardée ou « postponement » qui analyse les avantages de positionner en aval de la chaîne logistique les activités qui créent la différenciation du produit. Lire [van Hoek, 2001] qui propose une revue de littérature sur le sujet. Pour notre cas d'étude, nous avons vu que le niveau de diversité des moteurs finis en fin de ligne d'assemblage était élevé, il serait intéressant d'étudier l'opportunité de décaler la pose de certains composants créant la différenciation (les accessoires, cf. chap IV) vers l'aval de la chaîne logistique mécanique. Tel est le choix qui a été retenu par d'autres constructeurs comme Toyota ou Nissan, qui livrent des moteurs dits « moteurs troncs » sans accessoires. Ces derniers sont assemblés directement en usine de véhicule. Ce mode de fonctionnement réduit considérablement le niveau de diversité à gérer en UM et donc la complexité du pilotage de flux.

- **La prise en compte des nouveaux modes de fonctionnement dans la conception de nouvelles installations :** le projet de reengineering a porté sur la chaîne logistique opérationnelle (c'est-à-dire en cours d'exploitation). Il est cependant intéressant de prendre en compte, lors de la conception de nouvelles installations, les différents freins identifiés sur le système existant et d'implémenter des leviers d'amélioration dès ce stade afin de mieux converger vers les modes de fonctionnements ciblés suite à l'opération de reengineering. Nous avons vu, par exemple, pour notre cas d'étude que les temps de reconfiguration des moyens étaient un frein important à la faisabilité de la production à la commande dans les lignes d'usinage, ainsi si un objectif de flexibilité des lignes est pris en compte sur les nouvelles lignes conçues cela permettra de réduire le temps d'écoulement des lignes d'usinage et d'envisager un point de découplage à l'étage d'usinage. De la même manière, nous avons vu que les temps de transport entre les fournisseurs de composants et l'UM impactaient la position du PDD de l'étage d'approvisionnement, favoriser (dans les limites d'une optimisation globale intégrant les coûts d'achats de pièce) le choix de fournisseurs proches peut être un levier pour une gestion des approvisionnements de certains composants à la commande. C'est ainsi que certaines usines de Nissan, par exemple, ont une majorité de fournisseurs dans un rayon inférieur à 100 km de distance.

VI.9 Gestion de projet et conduite du changement

Dans cette thèse nous nous sommes intéressés à la manière de reconcevoir le pilotage de flux, les aspects organisationnels liés à une opération de reengineering sont en dehors du périmètre de notre problématique. Avant de conclure notre propos, nous les évoquons brièvement ici.

Les actions de reengineering sont généralement organisées en projet. Dans [Basetti, 2002], il est souligné que le mode projet peut être considéré comme un catalyseur du changement et de l'évolution. Les projets sont des actes de perturbation des habitudes qui rompent volontairement des équilibres établis pour en créer d'autres. Le projet apporte également une réponse aux besoins de transversalité des actions de reengineering. En effet, par son caractère multidisciplinaire, le projet coupe à travers les structures fonctionnelles de l'entreprise. L'intérêt du projet réside également dans sa capacité à fournir une infrastructure puissante qui permet aux équipes de se mobiliser avec efficacité.

L'une des composantes importantes du projet de reengineering est la conduite du changement. Si dans cette thèse, nous avons étudié la méthode de reconception du pilotage de flux d'une chaîne logistique, la phase de conduite du changement intervient dans le prolongement de ce travail en s'attellant à mettre en place les nouveaux modes de fonctionnement conçus. La mise en place d'une démarche structurée et mobilisatrice doit assurer l'implémentation effective des modes de fonctionnement conçus. La communication, par exemple, en est un axe important

VI.10 Conclusion et synthèse méthodologique

Ce chapitre a eu pour objet la construction de la troisième étape de la démarche de reengineering : la reconception du pilotage des flux du fournisseur.

Dans une logique qui s'intéresse d'abord aux choix globaux et structurants avant de passer vers les choix détaillés, nous avons consacré une grande partie de ce chapitre à l'étude du problème, à notre sens majeur, de localisation du point de découplage.

Nous avons proposé une formulation du problème de localisation du PDD en prenant en compte l'objectif de niveau de service vers le client. Deux paramètres essentiels influent sur le PDD : le délai client et le délai du fournisseur. Le délai client, ayant déjà fait l'objet d'une analyse détaillée dans le chapitre V, nous avons étudié dans ce chapitre, les facteurs qui impactent le délai du fournisseur. Nous avons vu qu'ils pouvaient être variés et que si certains étaient aléatoires et rares, d'autres pouvaient être déterministes ou très récurrents. L'influence de chaque paramètre a été analysée et nous avons proposé des leviers de progrès afin de réduire le délai du fournisseur.

Une démarche itérative de localisation du PDD permet de localiser le point le plus en amont de la chaîne où une production à la commande est techniquement réalisable. Des facteurs complémentaires tels que la diversité ou la valeur du produit viennent compléter le

choix du PDD. Notre avons complété notre réflexion en proposant une analyse quantitative du problème de localisation du PDD pour une chaîne logistique soumise à l'aléa des pannes.

La localisation du PDD pour le cas d'étude a ensuite été discutée. L'analyse montre que l'on peut piloter l'assemblage des moteurs à la commande. On peut remonter le PDD encore plus en amont (usinage) en travaillant dans certaines cas sur la réduction des délais internes.

Une fois le PDD défini, le gestionnaire des flux a une série d'autres choix à réaliser : la définition des modes de fonctionnements détaillés pour chaque étage. Nous avons analysé le choix des modes (par les besoins futurs, par renouvellement de consommation) pour notre cas d'étude en nous basant sur l'information disponible sur la demande et présenté, en particulier, la problématique du flux synchrone.

Nous avons également souligné que la conduite d'un reengineering soulève des problématiques connexes telles que l'adaptation des systèmes d'information ou le choix d'indicateurs appropriés.

Synthèse méthodologique

Nous pouvons à présent résumer la démarche de reengineering proposée dans cette thèse. Elle comprend trois étapes : 1/ l'état des lieux (diagnostic), 2/ la reconception de la relation client/fournisseur et 3/ la reconception des flux du fournisseur. A ces trois étapes s'ajoute l'étape charnière de conduite du changement pour implémenter les nouveaux modes de pilotage conçus. La démarche globale est illustrée par la Figure IV-1.

Notre démarche mobilise deux principes : la recherche d'une optimisation globale, c'est là le fondement même de la gestion d'une chaîne logistique et l'exploitation de la complémentarité des leviers de progrès (l'amélioration de la logistique et l'amélioration des processus physiques).

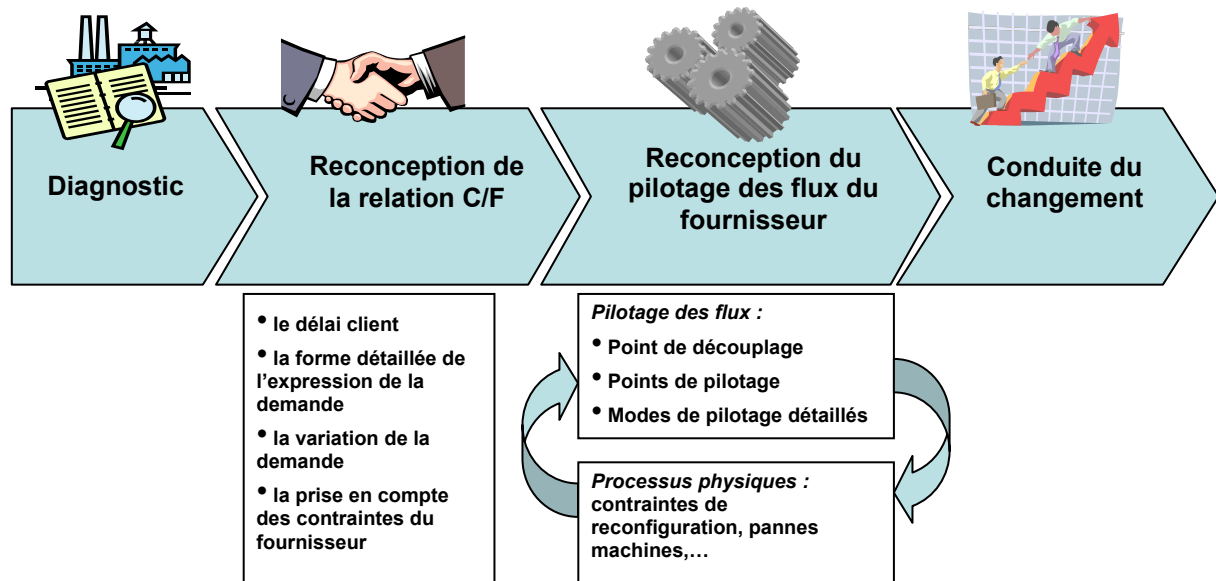


Figure VI-37 : Démarche de reengineering du pilotage des flux

CONCLUSION GENERALE

Avec l'accroissement des facteurs d'imprévisibilité, le changement est devenu notre quotidien et une nécessité se fait jour : reconstruire. Michael Hammer et James Champy [Hammer et Champy, 1993] résument les facteurs qui concourent à modifier en profondeur les entreprises par ce qu'ils dénomment les 3C, en référence au triptyque (Client, Concurrence, Changement). Ces trois éléments entraînent des conséquences porteuses de modifications profondes pour les entreprises qui doivent s'adapter en développant des capacités de flexibilité, de réactivité et d'excellence opérationnelle.

Les projets d'amélioration des performances font florès dans les entreprises, cependant, une proportion importante de ces projets résulte en un échec. Ce qui leur fait généralement défaut c'est l'un des deux piliers étroitement entrelacés sur lesquels repose la réussite d'une opération de reconception : une participation active des hommes et une méthode de travail [Jacob, 94].

Cette thèse a abordé la problématique de reconception du pilotage des flux dans une relation client/fournisseur d'une chaîne logistique en vue d'améliorer la performance.

Les réflexions menées s'articulent autour de deux thèmes :

- Proposer une méthodologie de conduite de reengineering du pilotage des flux.
- Apporter quelque éclairage à des problématiques de pilotage des flux qui se posent dans l'industrie automobile.

Les analyses présentées dans ce mémoire se sont largement basées sur un cas d'étude de l'industrie automobile : la reconception du pilotage des flux des usines de mécanique dans leur relation de fournisseur pour les usines de véhicules. L'expérience opérationnelle d'un projet d'envergure stratégique a offert une matière extrêmement riche en problématiques industrielles concrètes, lesquelles ont nourri les thèmes de recherche qui nous préoccupent dans cette thèse.

Revenons sur les deux thèmes étudiés, pour lesquels nous espérons avoir apporté quelques contributions nouvelles.

Méthodologie de reconception du pilotage des flux dans une relation client/fournisseur

Cette partie de la réflexion avait pour objectif d'apporter des orientations méthodologiques pour la problématique industrielle de reconception du pilotage des flux : comment s'y prendre ? Suivant quel schéma de réflexion ? Avec quels outils ?

Nous avons proposé une approche de reengineering se déclinant en trois étapes.

La première étape analyse le terrain : c'est la phase d'état des lieux. Il s'agit de comprendre et d'analyser le fonctionnement initial du système à l'étude. Des éléments méthodologiques ont été proposés, l'objectif étant de contribuer à combler un manque, dans la littérature, de démarches globales de diagnostic de chaînes logistiques opérationnelles. Les propositions amenées dans cette partie reposent majoritairement sur l'expérience opérationnelle des diagnostics réalisés pour le cas d'étude. Un déroulement en plusieurs étapes a été décrit, des outils simples aidant à cadrer les échanges et à structurer l'analyse ont été proposés. Afin de favoriser à la fois l'acuité et l'efficacité de l'analyse, des questions clés sur lesquelles centrer la réflexion ont été identifiées. En complément, une synthèse descriptive et analytique du pilotage des flux du cas d'étude a donné des exemples concrets de données de terrain exploitées dans le cadre d'un diagnostic logistique.

La seconde étape du reengineering pose les fondements de la relation client/fournisseur. Cette étape mobilise le principe directeur de gestion d'une chaîne logistique : orienter les décisions vers la recherche d'une optimisation globale bénéficiant aux différents maillons de la chaîne. La reconception de la relation client/fournisseur a été axée sur l'étude de la demande du client. Cette dernière occupe un rôle central dans le pilotage des flux, comme cela a été souligné dans le chapitre III de cette thèse. D'un point de vue méthodologique, une structuration de la réflexion pour reconcevoir les termes de la relation a été proposée. La démarche décompose la problématique de redéfinition de la relation client/fournisseur en plusieurs problèmes sous-jacents : la définition d'un délai client « négocié » ; la forme détaillée de l'expression du besoin du client ; la recherche de leviers pour limiter les variations excessives de la demande et la prise en compte par le client des contraintes de flexibilité du fournisseur.

La troisième étape construit la méthode de pilotage des flux du fournisseur. Partant des décisions globales structurantes vers les décisions détaillées, la démarche proposée s'intéresse en premier à la problématique de localisation du point de découplage, qui permet de définir la frontière entre les étages à piloter à la commande et les étages à piloter par

anticipation. Des voies d'amélioration du délai du fournisseur ont été proposées en exploitant des leviers d'action tant sur la logistique que sur les processus physiques. Le choix des modes détaillés, de part et d'autre du point de découplage, découle en partie de l'information disponible sur la demande des clients. Enfin, la reconception en profondeur du pilotage des flux peut conduire à des réflexions sur des sujets connexes, comme par exemple : l'adéquation du système d'information, la mise en place d'indicateurs de performance pertinents,

La démarche de reconception proposée n'offre pas une solution prête à l'emploi, elle se veut fournir des orientations sur un schéma de pensée et d'action supporté par une méthode. L'objectif étant d'apporter une aide aux acteurs afin de favoriser la recherche de solutions à la lumière d'axes directeurs favorisant la performance du pilotage des flux.

Problématiques de pilotage des flux dans l'industrie automobile

Le deuxième thème de réflexion auquel nous avons tenté d'apporter quelques éclairages est l'analyse de problématiques de pilotage des flux issues de l'industrie automobile.

Bien que les éléments présentés dans cette thèse se soient basés sur le cas d'étude de l'industrie automobile, la majeure partie des problématiques analysées nous semblent suffisamment génériques pour être transposées à d'autres secteurs d'activités.

Une première réflexion a porté sur l'analyse qualitative du délai client. Plusieurs types de leviers ont été identifiés afin d'augmenter la visibilité donnée au fournisseur sur les commandes fermes, en favorisant une approche collaborative et un partage de l'information anticipée sur la demande.

La variation de la demande, dont l'influence sur la performance d'une chaîne logistique a été démontrée dans plusieurs travaux de recherche, a fait l'objet d'une analyse dans le chapitre V. Le phénomène d'amplification de la variation de la demande de l'aval vers l'amont de la chaîne logistique, ou « *bullwhip effect* », a été étudié pour notre cas d'étude. Plusieurs facteurs contributeurs à la distorsion de la demande ont été identifiés et des leviers proposés.

Le chapitre VI de cette thèse a été largement consacré à l'étude de la problématique de localisation du point de découplage dans une chaîne logistique. Le concept de PDD offre un outil puissant pour analyser de manière simple et très générique le pilotage des flux dans une chaîne logistique. Malgré l'intérêt croissant des travaux de recherche concernant l'implémentation de modes de gestion hybrides combinant le pilotage à la commande et le pilotage par anticipation, il existe encore peu de travaux dédiés à la problématique de localisation du PDD. Les travaux identifiés, analysent les critères favorisant le

positionnement du PDD vers l'amont ou l'aval de la chaîne logistique pour un produit donné. Notre réflexion a porté sur la proposition d'une démarche structurée permettant de statuer sur la faisabilité technique de la production à la commande à un point donné de la chaîne logistique. Une modélisation simple du temps d'écoulement à un étage, par une décomposition en délai nominal et délai additionnel, permet d'appréhender le comportement du délai du fournisseur. L'identification des facteurs influant le temps d'écoulement pour le cas d'étude a permis d'analyser l'impact sur le positionnement du PDD et la proposition de quelques leviers de progrès pour réduire le délai du fournisseur. Une démarche itérative de localisation du PDD a ensuite été proposée. En complément, une étude quantitative du positionnement du PDD pour une chaîne logistique soumise à l'aléa des pannes, a permis d'apporter des éclairages supplémentaires à la fois pour le problème stratégique de localisation du PDD et pour le problème tactique de définition de la date de lancement des activités pilotées à la commande (et délai de sécurité associé).

Pour finir, nous avons esquissé quelques axes de réflexion sur la problématique du flux synchrone entre une usine de mécanique et une usine de véhicule. Nous avons proposé d'introduire l'idée de point de synchronisation (similaire au PDD) pour définir l'étage à partir duquel les activités sont pilotées de manière synchrone à la séquence requise par les clients.

Perspectives

Les améliorations possibles de nos travaux sont nombreuses. Nous en citerons quelques unes :

- La méthodologie de reengineering proposée ici se veut offrir une démarche globale, dans le sens où elle a tenté d'identifier les différentes problématiques majeures à intégrer dans la réflexion stratégique de reconception du pilotage des flux. L'objectif de présenter une vision la plus complète possible l'a parfois remporté sur le niveau de détail des analyses. Quelques unes des analyses proposées pour apporter des éléments de réponse aux problématiques soulevées n'ont été que des esquisses de réflexion et mériteraient d'être étudiées de manière plus détaillée, en se basant, par exemple sur des modèles quantitatifs simples.
- Dans le chapitre VI, nous nous sommes essentiellement attardés sur le problème central de localisation du PDD, la reconception des modes détaillés a été abordée de manière succincte. Une décomposition des différents choix possibles que pose le paramétrage détaillé des méthodes de pilotage enrichirait la démarche de reengineering proposée.

- Enfin, et comme nous l'avons souligné à la fin du chapitre VI, l'étape qui vient en prolongement d'un travail de reconception est l'implémentation des nouveaux modes de fonctionnement sur le terrain. Une analyse des facteurs clés de réussite de la conduite du changement dans le cadre d'un reengineering du pilotage des flux, viendrait parachever la démarche proposée ici.

BIBLIOGRAPHIE

- [AFNOR, 2000] AFNOR. *Normes Qualité ISO 9000*. Editions AFNOR, 2000.
- [Agrawal et al. , 2001] M. Agrawal, T-V. Kumaresh, G. Mercer. *The false promise of mass customization*. The McKinsey Quaterly, n° 3, pp. 62-71, 2001.
- [ASLOG, 2003] ASLOG. *Référentiel de la performance logistique*. Editions ASLOG, 2003.
- [Axelsson et Jeifetz, 2003] F. Axelsson, G. Jeifetz. *Manufacturing strategy, a case study for AvestaPolarit*. Master Thesis, Göteborg University, 2003.
- [Babai, 2005] M. Z. Babai. *Politiques de pilotage de flux dans les chaînes logistiques : Impact de l'utilisation des prévisions sur la gestion de stocks*. Thèse de doctorat, Ecole Centrale de Paris, 2005.
- [Baglin et al., 2001] G. Baglin, O. Bruel et al. *Management Industriel et Logistique*. 3ème Edition. Economica, 2001.
- [Ballot et Molet, 2001] E. Balot, H. Molet. *La distribution automobile à flux tirés*. 9ème rencontre internationale du GERPISA, Paris, 2001.
- [Banomyong et al., 2005] R. Banomyong, C. Basnet, P. Childerhouse, E. Deakins, S. Disney, M. Naim, D. Towill. *Internationalising the Quick Scan Audit Methodology*. 18th International Conference on Production Research, 1-6, 31 July – 4 August.
- [Barker et al., 2000] R. Barker, S. Hong-Minh, M. Naim . *The Terrain Scanning Methodology. Assessing and improving construction supply chains*. European Journal of Purchasing & Supply Management 6, pp. 179-193, 2000.
- [Basnet et Childerhouse, 2003] C. Basnet, P. Childerhouse. *Application of a Supply Chain Diagnostic to a New Zealand Manufacturer – A Case Study*. 38th Annual Conference of the Operational Research Society of New Zealand, Hamilton, pp. 253-262, 20-22 November 2003.
- [Bassetti, 2002] A-L. Bassetti. *Gestion du changement, gestion de projet : convergence – divergence. Cas des risques en conception et mise en place d'une organisation de management de l'environnement*. Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure des Arts et Métiers, Paris, 2002.
- [Baudier, 2000] D. Baudier. *Coup d'accélérateur sur les délais*. R&D, magazine interne Renault, n° 15, pp. 36 – 40, 2000.
- [Benton et Shin, 1998] W. C. Benton, H. Shin. *Manufacturing planning and control : The evolution of MRP and JIT integration*. European Journal of Operational Research 110, pp. 411 – 440, 1998.

- [Berkley, 1992] B.J. Berkley. *A review of kanban production control research literature*. Production and Operations Management, vol. 1, pp. 393-411, 1992.
- [Boctor et al., 2001] F. Boctor, F. Danjou et V. Giard. *Rank changes in production/assembly lines : impact and analysis*. IAE de Paris, GREGOR, 2001 -11.
- [Bucklin, 1965] L.P Bucklin. *Postponement, speculation and the structure of distribution channels*. Journal of Marketing Research 2 (2), pp. 26-31.
- [Buzacott, 1989] J.A. Buzacott. *Queuing models of kanban and MRP controlled manufacturing Systems*. Engineering Cost and Production Economics, vol. 17, pp. 17, 1989.
- [Buzacott et Shantikumar, 1994] J. A. Buzacott, J. G. Shantikumar. *Safety stock versus safety time in MRP controlled production systems*. Manangement Science, Vol. 40, No. 12, December 1994.
- [Calvet , 2006] M. Calvet. *Chantier flexibilité, au sein du projet Cible Logistique Mécanique*. Rapport de stage de fin d'études d'ingénieur de l'Ecole Centrale de Paris, 2006.
- [Campagne et Sénéchal, 2002]. J-P. Campagne, O. Sénéchal. *Les nouvelles exigences de la coopération*. Coopération et Connaissance dans les Systèmes Industriels, Hermes Science Publication, 2002.
- [Cateura, 2006] O. Cateura. *La convention CIFRE : atouts et limites pour l'étude de cas*. Ateliers méthodologiques de l'AIMS : Etude de cas, IAE de Lille, 22 juin 2006.
- [Changchien et Shen, 2002] S.W. Changchien, H.Y. Shen. *Supply chain reengineering using a core process analysis matrix and object-oriented simulation*. Information and Management, Vol. 39, Issue 5, pp. 345-358, 2002.
- [Chen et al., 2000] F. Chen, Z. Drezner, J. K. Ryan, D. Simchi-Levi. *Quantifying the bullwhip effect in a simple supply chain: the impact of forecasting, lead times and information*. Management Science, Vol. 46, No. 3, pp. 436 - 443, March 2000.
- [Corbier et Fettous, 2000] M-C. Corbier, K. fettous. *Automobile : la révolution logistique*. Logistiques Magazine, n° 146, pp. 82-102, avril 2000.
- [Dallery, 2000] Y. Dallery. *Notes de cours de logistique industrielle*. Ecole centrale de Paris, 2000.
- [Dallery et Liberopoulos, 2000] Y. Dallery et G. Liberopoulos. *Extended kanban control systems : combining kanban and base stock*. IEE Transactions, n° 32, pp. 369-386.
- [Davenport et Short, 1990] T.H Davenport et J.E. Short. *The new industrial engineering : Information technology and business process redesign*. Sloan Management Review 31 (4), 11-27.
- [Deheunynck et de Goldfiem, 2001] P.Y. Deheunynck, F. de Goldfiem. *Les constructeurs se lancent dans la course aux délais*. Usine Nouvelle, n°2767, pp. 62-68, 2001.
- [Despotin-Monsarrat, 2004] E. Despontin-Monserrat. *Aide à la décision pour une coopération inter-entreprises dans le cadre de la production à la commande*. Thèse de doctorat de l'Université de Toulouse III - Paul Sabatier, 2004.
- [Eymery, 1997] P. Eymery. *La logistique de l'entreprise*. Hermes, 1997.
- [Fridenson et al., 2003] P. Fridenson et al. *L'automobile. Marchés/Acteurs/Stratégies*. Elenbi Editeur, 2003.
- [Gallego et Özer, 2001] G. Gallego, Ö. Özer. *Integrating replenishment decisions with advance demand information*. Management Science, Vol. 47, pp. 1344-1360, 2001.
- [Giard, 2003] V. Giard. *Gestion de la production et des flux*. 3^{ème} édition, Economica, 2003.
- [Hadj Youssef, 2003] K. Hadj Youssef. *Pilotage des systèmes de production à flux mixtes : production à la commande et production par anticipation*. Thèse de doctorat, Ecole Centrale de Paris, 2003.

- [Hammer et Champy, 1993] M. Hammer, J. Champy. *Le reengineering. Réinventer l'entreprise pour une amélioration spectaculaire de ses performances*. Dunod, Paris, 1993. L'édition originale de cet ouvrage a été publiée aux Etats Unis par Harper Collins Publisher, sous le titre *Reengineering the Corporation : a Manifesto for Business Revolution*.
- [Handfield et Nichols, 2002] R. B. Handfield, E. L. Nichols Jr. *Supply Chain Redesign. Transforming Supply Chains into Integrated Value Systems*. Financial Times Prentice Hall, 2002.
- [Hariharan et Zipkin, 1995] R. Hariharan, P. Zipkin. *Customer Order Information, lead times and inventories*. Management Science, Vol. 41, pp. 1599-1607, 1995.
- [Hinfray, 2001] F. Hinfray. *Introduction et bilan de fonctionnement de deux années de Nouvelle Distribution*. Document interne Renault. Convention Nouvelle Distribution, 14 juin 2001.
- [Hoekstra et Romme, 1992] S. Hoekstra, J. Romme. *Integral Logistic structures: Developing customer-oriented goods flow*. McGraw-Hill, London, 1992.
- [Holler, 2002] S. Holler. *Pilotage et optimisation des flux d'approvisionnement d'un atelier de montage automobile*. Thèse de doctorat, Ecole Centrale de Paris, 2002.
- [Holweg et Miemczyk, 2003] M. Holweg, J. Miemczyk. *Delivering the « 3-day-car » - the strategic implications for automotive logistics operations*. Journal of Purchasing & Supply Management 9, pp. 63-71, 2003.
- [Hopp et Spearman, 2004] W. J. Hopp, M. L. Spearman. *To Pull or Not to Pull : What is the Question?*. Manufacturing & Service Operations Management, Vol. 6, No. 2, pp. 133 - 148, Spring 2004.
- [Huiskonen et al., 2003] J. Huiskonen, P. Niemi, T. Pirttilä. *An approach to link customer characteristics to inventory decision making*. International Journal of Production Economics, Vol. 81-82, pp. 255-264, 2003
- [Jack et Collins, 2004] E-P. Jack, J-P. Collins. *BTO, Give and take. Overcoming challenges in the pursuit of flexibility*. Spotlight on the automotive industry. APICS - The Performance Advantage, pp. 39-42, septembre 2004.
- [Jacob, 1994] G. Jacob. *Le reengineering de l'entreprise. L'entreprise reconfigurée*. Hermès, Paris, 1994.
- [Kao et al., 2005] H-Y. Kao, C-H. Huang, H-L. Li . *Supply chain diagnostics with dynamic Bayesian Networks*. Computers & Industrial Engineering 49, pp. 339-347, 2005.
- [Karaesmen et al., 2004] F. Karaesmen, G. Liberopoulos, Y. Dallery. *The value of advance demand information on production/inventory systems*. Annals of Operations Research 126, pp. 135 - 157, 2004.
- [Kettinger et al., 1997] W.J. Kettinger, J.T.C. Teng, S. Guha. *Business Process Change :A Study of Methodologies, Techniques and Tools*. MIS Quarterly, Vol. 21, n° 1, pp. 55-80, 1997.
- [King et Phumpiu, 1996] R.P. King and P.F. Phumpiu. *Reengineering the food supply chain The ECR initiative in te grocery industry*. American Agricultural Economics Association, December 1996.
- [Lagarde, 2002] F. Lagarde. *Distribution Renault révoise les objectifs de son projet Nouvelle Distribution*. Le Journal de l'Automobile, n° 777, 2002.
- [Lauras, 2004] M. Lauras. *Méthodes de diagnostic et d'évaluation de performance pour la gestion de chaînes logistiques. Application à la coopération maison-mère - filiales internationales dans un groupe pharmaceutique et cosmétique*. Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, 2004.

- [Lauré, 2001] B. Lauré. *Supply chain automobile : enjeux financiers*. Logistiques Magazine, n° 161, pp. 38 – 41, 2001.
- [Laurent, 2001] A. Laurent. *Les constructeurs remodèlent leurs approvisionnements*. L'Usine Nouvelle, n° 2765, pp. 68 – 72, 2001.
- [Laurent, 2002] A. Laurent. *Les coûts du transport ralentissent le juste-à-temps*. L'usine Nouvelle, n° 2814, pp. 38-41, 28 février 2002.
- [Lee et al., 1997 a] H. L. Lee, V. Padmanabhan, S. Whang. *The bullwhip effect in supply chains*. Sloan Management Review, pp. 93 – 102, Spring 1997.
- [Lee et al., 1997 b] H. L. Lee, V. Padmanabhan, S. Whang. *Information distortion in a supply chain : the bullwhip effect*. Management Science, Vol. 43, Issue 4, Frontier Research in Manufacturing and Logistics, pp. 546 – 558, April 1997.
- [Lee et al., 2000 a] H. L. Lee, K. C. So, C. S. Tang. *The value of information sharing in a two-level supply chain*. Management Science, Vol. 46, No. 5, pp. 626 – 643, May 2000.
- [Liberopoulos et Dallery, 1999] G. Liberopoulos, Y. Dallery. *A unified framework for pull control mechanisms in multi-stage manufacturing systems*. Annals of Operations Research Volume on Performance and Optimization of Production Lines, 1999.
- [Liberopoulos et Dallery, 2003]. G. Liberopoulos, Y. Dallery. *Comparative Modelling of Multi-Stage Production-Inventory Control Policies with Lot Sizing*. International Journal of Production Research, vol. 41, pp. 1273-1298, 2003.
- [Midler , 2004] C. Midler. *L'auto qui n'existait pas. Management des projets et transformation de l'entreprise*. Dunod, Nouvelle édition, 2004.
- [Minegishi, 2003] S. Minegishi. *Performance et fiabilité dans les délais de livraison de produits industriels assemblés : application à l'industrie automobile*. Thèse de doctorat, Ecole Centrale de Paris, 2003.
- [Mohanty et Deshmukh, 2000] R.P. Mohanty, S.G. Deshmukh. *Reengineering a supply chain management system : a case study*. Production Planning & Control, Vol. 11, n° 1, pp. 90-104, 2000.
- [Monden, 1993] Y. Monden. *Toyota Management System*. Productivity press, 1993.
- [Naim et al., 2002] M.M Naim, P. Childerhouse, S/M. Disney, D.R. Towill. *A supply chain diagnostic methodology : determining the vector of change*. Computers & Industrial Engineering 43, pp. 135 – 157, 2002
- [O'Neill et Sohal, 1999] P. O'Neill, A. S. Sohal. *Business Process Reengineering A review of recent literature*. Technovation 19, pp. 571 – 581, 1999.
- [Ohno, 1989] T. Ohno. *L'esprit Toyota*. Masson, 1989.
- [Olhager, 2003] J. Olhager. *Strategic positioning of the order penetration point*. International Journal of Production Economics 85, pp. 319 – 329, 2003.
- [Orlicky, 1975] J. Orlicky. *Material Requirements Planning : The New Way of Life in Production and Inventory Management*. McGraw-Hill, New York, 1975.
- [Pagh et Cooper, 1998] J. D. Pagh, M. C. Cooper. *Supply chain postponement and speculation strategies: How to choose the right strategy*. Journal of Business Logistics 19 (2), pp. 13 – 33, 1998.
- [Plane, 2000] J-M. Plane. *Méthodes de recherche-intervention en management*. L'Harmattan, 2000.
- [Renault, 1999] Renault Direction de la Logistique. *Nouvelle distribution cible finale – programmation industrielle*. Rapport interne sur la modélisation des besoins, version 2, 1999.
- [Renault, 2006] Rapport de benchmarking – Toyota Pologne. Document interne Renault, 2006.

- [Roos, 2000] H. B. Roos. *The concept of the Customer Order Commercial Decoupling (COCDP) in logistics management; a case study approach*. Erasmus University Rotterdam, <http://www.few.eur.nl/few/people/roos/>, 2000.
- [Rouquet, 2004] A. Rouquet. *Global EVALOG*. Dossier GALIA, 2004.
- [Solihull et Newton, 2001] Solihull, Newton. *A long march*. Special report on mass customization. The Economist, pp. 67 - 69, 14 juillet 2001.
- [Tran, 2002] S. Tran. *La reconfiguration de la filière automobile sous l'impact des TIC*. Dixième rencontre internationale du GERPISA, La coordination des compétences et des connaissances dans l'industrie automobile, Paris, 2002.
- [van Donk, 2001] D. P. van Donk. *Make to stock or make to order : The decoupling point in the food processing industries*. International Journal of Production Economics 69, pp. 297 - 306, 2001.
- [van Hoek, 2001] R. I. van Hoek. *The rediscovery of postponement a literature review and directions for research*. Journal of Operations Management 19, pp. 161 - 184, 2001.
- [Vollmann et al., 1992] E. Vollmann, W. L. Berry, D. C. Whybark. *Manufacturing Planning and Control Systems*. Third Edition. Dow Jones-Irwin, 1992.

Résumé

Satisfaire le besoin client, tout en réduisant les coûts tel est l'objectif de performance recherché par le pilotage des flux dans une chaîne logistique. Face à l'exigence accrue des consommateurs, l'intensification de la concurrence et l'accélération du changement des marchés, l'entreprise est souvent amenée à modifier en profondeur ses processus afin de s'adapter efficacement à l'évolution de son environnement. L'objet de cette thèse est de proposer une méthodologie de reengineering du pilotage des flux en vue d'améliorer les performances dans une relation client/fournisseur.

Nous étudions le pilotage des flux d'une usine de mécanique (fabrication de moteurs) dans sa relation de fournisseur vers une usine de véhicules. Nous procédons à un reengineering du pilotage des flux en trois étapes. La première, consiste à réaliser un diagnostic de l'existant. La seconde, reconfigure les éléments de la relation client/fournisseur, en s'intéressant à l'élément clé que constitue l'information anticipée sur la demande. La troisième étape procède à la reconception du pilotage des flux du fournisseur. Une problématique importante étudiée est la localisation du point de découplage qui délimite la frontière entre les activités pilotées à la commande et les activités pilotées par anticipation des demandes futures. Nous analysons les éléments influant le point de découplage et proposons une démarche pour le localiser.

Mots clés : Pilotage des flux, point de découplage, production à la commande, information anticipée sur la demande, reengineering, diagnostic.

Abstract

Satisfying customer needs while reducing costs is the performance objective of flow management in a supply chain. Faced with increasing consumers requirements, strong competition and quick market changes, companies are often induced to adapt their organizations in order to meet their environment development. This thesis proposes a methodology for reengineering flow control to improve the performance in a customer / supplier relation.

We study flow control for powertrain plants as suppliers to vehicle plants in the automotive industry. We conduct a flow control reengineering using three stages. The first one consists in analyzing the current situation, it is the diagnostic stage. The second one deals with redefining the terms of the customer/supplier relation by using advanced demand information. The third stage consists in reengineering supplier's flow control. A major problem is addressed: locating the decoupling point, which determines the frontier between make-to-stock and make-to-order activities in a supply chain. We analyze the parameters that have an impact on the decoupling point and we propose a method to locate it.

Key words : Flow control, decoupling point, make to order, advanced demand information, reengineering, diagnostic.